

Ж.П. Дусанюк, І.О. Сивак, С.В. Дусанюк, С.В. Репінський

**ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВО ЗАГОТОВОК
ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

ГАРЯЧЕ ОБ'ЄМНЕ ШТАМПУВАННЯ

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Ж.П. Дусанюк, І.О. Сивак, С.В. Дусанюк, С.В. Репінський

ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВО ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ МАШИН

ГАРЯЧЕ ОБ'ЄМНЕ ШТАМПУВАННЯ

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як навчальний посібник для студентів напрямку 0902 - „Інженерна механіка” спеціальностей 6.090202 - „Технологія машинобудування”, 6.090203 - „Металорізальні верстати та системи”.
Протокол № 7 від "26" січня 2006 р.

Вінниця ВНТУ 2006

УДК 621(07)
Д 84

Рецензенти:

Р.Д. Іскович-Лотоцький, доктор технічних наук, професор
В.Ф. Анісімов, доктор технічних наук, професор
В.П. Пурдик, кандидат технічних наук, доцент

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

Дусанюк Ж.П., Сивак І.О., Дусанюк С.В., Репінський С.В.

Д 84 Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 106 с.

Посібник містить теоретичну інформацію про основні види обробки металів тиском, обладнання для їх виконання. Розглянуто зміст завдання на СРС та методичні вказівки до його виконання. Наведено довідникові дані для проведення розрахунків.

УДК 621(07)

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Обробка металів тиском.....	5
2 Фактори, що впливають на пластичність металу.....	6
3 Холодна і гаряча обробка металів тиском.....	8
4 Вплив обробки тиском на структуру і механічні властивості металів і сплавів.....	9
5 Основні види обробки металів тиском.....	10
6 Кування.....	11
7 Гаряче об'ємне штампування.....	25
8 Методичні вказівки до виконання домашніх та контрольних робіт.....	38
Література.....	91
Додаток А.....	92
Додаток Б.....	97

ВСТУП

У сучасній машинобудівній промисловості обробка металів тиском (ОМТ) є одним із основних способів формоутворення заготовок деталей машин. Це пояснюється тим, що в процесі пластичного деформування метал отримує не тільки нову форму, але й змінює свою структуру та фізико-механічні властивості.

Всі процеси ОМТ поділяють на дві групи: процеси металургійного та машинобудівного виробництва. До першої групи належать прокатування, пресування, волочіння, тобто технологічні процеси, в основу яких покладено принцип безперервності. Продукцією металургійного виробництва є сортовий (круг, квадрат, шестигранник, штаба, лист, стрічка, кутник, швелер, двутавр, дріт, труба) та періодичний (зі змінним перетином за довжиною) прокат. Його використовують як заготовки для створення різних конструкцій, вузлів і деталей, а також як вихідну заготовку в ковальсько-штампувальному виробництві для виготовлення заготовок шляхом кування, штампування та спеціальними способами.

Виготовлення заготовок ОМТ має такі переваги: менша витрата матеріалів, висока якість матеріалу та поверхонь заготовки, точність форми та розмірів, висока продуктивність праці, можливість механізації та автоматизації виробничих процесів. ОМТ створює можливість для організації маловідходних та енергоощадних виробництв, підвищення безпеки та поліпшення умов праці.

На даному етапі розвитку машинобудування ОМТ є одним із головних напрямів розвитку технології машинобудування. ОМТ забезпечує: якісну зміну виробничих і технологічних процесів в машинобудуванні, що відбуваються внаслідок комплексної механізації технологічних процесів, та їх автоматизації; інтенсифікацію технологічних процесів шляхом підвищення продуктивності устаткування, концентрації операцій та створення безперервних і безвідходних виробництв; використання спеціальних способів ОМТ з мінімальними припусками на механічну обробку; удосконалення технологічних процесів безокислювального та енергоощадного нагрівання заготовок; створення технологічних процесів обробки малопластичних і важкодеформовних сплавів.

Теоретичний та довідниковий матеріал, наведений в даному навчальному посібнику, направлений на вивчення виробництва та набуття навиків проектування сталених заготовок, одержуваних ОМТ, а саме гарячим об'ємним штампуванням.

1 ОБРОБКА МЕТАЛІВ ТИСКОМ

1.1 Пластична деформація

Обробка металів тиском заснована на використанні однієї з основних властивостей металів – пластичності. Вона виявляється в необоротній зміні форми і розмірів тіла під дією зовнішніх сил без порушення його цілісності, що супроводжується зміною структури і механічних властивостей металу.

Пластична деформація полягає в переміщенні атомів відносно один одного на відстані, більші міжатомних, з одних рівноважних положень у нові. При переміщенні атомів в одній кристалографічній площині без зміни відстаней між цими площинами силова взаємодія атомів не зникає і деформація протікає без порушення цілісності тіла. Коли зовнішні сили досягають граничних для даного кристалічного тіла величин, відбувається ковзання (зрушення) однієї частини кристала щодо іншої (рис.1, а). Однак це зрушення відбувається не при одночасному зсуві атомів, а поступовим переміщенням мікрострибок уздовж площини ковзання недосконалостей (дефектів) кристалічної будови. При одночасному зрушенні однієї частини кристала щодо іншої знадобилися б напруження, які у сотні і тисячі разів перевищують ті, що спостерігаються при деформації реальних металів. Це обумовлено тим, що в металі завжди є недосконалості. Основну роль при пластичній деформації відіграють такі недосконалості як дислокації.

При пластичній деформації, на відміну від пружної, немає лінійної залежності між напруженнями і деформаціями.

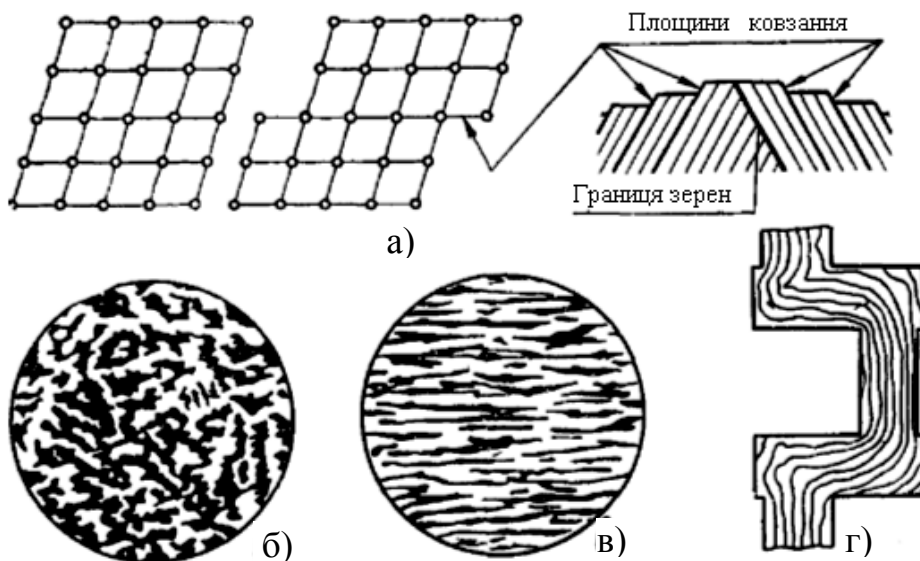


Рисунок 1 – Схема ковзання (а) і зміни мікроструктури металу при його деформуванні (б, в, г)

1.2 Особливості й область застосування обробки тиском

Виготовлення заготовок деталей, а в деяких випадках і самих деталей необхідних розмірів і форм при обробці тиском досягається необоротним переміщенням (зрушенням) часток металу. У цьому основна відмінність і перевага обробки тиском у порівнянні з обробкою різанням, при якій форма виробу забезпечується видаленням частини матеріалу заготовки. Тому обробка тиском характеризується малими відходами металу. Разом з тим вона є високопродуктивним процесом, тому що зміна розмірів і форми заготовки досягається однократним прикладенням зовнішнього зусилля.

Зазначені особливості обумовлюють безупинне зростання ролі обробки тиском у машинобудуванні. Обробці тиском піддають близько 90% усієї виплавленої сталі і понад 50% кольорових металів.

2 ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПЛАСТИЧНІСТЬ МЕТАЛУ

2.1 Вплив складу

Найбільшу пластичність мають чисті метали. Сплави – тверді розчини – звичайно більш пластичні, ніж сплави, що утворюють хімічні сполуки. Компоненти сплаву також впливають на його пластичність. З підвищенням вмісту вуглецю в сталі пластичність зменшується. При вмісті вуглецю понад 1,5% сталь піддається куванню. Кремній знижує пластичність сталі. Тому кипляча маловуглецева сталь (08 кп, 10 кп) з малим вмістом кремнію застосовується при виготовленні деталей холодним штампуванням глибокою витяжкою. У легованих сталях хром і вольфрам зменшують, а нікель і ванадій підвищують пластичність сталі. Сірка, з'єднуючись із залізом, утворює сульфід заліза FeS , що розташовується по границях зерен і при нагріванні до $1000^{\circ}C$ розплавляється. У результаті зв'язок між зернами порушується і сталь стає крихкою. Таке явище називається червоноломкістю. Марганець, утворюючи тугоплавке з'єднання MnS , нейтралізує шкідливу дію сірки. Фосфор збільшує межі міцності і плинності, але зменшує, особливо при низьких температурах, пластичність і в'язкість сталі, викликаючи її холодноломкість.

2.2 Вплив температури

З підвищенням температури нагрівання пластичність металів звичайно зростає, а міцність зменшується. Однак в вуглецевих сталях при температурах $100...400^{\circ}C$ пластичність зменшується, а міцність зростає. Цей інтервал температур називають зоною крихкості чи синьоломкості сталі, наявність якої пояснюється випаданням дрібних часток карбідів по площинах ковзання при деформації.

2.3 Швидкість деформації – зміна ступеня деформації за одиницю часу de/dt (від швидкості деформації варто відрізнити швидкість деформування – швидкість руху деформувального інструменту).

Звичайно механічні властивості металів визначаються при швидкостях деформування до 10 мм/с. Обробка тиском на пресах і кувальних машинах виконується при швидкостях руху робочих органів 0,1...0,5 м/с, на молотах швидкість деформування в момент удару 5...10 м/с. Ще вищі швидкості виникають при штампуванні на високошвидкісних молотах (20...30 м/с), штампуванні вибухом, електромагнітному штампуванні.

У загальному випадку із збільшенням швидкості деформації границя текучості зростає, а пластичність падає. Особливо різко зменшується пластичність деяких високолегованих сталей, магнієвих і мідних сплавів. При обробці тиском нагрітого металу це можна пояснити впливом двох протилежних процесів: зміцнення при деформації і втрата міцності внаслідок рекристалізації. При великих швидкостях деформації втрата міцності може відставати від зміцнення. Крім того, варто враховувати тепловий ефект пластичної деформації, який виражається в тому, що енергія, яка витрачається на пластичну деформацію, перетворюється, в основному, в тепло.

2.4 Напружений стан в елементарно малому об'ємі характеризують схемою головних напружень. Головні напруження – це нормальні напруження, що діють у трьох взаємно перпендикулярних площинах, на яких дотичні напруження дорівнюють нулю. На рисунках 2 а), б), в), г) подані схеми головних напружень, що найчастіше зустрічаються при обробці тиском.

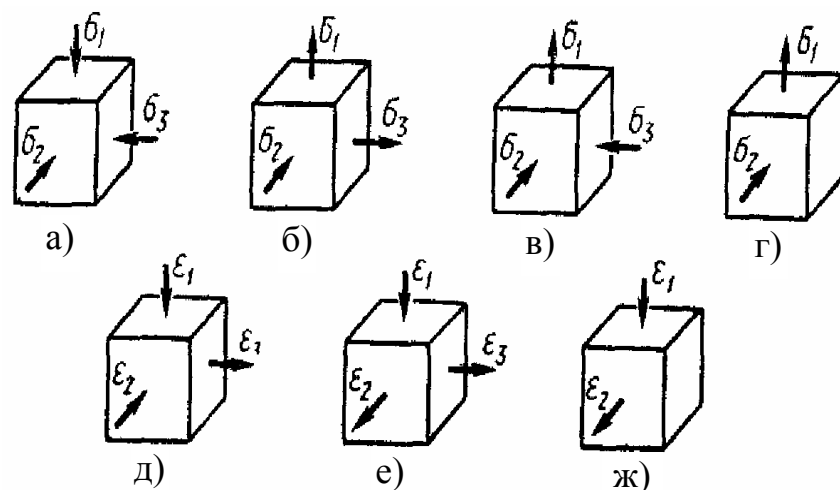


Рисунок 2 – Схеми головних напружень і деформацій

Деформований стан характеризується схемою головних деформацій, тобто деформацій у напрямку трьох осей, перпендикулярних до площадок, у яких деформації зсуву відсутні (рис.2 д), е), ж). Сукупність схем

головних напружень і головних деформацій дозволяє судити про характер головних напружень і деформацій при різних видах обробки тиском і пластичності металу: чим більші стискальні напруження і менші напруження та деформації розтягання, тим вища пластичність оброблюваного металу.

Підвищити стискальні напруження при обробці тиском можна, наприклад, створюючи бічний тиск на метал твердими стінками інструменту.

3 ХОЛОДНА І ГАРЯЧА ОБРОБКА МЕТАЛІВ ТИСКОМ

3.1 Наклеп і рекристалізація металів

При пластичному деформуванні металів підвищується густина дефектів кристалічної будови і зростає опір їх переміщенню. Із збільшенням ступеня деформації межі міцності та плинності, а також твердість збільшуються, а пластичність і в'язкість знижуються; зростають залишкові напруження. Зміцнення металів при пластичній деформації називається наклепом. У результаті зміцнення пластичні властивості металів можуть знизитися настільки, що подальша деформація викликає руйнування.

При наклепі метал переходить у термодинамічно несталий стан з підвищеним запасом внутрішньої енергії, тому він прагне мимовільно перейти в більш рівноважний стан. При нагріванні наклепаного металу до температур, що складають 0,2...0,3 від температури плавлення $T_{пл}$ (поверненні), частково зменшуються зміни кристалічної ґратки і внутрішні напруження без значної зміни мікроструктури і властивостей деформованого металу.

При нагріванні деформованих металів вище $0,4 \cdot T_{пл}$, утворюються нові рівновісні зерна і властивості металу повертаються до їх вихідних значень до деформації. Процес утворення нових центрів кристалізації і нових рівновісних зерен у деформованому металі при нагріванні, що супроводжується зменшенням міцності, збільшенням пластичності і відновленням інших властивостей, називається рекристалізацією. Найменша температура, при якій починається процес рекристалізації і втрата міцності металу, називається температурою рекристалізації. Розмір зерна після рекристалізації залежить від ступеня і швидкості деформації, а також температури і тривалості нагрівання.

3.2 Холодна і гаряча деформація

Залежно від температур, швидкісних умов при деформуванні можуть відбуватися два протилежних процеси: зміцнення, викликане деформацією, і втрата міцності, обумовлена рекристалізацією. Відповідно

до цього розрізняють холодну і гарячу деформацію. Холодне деформування відбувається при температурах нижче температури рекристалізації і супроводжується наклепом металу. Гаряче деформування протікає при температурах, вищих температури рекристалізації. При гарячій деформації також відбувається зміцнення металу (гарячий наклеп), але воно цілком знімається в процесі рекристалізації. При ній пластичність металу вища, а опір деформації приблизно в 10 разів менший, ніж при холодній деформації. Деформація, після якої відбувається тільки часткова втрата міцності, називається неповною гарячою деформацією.

4 ВПЛИВ ОБРОБКИ ТИСКОМ НА СТРУКТУРУ І МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

4.1 Зміна структури литого металу при деформації

Структура виливків, що звичайно є вихідними заготовками при обробці тиском, неоднорідна (рис.1, б). Основу її складають зерна первинної кристалізації (дендрити) різних розмірів і форми, на границях яких збираються домішки і неметалічні включення. У структурі вилівка є також пори, газові порожнини. Високий ступінь деформації при високій температурі викликає дроблення зерна, а також часткове заварювання.

4.2 Смугастість

Зерна у міжкристалічному прошарку з підвищеним вмістом неметалічних включень витягуються в напрямку найбільшої деформації. У результаті структура металу набуває смугастої (волокнистої) будови (рис.1, в). Волокнистість впливає на механічні характеристики, викликає їхню анізотропію. У поперечному напрямку ударна в'язкість на 50...70%, відносне звуження – на 40%, відносне видовження – на 20% менші, ніж вздовж волокон. Наявність смугастої мікроструктури й анізотропії властивостей у деформованому металі необхідно враховувати при проектуванні і виготовленні деталей. Необхідно забезпечити таке розташування волокон в них, щоб найбільші напруження, що розтягують, діяли вздовж, а дотичні – поперек волокон, а також, щоб волокна не перерізалися при обробці різанням. При необхідності підвищити пластичність металу в поперечному напрямку варто зробити обтиснення заготовки в напрямку, перпендикулярному попередньому, тобто уздовж волокон. Бажано, щоб біля поверхні деталі волокна повторювали її обриси (рис.1, г). У цьому випадку підвищуються міцність і інші службові властивості деталі.

5 ОСНОВНІ ВИДИ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

Основними видами обробки тиском є прокатування, пресування, волочіння деталей, об'ємне штампування, листове штампування.

Прокатуванням називають обтиснення металу валками, які обертаються (рис.3, а). Ним одержують вироби з постійним по довжині поперечним перерізом (прутки, рейки, листи, труби, балки) чи з періодично змінюваною по довжині формою.

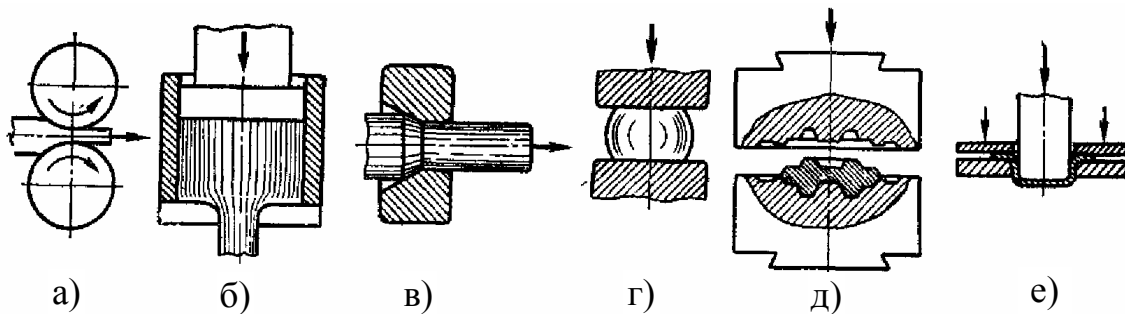


Рисунок 3 – Схеми основних видів обробки металів тиском

При прокатуванні схема головних напружень відповідає об'ємному стисканню (рис.2, а) з максимальним напруженням в напрямку тиску валків, а схема головних деформацій може бути з двома деформаціями розтягання (рис.2, е) чи двовісна схема деформації (рис.2, ж) при прокатуванні з натягом.

Пресування полягає в протискуванні нагрітого металу, що знаходиться в замкнутому об'ємі, через отвір у матриці (рис.3, б). Форма і розміри поперечного перерізу прутків, що витискуються, відповідають формі і розмірам цього отвору. При пресуванні напружений стан характеризується схемою об'ємного стискання (рис.2, а) і схемою деформацій, поданою на рис.2, д).

Волочіння – це протягування заготовки через отвір у волочильній матриці (волоку) (рис.3, в). Волочінням одержують тонкі сорти дроту, калібровані прутки, тонкостінні труби. Схема напружень і деформації при волочінні зображена на рис.2, в), д).

Кування – процес деформування нагрітої заготовки між бойками молота чи преса (рис.3, г). Зміна форми і розмірів заготовки досягається послідовною дією бойків або інструменту на різні ділянки заготовки.

Об'ємне штампування полягає в одночасному деформуванні всієї заготовки в спеціалізованому інструменті – штампі на молотах або пресах горизонтально-кувальних машин (рис.3, д). Форма і розміри внутрішньої порожнини штампа визначають форму і розміри заготовки.

Схеми напружень і деформацій при куванні й об'ємному штампуванні аналогічні прокатуванню (рис.2, а), е).

Листове штампування призначене для одержання плоских і об'ємних пустотілих деталей з листа чи смуги за допомогою штампів на

холодноштампувальних пресах (рис.3, е). Напружений стан при холодному штампуванні може характеризуватися схемами, поданими на рис.2, б), в), г), а схема деформацій у деяких випадках двовісна (рис.2, ж).

Процеси протягування, волочіння – це процеси металургійного виробництва.

Кування, об'ємне та листове штампування – процеси машинобудівного виробництва.

В подальшому розглядаються процеси машинобудівного виробництва.

6 КУВАННЯ

6.1 Загальні положення

Кування – вид гарячої обробки металів тиском, при якому метал деформується за допомогою універсального інструменту. Нагріту заготовку (рис.4, а) укладають на нижній бойок і універсальним інструментом – верхнім бойком – послідовно деформують на окремих ділянках заготовки. Метал вільно тече в сторони, не обмежені робочими поверхнями інструменту, у якості якого застосовують плоскі чи фігурні (вирізні) бойки, а також різний підкладний інструмент.

Куванням одержують заготовки для наступної механічної обробки. Ці заготовки називають *кованими поковками* чи просто поковками.

Кування є єдиним можливим способом виготовлення важких поковок (до 250 т і більше) типу валів гідроенергетичних турбін, турбінних дисків, колінчастих валів суднових двигунів, валків прокатних станів і т.д. Поковки меншої маси (десятки і сотні кілограмів) можна виготовляти і куванням, і штампуванням. Хоча штампування має ряд переваг перед куванням, в одиничному і дрібносерійному виробництві кування, зазвичай, доцільніше. Пояснюється це тим, що при куванні використовують універсальний (придатний для виготовлення різних поковок) інструмент, а виготовлення спеціального інструменту (штампа) при невеликій партії однакових поковок економічно не вигідне. Вихідними заготовками для кування важких, великих поковок є злитки масою до 320 т. Злитки для кування мають різну форму: подовжені, пустотілі, багатогранного, круглого чи квадратного поперечних перерізів. Поковки середньої і малої маси виготовляють переважно з прокату у вигляді блюмів і сортового: квадратного, круглого чи прямокутного перерізів. *Кування* підрозділяють на *ручне* і *машинне*. Ручним куванням одержують дрібні поковки в одиничному виробництві і при ремонтних роботах за допомогою ковадла і кувалди. Нижче розглянуте машинне кування на молотах і гідравлічних пресах.

6.2 Основні операції кування і інструмент, що при цьому застосовується

Процес кування складається з чергування у певній послідовності основних і допоміжних операцій. До основних операцій кування відносяться: осаджування, протягування, прошивання, відрубування, вигинання, скручування.

Кожна основна ковальська операція визначається характером деформування і застосуванням інструментом.

Осаджування – операція зменшення висоти заготовки при збільшенні площі її поперечного перерізу (рис.4, а). Осаджування застосовують: для одержання поковок з великими поперечними розмірами при відносно малій висоті (зубчасті колеса, диски і т. п.); як попередню операцію перед прошиванням при виготовленні пустотілих поковок (кілець, барабанів); як попередню операцію для знищення литої дендритної структури злитка і поліпшення механічних властивостей виробу.

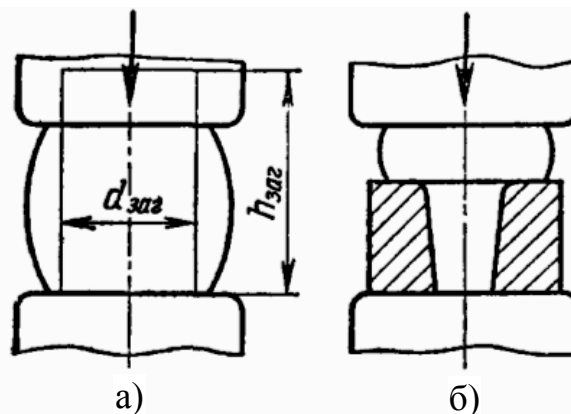


Рисунок 4 – Схеми осаджування (а) та висаджування (б)

Деформація при осаджуванні може бути виражена величиною уковування

$$y = F_1/F_2, \quad (1)$$

де F_1 – більша площа поперечного перерізу;

F_2 – менша площа поперечного перерізу.

Очевидно, чим більше уковування, тим краще прокований метал, тим вищі його механічні властивості.

Осаджуванням не рекомендується деформувати заготовки, у яких відношення висоти $h_{заг}$ до діаметра $d_{зар}$ більше 2,5, тому що у цьому випадку може відбутися повздовжнє викривлення заготовки. Осаджують заготовки між бойками або підкладними плитами.

Різновидом осадки є *висаджування* (рис.4, б), при якому метал осаджується лише на частині довжини заготовки.

Протягування – операція видовження заготовки або її частини за рахунок зменшення площі поперечного перерізу (рис.5, а). Протягування виконують послідовними ударами або натисканнями на окремі ділянки заготовки, що примикають одна до другої, з подачею заготовки уздовж осі протягування і поворотами її на 90° навколо цієї осі. При кожному натисканні зменшується висота перерізу, збільшуються ширина і довжина

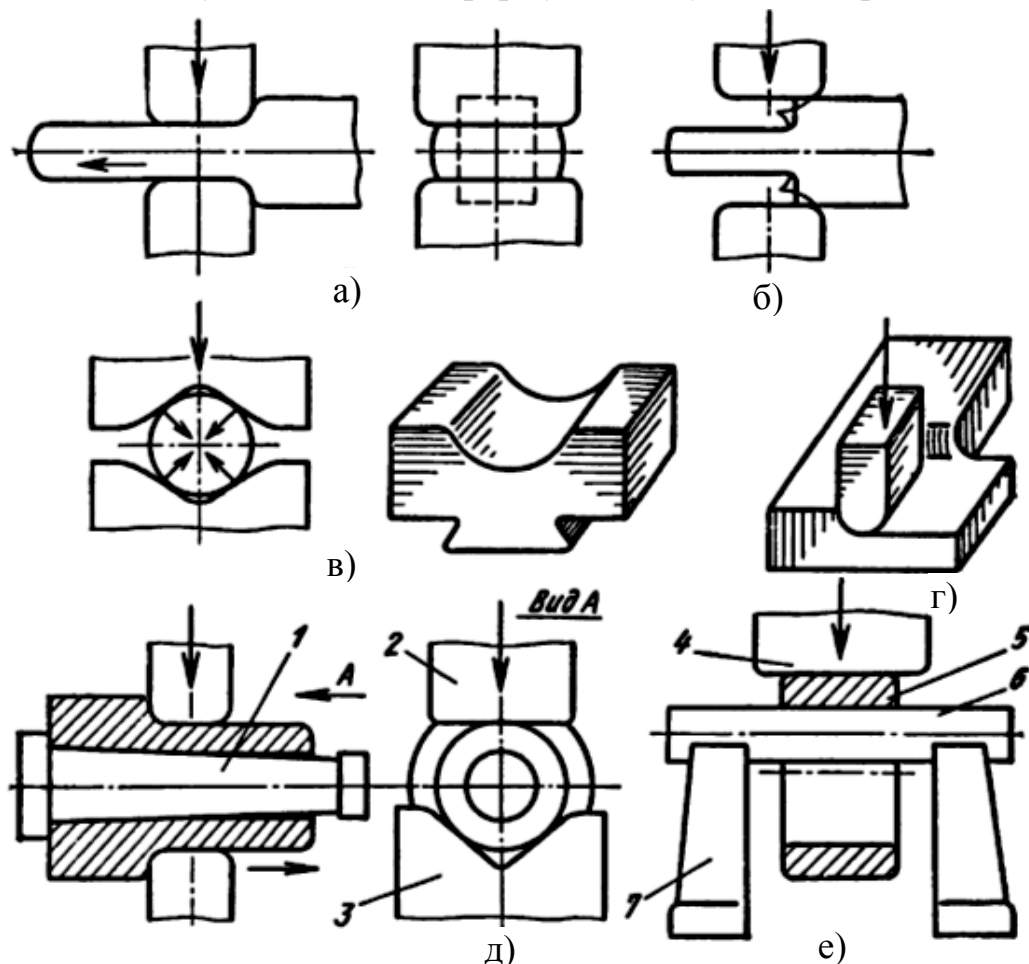


Рисунок 5 – Схема протягування і її різновиди

заготовки. Загальне збільшення довжини дорівнює сумі збільшень довжин за кожне натискання, а розширення по всій довжині однакове. Якщо заготовку повернути на 90° навколо горизонтальної осі і повторити протягування, то розширення, отримане в попередньому проході, усувається, а довжина заготовки знову збільшується. Чим менша подача при кожному натисканні, тим інтенсивніше видовження. Однак при занадто малій подачі можна одержати затиски (рис.5, б).

Протягувати можна плоскими (рис.5, а) і вирізними (рис.5, в) бойками. При протягуванні на плоских бойках у центрі виробу можуть виникнути (особливо при протягуванні круглого перетину) значні розтягувальні напруження, які призводять до утворення осьових тріщин.

При протягуванні у вирізних бойках сили, спрямовані з чотирьох сторін до осової лінії заготовки, сприяють рівномірнішому плину металу й

усуненню можливості утворення осьових тріщин.

Величина деформації при протягуванні, як і при осаджуванні, може бути виражена уковуванням.

Протягуванням одержують поковки з подовженою віссю (вали, важелі, тяги і т.п.). Нижче наведено основні різновиди операції протягування.

Розгонка – операція збільшення ширини частини заготовки за рахунок зменшення її товщини (рис.5, г).

Протягування з оправкою – операція збільшення довжини пустотілої заготовки за рахунок зменшення товщини її стінок (рис.5, д). Протягування виконують у вирізних бойках (чи нижньому вирізному 3 і верхньому плоскому 2) на ледь конічній оправці 1. Протягують в одному напрямку – до кінця оправки, який розширюється, що полегшує її видалення з поковки.

Розкатування на оправці – операція одночасного збільшення зовнішнього і внутрішнього діаметрів кільцевої заготовки за рахунок зменшення товщини її стінок (рис.5, е). Заготовка 5 опирається внутрішньою поверхнею на циліндричну оправку 6, що встановлена кінцями на підставках 7, і деформується між оправкою і вузьким довгим бойком 4. Після кожного натискання заготовку повертають відносно оправки.

Протягування з оправкою і розкатування на оправці часто застосовують сумісно. Спочатку розкатуванням знищують бочкоподібність попередньо осадженої і прошитої заготовки і доводять її внутрішній діаметр до необхідних розмірів. Потім протягуванням з оправкою зменшують товщину стінок і збільшують до заданих розмірів довжину поковки.

Прошивання – операція одержання порожнин у заготовці за рахунок витиснення металу (рис.6, а). Прошиванням можна отримати наскрізний отвір чи поглиблення (глухе прошивання).

Інструментом для прошивання є прошивки (рис.6, в) суцільні і пустотілі; останніми прошивають отвори великого діаметру (400 – 900 мм). При наскрізному прошиванні порівняно тонких поковок застосовують підкладні кільця (рис.6, б). Товстіші поковки прошиваються з двох сторін без підкладного кільця (рис.6, а). Діаметр прошивання вибирають рівним $1/2$ – $1/3$ зовнішнього діаметра заготовки; при більшому діаметрі прошивання заготовка значно спотворюється.

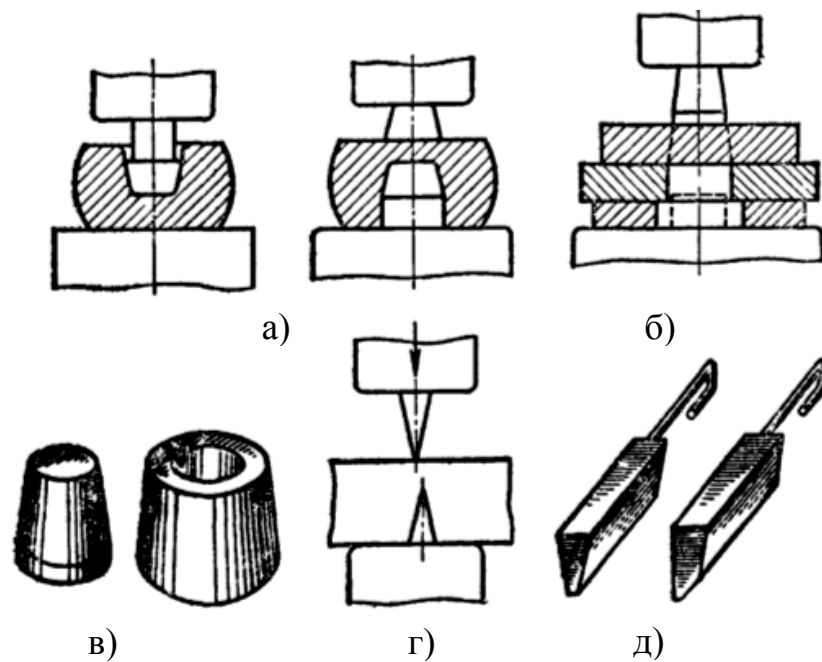


Рисунок 6 – Схеми прошивання й відрубування:
 а) – двостороння; б) – однобічна з підкладним кільцем; в) – прошивні;
 г) – відрубування; д) – сокири

Відрубування – операція відділення частини заготовки по незамкнутому контуру шляхом проникання в заготовку деформувального інструмента – сокири (рис.6, г). Відрубування застосовують для одержання з заготовок великої довжини декількох коротких, для видалення надлишків металу на кінцях поковок, а також прибуткової і донної частин злитка і т.п. Інструмент для відрубування – сокири різної форми (рис.6, д).

Вигинання – операція надання заготовці вигнутої форми за заданим контуром (рис.7, а). Цією операцією одержують кутники, скоби, гачки, кронштейни і т.п.

Вигинання супроводжується зміною первинної форми поперечного перерізу заготовки і зменшенням його площі в зоні вигинання, названим утяжкою. Для компенсації утяжки в зоні вигинання заготовку виготовляють зі збільшеними поперечними розмірами. При вигинанні можливе утворення складок по внутрішньому контуру і тріщин по зовнішньому. Щоб уникнути цього явища за заданим кутом вигинання підбирають відповідний радіус заокруглення.

Скручування – операція, за допомогою якої частина заготовки повертається навколо поздовжньої осі (рис.7, б).

Скручування можна застосовувати при виготовленні колін колінчастих валів, свердл і т.п. При скручуванні звичайно одну частину заготовки затискають між бойками, іншу розвертають за допомогою різних пристроїв – воротків, ключів, лебідок.

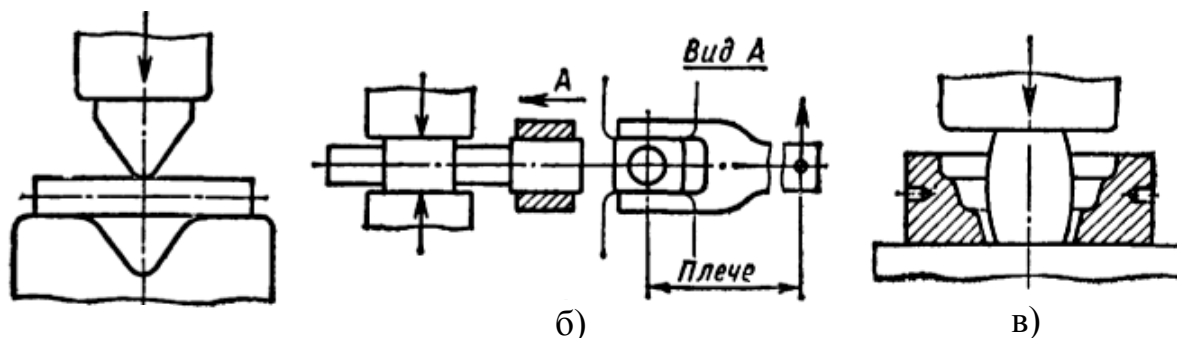


Рисунок 7 – Схеми: а) – вигинання; б) – скручування;
в) – штампування в підкладному штампі

Перерахованими операціями кування важко виготовити поковку з відносно складною конфігурацією. Тому при виготовленні невеликої партії таких поковок застосовують так зване штампування в підкладних штампах (рис.7, в). Підкладний штамп може складатися з однієї або двох частин, у яких є порожнина з конфігурацією поковки чи її окремої ділянки. У підкладних штампах можна виготовляти головки гайкових ключів, головки болтів, диски із ступицею, втулки з буртом та інші поковки.

6.3 Обладнання для кування

Машинне кування роблять на кувальних молотах і кувальних гідравлічних пресах.

Молоти – машини динамічної, ударної дії. Тривалість деформації на них складає тисячні долі секунди. Метал деформується за рахунок енергії, накопиченої рухливими (падаючими) частинами молота до моменту їх зіткнення з заготовкою. Тому при виборі молотів керуються масою їх падаючих частин. Енергія, накопичена падаючими частинами, не вся витрачається на деформування заготовки. Частина її витрачається на пружні деформації інструменту і коливання шабота – деталі молота, на яку встановлюють нижній бойок. Чим більша маса шабота, тим більший к.к.д. Практично маса шабота буває в 15 разів більше маси падаючих частин, що забезпечує к.к.д. удару $\eta_{уд} = 0,8 \div 0,9$.

Основними типами молотів для кування є приводні – пневматичні і пароповітряні.

Пневматичний молот. Найрозповсюдженіша конструкція такого молота наведена на рисунку 8.

У литій станині 10 розташовані два циліндри – компресорний 9 і робочий 5, порожнини яких з'єднані через золотники 7 і 6. Поршень 8 компресорного циліндра переміщується шатуном 14 від кривошипа 15, що обертається електродвигуном 13 через шестерні 11 і 12 (редуктор). При

переміщенні поршня в компресорному циліндрі повітря почергово стискується у верхній і нижній його порожнинах. Повітря, стиснуте до $0,2 - 0,3 \text{ МН/м}^2$, при натисканні на педаль чи рукоятку, що відкриває золотники 7 чи 6, надходить через них у робочий циліндр 5. Стиснене повітря діє на поршень 4 робочого циліндра. Поршень 4, виконаний як одне ціле з масивним штоком, є одночасно бабою молота, до якої кріплять верхній боек 3. У результаті падаючі частини 3 і 4 періодично переміщуються вниз – вгору і наносять удари по заготовці, покладеній на нижній боек 2, що нерухомо закріплений на масивному шаботі 7. Залежно від положення органів керування молот може наносити одиничні й автоматичні удари регульованої енергії, працювати на холостому ході (баба вільно лежить на нижньому бойку), здійснювати силове притискання поковки до нижнього бойка (наприклад, для операцій вигинання і скручування) і тримати бабу у висячому положенні.

Пневматичні молоти застосовують для кування дрібних поковок (приблизно до 20 кг) і виготовляють з масою падаючих частин 50 – 1000 кг.

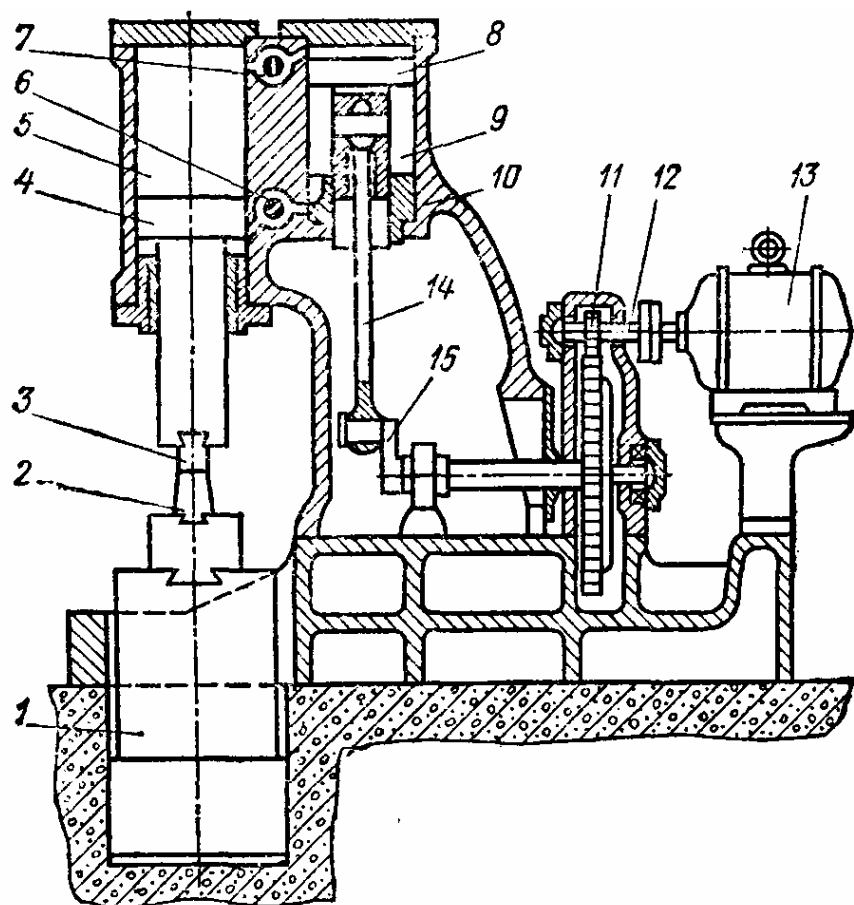


Рисунок 8 – Схема пневматичного молота

Пароповітряні молоти. Такі молоти приводяться в дію парою чи стисненим повітрям тиском $0,7 - 0,9 \text{ МН/м}^2$. Залежно від конструкції станини пароповітряні кувальні молоти бувають аркові, мостові й одностоякові.

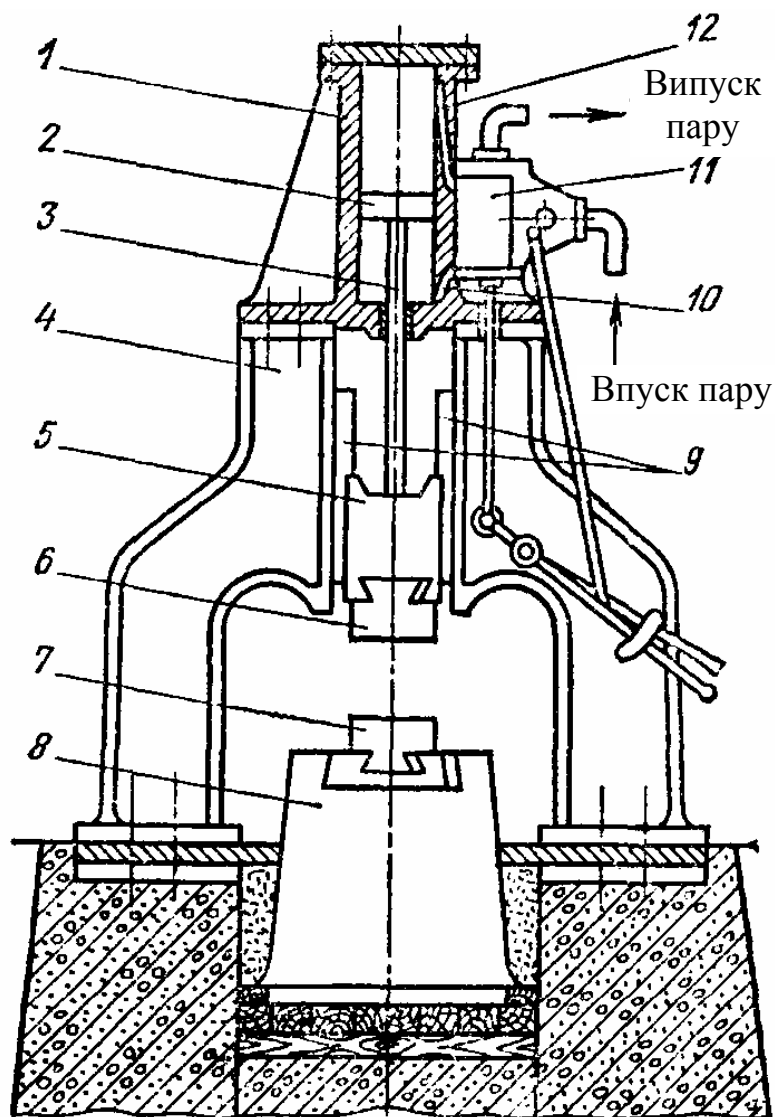


Рисунок 9 – Схема пароповітряного молота аркового типу

На рисунку 9 зображена схема аркового молота. На станині 4 молота змонтований робочий циліндр 1 з паророзподільним пристроєм 11. При натисканні педалі чи рукоятки керування стиснений пар чи повітря по каналу 12 надходить у верхню порожнину циліндра 1 і давить на поршень 2, з'єднаний штоком 3 з бабою 5, до якої кріплять верхній боек 6. У результаті падаючі частини 2, 3, 5 і 6 переміщуються вниз і завдають удару по заготовці, покладеній на нижній боек 7, нерухомо закріплений на масивному шаботі 8. При подачі стисненого пару по каналу 10 у нижню порожнину циліндра 1 падаючі частини піднімаються у верхнє положення. Переміщення баби 5 відбуваються в напрямних 9. У кувальних молотах станина 4 і шабот 8 закріплені на фундаменті окремо, бо для того, щоб

маніпулювати заготовками і ковальським інструментом, необхідно мати доступ до бойків з усіх боків.

Молоти можуть робити удари повної і неповної сили, притискати поковку між бойками й утримувати бабу в підвішеному стані. Ковальські пароповітряні молоти будують з масою падаючих частин 1000 – 8000 кг. На цих молотах виготовляють поковки середньої маси (20 – 350 кг) переважно з прокатаних заготовок.

Гідравлічні преси. Ці машини – статичної дії, тривалість деформації в них може складати від одиниць до десятків секунд.

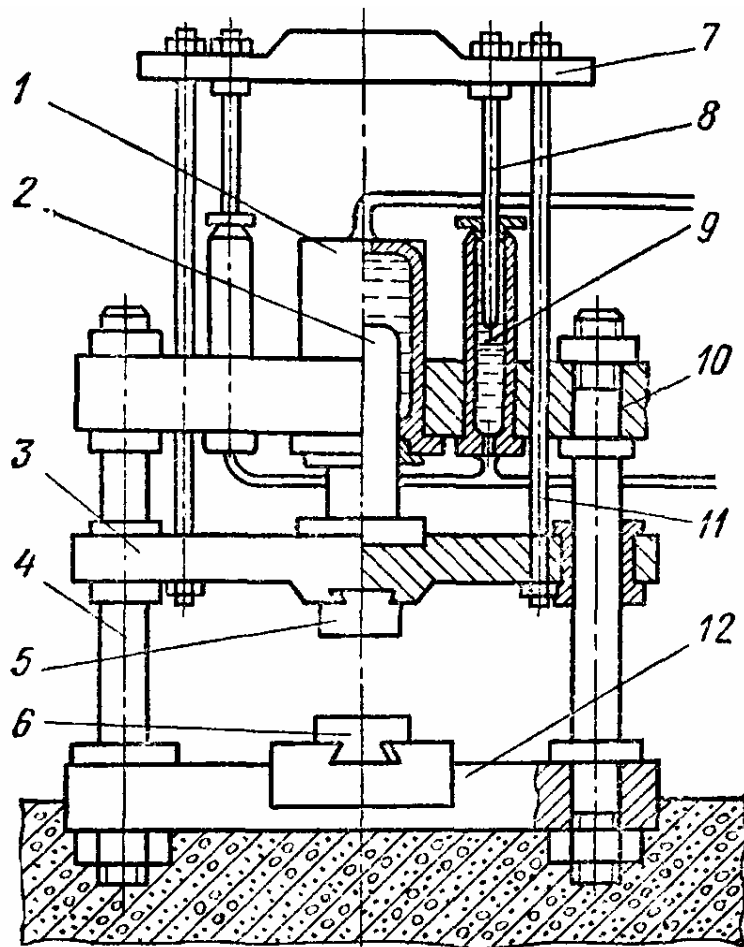


Рисунок 10 – Принципова схема гідравлічного преса

У гідравлічному пресі зусилля створюється за допомогою рідини (водяної емульсії чи мінеральної олії) високого тиску ($20 - 30 \text{ МН/м}^2$), яку подають в робочий циліндр 1 (рис.10). Рідина тисне на плунжер 2, що передає зусилля рухомій поперечині 3, яка переміщується по колонах 4. Верхній бойок 5 кріплять до рухомої поперечини, нижній бойок 6 встановлюють на нижній нерухомій поперечині 12. Верхня нерухома поперечина 10, у якій знаходиться робочий циліндр 9, і нижня поперечина 12 жорстко з'єднані чотирма колонами 4. При опусканні поперечини 3 рідина з поворотних циліндрів 9 витісняється плунжерами 8, зв'язаними

верхньою поперечиною 7 і тягами 11 з поперечиною 3. Для підйому останньої у вихідне положення після робочого ходу рідина під тиском подається в поворотні циліндри 9, а з робочого циліндра витісняється плунжером 2 у зливний резервуар.

Крім зазначених частин гідравлічні преси мають пристрої, що забезпечують прес рідиною високого тиску, наповнюючи усю гідравлічну систему преса рідиною і керуючи пресом (розподільники).

У нашій промисловості кувальні гідравлічні преси будують зусиллям 5 – 100 МН для виготовлення великих поковок в основному з виливків.

6.4 Розробка креслення поковки

Креслення поковки складають на підставі розробленого конструктором креслення готової деталі з урахуванням припусків, допусків і напусків.

Припуск – поверхневий шар металу поковки, що підлягає видаленню механічною обробкою для одержання необхідних розмірів і якості поверхні готової деталі. Розміри деталі збільшують на величину припусків у місцях, що підлягають механічній обробці (рис.11).

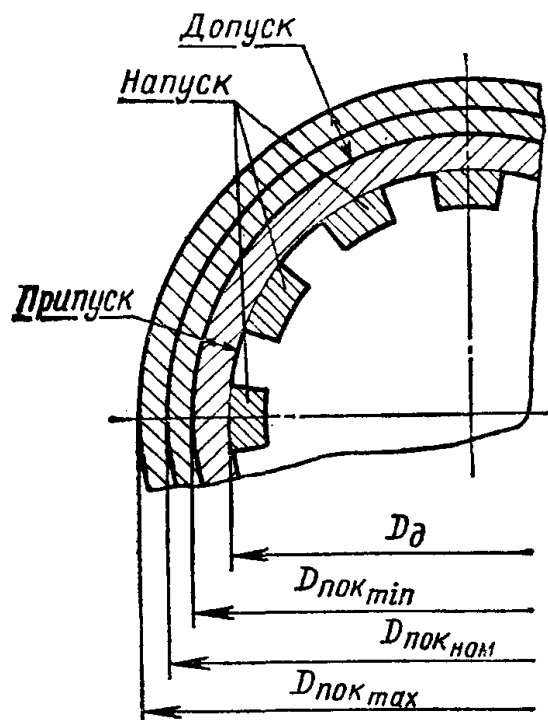


Рисунок 11 – Схема розмірів поковки з напуском, припуском і допуском

Величина припуску залежить від розмірів поковки, її конфігурації, типу обладнання, застосовуваного для виготовлення поковки, і інших факторів. Чим більші розміри поковки, тим більший припуск.

Допуск поковки – припустиме відхилення від номінального розміру

кування, проставленого на її кресленні, тобто різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами поковки (рис. 11). Допуск призначають на всі розміри поковки.

Конфігурацію поковки іноді спрощують за рахунок напусків – об'єму металу, що додається до поковки понад припуски для спрощення її форми і, отже, процесу кування. Напуски видаляють подальшою механічною обробкою. Припуски, допуски і напуски призначають у строгій відповідності з ГОСТом.

6.5 Розрахунок маси заготовки

Маса заготовки:

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{пок}} + m_{\text{пр}} + m_{\text{дон}} + m_{\text{уг}} + m_{\text{от}}, \quad (2)$$

де $m_{\text{заг}}$ – маса вихідної заготовки;

$m_{\text{пок}}$ – маса поковки, що підраховують як добуток об'єму поковки на щільність металу;

$m_{\text{пр}}$ – маса відходу з прибуткової частини злитка;

$m_{\text{дон}}$ – маса відходу з донної частини злитка;

$m_{\text{уг}}$ – маса відходу на пригар при нагріванні;

$m_{\text{от}}$ – маса технологічних відходів.

Відходи з прибутковою частиною складають 14 – 30%, а з донною 4 – 7%; на пригар – у середньому 2 – 2,5% від маси металу, що нагрівається, при нагріванні холодної заготовки і близько 1,5% при кожному підігріві. Технологічні відходи (обрубкування, видри і т.п.) залежать від форми поковки і прийнятої послідовності кування. При куванні з прокатої заготовки $m_{\text{пр}}$ і $m_{\text{дон}}$ відсутні. Розміри поперечного перерізу заготовки вибирають з урахуванням забезпечення необхідного уковування. Достатнім уковуванням для злитків вважається 2,5 – 3,0, а для прокату 1,3 – 1,5.

6.6 Вибір обладнання

Для кування обладнання вибирають, залежно від режиму кування даного металу чи сплаву, маси поковки і її конфігурації. Аналітичний розрахунок необхідної потужності обладнання в багатьох випадках є складним питанням, тому часто використовують наближені формули чи таблиці довідників.

6.7 Послідовність операцій кування

Послідовність кування встановлюють залежно від конфігурації поковки і технічних вимог на неї, від виду заготовки (виливок чи прокат). Як приклад на рисунку 12 наведено послідовність кування двох поковок: пустотілого масивного циліндра зі злитка на пресі і важеля з вилкою на молоті.

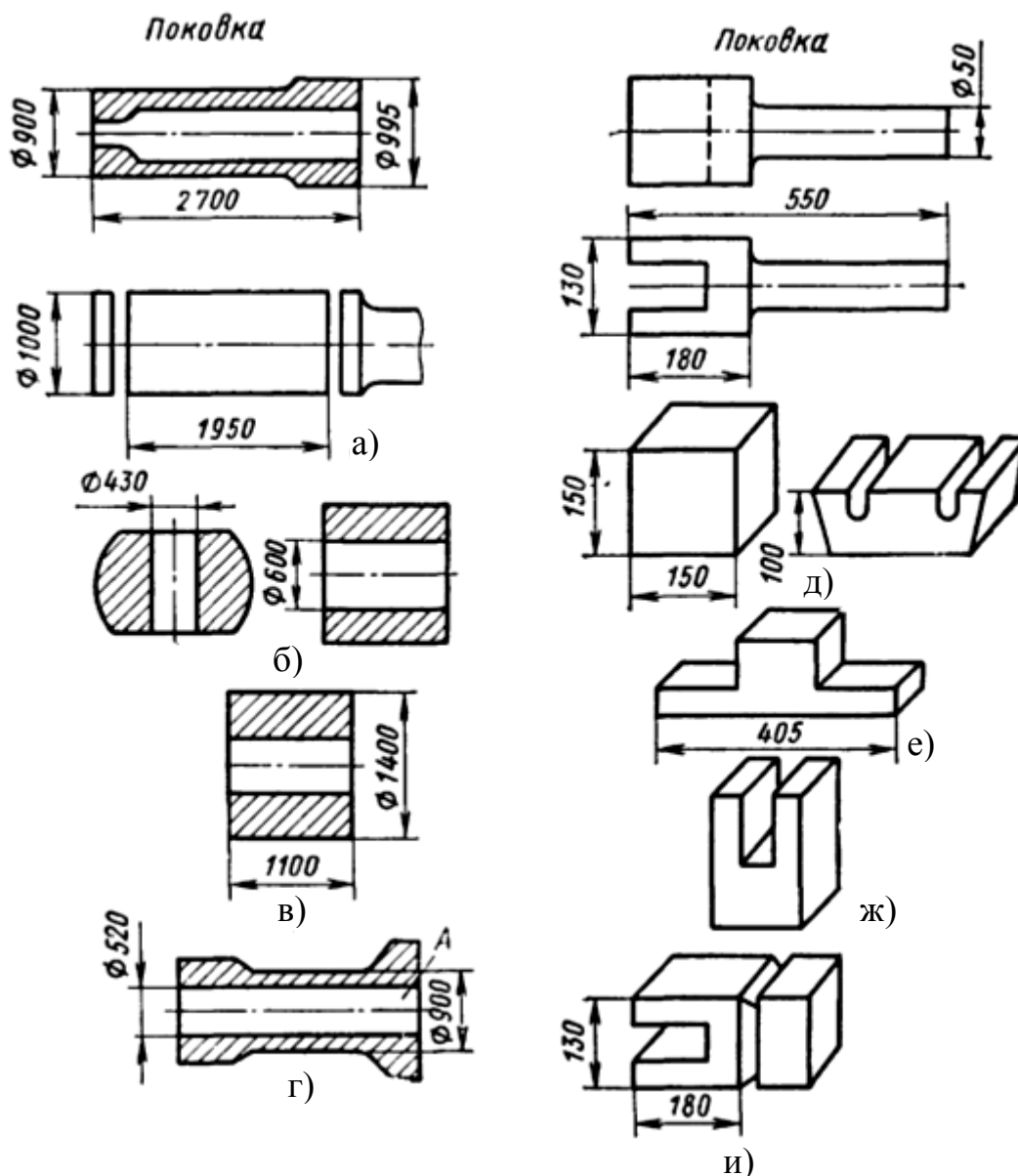


Рисунок 12 – Послідовність операцій кування пустотілого циліндра і важеля з вилкою

Циліндр кують зі сталевго злитка (сталь 40) масою 18т з п'яти нагрівань. Після першого нагрівання протягують прибуткову частину під патрон (злиток діаметром 1000 мм) відрубують донну і прибуткову частини злитка (рис.12, а). Після другого нагрівання виконують осаджування, прошивання отвору і розкатування на оправці (рис.12, б).

Після третього нагрівання – посадки на оправку і протягування на довжину 1100 мм (рис.12, в). Після четвертого – посадки на оправку і протягування середньої частини на діаметр 900 мм (рис.12, г). Після п'ятого нагрівання (нагрівають тільки кінець А) заковують кінець А.

Кування важеля з вилкою зі сталю прокату квадратного перерізу показані на рис.12, д) – и). Нагріту заготовку протягують на прямокутник і віджимають метал для щік (рис.12, д). Потім відковують щоки (рис.12, е) і загинають у пристрої (рис.12, ж), віджимають метал для стрижня і протягують до потрібного діаметра (рис.12, и). Кінець стрижня відрубують на задану довжину.

6.8 Технологічність конструкції поковок

Вимоги до конструкції поковок зводяться, головним чином до того, що вони повинні бути найбільш простими, обкресленими циліндричними поверхнями і площинами (рис.13, а) – г).

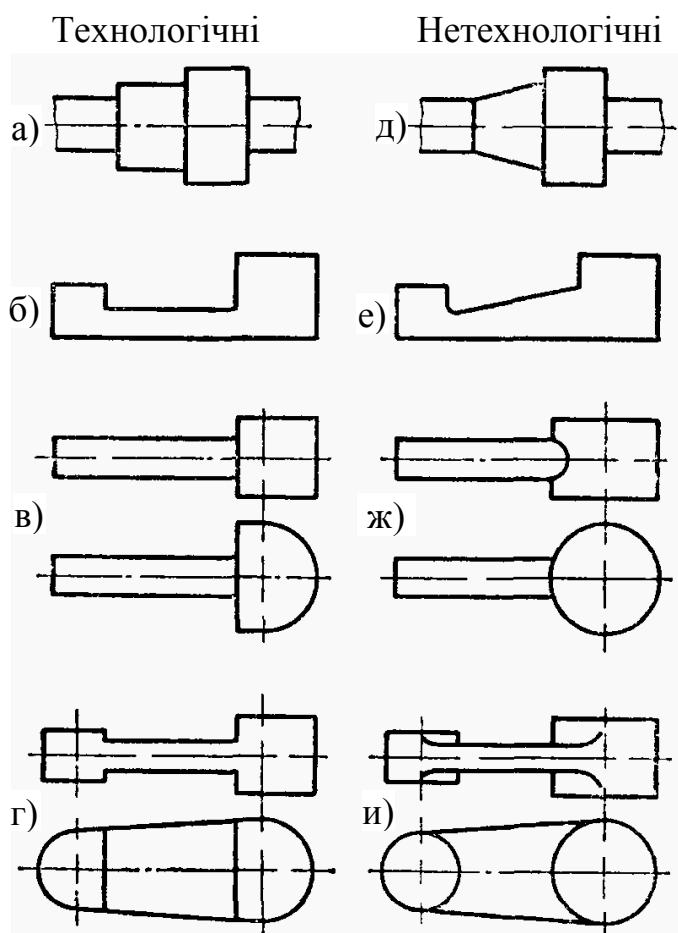


Рисунок 13 – Технологічні і нетехнологічні форми поковок

Варто уникати в поковках конічних (рис.13, д) і клинових (рис.13, е) форм. Необхідно враховувати труднощі виконання куванням ділянок перетинів циліндричних поверхонь між собою (рис.13, ж) і з

призматичними поверхнями (рис.13, и). У поковках необхідно уникати ребристих перетинів, бобишок, виступів і т.п., з огляду на те, що ці елементи в більшості випадків виготовити куванням неможливо. У місцях складної конфігурації доводиться вдаватися до напусків з метою спрощення конфігурації поковки, що викликає подорожчання деталі. Крім того, варто прагнути, щоб конфігурація деталі дозволяла одержати при куванні найсприятливіше розташування волокон.

Технологічні особливості кування високолегованих сталей і кольорових металів обумовлені відмінністю їх технологічних властивостей від властивостей вуглецевих і низьколегованих конструкційних сталей.

Високолеговані сталі схильні до інтенсивного зміцнення, тому для кування цих сталей часто доцільніше використовувати прес, а не молот. Через малу швидкість деформування на пресах розміцнюючі процеси, повернення і рекристалізація встигають відбутися раніше, зміцнення знімається. У іншому випадку деформація не буде цілком гарячою, і пластичність може різко понизитися.

Для кожної марки сталі необхідно вибрати певне загальне уковування, щоб одержати гарну якість поковок. Внаслідок того, що високолеговані сталі мають знижену технологічну пластичність, потрібно вибрати такі прийоми кування, при яких значно знижуються розтягувальні напруження. Наприклад, протягування цих сплавів доцільно виконувати у вирізних бойках. Особливо обережно варто кувати литу заготовку, тому що лита структура менш пластична, чим деформована. Останнє відноситься і до всіх *алюмінієвих сплавів*. Наприклад, попередньо деформовані прутки зі сплавів АК5 і АК6 можна піддавати куванню, тоді як виливки цих сплавів при куванні руйнуються. Алюмінієві сплави, що мають гарну пластичність (Д1, АК2 і ін.), кують на молотах і гідравлічних пресах без особливих обмежень. Малопластичні алюмінієві сплави (АК3, В93 і ін.) необхідно кувати на гідравлічних пресах у вирізних бойках, так само як малопластичні *магнієві сплави* (МА3). На гідравлічних пресах з невисокою швидкістю деформування можна кувати і магнієві сплави, що мають гарну пластичність (МА1; МА2).

Мідні сплави (латуні і бронзи) мають невисокий запас пластичності, тому кування необхідно вести з мінімальними розтягуючими напруженнями.

Титан і титанові сплави мають досить високу пластичність і обробляються куванням усіма застосовуваними методами. Але у випадку динамічного деформування під молотом пластичність титанових сплавів знижується. Важкодеформовані титанові сплави протягують у вирізних бойках.

6.9 Механізація кування

Кування є трудомістким і малопродуктивним процесом, тому його механізація є важливою задачею, що поліпшує умови праці і підвищує продуктивність. При куванні масивних поковок (особливо на гідравлічних пресах) багато операцій взагалі не можуть бути здійснені вручну.

Для завантаження заготовок (злитків) у піч і видачі їх з печі крім мостових і консольно-поворотних кранів застосовують спеціальні машини, що рухаються по підлозі, чи підвісного типу. Кування на пресах і молотах можна механізувати за допомогою різних кранів, кантувачів і маніпуляторів.

Молоти обслуговують консольно-поворотні крани, преси – мостові. *Кантувач* – механізм, що підвішується до гака крана і який дозволяє повертати злиток навколо його подовжньої осі (додатково до тих рухів, що забезпечує сам кран).

Маніпулятор – візок, що переміщується по залізничних рейках (рейковий маніпулятор), або автомобільного типу (безрейковий маніпулятор). На візку встановлюють електричні або гідравлічні приводи, що здійснюють переміщення самого візка і рух хобота. Хобот затискає заготовку, виконує кантування навколо подовжньої осі і переміщує її вниз. Є маніпулятори, у яких, крім цього, хобот повертається навколо вертикальної осі. Вантажопідйомність маніпуляторів досягає 120т. Починають застосовувати автоматизовані процеси кування, при яких робота преса і маніпулятора керується електронними пристроями за заданою програмою.

Для підвищення точності поковок знаходять застосування пристрої (фотоелементи, датчики з радіоактивними ізотопами), що регламентують положення робочого інструменту в заключний момент кування.

7 ГАРЯЧЕ ОБ'ЄМНЕ ШТАМПУВАННЯ

7.1 Суть процесу і види штампування

Характеристика процесу. Об'ємне штампування – процес виготовлення поковок у штампах, при якому плин металу в сторони під час деформування обмежений поверхнями окремих частин штампа. Робоча порожнина штампа при замиканні його складових частин наприкінці штампування – рівчак – відповідає формі поковки.

У порівнянні з вільним куванням об'ємне штампування має такі переваги:

1) у 50...100 разів більша продуктивність (десятки і сотні поковок у годину);

2) велика однорідність і точність поковок (припуски і допуски на поковку в 3...4 рази менші, ніж при куванні), завдяки чому значно зменшується витрата металу в стружку;

3) можливість одержання поковок складної форми без напусків;

4) висока якість поверхні.

На одному штампі, залежно від складності, матеріалу, маси заготовки і способу штампування, можна виготовити від 10 до 25 тисяч поковок.

Недоліки об'ємного штампування: складність і дорожнеча інструмента-штампа (іноді декількох), обмеженість маси поковок (0,3...100 кг, в окремих випадках до 3т), тому що зусилля деформування при штампуванні набагато більші, ніж при куванні.

Найефективнішим об'ємне штампування є у великосерійному і масовому виробництвах.

Залежно від типу штампа розрізняють штампування у відкритих, закритих штампах і в штампах для витискування.

Штампування у відкритих штампах характеризуються тим, що зазор між верхньою і нижньою частинами штампа є змінним і зменшується в процесі деформування металу (рис.14, а) – д). У зазор впливає надлишок металу, що утворює облой. Останній є небажаним відходом, однак він необхідний для забезпечення повного заповнення ривчака штампа.

Штампування в закритих штампах відрізняються тим, що невеликий зазор між верхньою і нижньою частинами штампа забезпечує лише їх взаємне переміщення і в процесі деформування металу залишається постійним (рис.14, є) – к). Відсутність облою у закритих штампах зменшує витрату 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 витискування* (рис.15, а), б) витрата металу на виготовлення поковок знижується (до 30%), поковки виходять точні і 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 досягає 12-го квалітету. Однак вимагаються ретельна підготовка вихідних заготовок під штампування, висока точність виготовлення і налагодження штампів, використання спеціальних змащувальних сумішей. Цим способом одержують заготовки з вуглецевих і легованих сталей, алюмінієвих, мідних і титанових сплавів. Широке застосування стримується високими питомими зусиллями деформування, великими енерговитратами і низькою стійкістю штампів.

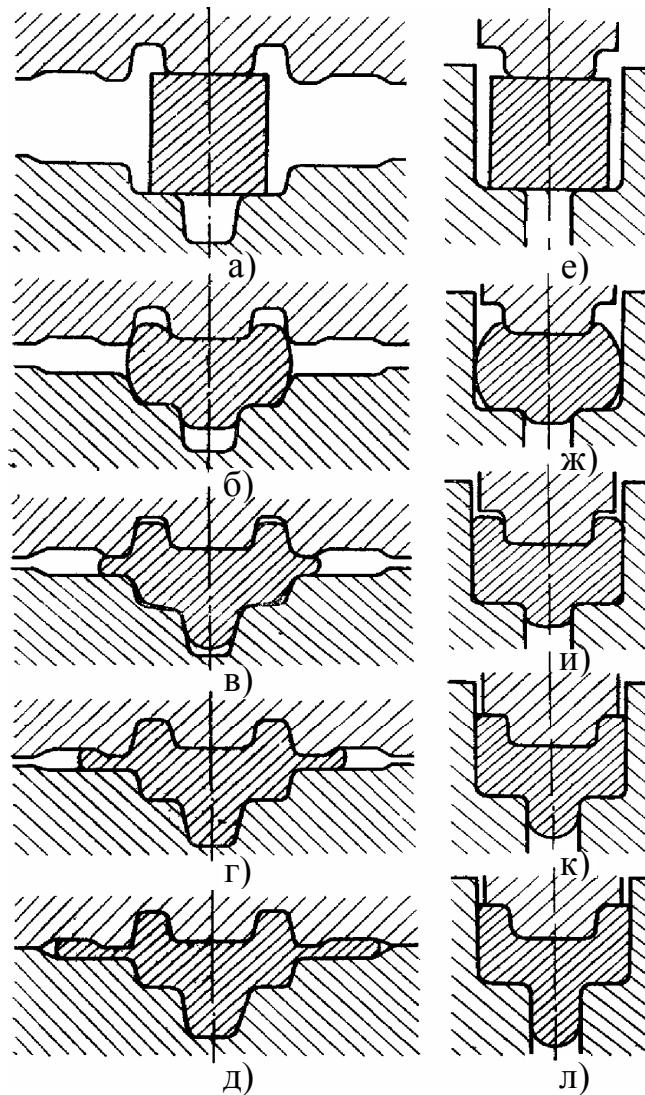


Рисунок 14 – Стадії штампування у відкритому (а – д) і закритому (е – л) штампувальних рівчаках

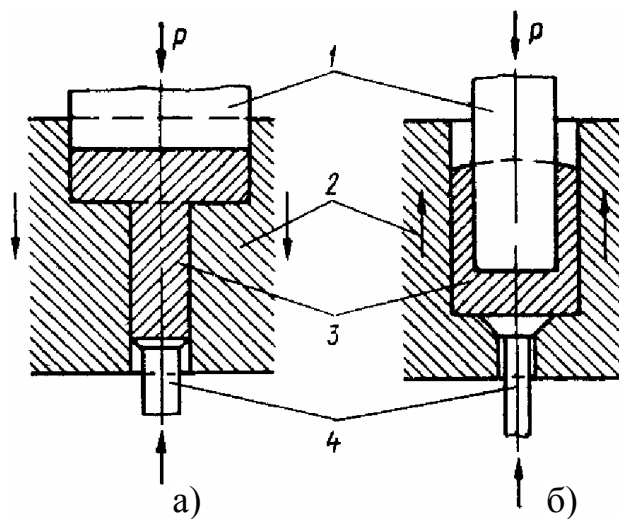


Рисунок 15 – Схеми штампування в штампах для прямого (а) і зворотного (б) витискування: 1 – пуансон; 2 – матриця; 3 – поковка; 4 – виштовхувач

Перспективним є застосування штампування рідкого металу і штампування витискуванням у різних матрицях.

Штампування рідкого металу займає проміжне положення між звичайним штампуванням і литтям під тиском. Цим способом одержують тонкостінні заготовки, різні за складністю і за масою (до 10 кг), з високою щільністю металу і підвищеними механічними властивостями: заготовки зубчастих коліс, фланці, корпусні деталі і кришки, прес-форми для переробки пластмас, барабани і т.п.

При штампуванні витискуванням у різних матрицях остання має одну чи кілька площин роз'єднання, по яких її частини прилягають одна до одної (рис.16). Загальною особливістю штампованих заготовок є те, що вони складаються з двох частин: центральної у вигляді суцільного чи пустотілого циліндра, призми і периферійної у виді фланців, відростків, виступів, ребер і ін. До переваг штампування в різних матрицях у порівнянні з відкритими штампами відносяться: відсутність облою; можливість одержання поковок без штампувальних нахилів чи з незначними нахилами (до 1...30); максимальне наближення форми поковок до форми готової деталі за рахунок формування внутрішніх порожнин; можливість одержання поковок з більш високою точністю розмірів за рахунок сталого зусилля деформування.

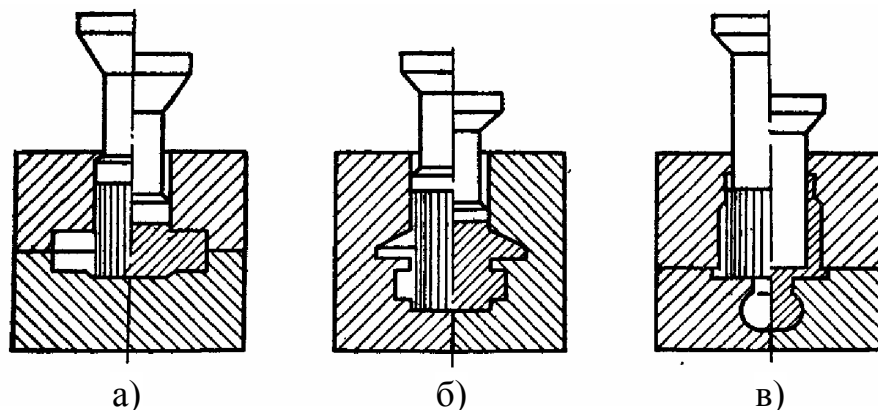


Рисунок 16 – Схеми штампування витискуванням у різних матрицях: поперечний (а), подовжній (б), змішаний (в) роз'єми

Однак штампування в різних матрицях вимагає складнішого і дорожчого устаткування і технологічного оснащення, декількох штампувальних переходів із проміжними нагрівами, через інтенсивніше охолодження заготовки в штампі, підвищеного зусилля деформування.

Поковки простої форми штампують в однорівчачових штампах – з однією порожниною (рис.17, а – б). Складні поковки з різкими змінами перерізу по довжині виготовляють у багаторівчачових штампах з послідовним деформуванням заготовки в декількох рівчачах та поступовим наближенням її до остаточної форми поковки (рис.17, е – и).

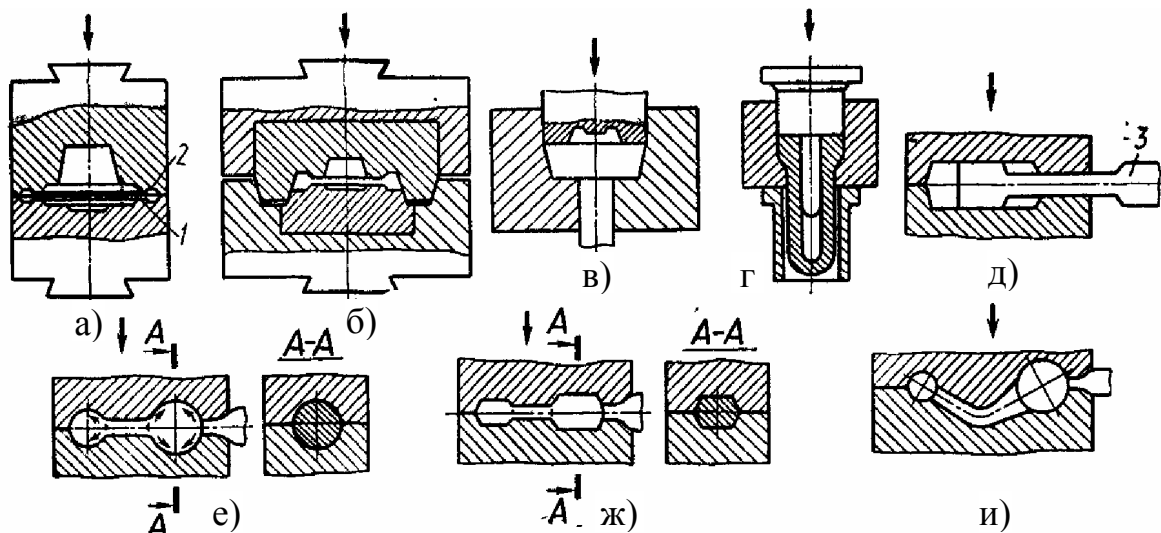


Рисунок 17 – Схеми гарячого об'ємного штампування і заготівельних ривчаків

Ривчаки штамів у багаторивчачових штампах розділяють на заготівельні і штампувальні.

Заготовочні ривчаки призначені для одержання фасонної заготовки, і в них метал перерозподіляється для підготовки до остаточного штампування. У заготовочних ривчаках виконують: осаджування (звичайно на плоскій площадці штампа); протягування – подовження частини заготовки 3 (рис.17, д); підкатування – місцеве збільшення перерізу заготовки за рахунок зменшення товщини сусідніх ділянок (рис.17, е); перетискання – розширення заготовки поперек її осі; формування – для надання заготовці форми, що наближається до форми поковки в площині рознімання (рис.17, ж); згинання (рис.17, и); а також відрубубування заготовок при штампуванні з прутка.

Штампувальні ривчаки бувають чорнові (попередні) і чистові (остаточні). Чорновий ривчак не має облойної канавки. Його призначення – охороняти чистовий ривчак від зношування. Форма чорнового ривчака така ж, як у чистового, але радіуси заокруглень і штампувальні нахили трохи більші. Чистовий ривчак – точне відображення деталі, але з розмірами, більшими на величину усадки при остиганні (близько 1,5%). По периметру чистового ривчака розташовується канавка для облою. Вона складається з вузького містка 1 (рис.17, а) і магазину 2. Призначення містка – утруднити вихід металу із ривчака, щоб створити в порожнині штампа високий тиск, і полегшити обрізання облою.

7.2 Обладнання для гарячого об'ємного штампування

Гаряче об'ємне штампування виконують на штампувальних молотах, пресах, горизонтально-кувальних машинах і спеціалізованих машинах вузького призначення.

Штампувальні молоти призначені для штампування поковок різноманітної форми, переважно в багаторівчачових відкритих штампах.

Основним типом штампувальних молотів є пароповітряні штампувальні молоти з масою падаючих частин 630...25000 кг. За принципом дії вони подібні до пароповітряних кувальних молотів, але мають конструктивні відмінності, обумовлені підвищеними вимогами до точності переміщення частин штампів. Станина 4 (рис. 18) і шабот 2 мають загальний фундамент 1. Стояки станини 4 установлені безпосередньо на шаботі і з'єднані з ним за допомогою болтів із пружинами. Маса шабота в 20...30 разів більша маси падаючих частин. Баба 5 із прикріпленою до неї верхньою частиною штампа переміщається по встановленим на стійках направляючим 3, що мають пристрій для регулювання зазору. Штампувальні молоти мають педально-автоматизоване керування. Якщо педаль 9 не натиснута, то баба робить зворотно-поступальне переміщення, витримуючи зазор між частинами штампа 200...300 мм. Ця холоста робота молота забезпечується шаблеподібним важелем 8, поворот якого визначається положенням баби і який керує через золотникове пристосування 7 подачею пару в силовий циліндр 6. При натисканні на педаль 9 збільшується розмах коливань баби і верхня половина штампа вдаряє по заготовці.

Застосовуються також молоти гідравлічні, фрикційні з дошкою і безшаботні пароповітряні. В останніх замість шабота встановлена нижня рухлива баба, з'єднана з верхньою бабою механічним чи гідравлічним зв'язком.

Вони призначені переважно для штампування великих поковок в однорівчачових штампах.

Штампування поковок на молоті відбувається, зазвичай за 3...5 ударів. При останньому ударі обидві частини штампа стуляються по площині роз'єднання. Середня маса поковок при масі падаючих частин 1000 кг складає 0,5...2 кг, при 10000 кг – 40...100 кг.

Штампувальні преси. Для об'ємного штампування застосовують гвинтові фрикційні, гідравлічні і кривошипні гарячештампувальні преси.

Гвинтові фрикційні преси зусиллям до 6,3 МН застосовують для штампування у відкритих і закритих штампах дрібних поковок (до 20 кг). Вони малопродуктивні і використовуються, в основному, в дрібносерійному виробництві.

Гідравлічні преси для штампування аналогічні кувальним гідравлічним пресам, але мають більш жорстку конструкцію, велику швидкість переміщення рухливої поперечини і виштовхувачі для видалення із штампа поковок. Ці преси з зусиллям до 750 МН застосовують для штампування великих поковок у відкритих і закритих штампах з однією і двома площинами рознімання.

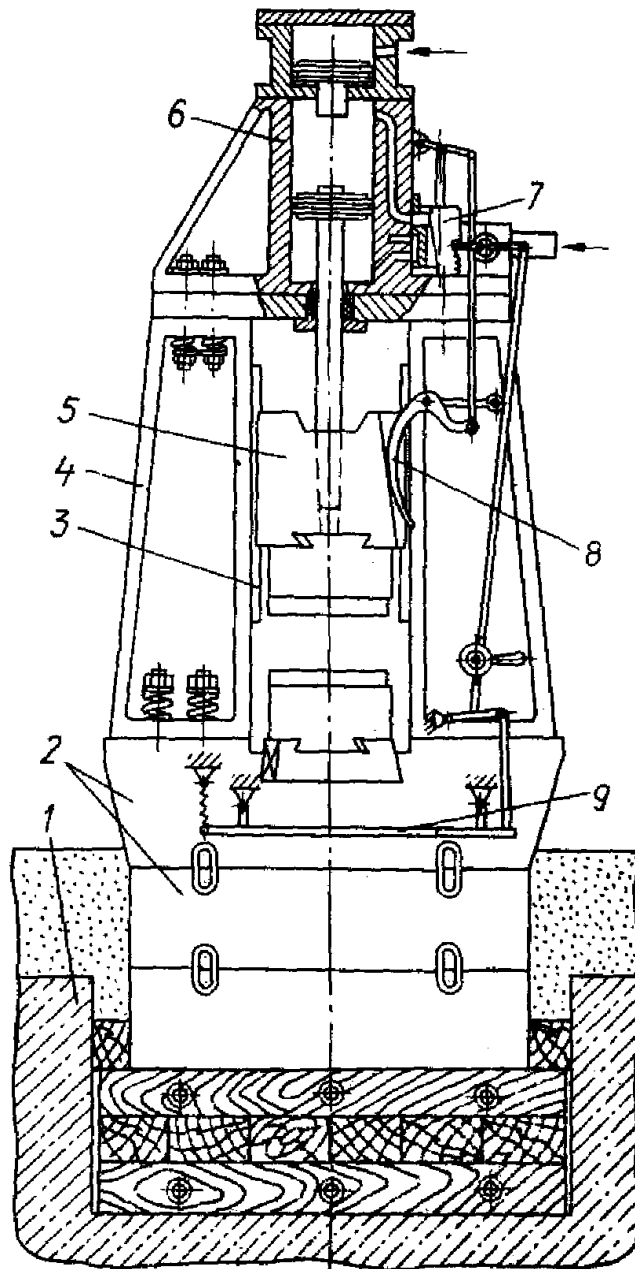


Рисунок 18 – Пароповітряний штампувальний молот

Штамування на кривошипних гарячештамувальних пресах – найбільш прогресивний метод об'ємного штампування. Такі преси з зусиллям 6,3...100 МН використовують для одержання поковок різної форми із сортового чи періодичного прокату у відкритих і закритих штампах, у тому числі видавлюванням. На рисунку 19 подано схему кривошипного гарячештамувального преса. Від електродвигуна 1 через клинопасову передачу рух передається великому зубчастому колесу 2, що вільно обертається на колінчастому валі 4. За допомогою фрикційної дискової муфти 3 зубчасте колесо 2 може бути з'єднане з валом 4, який передає рух шатунові 5, а той передає зворотньо-поступальний рух повзуну 7. Для зупинки колінчастого вала у верхньому положенні після вимикання

муфти служить гальмо 6. До повзуна 7 і столу 14 преса кріпляться відповідно верхня 10 і нижня 13 плити штампа із рівчakovими вставками 11 і 12, сполучення верхньої і нижньої частин штампа забезпечується напрямними колонками 9. Коли повзун преса піднімається нагору, виштовхувачі 8 виштовхують деталі з чистового рівчака.

На кривошипних пресах деформування металу в кожному рівчаку відбувається за один хід повзуна. Велика кількість ходів у хвилину (35...90) забезпечує високу продуктивність. Сталість ходу повзуна і застосування штампів з напрямними колонками дає можливість досягти вищої точності поковок порівняно із штампуванням на молотах. Наявність виштовхувачів дозволяє зменшити штампувальні нахили. До недоліків штампування на кривошипних пресах відносяться: необхідність точного визначення маси заготовок; заготовки не повинні мати окалини; не можна застосовувати протяжний і підкатний рівчаки; вартість пресів у 3...4 рази вища, ніж молотів.

Горизонтально-кувальні машини (ГКМ) призначені для штампування висаджуванням деталей, що не вимагають штампування по всій довжині (рис.20, а), а також для прошивання (рис.20, б).

Штампування на ГКМ здійснюється в штампах із двома площинами рознімання, що складаються з трьох частин: нерухомої 6 (рис.20, в) і рухомої 7 матриць та пуансона 4. Подвійний роз'єм штампів дає можливість штампувати більшість поковок без штампувальних нахилів і облою. Заготовку (пруток) встановлюють в нерухому матрицю до упора 5. Головний повзун 3 з пуансоном 4 приводиться в рух від кривошипно-шатунного механізму. Перш ніж пуансон 4 стикнеться з торцем заготовки, рухлива матриця 7 притискає її до нерухомої матриці 6, а упор 5 відходить убік. Затискний повзун 8 з рухомою матрицею 7 переміщається від бокового повзуна 9, який, у свою чергу, приводиться в рух від кулачків 7, що сидять на головному валу 2. За продуктивністю ГКМ не поступаються кривошипним гарячештампувальним пресам, але вартість їх у 1,5 рази вища і вони менш універсальні, ніж молоти і преси. ГКМ виготовляють із зусиллям на головному повзуні 5...31,5 МН; на них можна обробляти прутки діаметром до 270 мм.

7.3 Розробка технологічного процесу об'ємного штампування

Технологічна підготовка виробництва штампованих поковок включає розробку креслення заготовки, розробку технологічного процесу її виготовлення, конструювання і виготовлення штампа. Технологічний процес об'ємного штампування складається з наступних операцій: 1) одержання вихідних заготовок; 2) нагрівання заготовок; 3) штампування поковок; 4) обрізання облою; 5) завершальна обробка поковок.

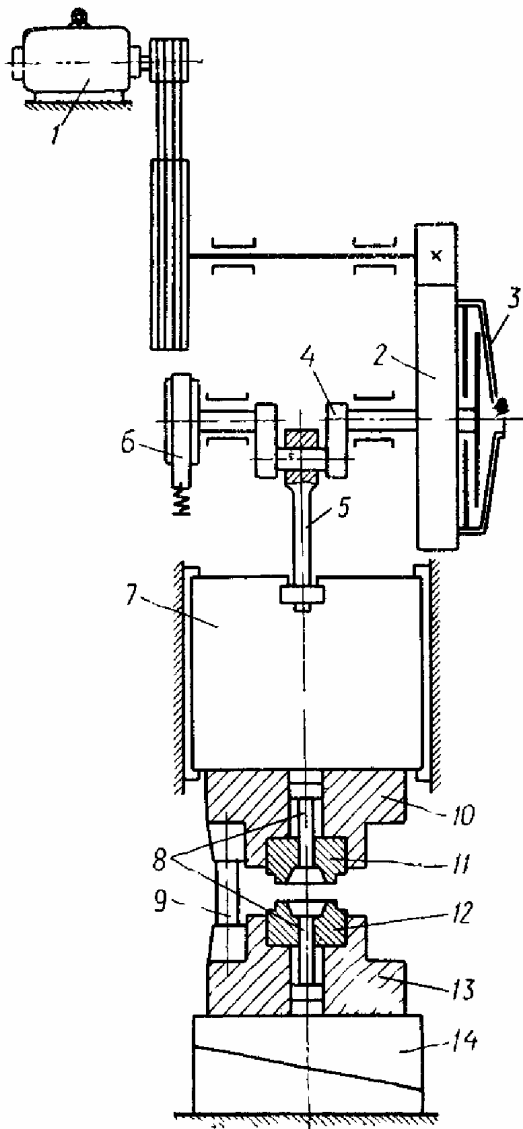
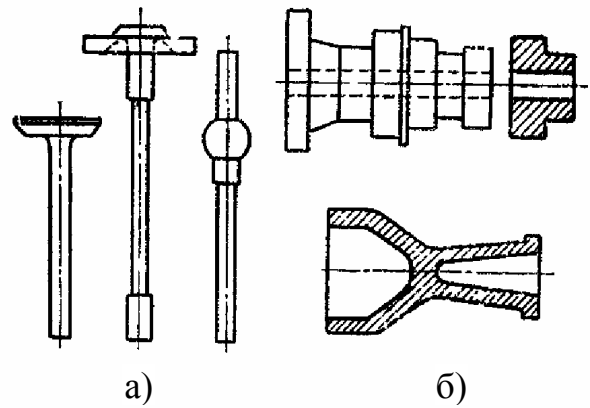
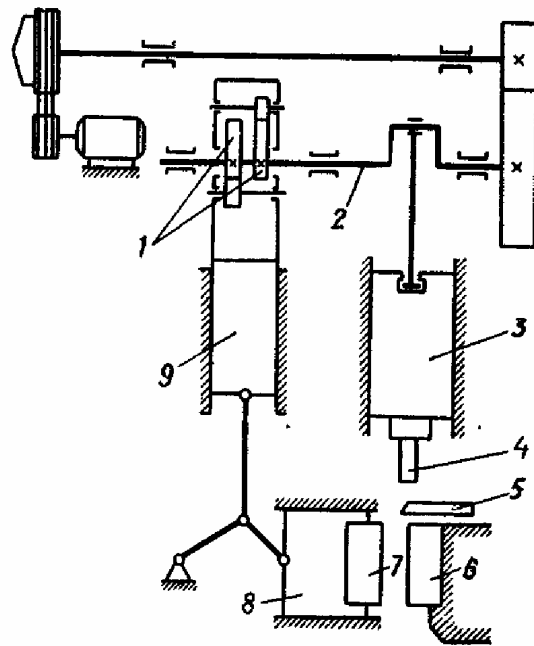


Рисунок 19 – Схема кривошипного
горячештампувального
преса



а)

б)



в)

Рисунок 20 – Штампування
поковок на горизонтально-
кувальній машині

Конструювання заготовок. Форму і розміри штампованих заготовок (рис.21) визначають згідно з кресленням деталі з урахуванням припусків на механічну обробку, допусків на штамповку і напусків.

При конструюванні поковок, що штампують на молотах, необхідно забезпечити вільне виймання поковок із ривчака штампа. Тому площину рознімання відкритих штампів вибирають так, щоб глибина порожнини була мінімальною. Вертикальні стінки поковок повинні мати штампувальні уклони ($3...7^\circ$ – для зовнішніх стінок, $5...10^\circ$ – для внутрішніх). Переходи від однієї площини до іншої повинні мати заокруглення. Радіуси заокруглення (1...6 мм) для внутрішніх поверхонь більші, ніж для зовнішніх. Площину рознімання закритих штампів вибирають за найбільшою торцевою поверхнею деталі. Оскільки при штампуванні на молотах ривчак у верхньому штампі заповнюється

витискуванням легше, ніж у нижньому, то важкозаповнювані частини поковки (ребра, бобишки і т. п.) потрібно формувати у верхній частині штампа.

Штампуванням у відкритих штампах не можна прошити наскрізні отвори, а виконують тільки позначку отвору з внутрішнім облоєм-перемичкою (рис.21, в). Остаточне прошивання (видалення перемички) виконують у спеціальних штампах.

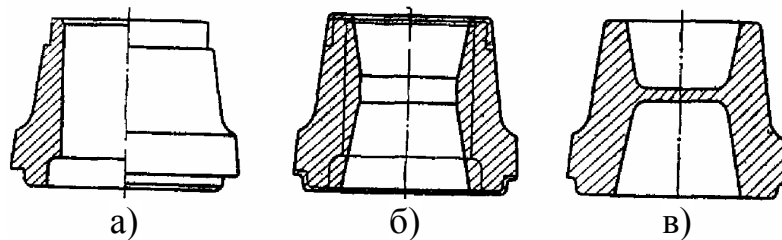


Рисунок 21 – Креслення деталі (а) і штампованої заготовки для неї (б, в)

Одержання вихідної заготовки. Обсяг і масу вихідної заготовки визначають згідно з кресленням з урахуванням зовнішнього і внутрішнього облою, кліщовини (для захоплення заготовки кліщами при штампуванні) і угару (2% на нагрівання в полум'яних печах і 1% на кожен підігрів). Штамповані заготовки простої форми одержують із круглого чи квадратного сортового прокату.

Ріжуть прокат на мірні заготовки найчастіше на кривошипних прес-ножицях (у холодному чи підігрітому до 450...650° стані), дисковими пилками і газовим різанням.

При штампуванні складних заготовок необхідно застосовувати фасонні профілі, за формою наближені до поковок. Їх одержують на молотах і кувальних вальцах, але найефективніше використання періодичного прокату, що дозволяє заощадити 15% металу і на 30% зменшити трудомісткість виготовлення поковок.

Перед штампуванням заготовки нагрівають до заданої температури в камерних чи методичних печах.

Вибір обладнання і методу штампування здійснюють залежно від форми і розмірів поковки, властивостей матеріалу, кількості деталей і інших факторів.

Необхідну масу падаючих частин G (кг) штампувальних пароповітряних молотів визначають залежно від площі проекції поковки в плані F (см). Приймають $G = 5 \cdot F$.

Залежно від характеру деформування, форми головної осі, положення площини роз'єднання, поперечних перерізів і інших факторів поковки поділяються на групи. Для кожної групи рекомендується свій метод штампування і вибір переходів.

Однорівчакове штампування застосовують для одержання великих

поковок на молотах і пресах за одне нагрівання, багаторівчакове штампування здійснюють найчастіше на молотах також за одне нагрівання.

На рисунку 22 показаний загальний вид нижньої половини форми штампа і схема штампування шатуна автомобіля 9 на молоті.

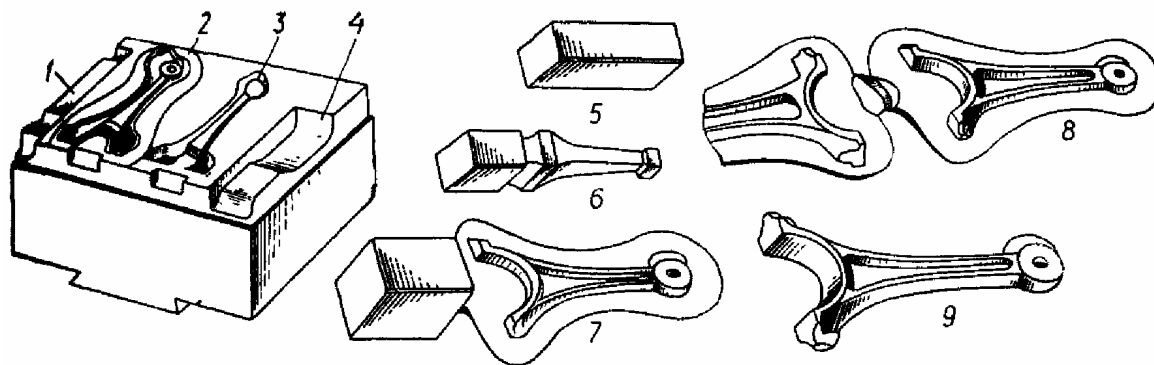


Рисунок 22 – Штампування шатуна в багаторівчаковому штампі на молоті

Вихідна заготовка 5 квадратного перетину на дві поковки після нагрівання протягується в рівчаку 4. Потім за кілька ударів (з кантуванням на 90° після кожного удару) її підкочують у підкатному рівчаку 1 і надають наближену до готової поковки форму 6. Штампування фасонної заготовки, отриманої в протягувальному і підкатному рівчаках, виконують послідовно в чорновому 3 і чистовому 2 штампувальних рівчаках, у яких виходить поковка з облоєм 7. Потім у такій самій послідовності штампують іншу поковку 8. На спеціальному обрізному штампі, проштовхуючи поковку через отвір матриці, відрізають облой. Штампування двох шатунів відбувається за 40 ударів молота загальною тривалістю 25...30 с.

На рисунку 23 показана послідовність переходів при штампуванні на пресі пресі колінчастого вала і поворотного кулака автомобіля.

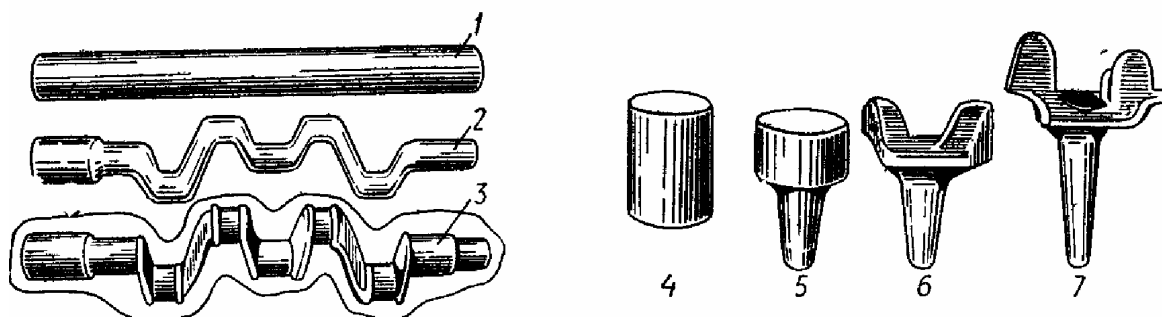


Рисунок 23 – Послідовність переходів при штампуванні на пресі

Колінчастий вал штампується із круглого прокату 1 у дворівчаковому штампі. В першому рівчаку виконується згинання заготовки 2, а в другому чистове штампування 3. Штампування витискуванням поворотного кулака із циліндричної заготовки 4 виконується за три переходи 5, 6, 7.

Завершальна обробка поковок включає виправлення, термообробку, очищення від окалини і калібрування.

Виправлення виконують для усунення викривлення осі і зміщення поперечного перерізу поковок. Воно виконується в нагрітому чи холодному стані у чистових рівчаках штампів чи у правильних штампах.

Метою **термообробки** поковок (найчастіше відпалу і нормалізації) є зняття залишкових напружень після штампування з метою поліпшення оброблюваності різанням.

Калібрування застосовується для підвищення точності поковок і виконується в холодному чи нагрітому стані. Розрізняють площинне й об'ємне калібрування. **Площинне** калібрування (рис.24, а) супроводжується вільним плином металу в горизонтальному напрямку і забезпечує одержання точних вертикальних розмірів. Площинне калібрування виконується на спеціальних калібрувальних кривошипно-колінних пресах (рис.24, б), на яких забезпечується велике зусилля на повзуні 1 при малій швидкості переміщення його наприкінці робочого ходу.

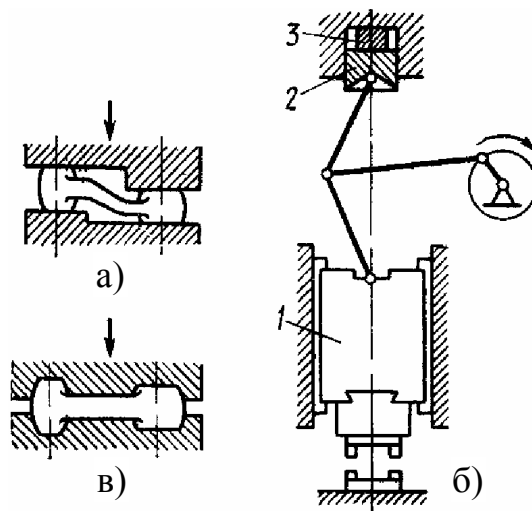


Рисунок 24 – Схеми калібрування і кривошипно-колінного преса

Для точного регулювання зазору між верхньою і нижньою частинами штампа опорна призма 2 переміщається за допомогою клина 3. Кривошипно-колінні преси виготовляють із зусиллям на повзуні 0,63...31,5 МН.

При об'ємному калібруванні (рис.24, в) бічні стінки рівчака погіршують плин металу в горизонтальному напрямку. При цьому можливе утворення облою. Гаряче об'ємне калібрування (з підігрівом до 850...900°C), власне кажучи, є доштамповкою поковок до потрібних точних розмірів і здійснюється на кривошипних гарячештампувальних пресах в однорівчаковому штампі з наступним відрізанням облою.

7.4 Питання для самоконтролю

1. Суть пластичного деформування.
2. Особливості і область застосування обробки тиском.
3. Фактори, що впливають на пластичність металу.
4. Процеси, що проходять при холодній та гарячій деформації металу.
5. Вплив обробки тиском на структуру і механічні властивості металів та сплавів.
6. Основні види обробки металів тиском.
7. Суть процесу кування.
8. Основні операції кування.
9. Обладнання для кування.
10. Кування заготовок на пневматичних молотах.
11. Кування заготовок на пароповітряних молотах.
12. Кування заготовок на гідравлічних пресах.
13. Розробка креслення поковки.
14. Розрахунок маси заготовки.
15. Послідовність операцій кування.
16. Вимоги до конструкції поковок.
17. Механізація кування.
18. Суть процесу штампування.
19. Типи штампів для виготовлення заготовок.
20. Обладнання для гарячого об'ємного штампування.
21. Штампування заготовок на штампувальних молотах.
22. Штампування заготовок на штампувальних пресах.
23. Штампування заготовок на горизонтально-кувальних машинах.
24. Операції об'ємного штампування.

8 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ДОМАШНІХ ТА КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

На основі вивченого теоретичного матеріалу пропонується виконання домашньої (контрольної) роботи на тему „Проектування штампованої заготовки”. Бланк завдання наведено нижче.

8.1 Визначення серійності виробництва

В даній роботі тип виробництва пропонується визначити наближеним способом за даними, що наведені в таблиці 1 [1].

Таблиця 1 – Орієнтовні дані для попереднього визначення типу виробництва

Виробництво	Кількість оброблюваних деталей одного типорозміру в рік, N шт.		
	важкі (масою більше 100 кг)	середні (масою 10-100 кг)	легкі (масою до 10 кг)
Одиничне	До 5	До 10	До 100
Дрібносерійне	5 – 100	10 – 200	100 – 500
Середньoserійне	100 – 300	200 – 500	500 – 5000
Великосерійне	300 – 1000	500 – 5000	5000 – 50000
Масове	більше 1000	більше 5000	більше 50000

8.2 Вибір можливих варіантів виготовлення заготовки, їх порівняльний аналіз

Визначення 2-х альтернативних варіантів виготовлення заготовки. При розгляді цього питання попередньо можуть бути використані дані, що наведені в таблиці 2. В таблиці наведено, в основному, кількісні показники при штампуванні заготовок на різних типах обладнання. Для проведення повного аналізу можливих способів виготовлення заготовки обробкою тиском необхідно опрацювати літературні джерела [2, 3, 4, 5, 6] та розглянути такі питання:

1. Суть виготовлення заготовки при використанні даного способу та обладнання.
2. Переваги.
3. Недоліки.
4. Область застосування.
5. Остаточний вибір 2-х варіантів виготовлення заготовки (з урахуванням кількісних показників та якісного аналізу).

При цьому питання 1, 2, 3, 4 можуть бути подані у вигляді таблиці 3.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

ЗАВДАННЯ

на домашню (контрольну) роботу з дисципліни “Проектування та виробництво заготовок деталей машин”

студенту.....

факультет.....група.....

Зміст завдання

Розробити креслення і технологічний процес виготовлення заготовки деталі обробкою тиском.

Початкові дані

Робоче креслення деталі.....

Матеріал деталі.....

Маса деталі.....

Річна програма випуску деталей.....

Зміст роботи

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

1. Визначення серійності виробництва.
2. Вибір можливих способів виготовлення заготовки, порівняльний аналіз. Визначення двох альтернативних варіантів виготовлення заготовки.
3. Розрахунок розмірів заготовки для двох варіантів її виготовлення.
 - 3.1 Призначення напусків і припусків (табличних) на механічну обробку та розрахунок розмірів заготовок.
 - 3.2 Вибір нахилів, радіусів заокруглень та проектування наміток отворів.
 - 3.3 Оформлення 2-х ескізів заготовок.
4. Призначення технічних вимог на заготовки.
5. Розрахунок маси і коефіцієнтів використання матеріалу заготовки для 2-х варіантів виготовлення.
6. Техніко-економічне порівняння 2-х варіантів виготовлення заготовки та вибір найраціональнішого.

7. Перелік операцій виготовлення заготовки для остаточно вибраного варіанта. Зображення послідовності виготовлення заготовки (при кількості переходів більше одного).
8. Список літератури.

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

1. Креслення деталі (М 1:1, М 1:2 – при великих розмірах деталі).
2. Креслення заготовки (для остаточно вибраного варіанта) (М 1:1, М 1:2 – при великих розмірах деталі).

Видача завдання.....

Подання закінченої роботи на перевірку.....

Консультації: дні.....години.....

Керівник роботи.....
(П.І.Б.)
(підпис)

Завдання до виконання прийняв.....
(дата)
(підпис)

Таблиця 2 – Порівняльна характеристика різних способів штампування і кування (виготовлення заготовок обробкою тиском)

Гаряче штампування на механічних пресах	Гаряче штампування на молотах	Кування	Спосіб виготовлення поковки
С, М	С, рідше М	О, С	Тип виробництва
Сталі, кольорові метали	Сталі, кольорові метали	Вуглецеві, леговані сталі і легкі сплави	Матеріал поковок, штамповок
0,1...1000	0,1...2000	0,5...250000	Маса поковок, кг
0,5...3,0	0,75...4,25	По перетину 2...40, по довжині 8...70	Припуски на сторону, мм
3...7	7...10		Штампувальні нахили, град.
13...17	15...17	16...17 і вище	Точність, що досягається, квалітет
160...20	320...40	320...40	Шорсткість поверхні Rz, мкм
Для важких заготовок 2500...3000, для середніх, дрібних 4000...10000	Для важких заготовок 2500...3000, для середніх і дрібних 400...10000	50...200	Орієнтовні розміри партії, шт.
86...100	100	130...220	Відносна собівартість, %
Заготовки досить складної форми без заглиблень та виступів, що заважають вийманню із штампа	Заготовки досить складної форми без заглиблень та виступів, що заважають вийманню із штампа	Найпростіші конструктивні форми	Технологічні особливості
Кільця, гайки, важелі, фланці, кришки, порожнисті корпуси	Зубчасті колеса, важелі, переключателі чашки, ступиці	Ротори гідротурбін, фланці, вали, диски, колеса	Область застосування

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Штампування на ГKM	С, М	Сталі, кольорові метали	0,5...100	1,5...3,25	В матрицях 1...7, в пуансоні 0,25...2,0	13...17	160...20	Стійкість до повного зношування матриць 24000...64000, пуансонів 3000...11000	70...75	Симетричні та асиметричні стрижки із суцільними і полими головками фланцями	Кільця, гайки, втулки, вали з фланцями
Гаряче штампування і калібрування	М	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	С	Малопластичні 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 стрижнями	Спеціальні болти, стрижні, баки, контейнери, труби з фланцями

Таблиця 3 – Якісний аналіз виготовлення заготовки обробкою тиском

Суть виготовлення заготовки при використанні даного обладнання	Переваги	Недоліки	Область застосування

8.3 Розрахунок розмірів заготовки для двох варіантів її виготовлення

8.3.1 Вибір норм точності заготовки

Клас точності. При гарячому об'ємному штампуванні встановлено 5 класів точності – T1, T2, T3, T4, T5 [7]. Менші значення (більш точні класи) призначаються для умов великосерійного, масового виробництва. При виборі класу точності заготовки необхідно попередньо визначатися з варіантом штампування (відкрите, закрите чи витискуванням), а також вибрати згідно з типом виробництва обладнання, на якому може бути виконаний процес. Клас точності вибирається за таблицею 4.

Група сталі. Для призначення групи сталі необхідно знати матеріал (задається в робочому кресленні деталі конструктором). Для вказаної сталі встановлюється масова доля вуглецю та легувальних елементів. За цими даними вибирається група сталі із трьох встановлених ГОСТами – M1, M2, M3 (таблиця 5).

Ступінь складності. Існує 4 ступені складності – C1, C2, C3, C4. Ступінь складності є однією із конструктивних характеристик форми поковок, яка якісно її характеризує і використовується для призначення припусків та допусків. Ступінь складності визначається за співвідношенням маси (об'єму) штампованої заготовки Q_n (поковки) до маси (об'єму) найпростішої геометричної фігури Q_ϕ , в яку вписується форма штампованої заготовки.

Орієнтовано масу штампованої заготовки (поковки) можна розрахувати за формулою

$$Q_n = Q_{\text{дет}} \cdot K_p, \quad (3)$$

де $Q_{\text{дет}}$ – маса деталі, кг;

K_p – коефіцієнт для визначення орієнтованої розрахункової маси штампованої заготовки (поковки).

K_p визначається за таблицею 6. При його призначенні менші значення призначаються для умов масового, великосерійного виробництва, середні – серійного виробництва, більші – для дрібносерійного, одиничного виробництва. Для визначення маси найпростішої фігури Q_ϕ , в яку можна вписати штамповану заготовку необхідно:

1. Визначити вид фігури, в яку вписується заготовка. Це може бути куля, паралелепіпед, циліндр, пустотілий циліндр, призма і т.п. (рис.25).

2. Визначити за геометричними формулами об'єм цієї фігури V_ϕ . При визначенні розмірів геометричної фігури, що описує заготовку, потрібно скористатися розмірами деталі, збільшивши їх в 1,05 рази.

3. Визначити масу фігури

$$Q_\phi = V_\phi \cdot \rho, \quad (4)$$

де ρ – густина матеріалу (табл.7).

4. Розрахувати співвідношення Q_n/Q_ϕ .

За одержаним співвідношенням визначається ступінь складності штампованої заготовки. Ступеням складності відповідають такі числові значення співвідношення Q_n/Q_ϕ :

- C1 більше 0,63;
- C2 > 0,32 до 0,63 включно;
- C3 > 0,16 до 0,32 включно;
- C4 > 0,16.

Ступінь складності C4 встановлюється для штампованих заготовок з тонкими елементами, наприклад, у вигляді диска, фланця, кільця (рис.26), в тому числі з пробиваними перемичками, а також для штамповок (поковок) з тонким стрижневим елементом, якщо відношення t/D , t/L , $t/(D-d)$ не перевищує 0,2 і t не більше 25 мм (де D – найбільший розмір тонкого елемента; t – товщина тонкого елемента; d – діаметр елемента поковки, товщина якого перевищує величину t).

Для поковок, одержаних на горизонтально-кувальних машинах допускається визначати ступінь складності форми залежно від кількості переходів:

- C1 – не більше ніж при 2-х переходах;
- C2 – при 3-х переходах;
- C3 – при 4-х переходах;
- C4 – більше ніж при 4-х переходах або при виготовленні на двох кувальних машинах.

Таблиця 4 – Вибір класу точності поковок

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

Таблиця 5 – Конструктивна характеристика штампованих заготовок

Конструктивна характеристика поковок	Позначення і визначення конструктивних характеристик	Примітка
1. Клас точності	T1 – 1-й клас T2 – 2-й – // – T3 – 3-й – // – T4 – 4-й – // –	Визначається згідно таблиці 4
2. Група сталі	M1 – сталь з масовою часткою вуглецю до 0,35% включно і сумарною масовою часткою легуючих елементів до 2,0% включно; M2 – сталь з масовою часткою вуглецю понад 0,35 до 0,65% включно чи сумарною масовою часткою легувальних елементів понад 2,0 до 5,0% включно; M3 – сталь з масовою часткою вуглецю понад 0,65% чи сумарною масовою часткою легувальних елементів понад 5,0%	При призначенні групи сталі визначальним є середній масовий вміст вуглецю і легувальних елементів (Si, Mn, Cr, Ni, Mo, V, W)
3. Ступінь складності	C1 – 1-а ступінь C2 – 2-а – // – C3 – 3-я – // – C4 – 4-а – // –	Встановлюється згідно з розрахунком співвідношення Q_n/Q_{op}
4. Конфігурація поверхні роз'єднання штампа	П – плоска; I _C – симетрично вигнута; I _H – несиметрично вигнута	

Таблиця 6 – Коефіцієнт (K_p) для орієнтованого визначення розрахункової маси поковки

Група	Характеристика деталі	Типові представники	K_p
1	Подовженої форми		
1.1	З прямою віссю	Вали, осі, цапфи, шатуни	1,3-1,6
1.2	Із зігнутою віссю	Важелі, сошки рульового керування	1,1-1,4
2	Круглі і багатогранні в плані		
2.1	Круглі	Шестерні, ступиці, фланці	1,5-1,8
2.2	Квадратні, прямокутні, багатогранні	Фланці, ступиці, гайки	1,3-1,7
2.3	З відростками	Хрестовини, вилки	1,4-1,6
3	Комбінованої конфігурації (сполучаються елементи груп 1 і 2)	Кулачки поворотні, колінчасті вали	1,3-1,8
4	З великим обсягом необроблюваних поверхонь	Балки передніх осей, важелі переключення коробок передач, буксирні гаки	1,1-1,3
5	З отворами, заглибленнями, що не виготовлені в поковці при штампуванні	Пустотілі вали, фланці, блоки шестерень	1,8-2,2

Таблиця 7 – Густина для деяких матеріалів

Матеріал	Густина, г/см^3	Границя міцності, МПа	Питома міцність
Сталь 40	7,7	600	78
Чавун СЧ 30	7,6	320	42
Алюмінієвий сплав	2,7	300	111
Титановий сплав ВТ6	4,5	1000	222
Мідний сплав ЛС59-1	8,89	400	45

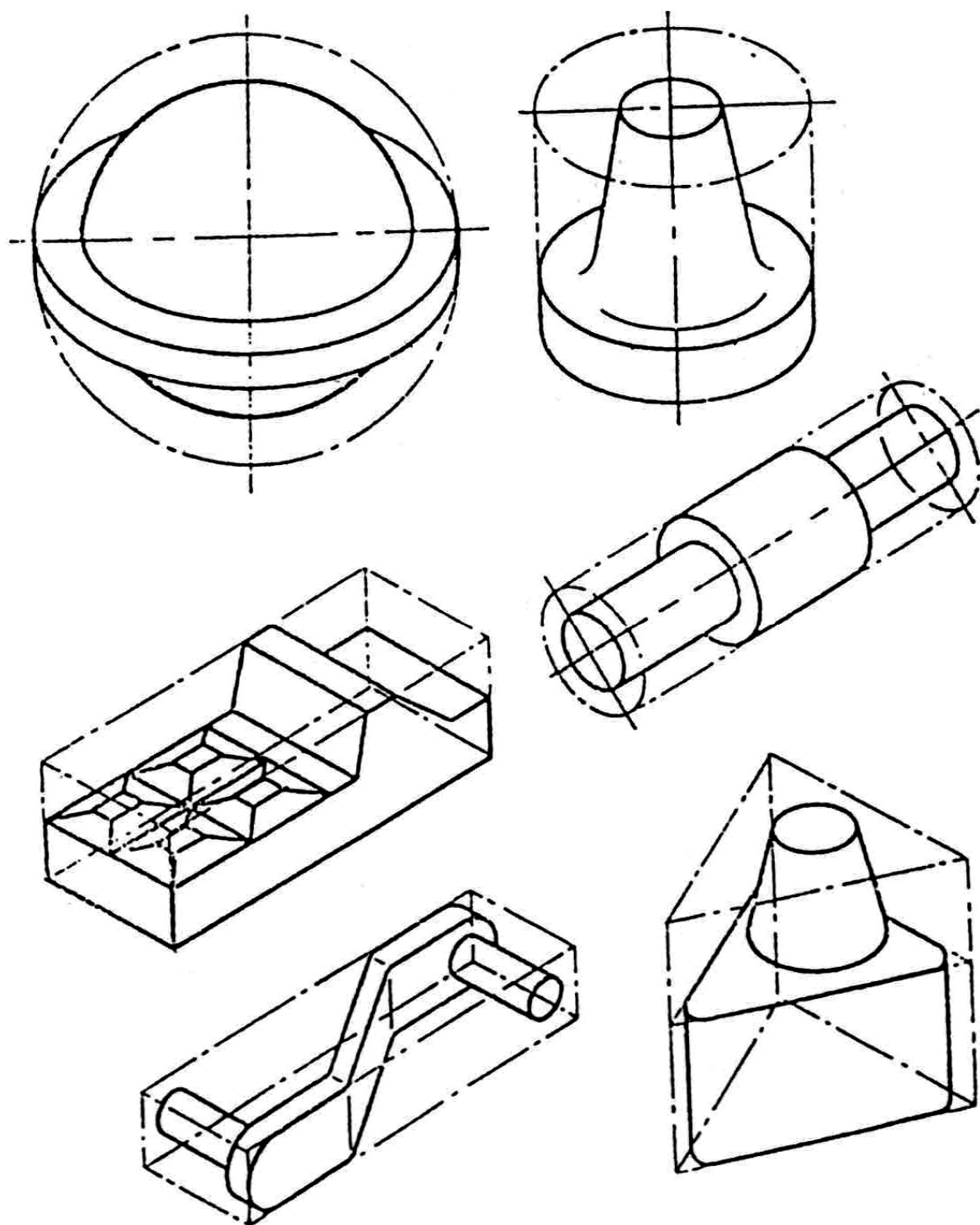


Рисунок 25 – Найпростіші фігури, в які можуть бути вписані заготовки

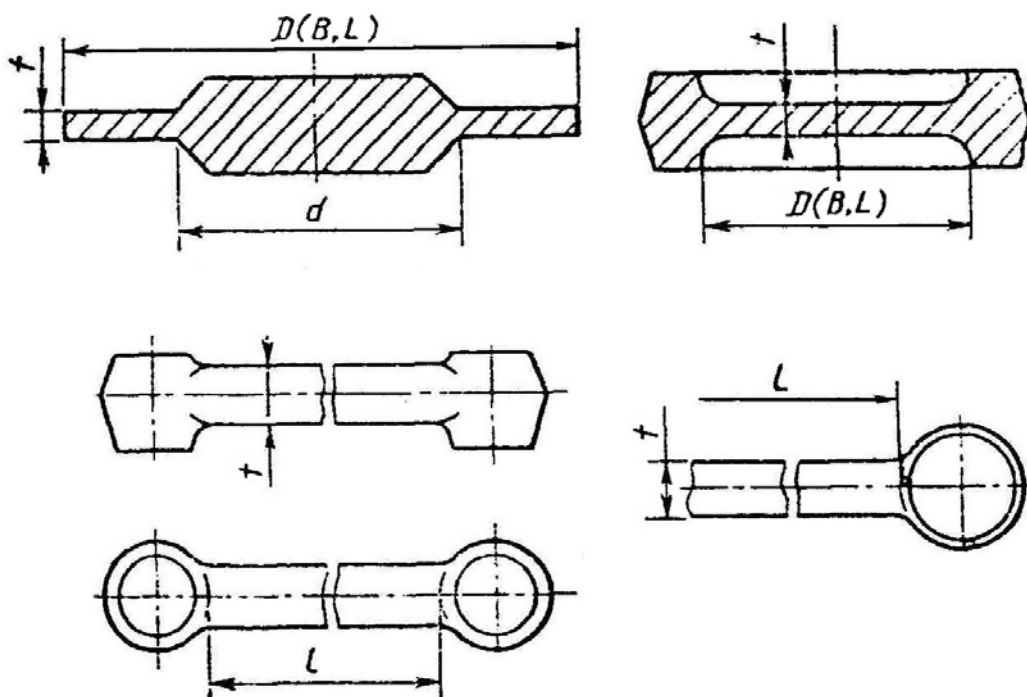


Рисунок 26 – Поковки з тонкими елементами

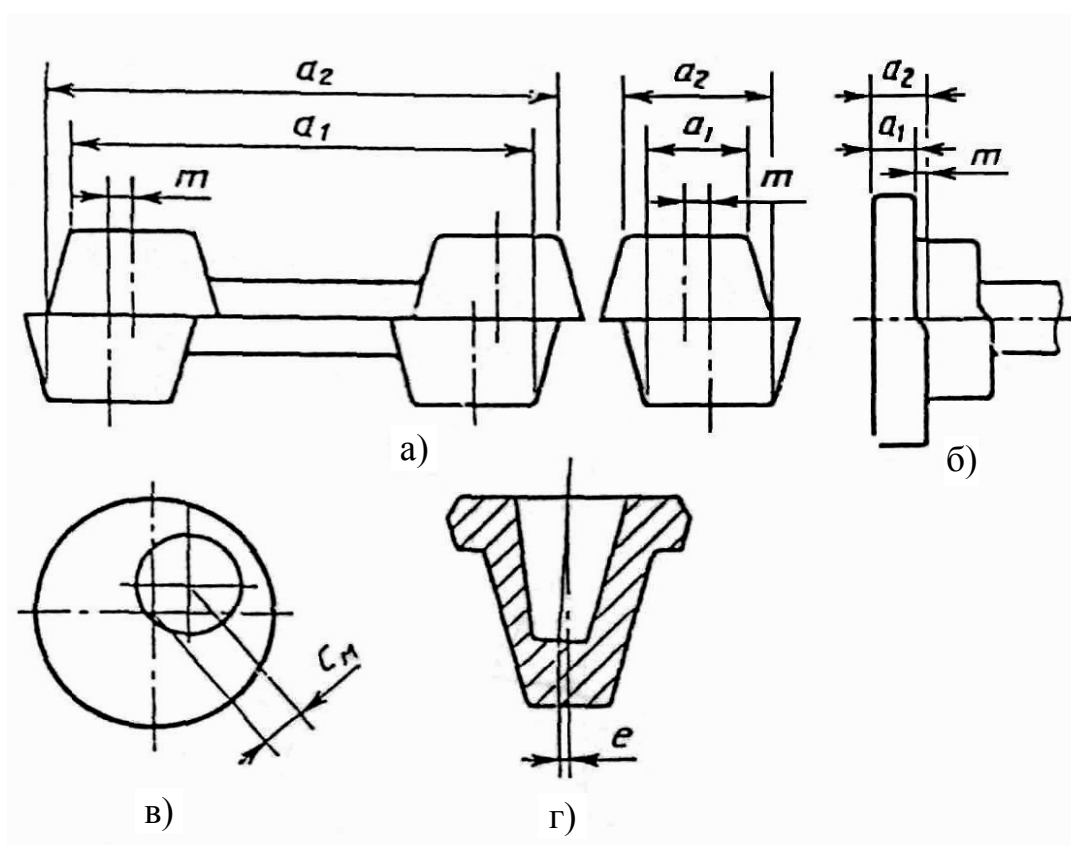


Рисунок 27 – Плоска лінія роз'єму штампа

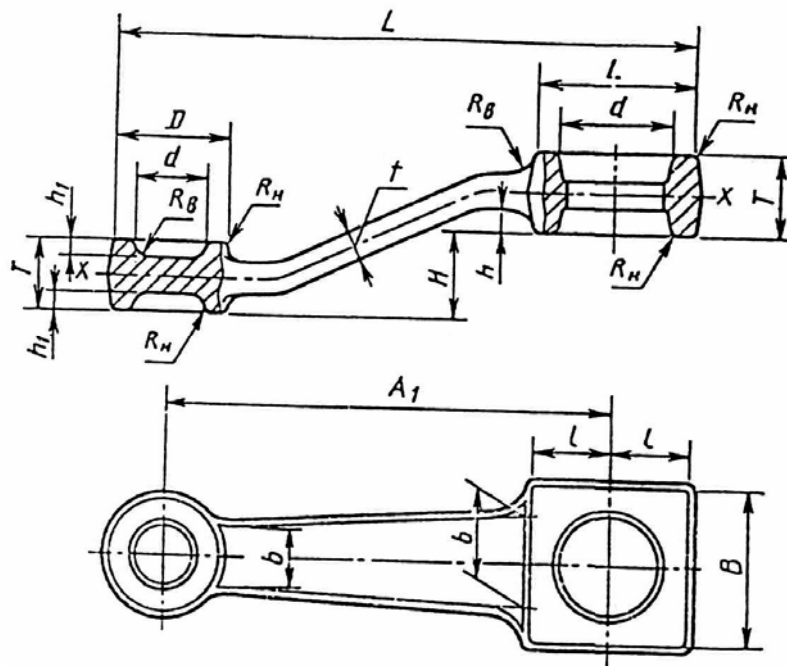


Рисунок 28 – Симетрично вигнута лінія роз'єму штампа

Конфігурація поверхні роз'єднання штампа. Лінія роз'єднання може бути плоскою П (рис.27), симетрично вигнутою Іс (рис.28), несиметрично вигнутою.

При виборі конфігурації та положення лінії роз'єднання штампа перш за все розглядається можливість вільного виходу заготовки із порожнини штампа (рис.29).

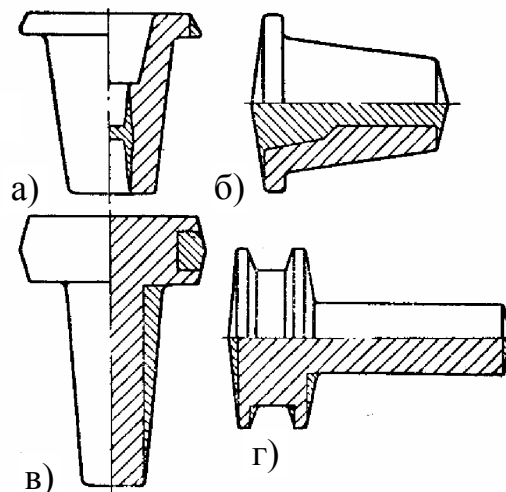


Рисунок 29 – Вплив поверхні роз'єднання штампа на форму поковок

У більшості випадків роз'єднання встановлюють у площині найбільших габаритних розмірів поковки. У цьому випадку порожнини штампів одержують неглибокими, що полегшує їх заповнення, зменшуються напуски, але збільшується периметр і об'єм облою (рис.29, б), г). Якщо інше положення дає істотне зменшення маси поковки за рахунок намітки отвору (рис.29, а) чи відходів за рахунок зменшення периметра поковки

(рис.29, в), допускається розташовувати роз'єднання й у площині менших габаритних розмірів. При цьому бажано використовувати природні нахили.

Для поковок шестерень при будь-яких співвідношеннях розмірів більшу перевагу має поздовжнє штампування, тому що макроструктура поковки виходить однаковою у всіх зубців шестерні, що забезпечує високу і рівну їх міцність. При поперечному штампуванні частина зубців шестерні ослаблена через невигідне розташування в них волокон.

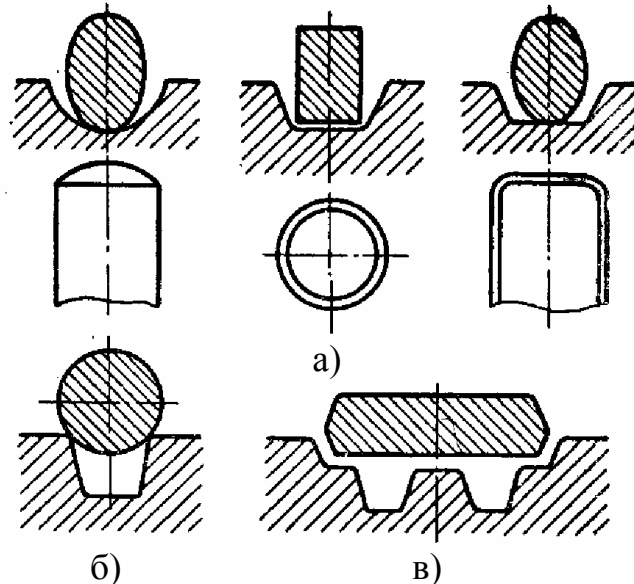


Рисунок 30 – Штампування осаджуванням (а) і втискуванням (б, в)

Якщо можна, поверхня роз'єднання повинна проходити по осі симетрії деталі для того, щоб в обох половинах штампа розташовувався приблизно однаковий об'єм металу. Важкозаповнювані елементи штампа, що формують тонкі високі ребра, бобишки і т.п., повинні розташовуватися в його верхній половині.

На бічних поверхнях поковки не повинно бути впадин. Заповнення штампа осаджуванням у ньому металу (рівчак ширший заготовки, рис.30, а) відбувається легше, ніж втискуванням (рівчак вужчий заготовки, рис.30, б), в).

Лінія стику частин штампа повинна проходити по тілу поковки (рис.31, а). У цьому випадку вже невеликий зсув однієї з половин штампа легко знайти. Якщо роз'єднання проходить по торцевій поверхні, зсув помітити важко (рис.31, б). Якщо деталь має бобишку з однієї сторони, поковку можна розташувати в одній половині штампа (рис. 31, в), г).

Бажано, щоб поверхня роз'єднання штампа була плоскою (рис.32, а), що забезпечує відносно просте виготовлення штампів і гарні умови обрізання облою. Ламана лінія роз'єднання (рис.32, б) знижує витрату металу за рахунок зменшення висоти нахилів, але ускладнює виготовлення штампів.

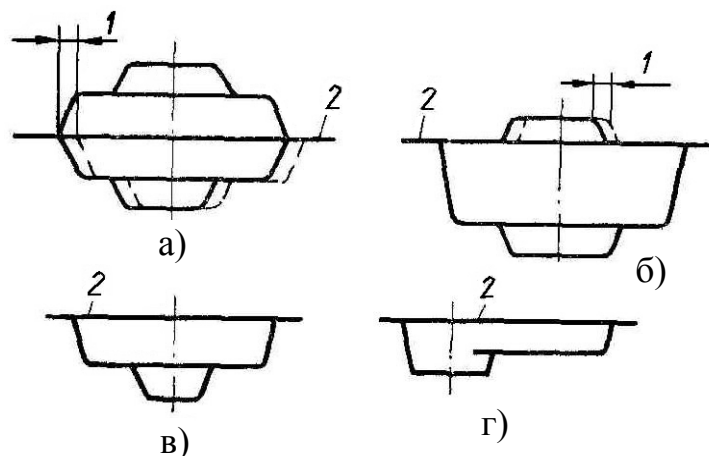


Рисунок 31 – Положення поверхні роз'єднання: а) – правильне; б) – неправильне; в), г) – зміщене для поковок з однобічною бобишкою; 1 – зсув половини штампа; 2 – поверхня роз'єднання

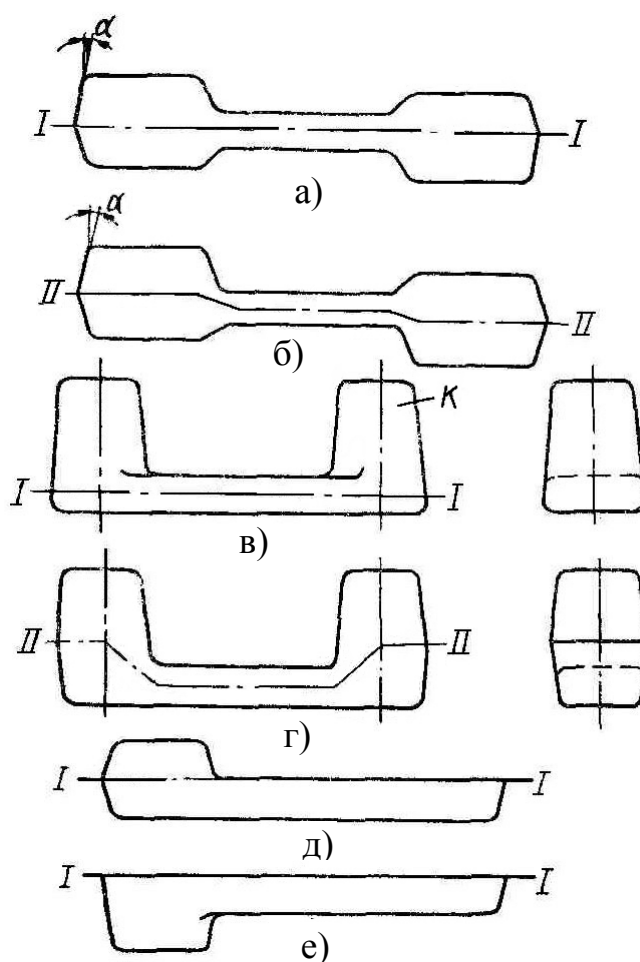


Рисунок 32 – Роз'єднання штампів для довгих поковок: I—I – пряма і II—II – ламана лінія роз'єднання штампа

Для поковки з бобишками, розвитими в одну сторону відносно площини роз'єднання, пряма лінія роз'єднання (рис.32, в) призводить до підвищеної витрати металу і поганого заповнення кутів К глибоких порожнин штампа.

При ламаній поверхні роз'єднання штампа (рис.32, г) кути К розташовані в менш глибоких порожнинах штампів, що поліпшує умови їхнього заповнення. При штампуванні подовженої поковки простої форми і невеликої товщини доцільно використовувати роз'єднання штампа по плоскій частині поковки (рис.32, д), е).

У деяких випадках ламана поверхня роз'єднання (рис.33) дозволяє уникнути напусків і дає можливість зменшити об'єм обробки різанням і витрати металу.

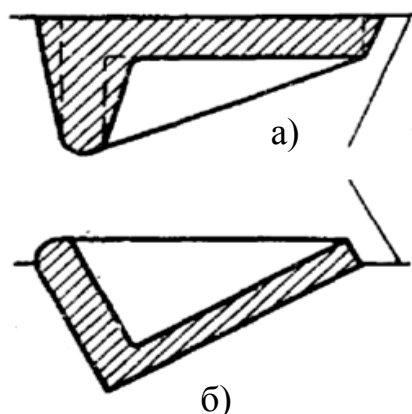


Рисунок 33 – Деталь із плоскою (а) і східчастою (б) поверхнею роз'єднання

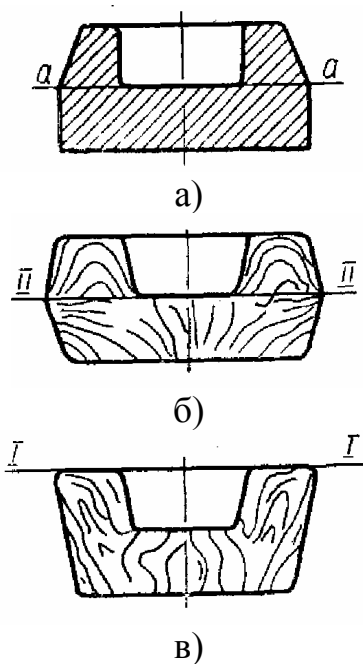


Рисунок 34 – Вибір положення роз'єднання штампа за умовою роботи деталі

Іноді положення поверхні роз'єднання штампів і відповідно форма поковок визначаються заданою макроструктурою.

Наприклад, якщо деталь (рис.34) працює на зріз по лінії а-а, то волокно повинне бути розташовано перпендикулярно лінії зрізу. Положення поверхні роз'єднання II—II у даному випадку не є задовільним. Тому, незважаючи на недоліки, варто вибрати роз'єднання I—I. Кращі експлуатаційні властивості має поковка, яка штампуються без облою, тому що відсутні перерізані при видаленні облою волокна.

Вихідний індекс. Встановлено 23 значення індексів штампованої заготовки 1÷23 [7]. Вихідний індекс необхідний для подальшого призначення основних припусків, допусків. Він визначається залежно від попередньо визначених параметрів – маси штампованої заготовки Q_n , групи сталі M , ступеню складності C та класу точності T за номограмою (рис.35, таблиця 8).

Маса поковки, кг	Група сталі			Ступінь складності поковки				Клас точності поковок					Вихідний індекс
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5	
до 0,5 вкл.	→			→				→					1
>0,5 до 1,0		→			→				→				2
>1,0 до 1,8			→			→				→			3
>1,8 до 3,2				→			→				→		4
>3,2 до 5,6					→					→			5
>5,6 до 10,0						→					→		6
							→					→	7

Рисунок 35 – Визначення вихідного індексу

Для визначення вихідного індексу за таблицею 8 в графі „Маса поковки” знаходиться, відповідно до встановленої маси Q_n , рядок.

Далі необхідно перемістити по горизонталі вправо, до перетину з М1. Якщо група сталі М1, то необхідно продовжувати рух до перетину з С1. Якщо ж група сталі М2 або М3, то необхідно по потовщеній лінії від М1 опуститися вниз до перетину з вертикальною лінією М2 чи М3, після чого продовжувати переміщення вправо по горизонталі до перетину з С1.

Якщо ступінь складності заготовки С1, то необхідно продовжити рух по горизонталі вправо до перетину з Т1. Якщо ж ступінь складності заготовки С2, С3, С4, то необхідно опуститися від С1 вниз по потовщеній лінії до перетину з вертикальною лінією С2 чи С3, чи С4 відповідно. Від точки перетину далі необхідно продовжити переміщення вправо по горизонталі до перетину з Т1.

Якщо клас точності штампованої заготовки Т2, Т3, Т4, Т5, то необхідно опуститися від Т1 вниз по потовщеній лінії до перетину з вертикальною лінією Т2 чи Т3, чи Т4, чи Т5. Від цієї точки перетину далі потрібно рухатись вправо по горизонталі до перетину з графою „Вихідний індекс” та встановити його значення.

На рисунку 35 наведено приклади для вибору індексу при таких умовах:

1. Штампована заготовка масою 0,5 кг, група сталі М1, ступінь складності С1, клас точності Т2.

Вихідний індекс – 3.

2. Штампована заготовка масою 1,5 кг, група сталі М3, ступінь складності С2, клас точності Т1.

Вихідний індекс – 6.

Вибрані дані Т, М, С, індекс, форма конфігурації роз’єднання штампа занести, як вихідні дані, до розрахункової таблиці (див. табл. 9).

Вихідний індекс для наступного призначення основних припусків, допусків і допустимих відхилень визначається залежно від маси, марки сталі, ступеня складності і класу точності поковок (таблиця 8).

Таблиця 8 – Визначення вихідного індексу

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

8.3.1.2 Вибір припусків на механічну обробку

При виконанні цього питання перш за все потрібно вказати поверхні, для яких будуть призначатися напуски і поверхні, на яких будуть призначатися припуски.

*Напуск*ом називають надлишок матеріалу на поверхні заготовки, зумовлений технологічними вимогами спрощення конфігурації заготовки для поліпшення умов її виготовлення. Здебільшого напуск знімають з поверхні в процесі її механічної обробки, а деколи залишають в деталі (штампувальні нахили, радіуси заокруглень тощо).

Припуск – це шар матеріалу, який знімають з поверхні заготовки для досягнення потрібних розмірів та якості оброблюваної поверхні. Припуски призначають тільки для поверхонь заготовки, точність форм і розмірів яких не можуть бути забезпечені вибраним способом виготовлення заготовки. Припуск вимірюють у напрямку нормалі до поверхні, для якої він призначений.

Значення припуску суттєво впливає на вартість виготовлення деталі. Зі збільшенням припуску зростають витрати праці, матеріалів, різальних інструментів, енергії. Зменшення припуску вимагає використання дорожчих способів виготовлення та подальшої обробки заготовки, вищої кваліфікації працівників, прецизійного устаткування та спорядження. Малі припуски часто є причиною появи бракованих деталей, особливо в умовах автоматизованого виробництва. Тому призначений припуск повинен бути оптимальним для заданих умов виробництва. Розміри припусків залежать від марки матеріалу, конфігурації та розмірів заготовки, способу її формування, товщини дефектного шару тощо. Наприклад, кованки можуть мати вигоранку, задирки, облой, знеуглецьований шар тощо.

Припуск може бути призначений згідно з довідковими таблицями незалежно від технологічного процесу механічної обробки та умов його виконання або визначений розрахунково-аналітичним методом з урахуванням конкретних факторів, що впливають на його розміри. Розрахунковий метод вимагає розроблення структури технологічного процесу, вибору основного устаткування та спорядження, врахування всіх факторів, що впливають на значення припусків на всіх стадіях обробки кожної з поверхонь. Порівняно з табличним, розрахунковий метод більш трудомісткий.

Таблиця 9 – Розрахунок розмірів штампованої заготовки

Вхідні дані (норми точності)	Штамповка на ГKM					
	Згідно з ГОСТ 7505-89			Прийнято		
Клас точності	T4-T5			T4		
Марка матеріалу	M2			M2		
Ступінь складності	C1			C1		
Індекс	14			14		
Конфігурація поверхні роз'єднання штампа	П			П		
	Розрахункові розміри, мм					
Припуски: основні	ø106 h8	ø100 h8	ø54 h9	ø85 h9	120	25
	1	2	3	4	5	6
	2,3	2,3	2,0	2,0	2,0	1,8
додаткові на зміщення по поверхні роз'єднання штампа	0,4	0,4	0,4	0,4	—	—
для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Розміри заготовки, мм					
	ø112,4	ø106,4	ø69,8	ø90,8	122,5	27,3
Допуски: розмірів	3,2 ^(+2,1 -1,1)	3,2 ^(+2,1 -1,1)	2,8 ^(+1,0 -1,8)	2,8 ^(+1,0 -1,8)	3,6 ^(+1,2 -2,4)	2,0 ^(+0,7 -1,3)
на зміщення по поверхні роз'єднання штампа	1,0					
по вигнутість, відхилення від площинності і прямолінійності	1,0					
радіусів заокруглень	2,0					
величини залишкового облою	1,2					
висота облою	5					
на відхилення від концентричності отворів	1,5					

Примітка: Залежно від серійності виробництва одержані розрахункові значення розмірів можуть бути заокруглені з метою полегшення їх виготовлення, наприклад ø112,5; ø106,5; ø70; ø91; 27,5.

Technical drawing of a mechanical part, likely a shaft or hub, showing dimensions and hatching. The drawing includes the following labels and dimensions:

- Dimensions:** D_5 , D_4 , D_3 , D_{23} , D_{80} , D_{20} , D_6 , D_{10} , D_{13} , A_3 , A_{20} , A_{23} , A_{10} , A_{13} , Z_1 , Z_2 , Z_3 , Z_4 , Z_5 , Z_6 .
- Hatching:**
 - Припуск (Allowance):** Indicated by diagonal hatching.
 - Напуск (Overhang):** Indicated by cross-hatching.

В даній роботі пропонується використати табличний метод призначення припусків згідно з ГОСТ 7505-89.

- Вибір основних припусків [7].
- Вибір додаткових припусків [7].
- Визначення загального припуску.

58

Вибрані значення припусків заносяться в таблицю 9.

Додаткові припуски враховують зміщення, вигнутість, відхилення від площинності і прямолінійності, міжцентрової та міжосьової відстаней. Вони призначаються залежно:

- від класу точності T та маси заготовки Q_n (для врахування зміщення по лінії роз'єднання штампа – за таблицею 11),
- від класу точності T та найбільшого габаритного розміру (для врахування вигнутості, відхилення від площинності та прямолінійності – за таблицею 12),
- від класу точності T та відстані між центрами (для врахування відхилення міжосьової відстані – за таблицею 13).

Величина додаткового припуску, що враховує відхилення кутових розмірів, встановлюється за згодою між виготовлювачем та споживачем.

Загальний припуск на оброблювану поверхню визначається як сума основного та відповідних додаткових припусків.

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

8.3.1.3 Розрахунок розмірів заготовки

- При розрахунку зовнішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і додається до розміру готової деталі.
- При розрахунку внутрішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі.
- При визначенні лінійних розмірів потрібно уважно проаналізувати креслення деталі і вияснити, як формується розмір заготовки:

Якщо лінійний розмір пов'язує дві поверхні, що обробляються і є охоплюваними (наприклад, розміри $215 \pm 0,36$, 12, рис. 37), то припуск подвоюється і додається до розміру готової деталі.

Якщо лінійний розмір пов'язує дві поверхні, що обробляються, але вони є охоплювальними (наприклад, розточка в корпусній деталі), то припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі.

Якщо лінійний розмір пов'язує дві поверхні, що обробляються, але одна з них охоплювана, а друга – охоплювальна (наприклад, розмір 10, рис. 1), то одне значення припуску додається, а друге – віднімається (в даному випадку припуски на оброблювані поверхні відкладаються в одному напрямку).

Таблиця 10 – Припуски на механічну обробку

Вихідний індекс	Товщина деталі																										
	до 25			25-40			40-63			63-100			100-160			160-250			зв. 250								
	Довжина, ширина, діаметр, глибина і висота деталі																										
	до 40			40-100			100-160			160-250			250-400			400-630			630-1000			1000-1600			1600-2500		
	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	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	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	—	—	—	—	—	—
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	—	—	—	—	—	—
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	—	—	—
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5
21	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1
22	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7
23	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7	7,1	9,1	10,0

Якщо лінійний розмір пов'язує дві поверхні, що є охоплюваними, але обробляється лише одна поверхня, то припуск не подвоюється і додається лише одне значення до розміру готової деталі.

Якщо лінійний розмір пов'язує дві поверхні, що є охоплювальними (наприклад, розточка в корпусній деталі), але обробляється лише одна поверхня, то припуск не подвоюється і віднімається тільки одне значення від розміру готової деталі.

Таблиця 11 – Зміщення по поверхні роз'єднання штампів

	Припуски для класів точності, мм							
	Плоска поверхня роз'єднання							
	T1	T2	T3	T4	T5			
			Симетрично вигнута поверхня роз'єднання					
			T1	T2	T3	T4	T5	
			Несиметрично вигнута поверхня роз'єднання					
			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
> 0,5 до 1,0 вкл.			0,2	0,3		0,3		
> 1,0 до 1,8 вкл.			0,2		0,3			0,4
> 1,8 до 3,2 вкл.	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6		
> 3,2 до 5,6 вкл.					0,5	0,7		
> 5,6 до 10 вкл.	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	
> 10 до 20 вкл.			0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	
> 20 до 50 вкл.			0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2
> 50 до 125 вкл.	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,0
> 125 до 250 вкл.								

Таблиця 12 – Вигнутість і відхилення від площини і прямолінійності

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

Таблиця 13 – Відхилення міжосьової відстані

Відстань між центрами осі	Припуски для класів точності				
	T1	T2	T3	T4	T5
до 60 вкл.	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
> 60 до 100 вкл.	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
> 100 до 160 вкл.	0,2	0,2	0,3	0,5	0,8
> 160 до 250 вкл.	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2
> 250 до 400 вкл.	0,3	0,5	0,8	1,2	1,6
> 400 до 630 вкл.	0,5	0,8	1,2	1,6	2,0
> 630 до 1000 вкл.	0,8	1,2	1,6	2,0	2,5
> 1000 до 1600 вкл.	1,2	1,6	2,0	2,5	4,0
> 1600 до 2500 вкл.	1,6	2,0	2,5	4,0	6,0

Таблиця 14 – Мінімальна величина радіуса заокруглення зовнішніх кутів поковок в залежності від глибини порожнини штампа

Маса поковки, кг	Мінімальна величина радіуса заокруглення, мм, при глибині порожнини штампа, мм			
	до 10 вкл.	10-25	25-50	зв. 50
до 1,0 вкл.	1,0	1,6	2,0	3,0
> 1,0 до 6,3 вкл.	1,6	2,0	2,5	3,6
> 6,3 до 16,0 вкл.	2,0	2,5	3,0	4,0
> 16,0 до 40,0 вкл.	2,5	3,0	4,0	5,0
> 40,0 до 100,0 вкл.	3,0	4,0	5,0	7,0
> 100,0 до 250,0 вкл.	4,0	5,0	6,0	8,0

$R_{z80} \sqrt{(\sqrt{V})}$

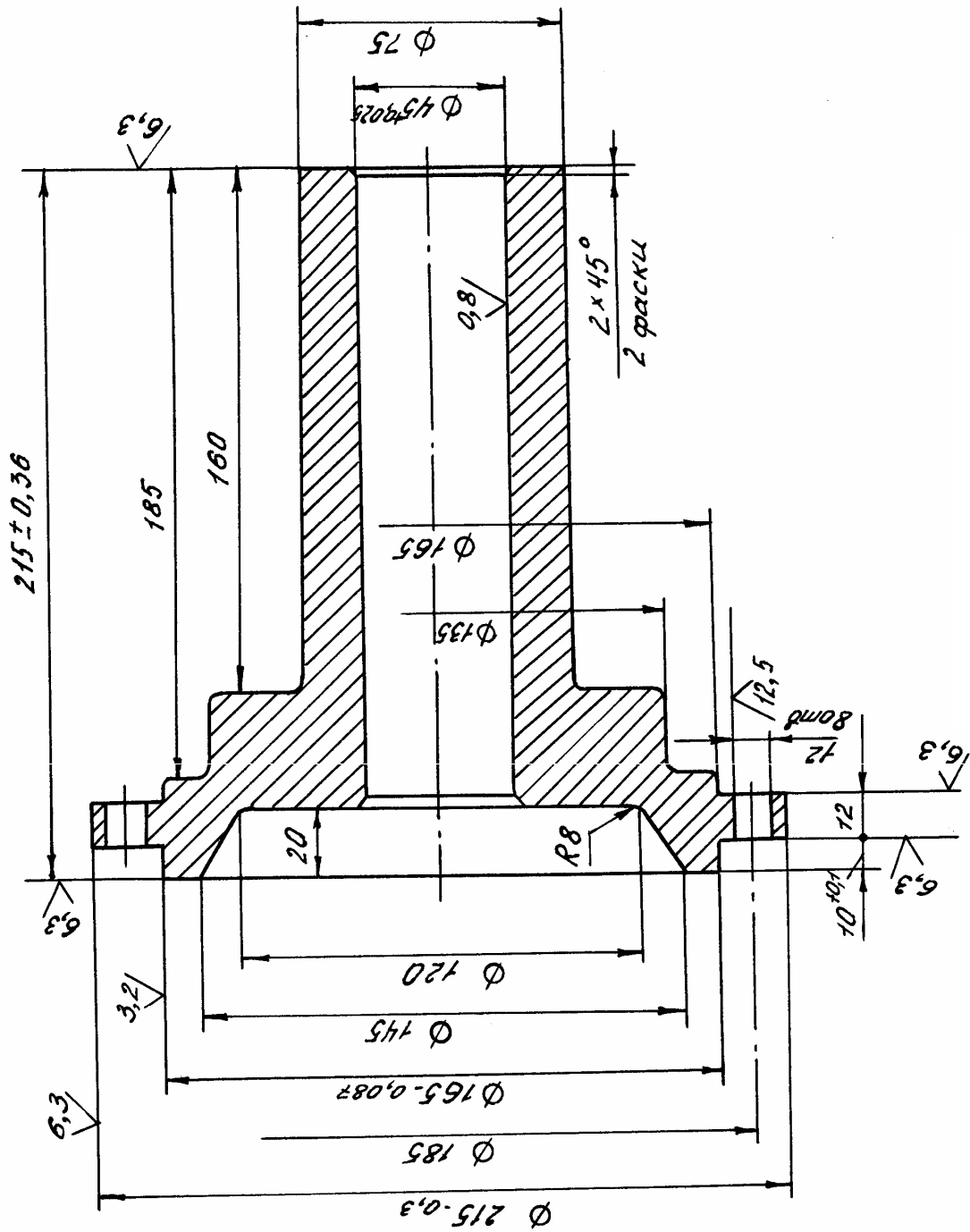


Рисунок 37 – Креслення деталі

8.3.1.4 Вибір допусків

Виконується в такій послідовності:

- **Вибір допусків розмірів;**
- **Вибір допусків зміщення залишкового облою, задирки, відхилення від концентричності пробитого отвору, вигнутості, міжосьової відстані, кутових елементів, радіусів заокруглень.**

Допуски розмірів. Допуски і допустимі відхилення лінійних розмірів призначаються залежно від вихідного індексу та розмірів штампованої заготовки за таблицею 15. В таблиці 15 перше значення вказує загальне поле допуску, а друге – його розподіл. Для розмірів штампованих заготовок поле допуску розподіляється несиметрично (наприклад, загальне поле допуску – 0,5 мм, відхилення $^{+0,3}_{-0,2}$ або $1,4^{+0,9}_{-0,5}$ мм).

Допустимі відхилення внутрішніх розмірів встановлюються із зворотними знаками.

(Особливості призначення допусків на товщину штамповок, розмірів стрижнів, що виходять за межі штампа, та інших елементів вказані в [7]).

Допустимі величини зміщення по поверхні роз'єднання штампа (рис.39, а), б) та залишкового облою вибираються залежно від маси штампованої заготовки Q_n та класу точності Т за таблицями 16, 17.

При штампуванні в закритих штампах допустима величина облою вибирається згідно маси Q_n , ступеня складності С та розмірів заготовки згідно таблиці 18.

У штамповок, що виготовленні на горизонтально-кувальних машинах допустима величина облою в площині роз'єднання матриць не повинна перевищувати подвоєної величини залишкового облою .

Допустиме відхилення від співвісності непробитих отворів (наміток) в штамповках (рис.27, г) приймається не більше 1% глибини отвору (намітки).

Допустиме найбільше відхилення від концентричності пробитого отвору (рис.27, в) встановлюється згідно з найбільшим розміром заготовки та класом точності Т за таблицею 19.

Наведені допустимі відхилення від концентричності отворів відповідають початку пробивання (зі сторони входу пуансона в заготовку). В кінці пробивання (зі сторони виходу пуансона) ці відхилення можуть бути збільшені на 25%.

Допустимі відхилення від вигнутості, прямолінійності для плоских поверхонь (рис.40) встановлюються за найбільшим розміром штампованої заготовки та класом точності Т згідно з таблицею 20. В даних величинах не враховуються перепади по висоті, товщині або ширині заготовки.

Допуск радіального биття циліндричних поверхонь не повинен перевищувати подвоєної величини, що вказана в таблиці 20 (призначається за згодою між виготовлювачем і замовником).

Допустимі відхилення міжосьової відстані A_1 штампованих заготовок (рис.28) вибираються за розміром міжцентрової відстані між отворами, що пробиваються та класом точності Т за таблицею 21.

Допустиме відхилення міжосьової відстані A_2 в штампованій заготовці (рис.40) встановлюють за погодженням споживача з виробником.

Допустиме відхилення торця стрижня штамповки після відрізання заготовок із прутка, що не піддається деформації при штампуванні (рис.41), визначається за таблицею 20 залежно від діаметра прутка. Допускається неперпендикулярність поверхні зрізу до осі заготовки 7° .

Допустимі відхилення кутових (α) розмірів заготовки (рис.42) визначаються залежно від довжини елемента L та класу точності Т за таблицею 23. Допустимі відхилення кутових розмірів для штамповок, скручування чи згинання елементів яких виконується на окремому обладнанні, збільшується на 50%.

На заготовці допускається слід у вигляді впадини чи виступу, що утворюється від виштовхувача або від **затискних елементів штампа**. Глибина впадини повинна бути не більше 0,5 величини фактичного припуску. Висота виступу допускається до 3 мм на оброблюваній поверхні, а на необроблюваній – повинна бути погоджена між виробником та споживачем.

Допуски радіусів заокруглень внутрішніх і зовнішніх кутів заготовки залежать від величини радіусів та класу точності Т і вибираються за таблицею 24.

Допустимі відхилення штампувальних нахилів встановлюються в межах $\pm 0,25$ їх нормальної величини.

Всі вибрані значення рекомендується занести до розрахункової таблиці (див. табл. 9).

Таблиця 15 – Допуски і допустимі відхилення лінійних розмірів поковок, мм

Вихідний індекс	Найбільша товщина поковки																	
	до 40		40-53		63-100		100-160		160-250		зв. 250							
	Довжина, ширина, діаметр, глибина і висота поковки																	
	до 40		40-100		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	0.5	+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	+0.3 -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	1.0	+0.7 -0.3	1.2	+0.8 -0.4	—	—	—	—
4	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	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	+1.3 -0.7	—	—
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 -1.0	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 -1.0	3.2	+2.1 -1.1	3.6	+2.4 -1.2	4.0	+2.7 -1.3
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
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 -3.0	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 -3.0	10.0	+6.7 -3.3	11.0	+7.4 -3.6	12.0	+8.0 -4.0
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 -4.0	13.0	+8.6 -4.4	14.0	+9.2 -4.8	16.0	+10.8 -6.0

Таблиця 16 – Допустима величина зміщення

	Допустима величина зміщення по поверхні роз'єднання штамп, мм							
	Плоска поверхня роз'єднання штамп							
	T1	T2	T3	T4	T5			
		Симетрично вигнута поверхня роз'єднання штамп						
		T1	T2	T3	T4	T5		
			Несиметрично вигнута поверхня роз'єднання штамп					
			T1	T2	T3	T4	T5	
до 0,5 вкл.	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	
> 0,5 до 1,0 вкл.	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	
> 1,0 до 1,8 вкл.	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
> 1,8 до 3,2 вкл.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	
> 3,2 до 5,6 вкл.	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	
> 5,6 до 10 вкл.	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	
> 10 до 20 вкл.	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	
> 20 до 50 вкл.	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	
> 50 до 125 вкл.	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2	
> 125 до 250 вкл.	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2	4,0	

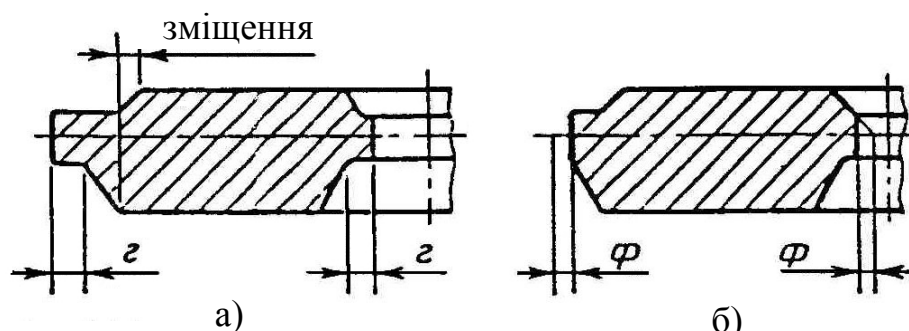


Рисунок 38 – Залишковий облой (z) та зрізана кромка (ϕ)

Таблиця 17 – Допустима величина залишкового облою

	Допустима величина залишкового облою, мм							
	Плоска поверхня роз'єднання штампа							
	T1	T2	T3	T4	T5			
		Симетрично вигнута поверхня роз'єднання штампа						
			T1	T2	T3	T4	T5	
			Несиметрично вигнута поверхня роз'єднання штампа					
				T1	T2	T3	T4	T5
до 0,5 вкл.	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
> 0,5 до 1,0 вкл.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
> 1,0 до 1,8 вкл.	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
> 1,8 до 3,2 вкл.	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4
> 3,2 до 5,6 вкл.	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6
> 5,6 до 10 вкл.	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
> 10 до 20 вкл.	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2
> 20 до 50 вкл.	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8
> 50 до 125 вкл.	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	3,5
> 125 до 250 вкл.	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	3,5	4,0

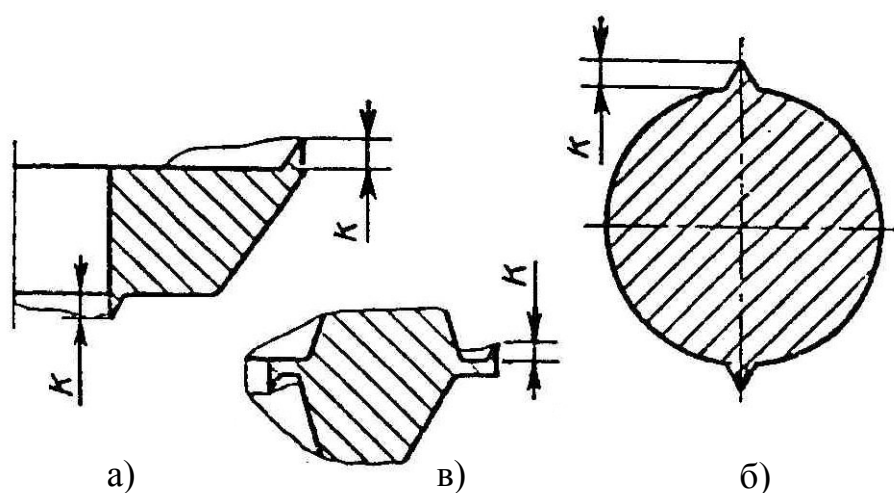


Рисунок 39 – Облой

Таблиця 18 – Допустима величина облою

Маса поковки, кг	Ступінь складності поковки	Допустима величина задирки при максимальному розмірі поперечного перерізу поковки по поверхні роз'єднання штампа, мм				
до 0,5 вкл.	C1, C2	1,0	2,0	—	—	—
	C3	2,0	3,0	—	—	—
	C4	3,0	4,0	—	—	—
> 0,5 до 3,2 вкл.	C1, C2	2,0	3,0	4,0	—	—
	C3	3,0	4,0	5,0	—	—
	C4	4,0	5,0	6,0	—	—
> 3,2 до 5,6 вкл.	C1, C2	3,0	4,0	5,0	—	—
	C3	4,0	5,0	6,0	—	—
	C4	5,0	6,0	7,0	—	—
> 5,6 до 20,0 вкл.	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
> 20,0 до 50,0 вкл.	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
> 50,0	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 19 – Допустиме відхилення від концентричності пробитого отвору

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

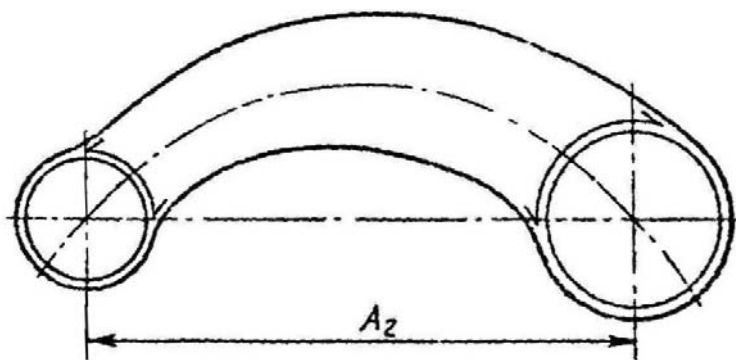


Рисунок 40 – Вигнутість заготовки

Таблиця 20 – Допустиме відхилення для вигнутості, площинності, прямолінійності

Найбільший розмір поковки	Допустиме відхилення по вигнутості, площинності для класів точності, мм				
	T1	T2	T3	T4	T5
до 100 вкл.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
> 100 до 160 вкл.	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
> 160 до 250 вкл.	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
> 250 до 400 вкл.	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
> 400 до 630 вкл.	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
> 630 до 1000 вкл.	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
> 1000 до 1600 вкл.	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2
> 1600 до 2500 вкл.	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0

Таблиця 21 – Допустиме відхилення міжосьової відстані

Міжцентрова відстань	Допустиме відхилення міжосьової відстані для класів точності, мм				
	T1	T2	T3	T4	T5
до 60 вкл.	±0,10	±0,15	±0,20	±0,25	±0,30
> 60 до 100 вкл.	±0,15	±0,20	±0,25	±0,30	±0,50
> 100 до 160 вкл.	±0,20	±0,25	±0,30	±0,50	±0,80
> 160 до 250 вкл.	±0,25	±0,30	±0,50	±0,80	±1,20
> 250 до 400 вкл.	±0,30	±0,50	±0,80	±1,20	±1,60
> 400 до 630 вкл.	±0,50	±0,80	±1,20	±1,60	±2,00
> 630 до 1000 вкл.	±0,80	±1,20	±1,60	±2,00	±3,00
> 1000 до 1600 вкл.	±1,20	±1,60	±2,00	±3,00	±4,50
> 1600 до 2500 вкл.	±1,60	±2,00	±3,00	±4,50	±7,00

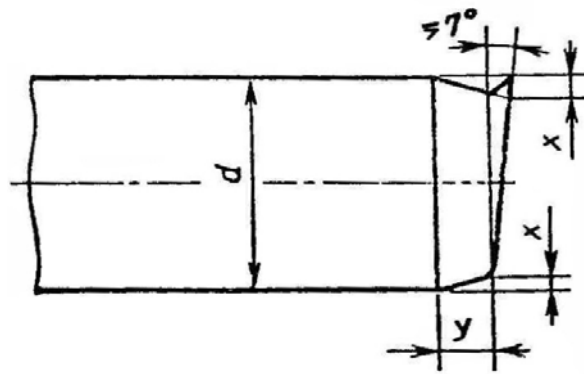


Рисунок 41 – Допустиме відхилення торця стрижня після відрізання від прутка

Таблиця 22 – Допустиме відхилення торця стрижня

Діаметр прутка (d)	Допустиме відхилення, мм	
	x	y
до 40 включно	0,08d	1d
> 40	0,07d	0,8d

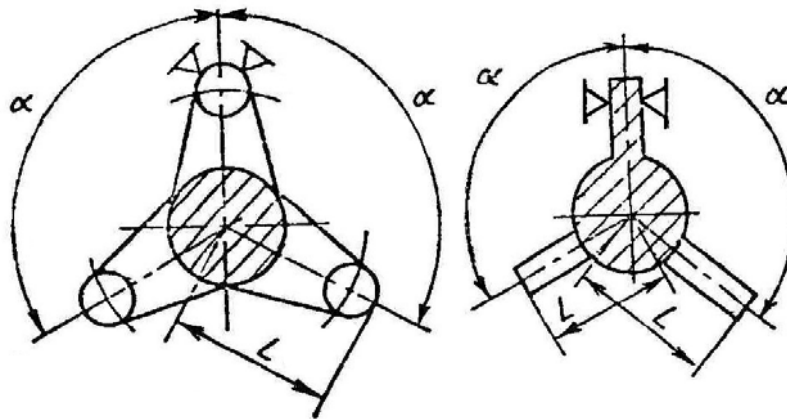


Рисунок 42 – Відхилення від кутових елементів:

L – довжина елемента (відстань від вісі поковки до торця елемента)

Таблиця 23 – Допустиме відхилення кутових елементів

Довжина елемента (L), мм	Допустиме відхилення кутових елементів поковки для класів точності, мм				
	T1	T2	T3	T4	T5
до 25 вкл.	±0°45′	±1°00′	±1°30′	±2°00′	±2°30′
> 25 до 60 вкл.	±0°30′	±0°45′	±1°00′	±1°30′	±2°00′
> 60 до 100 вкл.	±0°15′	±0°30′	±0°45′	±1°00′	±1°30′
> 100 до 160 вкл.	±0°10′	±0°15′	±0°30′	±0°45′	±1°00′
> 160	±0°05′	±0°10′	±0°15′	±0°30′	±0°45′

Таблиця 24 – Допуск радіусів заокруглення

Радіус заокруглення	Допуск радіусів заокруглення для класів точності, мм				
	T1	T2	T3	T4	T5
до 4 вкл.	0,5	0,5	0,5	1,0	2,0
> 4 до 6 вкл.	0,5	0,5	1,0	2,0	3,0
> 6 до 10 вкл.	1,0	1,0	2,0	3,0	5,0
> 10 до 16 вкл.	1,0	2,0	3,0	5,0	8,0
> 16 до 25 вкл.	2,0	3,0	5,0	8,0	12,0
> 25 до 40 вкл.	3,0	5,0	8,0	12,0	20,0
> 40 до 60 вкл.	5,0	8,0	12,0	20,0	30,0
> 60 до 100 вкл.	8,0	12,0	20,0	30,0	50,0

8.3.2 Вибір нахилів, радіусів заокруглень та проектування наміток отворів

Штампувальні нахили повинні встановлюватися на поверхнях, що розташовуються паралельно руху баби чи молота повзуна, преса. Нахили служать для полегшення заповнення порожнини штампа і виймання з поковки.

Штампувальні нахили поділяються на зовнішні α (рис.43, а), що відносяться до поверхонь, по яких між поковкою і стінкою штампа утворюються зазори внаслідок теплової усадки при остиганні поковки, і внутрішні β , що відносяться до поверхонь, що при остиганні поковки виявляються щільно посадженими на виступи штампа.

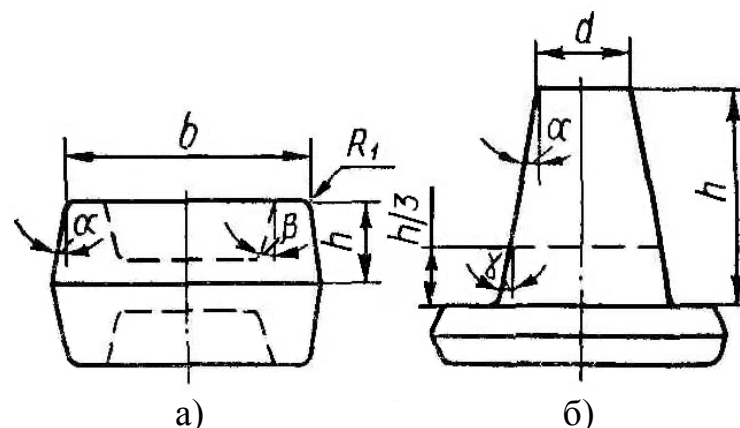


Рисунок 43 – Штампувальні нахили:

а) – звичайні; б) – подвійні (α – зовнішній; β – внутрішній; γ – вхідний)

При складній конфігурації поковки той самий нахил може неодноразово переходити з зовнішнього у внутрішній і назад. На поковках, що мають

форму тіл обертання, з метою економії металу роблять подвійні нахили: вхідний γ і основний α (рис.43, б).

Штампувальні нахили залежать від форми і розмірів порожнини штампа в плані, його глибини, матеріалу поковки, способу штампування, наявності виштовхувачів і т.п. Значення нахилів, що рекомендуються, наведені в таблиці 25. Менші значення приймають при малому відношенні глибини до ширини порожнини штампа. Після призначення штампувальні нахили корегують таким чином, щоб лінія роз'єднання у верхньому і нижньому штампах була однаковою (рис. 43, а).

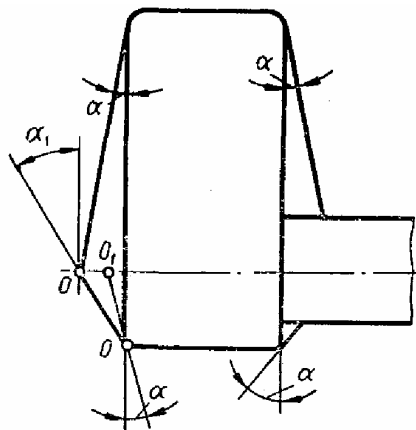


Рисунок 44 – Корегування кута штампувального нахилу при несиметричному (щодо поковки) розташуванні поверхні роз'єднання

Таблиця 25 – Штампувальні нахили

Штампувальне обладнання	Штампувальні нахили, °	
	зовнішні	внутрішні
Молоти	1...7	3...10
Кривошипні гарячештампувальні преси з виштовхувачем	3...5	5...7
Гідравлічні преси	1...2	2...4
Преси без виштовхувача	5...7	7...10
Горизонтально-кувальні машини: поверхні, виконані пуансоном поверхні, виконані матрицею	0,25...1	0,25...3
	0,25...5	1...7

На всі перетини поверхонь поковок призначають радіуси заокруглень, що зменшують концентрацію напружень в кутах ривчаків штампа, поліпшують заповнення порожнини штампа і зменшують зношення гострих кутів і країв штампів.

Розрізняють два види радіусів заокруглення штампів: внутрішні $r_{вн}$ і зовнішні $r_{н}$ (рис.45, б). У поковок позначення радіусів літерами розташовані в зворотньому порядку (рис.45, а). Радіуси заокруглень повинні мати достатню величину. Зовнішній радіус $R_{н}$ у поковок важко виконати невеликим: метал затікає в кут штампа з малим радіусом в останню чергу.

Чим більша глибина порожнини штампа, заповнюваної витискуванням, тим складніше одержати малий радіус заокруглення в поковці. Заниження внутрішніх радіусів поковок $R_{вн}$ веде до утворення „затисків” у тілі поковок. На рисунку 45 схематично показана послідовність деформування штампованої поковки при занижених і достатніх радіусах заокруглень.

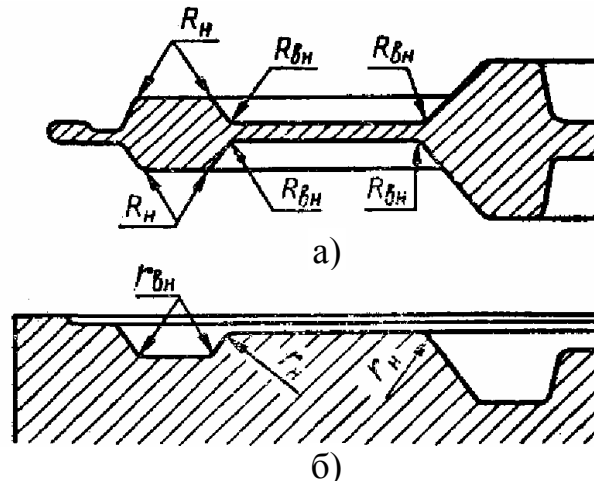


Рисунок 45 – Зовнішні і внутрішні радіуси заокруглень поковки (а) і штампа (б)

Таблиця 26 – Найменші радіуси заокруглень зовнішніх кутів поковок, мм

Маса поковки (понад ... до), кг	Найменші радіуси заокруглень при глибині порожнини штампа (понад ... до), мм			
	до 10	10...25	25...30	більше 50
до 1,0 вкл.	1,0	1,6	2,0	3,0
> 1,0 до 6,0 вкл.	1,6	2,0	2,5	3,5
> 6,0 до 16,0 вкл.	2,0	2,5	3,0	4,0
> 16,0 до 40,0 вкл.	2,5	3,0	4,0	5,0
> 40,0 до 100,0 вкл.	3,0	4,0	5,0	7,0
> 100,0	4,0	5,0	6,0	8,0

Відповідно до ГОСТ 7505–89 радіуси заокруглень зовнішніх кутів поковок вибирають за таблицею 26 залежно від маси поковки і глибини порожнини течії штампа. Внутрішні радіуси приблизно в 3 рази більші відповідних зовнішніх. Досить, щоб значення цих радіусів були на 0,5...1 мм більше припуску на механічну обробку поковки. Якщо для оброблюваних кромek радіус, що рекомендується, виявиться меншим суми значень зовнішнього радіуса заокруглення (чи фаски) на обробленій деталі і призначеного припуску, то корисно радіус збільшити до зазначеної суми.

Зовнішні радіуси заокруглень у необроблюваних поверхнях звичайно збільшують (рис.46). Для полегшення заповнення важко виконуваних ребер і бобишок рекомендуються максимальні радіуси на їх вершині, щоб на останніх залишалася невелика плоска ділянка чи виходило повне заокруглення вершини одним радіусом.

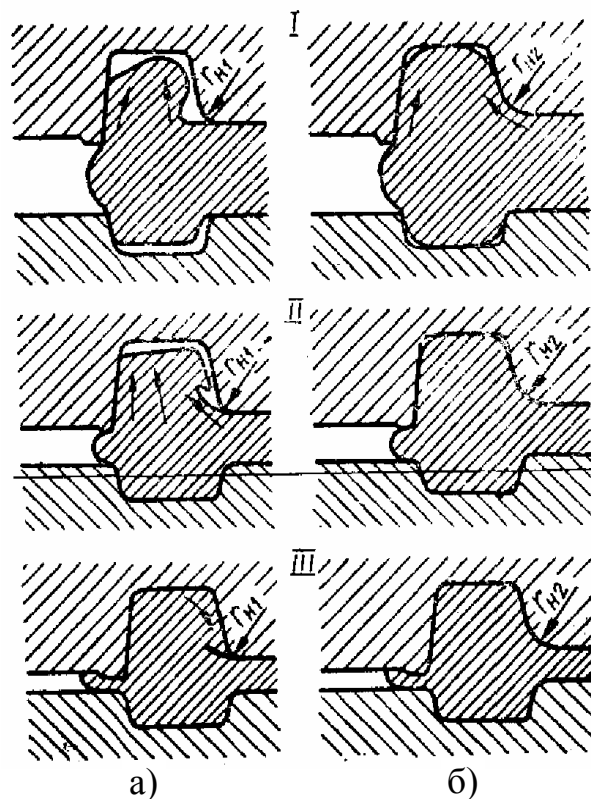


Рисунок 46 – Схема плин у металі при деформуванні штампуємої поковки:
а) – радіуси заокруглень занижені – утворення складки на поковці;
б) – радіуси заокруглень достатні

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

При наявності в деталі порожнини чи отвору проектується намітка отвору (рис.47, а, б, в).

У випадках, коли одержати наскрізний отвір при штампуванні

неможливо, застосовують намітку отвору з перемичкою малої товщини.

При штампуванні таких поковок у найбільш важких умовах працюють виступи штампів, названі знаками. Внаслідок їх малої стійкості порожнини діаметром менше 30 мм при гарячому штампуванні не виконують. При штампуванні поковок великої висоти обмежуються виготовленням лише глухих позначок (рис.47, б) без подальшої просічки отворів. Намітки можна виготовити з двох сторін поковки. Виконання наскрізних отворів у поковках обов'язково, якщо діаметр отворів більше чи дорівнює висоті поковки. Можливі різні варіанти розташування поверхні роз'єднання штампа і перемички, що утвориться (рис.47, г), д), є), ж), з). Остання легко видаляється в просічному штампі при обрізанні облою.

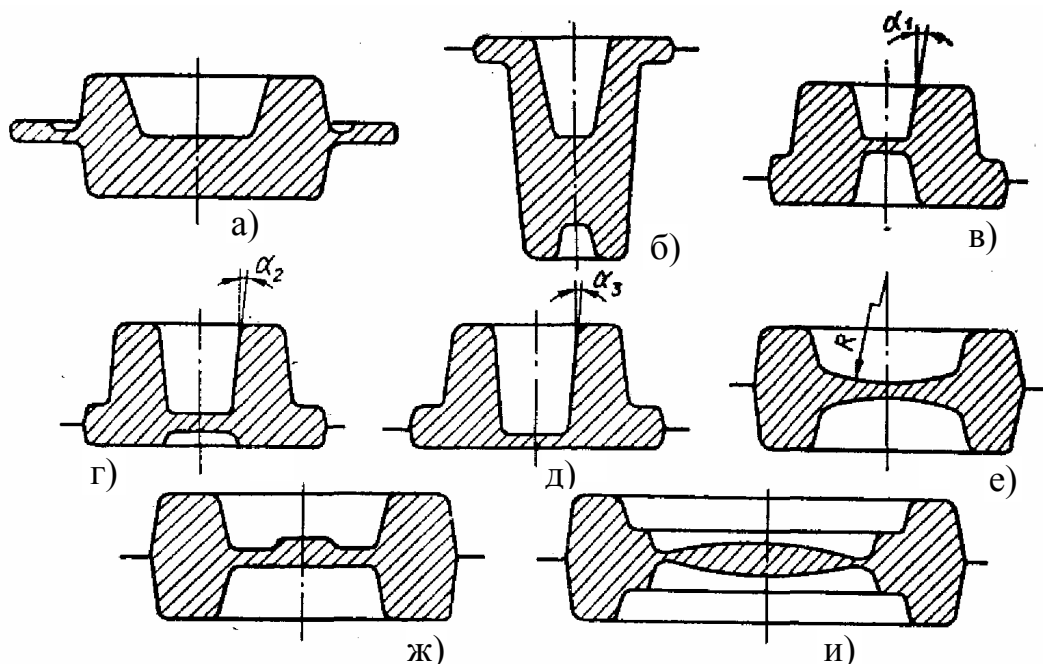


Рисунок 47 – Типи поковок з намітками

Залежно від форми і розмірів отвору, що штампується, розрізняють намітки з плоскою перемичкою, з розкосом, з магазином, з кишенею і глухі (рис. 47).

Плоску перемичку (рис.48, а) одержують у невеликих отворах з діаметром основи

$$d_{\text{осн.мм}} = 24 + 0,0625 \cdot D_{\text{п}}, \quad (5)$$

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

Намітка верхнім знаком робиться глибиною $h < d_{\text{осн}}$, а нижнім – глибиною $h < 0,8d_{\text{осн}}$. Щоб зберегти стійкість інструменту і не допустити зайвої витрати металу, намітка повинна мати товщину

$$s = 0,45 \sqrt{d_{\text{осн}} - 0,25p - 5} + 0,6 \quad (6)$$

При $h/d_{\text{отв}} < 0,4$ замість плоских позначок рекомендується застосовувати намітки з розкосом (рис.48, б), при цьому товщина перемички $d_{\text{min}} = 0,65s$, а $s_{\text{max}} = 1,35s$, де s визначають за формулою (6).

Намітка з магазином (рис.48, в) застосовується для отворів з $d_{\text{отв}} > 55$ мм при наявності попереднього рівчака, що формує намітку з розкосом. У цьому випадку можна одержати меншу товщину перемички в місці зрізу h_0 .

Для низьких поковок $h/d_{\text{отв}} < 0,07$ після штампування в попередньому рівчаку з плоскою наміткою для зниження зусилля і підвищення стійкості знаків остаточного рівчака рекомендуються намітки з кишенею (рис.48, г). При цьому товщина перемички

$$s = 0,4 \sqrt{d_{\text{отв}}} . \quad (7)$$

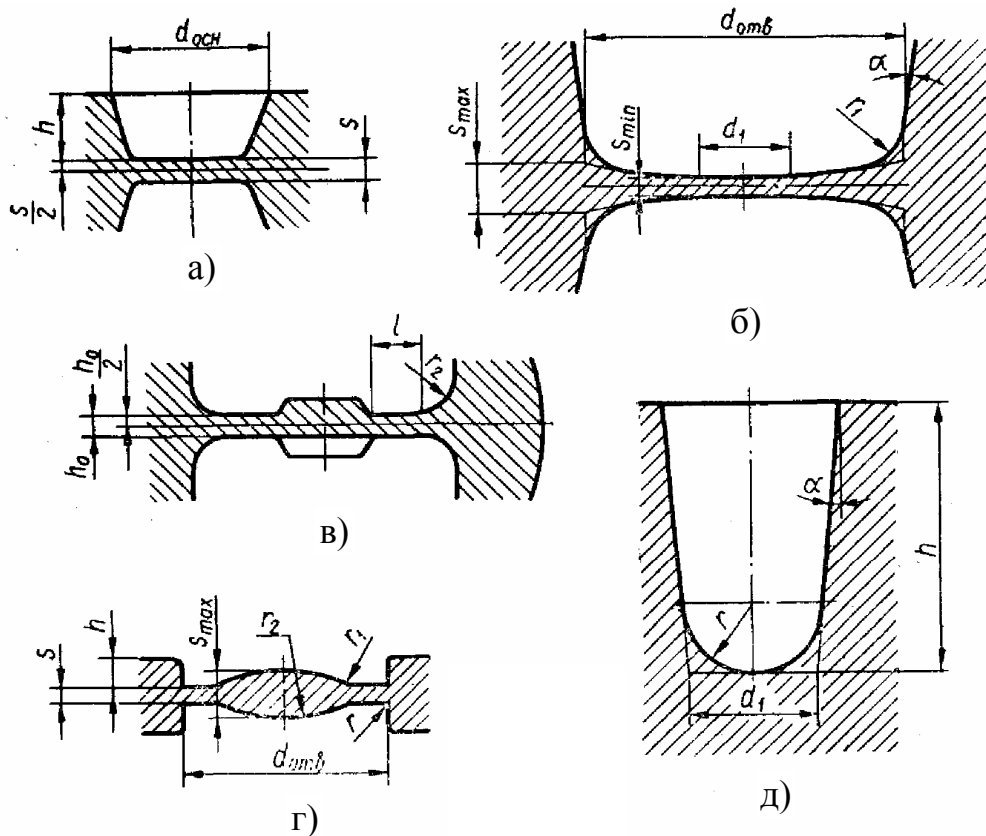


Рисунок 48 – Перемички в намітках отворів:

а) – плоска; б) – з розкосом; в) – з магазином; г) – з кишенею;
д) – глуха намітка

Якщо глибина намічуваного отвору $h > 1,7d_{\text{оч}}$ чи після призначення радіуса заокруглення не залишається плоскої ділянки, то обмежуються глухою наміткою (рис.48, д). Радіус заокруглення глухої намітки

$$r = d_{\text{оч}} / 2 \tan(45^\circ - \alpha/2), \quad (8)$$

де α – внутрішній кут, град.

Для двосторонньої намітки рекомендується зміщати поверхню внутрішнього роз'єднання, а з ним і перемичку по відношенню до поверхні зовнішнього роз'єднання (рис.49), що значно полегшує центрування поковки в остаточному рівчаку.

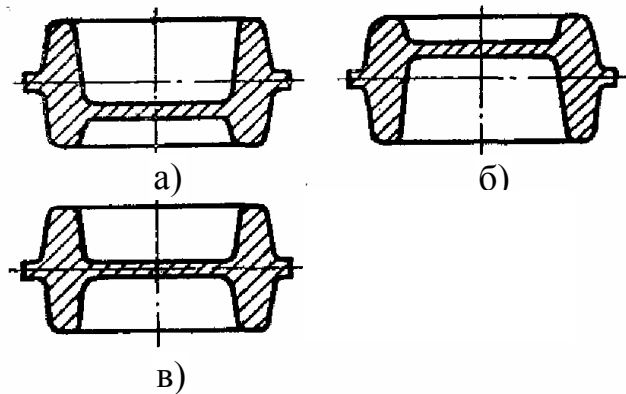


Рисунок 49 – Рекомендований (а), можливий (б) і небажаний (в) варіанти розміщення перемички в намітці отвору

У разі потреби вибирають розміри ребер і відстані між ними. До основних розмірів поволок з ребрами (рис.50) відносяться радіуси сполучень R , радіуси заокруглень R_1 , висота ребра h , товщина ребра рівна $2R_1$, кути нахилу полотна γ . Максимальна відстань a між ребрами для всіх марок матеріалів залежить від висоти ребра: при висоті ребра $h/16$ мм $a=(30...35)s$; при $h<35,5$ мм – $a=(25...30)s$; при $h<71$ мм – $a=(20...25)s$, де s – товщина полотна. При відстані між ребрами до 125 мм кут γ беруть рівним 2° , при $a>125$ мм – від 0 до $1^\circ 30'$.

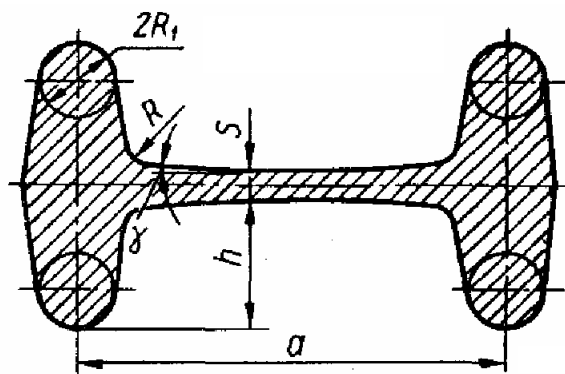


Рисунок 50 – Перетин штампованої деталі

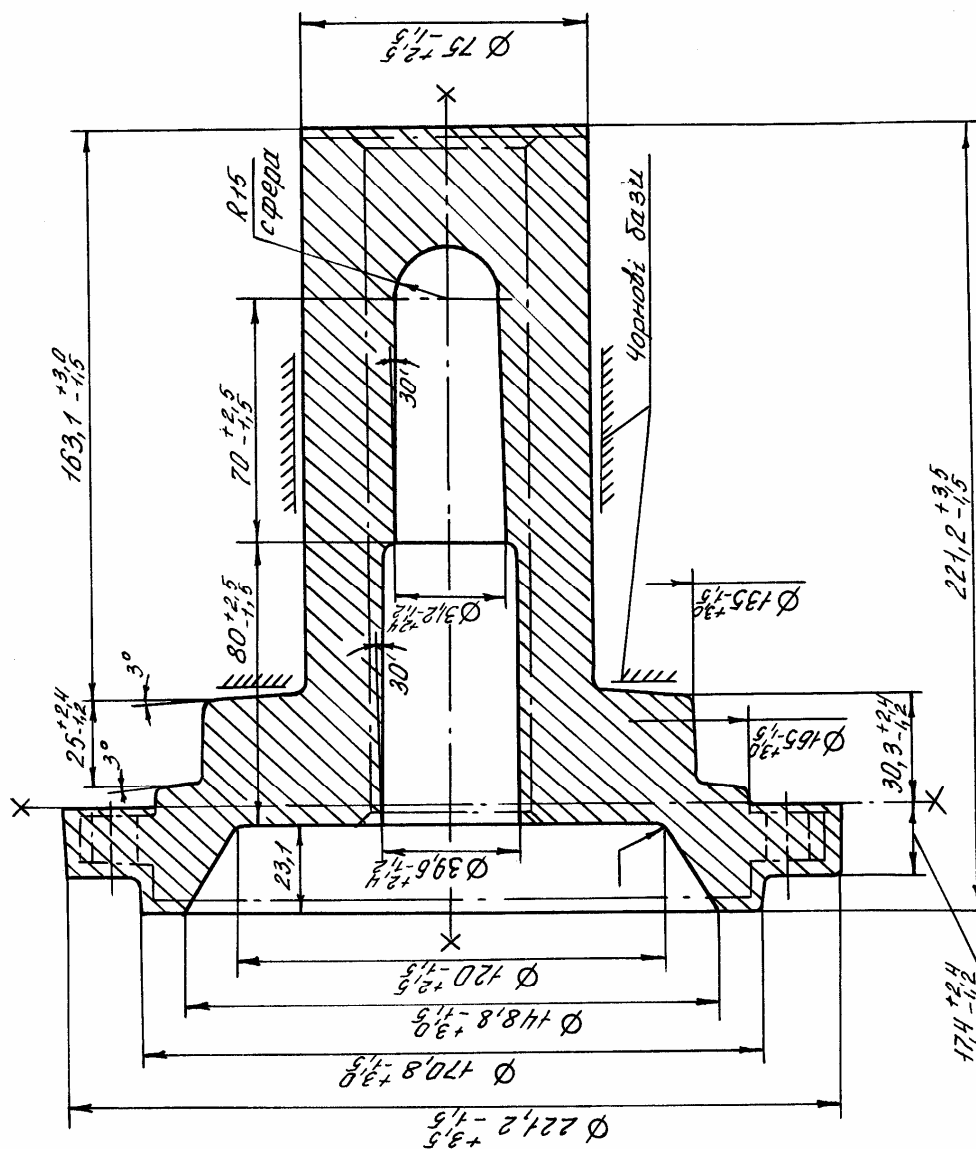
$\angle P \approx 80^\circ$ 

Рисунок 51 – Ескіз штапованої заготовки

8.4 Призначення технічних вимог на штамповані заготовки

1. Клас точності штамповки – Т ..., група сталі – М ..., ступінь складності – С
2. Не вказані штампувальні нахили ..., радіуси
3. Допустима величина залишкового облою
4. Допустиме зміщення по площині роз'єднання штампа
5. Не вказані допуски радіусів заокруглень
6. Допустиме відхилення від площинності
7. Допустиме відхилення від концентричності пробитого отвору відносно зовнішнього контуру поковки
8. Допустиме відхилення від площинності ..., прямолінійності
9. Допуск радіального биття
10. Допустимі відхилення міжосьової відстані
11. Допустиме відхилення торця
12. Допустимі відхилення штампувальних нахилів
13. Твердість матеріалу заготовки

8.5 Розрахунок маси і коефіцієнта використання матеріалу заготовки

Маса заготовки може бути розрахована двома способами.

1. При простій геометричній формі заготовки її рекомендується розділити на прості геометричні фігури, визначити масу кожної із геометричних фігур. Загальну масу заготовки визначити як суму мас складових геометричних фігур заготовки.

$$Q_{\text{заг.}} = \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (9)$$

де $Q_{\text{заг.}}$ – маса заготовки, кг;

Q_i – маса i -ої елементарної геометричної фігури заготовки, кг;

n – кількість елементарних фігур заготовки.

Формула (9) в розгорнутому вигляді:

$$Q_{\text{заг.}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n. \quad (10)$$

Маса i -ої елементарної фігури може бути визначена:

$$Q_i = V_i \cdot \rho, \quad (11)$$

де V_i – об'єм i -ої елементарної фігури заготовки, м^3 ;

ρ – густина матеріалу заготовки, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Формула (11) в розрахунковому вигляді:

$$Q_1 = V_1 \cdot \rho;$$

$$Q_2 = V_2 \cdot \rho;$$

$$Q_3 = V_3 \cdot \rho;$$

.....

$$Q_n = V_n \cdot \rho.$$

Формула (9) з урахуванням (11):

$$Q_{\text{заг.}} = \sum_{i=1}^n V_i \cdot \rho$$

або

$$Q_{\text{заг.}} = (V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n) \cdot \rho. \quad (12)$$

Об'єми V_i визначаються за формулами відповідних геометричних фігур.

2. При складній геометричній формі заготовки її масу рекомендується визначати як суму маси деталі і знятих припусків, напусків.

$$Q_{\text{заг.}} = Q_{\text{дет.}} + \sum_{i=1}^m Q_{\text{прип.}i} + \sum_{j=1}^k Q_{\text{нап.}j}, \quad (13)$$

де $Q_{\text{дет.}}$ – маса деталі (приймається згідно з кресленням деталі);

$Q_{\text{прип.}i}$ – припуск, що знімається з i -ої поверхні заготовки;

$Q_{\text{нап.}j}$ – напуск, що знімається з j -ої поверхні заготовки;

m, k – кількість поверхонь заготовки, з яких знімаються припуски, напуски, відповідно.

Маса припусків і напусків, що знімаються з поверхонь заготовки, визначається за формулою (11). При цьому розглядається об'єм геометричної фігури, яку утворює припуск чи напуск, який знімаємо.

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = Q_{\text{дет.}} / Q_{\text{заг.}} \quad (14)$$

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки характеризує економічність даного способу одержання заготовки. Чим ближчий він до 1, тим менше матеріалу знімається у вигляді стружки з поверхонь заготовки при механічній обробці, тобто тим „ближча” заготовка до готової деталі. Після розрахунку γ при різних способах одержання заготовки їх потрібно порівняти з даними згідно з таблиць 2, 3 і зробити відповідні висновки.

8.6 Техніко – економічне порівняння 2-х варіантів виготовлення заготовки та вибір найбільш раціонального

Вартість заготовки – це економічний показник, який впливає на собівартість виготовлення деталі, виробу. Якщо можливі різні варіанти виготовлення заготовки, то рішення відносно вибору виду заготовки можна прийняти лише після розрахунку їх вартості. Перевагу потрібно

надавати тій заготовці, яка має меншу вартість. Якщо ж варіанти, що порівнюються, за вартістю виявляються рівноцінними, то перевагу потрібно віддавати заготовці з більш високими коефіцієнтами використання матеріалу та вагової точності.

Крім того, потрібно врахувати об'єм наступної механічної обробки, її вартість. Тобто остаточне рішення повинно в комплексі врахувати всі показники: вартість заготовки, коефіцієнт використання матеріалу та вартість виконання тих операцій механічної обробки, які відрізняються в технологічних процесах механічної обробки деталі внаслідок вибору різних варіантів виготовлення заготовки. Якщо ж при різних варіантах виготовлення заготовки технологічні процеси механічної обробки деталі однакові, то порівняння і вибір спрощуються, і виконуються лише за першими двома показниками (вартість заготовки та коефіцієнт використання матеріалу).

8.6.1 Вартість штампованих заготовок

При гарячій штамповці на молотах, пресах, горизонтально-кувальних машинах і електровисадкою вартість заготовок може бути визначена за формулою:

$$C_{\text{ЗАГ.ШТ.}} = \frac{Q_{\text{ЗАГ}} \cdot C_{\text{ШТ}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}}}{1000} - \frac{(Q_{\text{ЗАГ}} - Q_{\text{ДЕТ}})}{1000} C_{\text{ВІДХ}}, \quad (15)$$

де $C_{\text{ШТ}}$ – базова вартість 1 тонни штампованих заготовок, гр.о.;

$K_{\text{Т}}$, $K_{\text{М}}$, $K_{\text{С}}$, $K_{\text{В}}$, $K_{\text{П}}$ – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності штамповки, марки матеріалу, групи складності штамповки, маси і об'єму виробництва.

За базову вартість приймається вартість 1 тонни штампованих заготовок.

$C_{\text{ШТ}} = 373$ гр.о. – вартість штампованих заготовок із конструкційної вуглецевої сталі масою 2,5...4 кг, нормальної точності за ГОСТ 7505–74, 3-ої групи (ступеню) складності, 2-ої групи серійності.

Коефіцієнти $K_{\text{Т}}$, $K_{\text{М}}$, $K_{\text{С}}$, $K_{\text{В}}$ наведені в таблиці 27.

Для визначення коефіцієнта $K_{\text{П}}$ потрібно знати об'єм виробництва, тобто річну програму випуску заготовок. Якщо об'єм виробництва більший значень, що вказані в таблиці 28, то $K_{\text{П}} = 0,8$, в усіх інших випадках – $K_{\text{П}} = 1,0$.

Таблиця 27 – Коефіцієнти Кт, Км, Кс, Кв

Коефіцієнти Кт при класі точності штамповки					
Підвищена точність			Нормальна точність		
1,05			1,0		
Коефіцієнт Км при марці матеріалу					
Вуглецеві сталі 08-85	Сталі 15Х-50Х	Сталі 18ХГТ-30ХГТ	Сталь шарикопідшипникова ШХ15	Сталі 12ХН3А-30ХН3А	
1,0	1,13	1,21	1,77	1,79	
Коефіцієнт Кс при марці і ступені складності					
Сталь вуглецева 08-85 Сталь 15Х-50Х Сталь 18ХГТ-30ХГТ Сталь ШХ15 Сталь 12ХН3А-30ХН3А		Ступінь складності			
		С1	С2	С3	С4
		0,75	0,84	1,0	1,15
		0,77	0,87	1,0	1,15
		0,78	0,88	1,0	1,14
		0,79	0,89	1,0	1,13
0,81	0,90	1,0	1,1		
Коефіцієнт Кв при масі і матеріалі штамповки					
Маса штамповки, кг	Матеріал штамповки				
до 0,25 > 0,25 до 0,63 > 0,63 до 1,6 > 1,6 до 2,5 > 2,5 до 4,0 > 4,0 до 10 > 10 до 25 > 25 до 63 > 63 до 100	Сталь 08-85	Сталь 15Х-50Х	Сталь 18ХГТ-30ХХГТ	Сталь ШХ15	Сталь 12ХН3А-30ХН3А
	1	2	3	4	5
	2	2	1,94	1,82	1,62
	1,85	1,64	1,61	1,52	1,42
	1,33	1,29	1,29	1,3	1,25
	1,14	1,14	1,15	1,14	1,11
	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	0,87	0,89	0,89	0,88	0,9
	0,8	0,8	0,79	0,76	0,8
	0,73	0,73	0,74	0,71	0,75
0,7	0,7	0,72	0,65	0,7	

Таблиця 28 – Об’єм виробництва штампованих заготовок

Маса штамповки, кг	Об’єм виробництва, тис. шт.
до 5	15...500
> 0,25 до 0,63	8...300
> 0,63 до 1,6	5...150
> 1,6 до 2,5	4,5...120
> 2,5 до 4,0	4...100
> 4,0 до 10	3,5...75
> 10 до 25	3...50
> 25 до 63	2...30
> 63 до 160	0,6...1,0

8.6.2 Визначення технологічної собівартості операції

Для прийняття остаточного рішення щодо вибору варіанта виготовлення заготовки крім вартості заготовок, коефіцієнтів використання матеріалу та вагової точності потрібно порівняти маршрути механічної обробки деталі. Якщо є операції, які відрізняються внаслідок різних способів виготовлення заготовки, то собівартість їх виконання потрібно включити у вартість відповідної заготовки. Тобто, тоді повна собівартість заготовки:

$$C_{заг} = C_{заг.шт.} + \sum C_{обр.}, \quad (17)$$

де $\sum C_{обр.}$ – технологічна собівартість виконання тих операцій, якими відрізняються маршрути механічної обробки деталі внаслідок різних способів виготовлення заготовки.

$$C_{обр.} = C_{п.-з.} \cdot T_{шт-к(шт)} / K_v, \quad (18)$$

де $C_{п.-з.}$ – хвилинні приведені витрати, грн.;

$T_{шт-к(шт)}$ – штучно-калькуляційний чи штучний час на операцію, хв;

K_v – коефіцієнт виконання норм, $K_v \approx 1,3$;

$C_{п.-з.}$ – коп/хв при попередніх розрахунках може бути прийнято згідно з табл. 30.

8.7 Перелік операцій виготовлення заготовки для остаточно вибраного варіанта. Зображення послідовності виготовлення заготовки (при кількості переходів більше одного)

Як приклад інформація з цього питання наведена на сторінці 22, рисунку 12, сторінці 35, рисунок 23.

Таблиця 30 – Хвилинні приведені витрати

Модель верстата	Хвилинні приведені витрати, коп/хв	Модель верстата	Хвилинні приведені витрати, коп/хв	Модель верстата	Хвилинні приведені витрати, коп/хв
1A616K	1,84	2J53	2,5	6P13	2,28
16B16A	2,84	2M55	2,01	6P13B	2,4
1K62B	2,11	2411	2,43	6A75B	2,31
16K20	2,09	2421	2,52	675П	1,96
16K20П	2,11	2431	3,6	676П	2,44
1M63	2,24	2B440A	3,16	1K62ПУ	2,01
1512	3,48	2455	3,79	1K62Ф3	2,7
1516	3,85	2611	3,05	16K20Ф3	3,7
1525	4,83	2A620	4,25	1713Ф3	4,0
1341	2,07	3M151	2,73	16611MФ3	2,25
2M103П	1,64	3M151B	2,62	ТПК-126B	2,44
2H106П	1,66	3B95	2,38	АТПр-2M12	3,6
2M112	1,67	4531	1,87	1M63Ф306	4,64
2H125Л	1,77	6P11	2,06	1A616Ф302	2,31
2H125	2,42	6H12П	2,18	16B16Ф3	3,26
2H135	1,9	6P12	2,16	14B11ПФ3	2,4
2H135Л	2,43	6P12B	2,26	16K20PФ3	3,85

Продовження таблиці 30

Модель верстата	Хвилинні приведені витрати, коп/хв	Модель верстата	Хвилинні приведені витрати, коп/хв
15122Ф3	5,31	4531П	1,83
1516Ф2	5,4	4532	1,83
1512Ф3	5,15	4531Пр	1,63
1516Ф3	5,4	6P13PФ3	3,31
1525Ф2	6,4	ЛФ-66	2,23
2Д450АФ2	3,72	6520Ф3	2,58
2Д450ПР	3,54	ЛФ-200	2,93
2A620Ф2	4,17	6P13Ф2	2,56
2A622Ф3	5,1	6520PФ3	2,76
2P118Ф2	3,53	654Ф3	2,26
2E118Ф2	2,4	654PФ3	7,85
2P135Ф2	3,13	6A76ПФ2	3,92
2M55Ф2	3,66	6A76ПМФ2	5,44
ОФ-72Б	2,11	6902ПМФ2	6,88
3M151Ф2	3,01	690417МФ2	7,01

Тшт-к наближена визначити за формулою:

$$\text{Тшт-к} = \text{То} \cdot \varphi_k \quad (19)$$

Формули для розрахунку То наведено в таблиці 31, φ_k – в таблиці 32.

Таблиця 31 – Наближені формули для визначення норм часу на оброблювані поверхні

Основний технологічний час при методах обробки, $T_o \cdot 10^{-3}$, хв	Формула
1	2
Чорнове обточування за 1 прохід	0,17dl
Чорнове обточування за 11 квалітетом	0,1dl
Чорнове обточування за 9 квалітетом	0,17dl
Чорнове підрізання торця, Ra 6,3	0,037(D-d)
Чистова підрізання торця, Ra 1,6	0,052(D-d)
Відрізання	0,19D
Чорнове і чистове обточування фасонним різцем	0,63(D-d)
Шліфування грубе за 11 квалітетом	0,07dl
Шліфування чистове за 9 квалітетом	0,1dl
Шліфування чистове за 6 квалітетом	0,15dl
Розточування отворів на токарному верстаті	0,18dl
Свердління отворів	0,52dl
Розсвердлювання отворів $d = 20 \dots 60$	0,31dl
Зенкерування	0,21dl
Розвертання чорнове	0,43dl
Розвертання чистове	0,86dl
Внутрішнє шліфування отворів 9 квалітету	1,5dl
Внутрішнє шліфування отворів 7 квалітету	1,8dl
Чорнове розточування отворів за один прохід Ra = 12,5	0,2dl
Чорнове розточування під розвертання	0,3dl
Розвертання плавальною розверткою за 9 квалітетом	0,27dl
Розвертання плавальною розверткою за 7 квалітетом	0,52dl
(d – діаметр, мм; l – довжина оброблюваної поверхні, мм; D – діаметр оброблюваного торця, мм; D-d – різниця найбільшого і найменшого діаметрів оброблюваного торця, мм)	
Протягування отворів і шпонкових канавок (l – довжина протяжки, мм)	0,4l
Стругання чорнове на повздовжньо-стругальних верстатах	0,065Bl
Стругання чистове під шліфування або шабрування	0,034Bl
Фрезерування чорнове торцевою фрезою:	
за прохід	6l
чистове	4l
Фрезерування чорнове циліндричною фрезою	7l

Продовження таблиці 31

1	2
Шліфування площин торцем круга (В – ширина оброблюваної поверхні, мм)	2,5l
Фрезерування зубців черв'ячною фрезою ($D = 80 \dots 300$)	2,2Db
Обробка зубців черв'ячних коліс ($D = 100 \dots 400$) (D – діаметр зубчастого колеса; b – довжина зуба, мм)	60,3D
Шліфування шліцьових валів методом обкатки	9lz
Шліцефрезерування (l – довжина шліцьового вала, мм; z – число шліців)	4,6lz
Нарізання різі на валу ($d = 32 \dots 120$)	19dl
Нарізання мітчиком різі в отворах ($d = 10 \dots 24$) (d – діаметр різі, мм; l – довжина різі, мм)	0,4dl

Таблиця 32 – Значення коефіцієнта φ_k

Типи верстатів	Виробництво	
	Одиничне, дрібносерійне і серійне	Великосерійне, масове
Токарні	2,14	1,36
Токарно-револьверні	1,98	1,35
Токарно-багаторізцеві	–	1,5
Вертикально-свердлильні	1,72	1,3
Радіально-свердлильні	1,75	1,41
Розточувальні	3,25	–
Круглошліфувальні	2,1	1,55
Стругальні	1,73	–
Фрезерні	1,84	1,51
Зуборізні	1,66	1,27

8.8 Розрахунок собівартості штампованої заготовки за допомогою ЕОМ

В нинішній час з розвитком новітніх технологій та комп'ютерного забезпечення існує можливість розробляти програми, створювати програмне забезпечення, виконувати розрахунки та креслення, необхідні для виробничого процесу. Дані розробки дають можливість скоротити час на розрахунок та виготовлення креслень деталей за розрахунковими даними.

Розрахунок собівартості заготовок – це досить трудомістка робота. Тому при необхідності багаторазового повторювання однотипних розрахунків рекомендується застосовувати ЕОМ.

Розроблено програму для розрахунку собівартості заготовок, яка розміщена на комп'ютерному центрі ФТАКМ. Для написання програми використано алгоритмічну мову програмування DELPHI for WINDOWS, яка включає в себе можливості створення зрозумілого, приємного інтерфейсу.

Програма повністю працює в діалоговому режимі, тому відразу після її завантаження з'являється вікно (рис.52), в якому потрібно вибрати собівартість яких заготовок будемо розраховувати (литих чи штампованих).

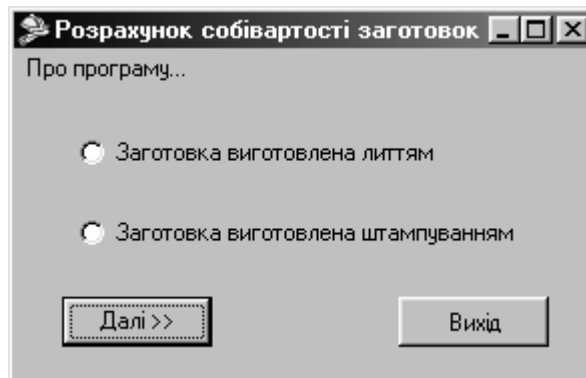


Рисунок 52 – Вибір способу одержання заготовки для розрахунку її собівартості

Після вибору способу виготовлення потрібно мишкою натиснути на кнопку “Далі >>”.

Якщо було вибрано розрахунок штампованих заготовок, то наступним з'явиться вікно (рис.53), в якому безпосередньо вже потрібно чи вводити, чи вибирати з ряду існуючих вихідні дані.

Штампована заготовка

Клас точності

☐ Підвищена точність

☒ Нормальна точність

Матеріал штамповки

Вуглецеві сталі 08-85

Ступінь складності

C2

Вартість однієї тонни заготовок

343 гр.о.

Вартість однієї тонни відходів

25 гр.о.

Об'єм виробництва штамповок

40 тис.шт.

Маса заготовки

5 кг

Маса деталі

4 кг

Розрахувати

Рисунок 53 – Вихідні дані для розрахунку собівартості штампованої заготовки

Для того, щоб програма почала розрахунок собівартості штампованої заготовки потрібно ввести такі початкові дані:

- матеріал деталі;
- маса деталі;
- маса заготовки;
- точність заготовки (підвищена, нормальна);
- ступінь складності;
- базова вартість однієї тонни заготовок;
- вартість однієї тонни відходів;
- об'єм виробництва.

Після введення всіх вхідних даних потрібно натиснути кнопку “Розрахувати”. Після цього на екрані з’явиться вікно (рис.54) з результатами розрахунків: собівартість заготовки (C), коефіцієнти Кт, Км, Кс, Кв, Кп.

Результати

Вартість заготовок Czag.shg= 1,228322

Коефіцієнт Кт 1

Коефіцієнт Км 1

Коефіцієнт Кс 0,84

Коефіцієнт Кв 0,87

Коефіцієнт Кп 1

OK

Рисунок 54 – Результати розрахунку собівартості штампованої заготовки

8.8 Питання для самоконтролю

1. Класи точності штампованих заготовок.
2. Визначення групи сталі штампованої заготовки.
3. Визначення ступеня складності штампованої заготовки.
4. Конфігурації лінії роз'єднання штампа.
5. Визначення вихідного індексу штампованої заготовки.
6. Поняття припуску, напуску.
7. Методика вибору припусків на оброблювані поверхні штампованої заготовки.
8. Вибір допусків розмірів штампованої заготовки.
9. Вибір штампувальних нахилів.
10. Вибір радіусів заокруглень штампованих заготовок.
11. Штапування отворів та наміток в заготовках.
12. Типи наміток отворів.
13. Варіанти розміщення перемички в намітці отвору.
14. Технічні вимоги на штаповані заготовки.
15. Коефіцієнт використання матеріалу заготовки.
16. Методи визначення маси штампованої заготовки.
17. Визначення собівартості штампованої заготовки.
18. Мінімальний діаметр штапування отвору.
19. Призначення нахилів на поверхні штампованої заготовки.
20. Штапування заготовок у закритих штампах, доцільність його використання.
21. Особливість штапування заготовок у відкритих штампах, доцільність його використання.
22. Виконання креслення штампованої заготовки.
23. Інструмент для виготовлення штампованої заготовки, його складові частини.
24. Величина глибини отвору, що може бути пробитий, при штапуванні на молотах, пресах.
25. Величина глибини отвору, що може бути пробитий при штапуванні на горизонтально-кувальній машині.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мельников Г.Н., Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов. – М.: Машиностроение, 1990. – 352с.
2. Руденко П.А., Харламов Ю.А, Плескач В.М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. – Киев: Выща школа, 1991. – 247с.
3. Афонькин М.Г., Магницкая М.В. Производство заготовок в машиностроении. – Ленинград: Машиностроение, 1987. – 256с.
4. Технология конструкционных материалов. Под ред. Г.А. Прейса. – Киев: Выща школа, 1991. – 391с.
5. Технология конструкционных материалов. Дальский А.Д., Артюнова И.А., Барсукова Т.М. и др. – М.: Машиностроение, 1977. – 664с.
6. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. – Львів: Світ, 1996. – 386с.
7. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 52с.
8. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Вышэйшая школа, 1983. – 256с.

Додаток А

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

Приклад 1

Шестерня приводу (рис.55).

Штампувальне устаткування – гарячештампувальний автомат (ГША).

Нагрівання заготовок – індукційне.

1. Вихідні дані щодо деталі

1.1. Матеріал – сталь 30ХМА (згідно з ГОСТ 4543): 0,17–0,37% Si; 0,26–0,33% C; 0,4–0,7% Mn; 0,8–1,1% Cr; 0,15–0,25% Mo.

1.2. Маса деталі – 0,390 кг.

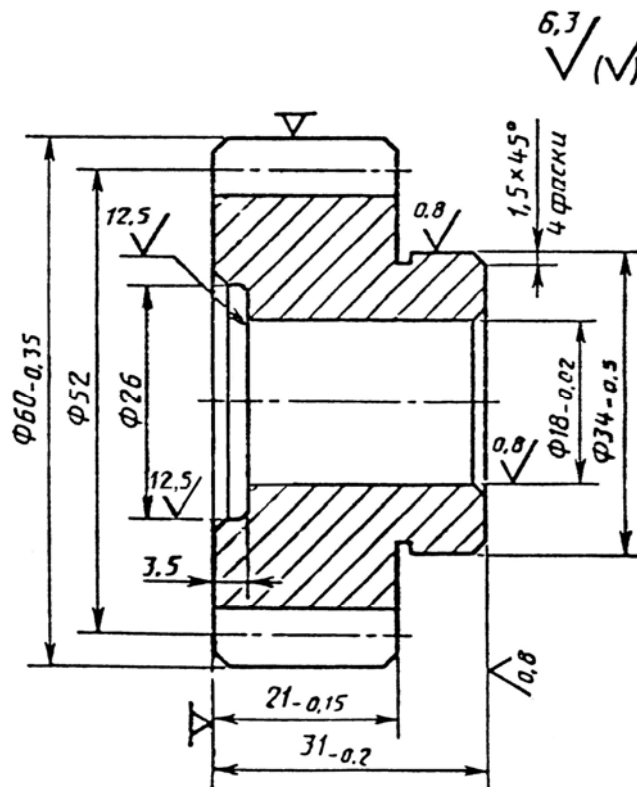


Рисунок 55 – Шестерня

2. Вихідні дані для розрахунку

2.1. Маса поковки (розрахункова) – 0,620 кг: розрахунковий коефіцієнт K_p , (див. табл. 6) – 1,6; $0,390 \cdot 1,6 = 0,620$ кг.

2.2. Клас точності – Т3 (див. табл. 4).

2.3. Група сталі – М1 (див. табл. 5).

Середня масова частка вуглецю в сталі 30ХМА 0,3% С, а сумарна масова частка легувальних елементів – 1,9% (0,27%Si; 0,59% Mn;

0,95% Сг; 0,25% Мо).

2.4. Ступінь складності – С1.

Розміри, що описують заготовку фігури (циліндр), мм:

діаметр – 60 ($60 \cdot 1,05$);

довжина – 32,5 ($31 \cdot 1,05$) (де 1,05 – коефіцієнт K_p).

Маса фігури, що описує заготовку (розрахункова) – 0,780 кг;

Гп: $G_\phi = 0,620 / 0,780 = 0,79$.

2.5. Конфігурація поверхні роз'єднання штампа П (плоска) – (див. табл. 5).

2.6. Вихідний індекс – 6 (див. табл. 8).

3. Припуски і ковальські напуски

3.1. Основні припуски на розміри (див. табл. 10), мм:

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

1,0 – діаметр ступиці 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 – 0,2 мм (див. табл. 12).

4. Розміри поковки і їх допустимі відхилення 0,2 мм (див. рис. 56).

4.1. Розміри заготовки, мм:

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

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

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

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

4.2. Радіус заокруглення зовнішніх кутів – 2,0 мм (мінімальний) приймається 3,0 мм (див. табл. 14).

4.3. Допустимі відхилення розмірів (див. табл. 15), мм:

діаметр $62^{+0,6}_{-0,3}$;

діаметр ступиці $36^{+0,5}_{-0,3}$;

товщина $23^{+0,5}_{-0,3}$;

» $33,5^{+0,5}_{-0,3}$.

4.4. Не вказані граничні відхилення розмірів – за п. 5,5 [7].

4.5. Не вказані допуски радіусів заокруглення – за п. 5.23 [7].

4.6. Допускається висота торцевого облою – 3,0 мм (див. табл. 18).

4.7. Допустиме відхилення від площинності – 0,5 мм (див. табл. 20).

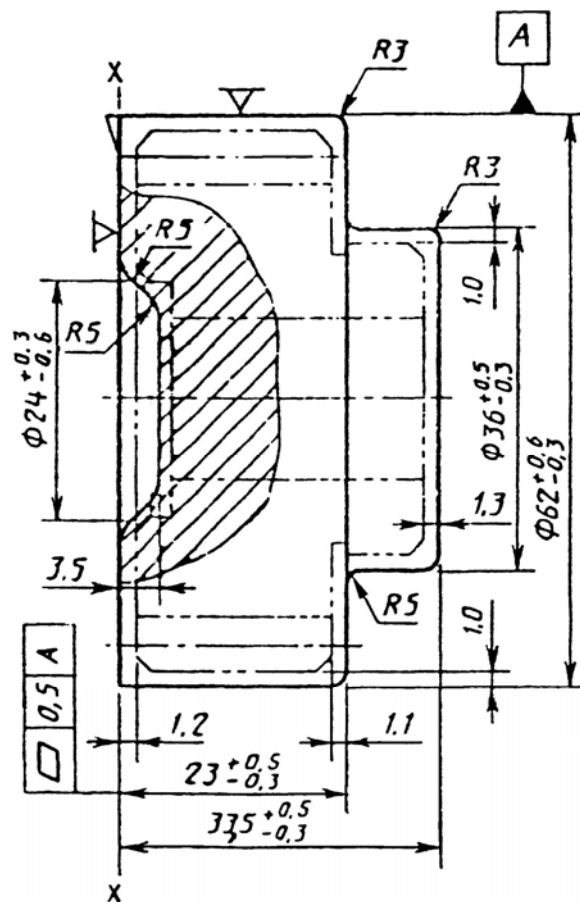


Рисунок 56 – Заготовка шестерні

Приклад 2

Шестерня (рис.57).

Штампувальне устаткування – КГШП.

Нагрівання заготовок – індукційне.

1. Вихідні дані щодо деталі

1.1. Матеріал – сталь 45ХН2МФА (згідно з ГОСТ 4543): 0,43–0,50% С; 0,17– 0,37% Si; 0,5–0,8% Mn; 0,8–1,1% Cr; 1,3–1,8% Ni; 0,2–0,3% Mo; 0,10–0,18% V.

1.2. Маса деталі – 1,83 кг.

2. Вихідні дані для розрахунку

2.1. Маса поковки – 3,3 кг (розрахункова):
розрахунковий коефіцієнт $K_p = 1,8$ (див. табл. 6);
 $1,83 \cdot 1,8 = 3,3$ кг.

2.2. Клас точності – Т3 (див. табл. 4).

2.3. Група стали – М2 (див. табл. 5).

Середня масова частка вуглецю в сталі 45ХН2МФА 0,46% С; сумарна масова частка легувальних елементів – 3,81% (0,27% Si; 0,65% Mn; 0,95% Cr; 1,55% Ni; 0,25% Mo; 0,14% V).

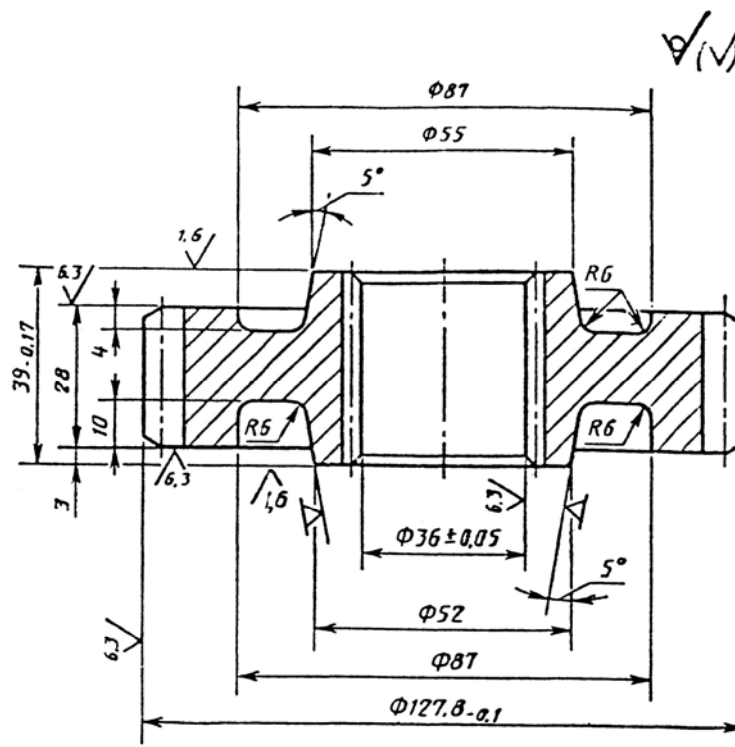


Рисунок 57 – Шестерня

2.4. Ступінь складності – С1. Розміри фігури, що описує поковку, (циліндр), мм:

діаметр 134,2 (127,8·1,05):

висота 41 (39·1,05) (де 1,05 – коефіцієнт).

Маса фігури, що описує поковку, (розрахункова) – 4,55 кг;

$G_{\text{п}}/G_{\text{ф}}=3,3/4,56=0,72$.

2.5. Конфігурація поверхні роз'єднання штампа П (плоска) – (див. табл. 5).

2.6. Вихідний індекс – 10 (див. табл. 8).

3. Припуски і ковальські напуски

3.1 Основні припуски на розміри (див. табл. 10), мм:

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

1,4 – діаметр 36 мм і шорсткість поверхні 6,3;

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

1,5 – товщина 28 мм і шорсткість поверхні 6,3.

3.2. Додаткові припуски, що враховують:

зміщення по поверхні роз'єднання штампа – 0,3 мм (див. табл. 11);

відхилення від площинності – 0,3 мм (див. табл. 12).

3.3. Штампувальні нахили:

на зовнішній поверхні – не більше 5°, приймається 5°;

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

4. Розміри поковки і їх відхилення, що допускаються (рис.58).

4.1. Розміри поковки, мм:

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

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

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

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

4.2. Радіус заокруглення зовнішніх кутів – 2,0 мм (мінімальний), приймається 3,0 мм (див. табл. 14).

4.3. Допустиме відхилення розмірів, (див. табл. 15), мм:

діаметр $132^{+1,3}_{-0,7}$;

» $32^{+0,5}_{-0,9}$;

товщина $42,5^{+1,1}_{-0,5}$;

» $31,5^{+1,1}_{-0,5}$.

4.4. Не вказані граничні відхилення розмірів (наприклад, діаметр $(86,5 \pm 1,1)$ мм) – за п. 5.5 [7].

4.5. Не вказані допуски радіусів заокруглення – за п. 5.23 [7].

4.6. Допустима величина залишкового облою 0,7 мм (див. табл. 17).

4.7. Допустиме відхилення від площинності 0,6 за п. 5.16 [7].

4.8. Допустиме відхилення від концентричності пробитого отвору щодо зовнішнього контуру поковки 0,8 мм (див. табл. 19).

4.9. Допустиме зміщення по поверхні роз'єднання штампа 0,6 мм (див. табл. 16).

4.10. Допустима величина висоти облою 3,0 мм (див. табл. 18).

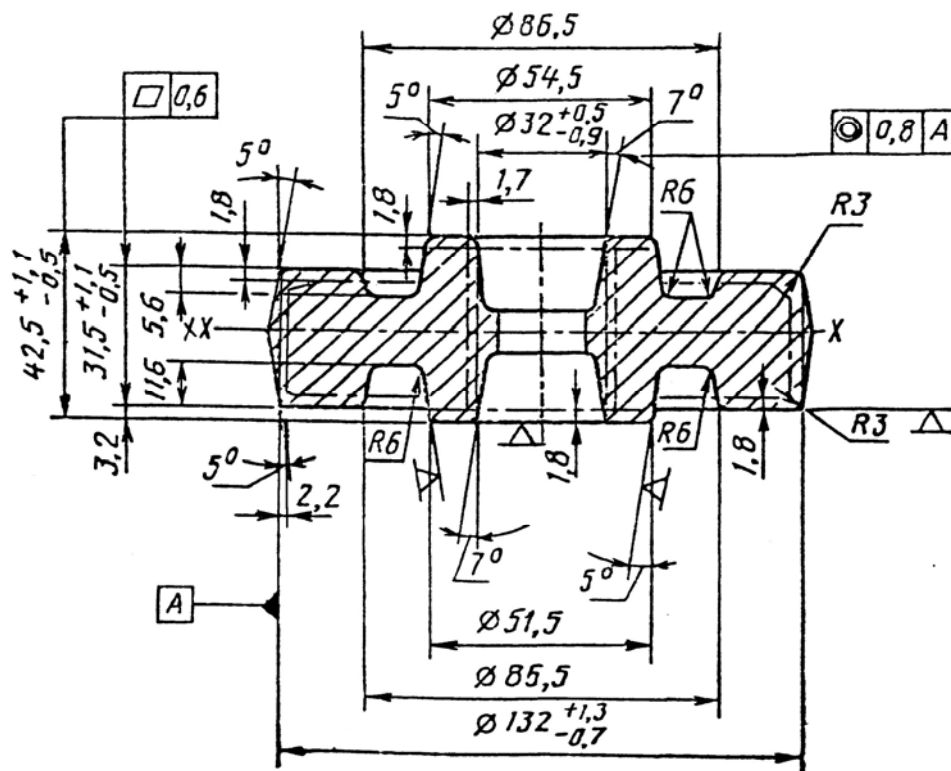


Рисунок 58 – Заготовка шестерні

Додаток Б

Таблиця Б1 – Області використання сталі і сплавів різних марок

Марка	Область використання
<i>Сталь вуглецева якісна, конструкційна (ГОСТ 1050-74)</i>	
15	Деталі, які цементуються і ціануються: болти, гайки, гвинти, вилки, важелі
20	Тяги, траверси, гаки, важелі, втулки і вкладиші
25	Деталі підвищеної в'язкості: осі, вали, циліндри, тяги, станини верстатів, маховики
35	Вали, осі, циліндри пресів, шпинделі, вали турбін і редукторів, ротори, кріпильні деталі, маховики, станини верстатів і станів
45	Прокатні валки, шестерні, зубчасті колеса, плунжери насосів, муфти, втулки, валики, кріпильні деталі
60	Прокатні валки, черв'яки, розподільні вали, поршневі кільця, штовхачі
<i>Сталь легована конструкційна (ГОСТ 4543-71)</i>	
38ХЛ; 40Х; 45Х; 30ХРА	Колінчасті вали, вісі, шестерні, пальці, важелі, кривошипи, ключі гайкові, ведучі валики, всмоктуючі клапани
18ХГ; 20ХГР	Деталі, які цементуються, невеликих перерізів, які сприймають значні тиски і працюють на стирання
30ХМ; 30ХМА; 35ХМ; 38ХВ	Вали, ротори, диски і інші деталі турбін; ведучі і колінчасті вали, цапфи, шестерні і інші деталі, що працюють при підвищених температурах (до 450–480° С)
40МФА	Колінчасті вали, шестерні, які не цементуються, валки, які азотуються, пальці, силові шпильки, шатуни
20ХН	Шестерні для дизелів, шліцьові валики, шпонки, поршневі пальці
40ХН; 45ХН; 50ХН; 40ХТР	Великі відповідальні деталі: колінчасті вали, шатуни, шестерні, ротори
12ХН3А	Деталі підвищеної міцності і в'язкості: шестерні, осі, ролики, шпильки, штовхачі і т. п.
30ХГС; 30ХГСА	Навантажені деталі відносно невеликих перерізів (використовують замість хромонікелевих і хромомолібденових сталей)
30ХН2ВА; 38ХН2ВА	Відповідальні деталі: вали, шатуни, болти, шпильки
40ХНМА; 40ХН2МА; 40Х1НВА	Колінчасті вали, клапани, шатуни, шестерні

Продовження таблиці Б1

Марка	Область використання
30ХН2ВФА; 30ХН2МФА; 20ХН4ФА	Вали цільнокованих роторів, диски, деталі редукторів, шпильки і інші відповідальні деталі турбін і компресійних машин, що працюють при підвищених температурах (до 400° С)
38ХН3МФА	Найбільш відповідальні деталі турбін і компресорних машин особливої міцності в великих перерізах (вали, цільноковані ротори, диски турбін, покритишки турбоповітряних машин)
38Х2М10А	Деталі двигунів, які азотуються: штоки клапанів, гільзи циліндрів, втулки, клапана

Сталі високолеговані і сплави корозійно-стійкі, жаростійкі і жароміцні (ГОСТ 5632 – 72)

13Х11Н2В24Ф	Диски компресорів, лопатки і інші навантажені деталі
20Х13	Деталі з підвищеною пластичністю, які піддаються ударним навантаженням; предмети домашнього вжитку; вироби, що піддаються дії малоагресивних середовищ
30Х13; 40Х13	Ріжучий, вимірювальний, хірургічний інструмент, пружини, предмети домашнього вжитку
14Х17Н2	Хімічна і авіаційна промисловість
2Х17Н2	Рекомендується як високоміцна сталь для важконавантажених деталей, що працюють на стирання і удар в агресивних середовищах
12Х17	Обладнання азотно-кислих заводів; предмети домашнього вжитку; обладнання заводів харчової промисловості. Не рекомендується для зварних конструкцій
15Х11МФ	Робочі і направляючі лопатки парових турбін
12Х18Н9Т; 12Х18Н10	Зварна апаратура для різних гілок промисловості
20Х23Н18	Деталі установок в хімічній промисловості, газопроводи, камери згорання

Алюмінієві сплави (ГОСТ 4784 – 74)

АМц	Листи, плити, труби, прутки, профілі, заклепки, проволочка
АК4-1	Для прутків, поковок і штамповок
АК6; АК8	Кувальні сплави для прутків, поковок, штамповок і листів
В95	Високоміцні сплави для поковок, профілів, листів штамповок

Продовження таблиці Б1

Марка	Область використання
<i>Магнієві сплави (ГОСТ 14957 – 76)</i>	
МА2; МА5	Прутки, смуги, поковки, штамповки
МА11	Прутки, штамповки і поковки для виробів, що працюють при температурі 350 – 400° С
<i>Мідні сплави (ГОСТ 15527 – 70)</i>	
ЛС59-1; ЛК80-3	Труби, штамповки
<i>Мідні сплави (ГОСТ 18175 – 78)</i>	
БрАЖН10-4-4	Труби, прутки, поковки відповідального призначення
БрМц5	Листи, поковки
БрОФ6,5-0,4	Стрічки, смуги, прутки, проволока, підшипники, різні деталі машинобудівної промисловості
<i>Титанові сплави</i>	
ВТ3-1, ВТ6С; ВТ14	Поковки, штамповки, листи, труби
<i>Жароміцні сплави</i>	
ХН77ТЮР (ГОСТ5632-72)	Для деталей турбін і реактивних двигунів, що працюють при високих температурах
Монель – метал	Для деталей і обладнання нафтопереробної, фармацевтичної промисловості; для деталей, що працюють в морській воді і концентрованих лугах; для деталей, що працюють в соляній кислоті до температури кипіння, а також у фосфорній, сірчаній і інших кислотах

Таблиця Б2 – Хімічний склад і механічні властивості алюмінієвих деформованих сплавів (ГОСТ 4784 – 74)

Марка	Масовий вміст елементів, % (решта Al)				Домішки, %		Механічні властивості після термообробки			
	Мідь	Магній	Марганець	Інші	Залізо	Крем- ній	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	HB, МПа (кгс/мм ²)
							не менше			
АМц	—	—	1-1,6	—	0,7	0,6	167	—	20	—
АМг1	—	0,4-1,7		—	—	—	—	—	—	—
АМг6	—	5,8-6,8	0,5-0,8	0,02-0,1 Ti 0,002-0,005 Be	0,4	0,4	—	—	—	—
Д18	2,2-3,0	0,2-0,5	—	—	0,5	0,5	294	167	24	687(70)
Д1	3,8-4,8	0,4-0,8	0,4-0,8	—	0,7	0,7	412	235	15	931(95)
Д16	3,8-4,9	1,2-1,8	0,3-0,9	—	0,5	0,5	460	313	17	1030(105)
В95	1,4-2,0	1,8-2,8	0,2-0,6	0,1-0,25 Cr; 5-7 Zn;	—	—	510	431	6	—
АК4	1,9-2,5	1,4-1,8	—	0,8-1,3 Ni; 0,8-1,3 Fe; 0,5-1,2 Si	—	—	—	—	—	—
АК4-1	1,9-2,7	1,2-1,8	—	0,8-1,4 Ni; 0,8-1,4 Fe; 0,02-0,1 Ti	—	—	392	—	5	1146(117)
АК6	1,8-2,6	0,4-0,8	0,4-0,8	0,7-1,2Si	0,7	—	383	274	10	—
АК8	3,9-4,8	0,4-0,8	0,4-0,1	0,6-1,2Si	0,7	—	412		8	1176(120)

Таблиця Б3 – Хімічний склад і механічні властивості магнієвих сплавів (ГОСТ 14957 – 76)

Марка	Масовий вміст елементів, % (решта Mg)				Механічні властивості		
	Марганець	Цинк	Алюміній	Інші	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
МА1	1,3-2,5	–	3-4	–	235	138	4
МА2	0,15-0,5	0,2-0,8	7,8-9,2	–	265	167	10
МА5	0,15-0,5	0,2-0,8	–	–	313	216	14
МА11	1,5-2,5	–	–	2,5-4 Nd; 0,1-0,25 Ni	274	138	10
МА13	0,4-0,8	–	–	1,7-2,5 Ti	216	157	4
ВМ65	–	5-6	–	0,3-0,9 Zr	343	294	9
ВМД1	1,2-2	–	–	2,5-3,5 Th	294	245	5

Таблиця Б4 – Хімічний склад і механічні властивості мідних деформуємих сплавів

Марка сплаву	ГОСТ	Масовий вміст елементів, %				Механічні властивості				
		Мідь	Цинк	Олово	Фосфор	Інші	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	НВ, Мпа (кгс/мм ²)
ЛН65-5	ГОСТ 15527-70	–	Решта	–	–	5-6,5 Ni	392	167	65	589(60)
ЛС9-1		–		–	–	0,8-1,9 Pb	392	138	45	883(90)
ЛК-80-3		–		–	–	2,5-4 Si	294	196	58	981(100)
БрОФ6,5-0,15	ГОСТ 5017-74	Решта	–	6-7	0,1-0,25	–	392	245	65	687(70)
БрОФ6,5-0,4			–		0,26-0,4	0,1-0,2 Ni	392	245	65	784(80)
БрОФ4-2,5			–	3,3-4	0,25-0,3	–	343	–	52	637(65)
БрОЦ4-3			2,7-3,3		–	–	343	65	40	589(60)
БрОЦс4-4-2,5			3-5	3-5	–	1,5-3,5 Pb	343	128	40	589(60)

Таблиця Б5 – Види прокату, області використання і методи обробки

	Вид вихідної заготовки (прокат)	Основні способи переробки	Примітка
Сортовий	Круглий	Механічна обробка, радіальна ковка, штамповка на ГKM	Гладкі і ступінчасті вали і осі з невеликим перепадом діаметрів, стакани діаметром до 50 мм і втулки з зовнішнім діаметром до 25 мм
	Квадратний, прямокутний, шестигранний	Механічна обробка, висадка, штамповка на ГKM	Кріпильні деталі, невеликі деталі типу важелів, тяг і пластинок
	Листовий	Листова штампова, обробка на давильних станках	Циліндричні пустотілі заготовки, фланці, кільця, плоскі деталі різної форми
	Трубний	Механічна обробка, висадка, роздача, штамповка	Циліндри, втулки, гільзи, стакани барабани, ролики, фланці і т.п.
	Профільний сортовий: двутавр, швелер, кутник	Різання, зварювання	Балки, кронштейни, полки, рами, станини і т. п.
Періодичний	Поздовжній, поперечно-гвинтовий	Штампова	Заготовки під штамповку (дозволяють зменшити витрати металу до 15%, собівартість на 10-20%, збільшити стійкість штампів, підвищити продуктивність праці на 25-30%)
	Поперечний	Штамповка, готові деталі (шари)	Шари для підшипників кочення, пустотілі профільовані трубчасті заготовки

Таблиця Б6 – Прогресивні методи штампування (маловідходні технології)

Процес	Тип і маса поковки (кг)	Число операцій	Продукт, шт./год	Коеф. виходу придатного	Обладнання
Штампування шестерень з зубцями	Шестерні конічні: $\varnothing 100-180$ мм, $m=4-8$ мм	2-3	200	0,7-0,85	КГШП 25 МН
Автоматизоване поздовжнє вальцювання з подальшим відкритим штампуванням	Вали, осі, шатуни до 20 кг	2-4	200	0,6-0,75	Автоматичні вальці і КГШП 16-63 МН
	Колінвали, балки передньої осі до 100 кг	3	72	0,8-0,82	Автоматична лінія КГШП 120 МН
Багатоштучне відкрите штампування	Шатуни, важелі, тяги, осі, вали до 2 кг	2-4	до 1000	0,6-0,84	КГШП
	Шатуни по 2 шт. до 3 кг	5	1000	0,75	КГШП 40 МН, автоматизовані
Відкрите штампування в умовах автоматизації	Шестерні, фланці, вилки кардана до 6 кг	2-4	2000	0,65-0,8	КГШП 16-50 МН, автоматизовані
Штампування з використанням операції прямого витискування	Кулаки поворотні, стійки до 25 кг	3	100	0,7-0,85	КГШП 25-40 МН
	Цапфи пустотілі до 15 кг	4	210	0,8-0,92	КГШП 25 МН
	Осі, вали пустотілі до 8 кг	4	150	0,75-0,8	ГКМ з горизонтальним роз'ємом матриць 12,5 МН
	Кільця конічного підшипника до 0,6 кг	1	1000	0,75-0,92	6,3-16 МН, автоматизовані
	Клапани автоматичного двигуна 0,1-0,3 кг	2	2000	0,9-0,95	КГШП 10 МН, автоматизований

Продовження таблиці Б6

Процес	Тип і маса поковки (кг)	Число операцій	Продукт, шт./год	Коеф. виходу придатного	Обладнання
Закрите штампування з протитиском	Шестерні, фланці до 3 кг	2	300	0,78-0,9	КГШП 16 МН
Закрите штампування в штампах з роз'ємними матрицями	Хрестовини	1	250	0,95-0,96	Універсальний механічний процес зі спеціальним маркетом
	Втулки, шестерні, вилки	1,2	200	0,8-0,9	КГШП
	Хрестовини, вилки кардана, шестерні	1-2	200	0,9-0,95	КГШП+спеціальна установка
	Півосі, розтискні кулаки, тяги до 10 кг	1-3	—	0,8-0,95	ГКМ автоматизована з горизонтальним роз'ємом матриць
Закрите штампування на спеціальному пресі	Кільця до 6,0 кг	3	500	0,8-0,9	Спеціалізований КГШП 25 МН
	Шестерні, хрестовини, втулки	2	500	0,85-0,92	КГШП подвійної дії 5×5 МН, 8×8 МН
Закрите штампування на гаряче-штампувальному автоматі	Шестерні, фланці, кільця до 8 кг	3-4	2-7 тис.	0,7-0,9	Автомат до 12 МН
Багатокліткове поздовжнє вальцювання	Заготовки півосей легкового автомобіля	9 500		0,8-0,9	Вальці автоматичні

Продовження таблиці Б6

Процес	Тип і маса поковки (кг)	Число операцій	Продукт, шт./год	Коеф. виходу придатного	Обладнання
Поперечно-клинове вальцювання	Шарові пальці, вали, осі до 8 кг	1	300	0,85-0,95	Вальці автоматичні
	Заготовки під штамповку	1	200	0,85-0,95	Вальці сегментні і кругові
Поздовжньо-гвинтове прокатування	Заготовка півосей легкового автомобіля	1	70	0,85-0,95	Автомат
	Заготовки кілець підшипника, втулки	1	1000	0,8-0,9	
Розкатування	Кільця, ободи, шестерні масою до 50 кг	1	30	0,89-0,9	
Накатування зубців шестерень	Циліндричні: m=4-12 мм; D=120-350 мм	1	60	0,8-0,95	
	Конічні зі спіральним зубом	1	50	0,8-0,9	
Сферорухома обробка	Диски, кільця, фланці, стакани, шестерні	1	—	0,8-0,9	
Електровисадка	Валки, осі, заготовки під штамповку	1	60	0,8-0,9	

Навчальне видання

Жанна Павлівна Дусанюк
Іван Онуфрійович Сивак
Сергій Вікторович Дусанюк
Сергій Володимирович Репінський

**Проектування та виробництво заготовок
деталей машин
Гаряче об'ємне штампування**

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлений авторами Дусанюк Ж.П., Сиваком І.О.

Редактор Старічек Т.О.

Науково-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку
Формат 29,7х42 $\frac{1}{4}$
Друк різнографічний
Тираж прим.
Зам. №

Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний
Ум. др. арк.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001 р.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ