

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

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичної роботи
«Проектування штампованої заготовки»
з дисципліни «Прогресивні технології
машинного виробництва»

для студентів спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»

ХАРКІВ 2023

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

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичної роботи
«Проектування штампованої заготовки»
з дисципліни «Прогресивні технології
машинного виробництва»**

для студентів спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від
16.02.2023

Харків
НТУ „ХПІ”2023

Методичні вказівки до виконання практичної роботи «Проектування штампованої заготовки» з дисципліни «Прогресивні технології машинного виробництва» для студентів спеціальності 142 Енергетичне машинобудування / Укл. А.В. Савченко, С.Ю. Білик, Н.М. Бекарюк – Харків: НТУ «ХП», 2023. – 40 с.

Укладачі: А.В. САВЧЕНКО
С.Ю. БІЛИК,
Н.М. БЕКАРЮК

Рецензент О.В. Триньов

Кафедра двигунів та гібридних енергетичних установок

ВСТУП

Обробка металів тиском (ОМТ) внаслідок високої продуктивності, якості поверхні та механічних властивостей оброблюваних матеріалів, можливості автоматизації відноситься до найбільш прогресивних способів виготовлення заготовок. В даний час близько 90% по масі всієї сталі і більше 55% кольорових сплавів піддається різним видам обробки тиском [1–3].

В даний час відомо більше ніж 400 способів ОМТ. Одним з основних способів ОМТ є штампування. **Метою** практичного заняття є закріплення теоретичної інформації та отримання практичних навичок проектування штампованих заготовок деталей двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ).

Досягнення поставленої мети є найбільш результативним у разі попередньої самопідготовки студента до практичного заняття. У ході заняття стисло викладається методика проектування штампованої заготовки; кожному студенту видається індивідуальне завдання для виконання самостійної роботи. Викладач контролює виконання роботи студентами.

Захист звітів до практичних занять проводиться на консультаціях. Звіт виконується індивідуально кожним студентом в окремому зошиті. При оформленні звіту слід керуватися вимогами стандарту СТВУЗ-ХП-3.01-2006. Текстові документи у сфері навчального процесу.

1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ

Поковка - виріб, що виготовляється гарячим об'ємним штампуванням.

Маса поковки - ваговий параметр поковки, що визначається виходячи з її форми та щільності матеріалу.

Номінальний лінійний (кутовий) параметр поковки – геометричний параметр, що вимірюється в одиницях довжини (кутових одиницях) і визначається виходячи з номінального лінійного (кутового) розміру деталі, встановленого припуску (рис. 1) та ковальського напуску.

Припуск на механічну обробку - це шар металу, що видаляється з поверхні заготовки з метою отримання необхідних за кресленням форми та розмірів деталі. Припуски призначають тільки на ті поверхні, де необхідні форма і точність розмірів які не можуть бути досягнуті прийнятим способом отримання заготовки.

Ковальський напуск - додатковий шар металу на оброблюваних або необроблюваних поверхнях поковки (понад припуску) для спрощення конфігурації заготовки з метою полегшення умов її виготовлення.

Допуск розміру поковки – абсолютна величина різниці між найбільшим та найменшим граничними розмірами.

Взаємозв'язок між номінальними розмірами деталі та заготовки, граничними відхиленнями та допуском поковки, а також припуском на механічну обробку показано на рис. 1.

Облой, задирок - виступ, що утворився на поверхні поковки в зазорах штампу.

Геометричні параметри поковки:

➤ *довжина, ширина, діаметр, висота та глибина* – розміри елементів поковки, отримуваних в одній частині штампів;

➤ *товщина* – висотний параметр геометричного елемента, отриманого в обох частинах штампу.

Вихідний індекс - умовний показник, що враховує в узагальненому вигляді суму конструктивних характеристик (клас точності, групу сталі, ступінь складності, конфігурацію поверхні роз'єму) і масу поковки.

2 СУТНІСТЬ ПРОЦЕСУ ОБ'ЄМНОГО ШТАМПУВАННЯ

Обробка металів тиском ґрунтується на використанні пластичних властивостей металів, їх здатності під дією зовнішніх сил змінювати форму. При використанні сучасних методів обробки металів тиском досягається висока продуктивність, покращуються механічні властивості та скорочуються відходи металу, зменшується час обробки різанням.

Формоутворення заданої конструкції здійснюється за рахунок пластичного перерозподілу обсягу заготовки. Пластичне деформування проводиться за допомогою удару або статичного тиску на метал із зусиллям, при якому виникають напруги, що перевищують межу плинності.

Вихідними заготовками при обробці металів тиском є зливки (що надходять зі сталеливарного цеху) та прокат (продукція, що отримується у прокатних цехах).

Метали, що обробляються тиском, повинні бути попередньо нагріті. Нагрів проводиться з метою збільшення пластичності матеріалу: опір деформуванню металів у зоні підвищених температур знижується в 10-15 разів у порівнянні з холодним станом. З іншого боку, при нагріванні металу вище за певні температури настає перегрів, який проявляється в зростанні аустенітних зерен і зниженої пластичності. Тому при гарячій обробці тиском необхідно дотримуватися певного температурного

інтервалу, що залежить від хімічного складу матеріалу. Наприклад, для вуглецевої сталі з вмістом вуглецю 0,3–0,5 % температурні інтервали початку та кінця гарячої обробки відповідно становлять 1150–1200 і 820–860°C [3].

Нагрів металів проводиться в печах та електронагрівальних пристроях. У печах заготівка нагрівається теплотою, що виділяється при згорянні твердого, рідкого або газоподібного палива. Електронагрівальні пристрої бувають індукційні та контактні. В індукційних пристроях нагрівання здійснюється струмами високої частоти; в контактних пристроях заготівка розігрівається при проходженні через неї струму великої сили за рахунок омичного опору заготівки.

Основними способами обробки металів тиском є прокатка, волочіння, пресування, вільне кування, об'ємне та листове штампування.

Штампування – один з найбільш прогресивних методів обробки матеріалів тиском, при якому перебіг металу обмежується поверхнями струмків та виступами штампів.

Об'ємне штампування проводиться у відкритих (рис. 2, а) та закритих штампах (рис. 2, б), а також штампах для видавлювання (рис. 2, в).

У відкритих штампах зазор між верхньою та нижньою частинами штампу є змінним та зменшується в процесі деформування металу. У закритих штампах зазор між частинами штампу залишається постійним і забезпечує їх взаємну рухливість. При такому штампуванні практично не утворюється задирок, що знижує витрату матеріалу. У штампах для видавлювання обсяг металу зменшується в порожнині штампу за рахунок його витіснення через передбачені отвори та виїмки для утворення необхідної форми поковки.

3 СПОСОБИ ОТРИМАННЯ ПОКОВОК

За типом використовуваного обладнання розрізняють такі основні види штампування:

- на молотах;
- кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП);
- горизонтально-кувальних машинах (ГКМ);
- гідравлічних, фрикційних, гвинтових пресах, спеціальних машинах тощо.

3.1 Штампування на молотах

Штампування на молотах виконують у відкритих штампах за 3-5 ударів. Даним способом отримують заготовки колінчастих і розподільних валів, шатунів, шестерень, шпильок тощо. Для штампування використовують пневматичні, пароповітряні, фрикційні, гвинтові та інші молоти.

Найбільш поширені пароповітряні молоти подвійної дії (рис. 3). Робочим органом таких молотів є поршень, який приводиться в рух паром. Пара або повітря надходить у молот трубопроводом 5 (рис. 3, б). Обійшовши золотник 4, потрапляє у верхню частину робочого циліндра 2, де тисне на верхню площину поршня 1. Поршень 1 разом зі штоком і бабкою рухається вниз. У цей час пар чи повітря, що надійшов у нижню частину робочого циліндра, виходить у золотниковий циліндр 6 і, пройшовши через центральний отвір золотника 4, йде трубопроводом 3 на вихід.

Для підйому падаючих частин вгору золотник 4 встановлюють в нижнє положення, при якому пара або повітря, що підводиться по трубопроводу 5, надходить в нижню порожнину циліндра і, чинячи тиск на поршень знизу, змусить падають частини переміщатися вгору.

Молоти мають автоматизоване керування: при натисканні штампувальником на педаль робиться один удар по заготівки. При звільненні педалі баба молота повертається у вихідне становище.

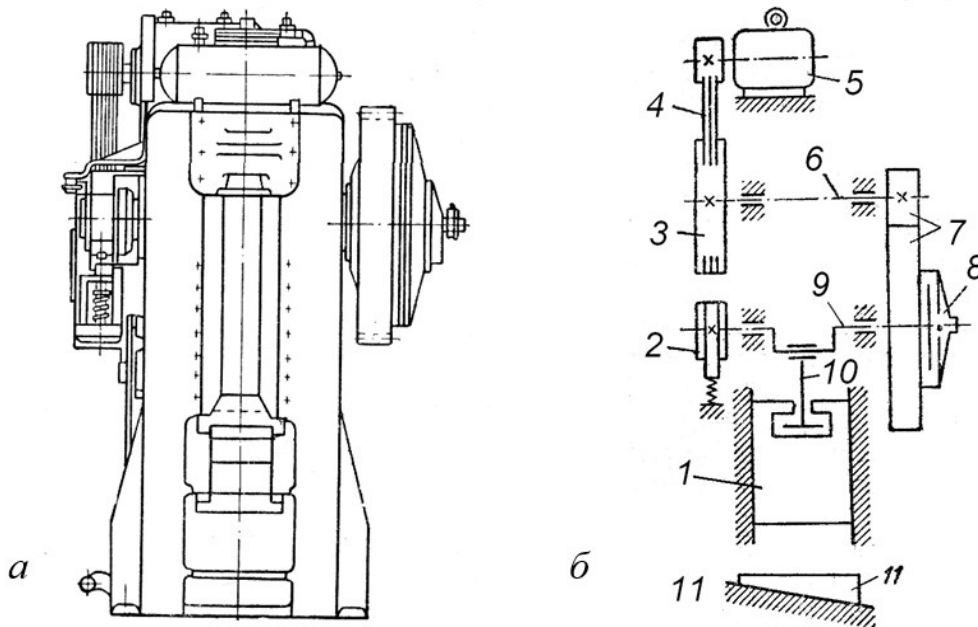
Маса падаючих частин молота зазвичай у 500–1000 разів більша за масу заготовки. Молоти дозволяють регулювати енергію удару, слабкі удари можуть бути нанесені з підвищеною частотою, що забезпечує кращі, порівняно зі штампуванням на пресах, умови заповнення порожнин струмків штампів. Економічно доцільним є штампування на молотах великих заготовок [1–3].

Недоліком молотів є їх низький ККД. Штампування на молоті характеризується невисокою продуктивністю, невисокою точністю розмірів поковки, великою витратою металу на напуски.

3.2 Штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП)

Штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП) належить до найбільш прогресивних методів обробки металів тиском. Даним способом виготовляють заготовки шатунів, важелів, клапанів, колінчастих валів, зубчастих коліс, стаканів, шківів тощо.

На рис. 4 наведено кінематичну схему кривошипного преса. Через клиноремінну передачу 4 рух від електромотора 5 передається на маховик 3, що знаходиться на передавальному валу 6. Зубчаста передача 7 передає рух на кривошипно-шатунний механізм, що складається з кривошипного валу 9, шатуна 10 і повзуна 1, фрикційної дискової муфти включення 8 за допомогою якої здійснюється пуск преса на робочий хід. Зупинка обертання кривошипного валу проводиться гальмом 2, коли повзун знаходиться у верхньому положенні. Управління пресом здійснюється педаллю. Верхня частина штампів кріпиться до повзуна, а нижня – до клиноподібної плити, встановленої на столі преса.



1 - повзун; 2 – гальмо; 3 – маховик; 4 – клиноремenna передача;
 5 – електромотор; 6 – передавальний вал; 7 – зубчата передача;
 8 – фрикційна дискова муфта включення; 9 – кривошип; 10 – шатун;
 11 – клиноподібна плита

Рисунок 4 – Кривошипний гарячештампувальний прес [3]:

a - загальний вигляд; *б* - схема

Формоутворення поковки проводиться за один робочий хід преса. Штампування на КГШП дозволяє штампувати поковки складної форми, масою до кількох сотень кілограмів; КГШП дозволяють отримувати поковки, ближчі за формою до готової деталі, з більш точними розмірами, ніж при штампуванні на молотах. Внаслідок скорочення числа ударів у кожному струмку до одного, підвищується в 1,4 раза продуктивність штампування. Собівартість поковок знижується на 10–30% за рахунок зменшення витрат металу та експлуатаційних витрат.

До основних недоліків КДШП відносять їх високу вартість (у 3–4 рази вище, ніж у молотів), меншу універсальність, складність конструкції [1–3].

3.3 Штампування на горизонтально-кувальних машинах

Штампування на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ) здійснюється у відкритих, закритих штампах та штампах для видавлювання. Даним способом виготовляють клапани, гвинти, болти, осі, вали, зубчасті колеса, висаджують фланці на колінчастих та розподільних валах тощо.

ГКМ (рис. 5) являє собою горизонтальний кривошипний гарячештампвальний прес, який доповнюється бічним механізмом, що рухається від кулачків. Штампи ГКМ складаються не з двох частин, а з трьох: нерухомої матриці 1, рухомої матриці 2 і пуансона 7, що розкриваються у двох взаємно перпендикулярних площинах, що дозволяє штампувати складні поковки. Формуюча порожнина може бути одночасно і в матриці, і пуансоні, або в одному пуансоні. Поковки мають вигляд стрижня суцільного перерізу з одним або декількома потовщеннями і стрижня з наскрізним отвором.

Недоліками ГКМ є обмежена номенклатура та маса (до 150 кг) поковок, необхідність застосування як вихідний матеріал прокату підвищеної точності [1–3].

3.4 Штампування на гвинтових пресах

На гвинтових пресах виконують всілякі правочні та згинальні роботи, операції гарячого і холодного листового штампування, виготовляють поковки простої і складної форми, такі як корпуси вентилів, трійників, ковпачків і стаканчиків, болтів, гвинтів і тощо.

Робочим органом гвинтового преса є гвинт 8, який загвинчується в гайку повзуна 7 (рис. 6). Гвинт 8 через маховик 10 наводиться в рух від електромотора 1 в результаті сил тертя, що виникають між маховиком і фрикційними дисками 3. Вал важелем управління 4 можна переміщати по горизонтальній осі для здійснення натиску на обід маховика то одним, то іншим диском. Залежно від того, який диск притиснутий до маховика, гвинт або

вкручуватися в гайку, або викручуватися, а повзун 7 буде або опускатися, або підніматися. Штамп кріпиться на столі 5 пресу.

За характером роботи гвинтові преси займають проміжне положення між молотами і КГШП. Швидкість руху повзуна гвинтового преса в 4-6 разів менша, ніж швидкість баби молота, але більша, ніж швидкість повзуна КГШП. Штамування на гвинтових пресах (рис. 6) застосовується для отримання порівняно невеликих поковок з малопластичних, наприклад, мідних і магнієвих, сплавів, що дозволяє застосовувати збірні штампи та роз'ємні матриці для отримання поковок складної конфігурації. Сталеві заготовки на гвинтових пресах, внаслідок особливостей штампів (перегрів), штампують рідко. Наявність великого ходу цих пресів (до 1 м) дозволяє штампувати високі поковки.

Тихохідність гвинтових пресів обмежує їх застосування в серійному виробництві.

3.5 Штамування на гідравлічних пресах

На гідравлічних пресах часто штампують заготовки, що відрізняються складністю форми та мають великі розміри – диски та фланці, хрестовини, панелі тощо. Даним способом також отримують сидла клапанів, пальці поршневі, гільзи, склянки, диски і тощо.

Гідравлічний прес (рис. 7) містить робочий циліндр 7, закріплений нерухомо на колонах 5. Робочий плунжер 6 з'єднаний з рухомою поперечкою 4, що несе верхній бойок 3. Робочий циліндр 7 з плунжером 6 повідомляє поперечині 4 рух вниз. Для її підйому нагорі встановлений підйомний циліндр 8 з плунжером 10, з'єднаним за допомогою тяг 9 з поперечкою 4. Для роботи гідравлічного преса необхідно мати джерело води високого тиску та розподільний пристрій. Високий тиск води створюється насосом або парою, що надходять із котельні.

Гідравлічні преси характеризуються найбільшим зусиллям, що передається бойком преса на оброблюваний метал (до 15000 т і

вище). Штампування на гідравлічних пресах здійснюється при низькій швидкості 0,15–0,2 м/с для отримання поковок із чорних та кольорових металів, великих поковок з площею проекції до 2,5 м² або масою понад 350 кг, у випадках, коли необхідний дуже великий робочий хід повзуна, при різних видах штампування видавлюванням.

Недоліком гідравлічних пресів є низька стійкість штампів.

Порівняльна характеристика розглянутих видів об'ємного штампування наведена у табл. 1.

4 ВИГОТОВЛЕННЯ ПОКОВОК ДЕТАЛЕЙ ДВЗ

Штампуння широко застосовують у двигунобудуванні при виготовленні колінчастих і розподільних валів, шатунів, зубчастих коліс, коромисел, клапанів і тощо.

При роботі двигуна на **шатун** діють високі знакозмінні навантаження, що вимагає для його застосування матеріалів з високою межею витривалості. Використовують середньовуглецеву сталь, в яку при необхідності додають хром, марганець, молібден, нікель, бор. Для виготовлення шатунів тихохідних двигунів застосовують сталі 35, 45, 40ХН, для швидкохідних нефорсованих двигунів – сталі 45, 40ХН, 40ХФА, для форсованих двигунів – сталі 40ХНМА, 18Х2Н4ВА та ін.

Шатуни великих двигунів у дрібносерійному виробництві виготовляють вільним куванням. У серійному та масовому виробництвах заготовки шатунів отримують гарячим штампуванням на молотах або КГШП.

Широке застосування одержав наступний технологічний процес виготовлення поковок. Нагріту заготовку в заготівельних струмках штампу попередньо стискають. Потім, для отримання остаточної форми заготовку штамнують у першому формоутворюючому та другому остаточному струмках. Після обрізання облою заготовку підігрівають і калібрують у калібрувальному штампі на іншому молоті або пресі. Після обрізання задирок проводиться холодне виправлення заготовки.

Більш прогресивним є технологічний процес виготовлення заготовок шатунів із застосуванням кувальних вальців і гарячештампувальних пресів. Попередньо нарізані з прокату (прямокутна смугава сталь) та нагріті заготовки подають на кувальні вальці. Заготовка проходить через пари одноручних валків, де послідовно обжимається і набуває форми, близької до

остаточної. Заготівки, отримані на кованих вальцях, мають більш сприятливе розташування волокон у стрижні шатуна, що підвищує його механічні властивості. Потім заготівка надходить на КГШП, де за два – три переходи вона отримує остаточну форму, на обрізному пресі обрізається облой, заготівка проходить термічну обробку, очищення від окалини та холодну правку на пресі.

Технологічні особливості	Область застосування
Заготівка складної форми без піднутринь та виступів, що заважають витягуванню зі штампю.	Колінчасті та розподільні вали, шатуни, зубчасті колеса
Те саме	Зубчасті колеса, шатуни, розподільні вали, гайки, фланці
Осесиметричні стрижні, з суцільними і порожніми головками, фланцями	Клапана, фланці валів, гайки, втулки, зубчасті колеса
Заготівки з тонкими довгими стінками чи стрижнями	Поршневі пальці, сікла клапанів, корпуси свічок

Маса кг поковок,	Досяжна точність, квалітет	Шорст-кість поверхні Ra, мкм	Орієнтовні розміри партії, шт
0,1...2000	15...17	80...10	3000, для середніх та дрібних – 4000...10000Для важких заготовок – 2500...
0,1...1000	13...17	40...5	64000, пуансонів - 3000 ... 11000Стійкість до повного зносу матриць -24000 ...
0,5...100	13...17	40...5	Те саме
0,25...80	13...17	40...5	700...2000

Таблиця 1 - Порівняльні характеристики основних методів штампування

Спосіб отримання поковки	Матеріал поковок
Штампування на молотах	Сталі, кольорові метали
Штампування на механічних пресах	Те саме
Штампування на ДКМ	Те саме
Штампування видавленням на гідравлічних пресах	Малопластичні сталі, кольорові метали

На деяких заводах після термічної обробки та очищення заготовок торці головок піддають холодному плоскому карбуванню на спеціалізованих пресах. При карбуванні забезпечується точність виготовлення ширини головок у межах $\pm 0,08 \dots \pm 0,15$ мм, а також отримання якісних плоских поверхонь торців, що використовуються як чорнові бази при механічній обробці.

Механічній обробці піддають тільки отвори та торці головок, поверхні роз'єму та поверхні, що сполучаються з іншими деталями (болти шатунів, штифти тощо). Часто заготовки шатунів виготовляють за одне ціле з кришкою кривошипної головки, яку відрізають у процесі механічної обробки. Це робиться з метою зниження витрати матеріалу, кількості штампів, спрощення технології обробки. Отвори в кривошипних головках цільнокованих шатунів зазвичай мають овальну форму. Це робиться для того, щоб після відрізування кришки при спільному розточуванні кришки та шатуна забезпечити рівномірний припуск на механічну обробку по стінках головки [5–8].

Для виготовлення **поршневих пальців** застосовують середньовуглецеву сталь (наприклад, сталь 45), загартовувану з нагріванням ТВЧ, або леговану сталь (наприклад, сталь 15X), що піддається цементації і наступного загартування.

Заготовки поршневих пальців зазвичай нарізають з каліброваної пруткової сталі, а також холоднотянутого дроту. Для порожніх поршневих пальців заготовки нарізають з безшовних холоднотянутих або холоднокатаних труб. Заготовки поршневих пальців можна отримати методом двостороннього зустрічного видавлювання в холодному стані каліброваної пруткової сталі на потужних спеціалізованих пресах.[5–8].

Колінчасті вали при роботі схильні до впливу сил від тиску газів і сил інерції, що викликають циклічно змінні напруги кручення і вигину, а також сил тертя, що призводять до зносу корінних і шатунних шийок.

Матеріали для колінчастих валів повинні володіти високими механічними і пластичними властивостями, високою зносостійкістю і високою циклічною в'язкістю. У вітчизняній промисловості застосовують середньовуглецеві сталі 35, 40, 45, сталі, леговані марганцем (сталь 50Г) і хромом (сталь 40Х), високоміцні чавуни, модифіковані магнієм, нікельмолібденові чавуни та ін.

Заготівки колінчастих валів отримують вільним куванням, штампуванням і литтям. Вільним куванням виготовляють заготівки валів великих двигунів у дрібносерійному виробництві. Заготівка має великі напуски, при обробці шийок і щік доводиться видаляти велику кількість металу. У серійному та масовому виробництві заготівки виготовляють штампуванням у закритих штампах на молотах або КГШП. Штампування заготовок на пресах забезпечує підвищення продуктивності 1,5–2 рази, зменшення штампувальних ухилів до 3–6°, припусків на механічну обробку на 30–40% та витрати матеріалу на 10–12%.

Вихідною заготівкою для штампування є квадратний або круглий катаний пруток або періодичний фасонний прокат. Після підігріву та розрізання прутків на штанги заготівку вигинають або штамнують у заготівельному (попередньому) струмку штампу. Потім здійснюють остаточне штампування. Застосування згинального струмка виключає перерізання волокон у місцях сполучення шийок валу з щоками. Якщо кривошипи колінчастого валу розташовані в різних площинах, здійснюють викрутку колін на викрутній машині. Фланці на кінцях валів висаджують окремою операцією на горизонтально-кувальних машинах. Після штампування у заготовок обрізають задирки на обрізних пресах, потім нагріті заготівки правлять на гідравлічних пресах і очищають від окалини в травильних та дробоструминних установках [5–8].

Розподільні вали працюють у напружених умовах. На поверхню кулачків валів впливають зусилля затягування клапанних пружин і сили інерції рухомих частин газорозподільного механізму. Найбільші контактні напруження та

температури виникають на носку кулачка та прилеглих до нього зонах. Тому поверхню кулачків зміцнюють різними методами.

Заготівки розподільних валів отримують куванням, гарячим штампуванням та литтям. Для штампованих розподільних валів застосовують сталі 20, 40, 45, 15X, 20X та ін. У серійному та масовому виробництві розподільні вали штампують на молотах або КГШП. Виготовлення заготовок на КГШП підвищує продуктивність у 1,5–2 рази, зменшує штампувальні ухили до 2–3°, припуски на 25–45% та витрати металу на 10–15 % порівняно з виготовленням на молотах.

Вихідним матеріалом для штампування є круглий катаний пруток або періодичний фасонний прокат. При використанні фасонного прокату маса вихідної заготівки зменшується на 10–12%. Після розрізання прутків заготівки штампують у штампах, що мають два або три струмки. У першому струмку проводиться підкатка, у другому та третьому – попереднє та остаточне формоутворення. Заготівки валів, виготовлені з легованих сталей, піддають нормалізації (нагріву до 850–870°C та витримці протягом 60–102 хв). Поверхні кулачків піддають цементації та загартуванню. Потім заготовки очищають у дробометній установці та правлять у холодному стані на пресі [5–8].

Штовхачі виготовляють із сталей штампуванням, або з чавуну литтям. У вітчизняній промисловості для штампованих штовхачів застосовують середньовуглецеві та високовуглецеві леговані сталі 35, 40, 15X, 20X.

Сталеві тарілчасті штовхачі одержують висаджуванням на горизонтально-висадочних гідравлічних пресах з попереднім нагріванням кінця заготовки до 800°C. Після висадки тарілки заготівку піддають попередній механічній обробці, газовій цементації, загартуванню та низькотемпературній відпустці. [5–8].

Клапани двигунів внутрішнього згорання (особливо випускні клапани) працюють під впливом високих температур. Робочі поверхні стрижня клапана і особливо тарілки схильні до інтенсивного зносу. Тому в якості матеріалів для клапанів

використовують високолеговані сталі або спеціальні сплави (наприклад, 4X9C2, 4X10C2, 4X10C2M, 4X14H14B2M, X18H9T, ЭИ992), що мають достатню міцність, твердість та зносостійкість при високих температурах.

Найбільшого поширення при виготовленні клапанів набув метод гарячого штампування видавлюванням на ГKM. Для отримання необхідної мікроструктури матеріалу клапани піддають загартуванню та відпуску [5–8].

Сідла клапанів виготовляють литтям із легованого чавуну та штампуванням із легованих сталей або сплавів на кобальтовій основі. Сталеві сідла клапанів одержують холодною висадкою на горизонтально-висадочних гідравлічних пресах. Даний метод дозволяє отримати заготовки з високими фізико-механічними властивостями завдяки холодному перетіканню металу в штампі [5–8].

Коромисла клапанів штамнують на КГШП зі сталі 45 або відливають із сталей 35Л, 45Л, перлітного ковкого чавуну КЧ 56-4, або сплаву алюмінію з кремнієм та міддю. Іноді для зниження ваги коромисла штамнують з низьковуглецевої листової сталі. Для забезпечення необхідної працездатності штамповані коромисла клапанів піддають азотуванню або нітроцементації [5–8].

5 ПРОЕКТУВАННЯ ПОКОВКИ

Вихідними даними для проектування поковки є креслення деталі, матеріал, спосіб штампування, маса деталі. Проектування штампованої заготовки складається з наступних етапів.

Етап 1. Відповідно до заданого способу штампування вибирають положення поверхні роз'єму штампу. При цьому необхідно врахувати такі вимоги:

➤ по можливості поверхня роз'єма повинна проходити по осі симетрії деталі, щоб в обох половинках штампа розташувався приблизно однаковий обсяг металу (рис. 8);

➤ ребра, бобишки тощо повинні розташовуватися у верхній половині штампу;

➤ доцільно призначати плоску лінію роз'єму штампів, що забезпечує просте їх виготовлення та хороші умови обрізки задирок.



Етап 2. Призначають напуски на порожнини, западини, виїмки, які неможливо чи недоцільно отримати штампуванням.

Етап 3. Визначають вихідний індекс кування. Для цього встановлюють значення маси, класу точності, ступеня складності та групи сталі поковки.

Масу поковки розраховують за формулою:

$$G_{\text{п}} = G_{\text{д}} \cdot K_{\text{р}}, \quad (1)$$

де $G_{\text{д}}$ – маса деталі, кг;

$K_{\text{р}}$ – розрахунковий коефіцієнт (табл. 2).

Таблиця 2 – Значення коефіцієнта $K_{\text{р}}$ визначення маси поковки

Характеристика деталі	Типові представники	K_p
1. Подовженої форми: 1.1. З прямою віссю 1.2. З вигнутою віссю	Вали, осі, цапфи, шатуни, важелі, сошки кермового управління	1,3...1,6 1,1...1,4
2. Круглі та багатогранні у плані 2.1. Круглі 2.2. Квадратні, прямокутні, багатогранні 2.3. З відростками	Шестерні, маточини, фланці Фланці, ступиці, гайки Хрестовини, вилки	1,5...1,8 1,3...1,7 1,4...1,6
3. Комбінованої (поєднує елементи груп 1-ї та 2-ї) конфігурації	Кулаки поворотні, колінчасті вали	1,3...1,8
4. З великим обсягом необроблених поверхонь	Балки передніх вісей, важелі перемикачів коробок передач, буксирні гаки	1,1...1,3
5. З отворами, заглибленнями, піднутреннями, що не оформлюються в поковці при штампуванні.	Порожні вали, фланці, блоки шестерень	1,8...2,2

Клас точності поковки визначають залежно від виду використовуваного штампувального обладнання (табл. 3).

Таблиця 3 - Класи точності поковок, отриманих різними способами штампування

Основне деформуюче обладнання, технологічні процеси	Клас точності				
	$T1$	$T2$	$T3$	$T4$	$T5$
1. Кривошипні гарячештампувальні преси:					
1.1. Відкрите (обшарове) штампування			+	+	
1.2. Закрите штампування		+	+		
1.3. Видавлювання			+	+	
2. Горизонтально-кувальні машини				+	+
3. Преси гвинтові, гідравлічні				+	+
4. Штампувальні молоти		+	+		

Ступінь складності поковки встановлюють по табл. 4 в залежності від конфігурації поковки та відношення:

$$C = G_{\text{п}} / G_{\text{ф}},$$

де $G_{\text{п}}$ – маса (об'єм) поковки;

$G_{\text{ф}}$ – маса (об'єм) геометричної фігури, в яку вписується поковка (рис. 9). При визначенні розмірів геометричної фігури, що описує поковку, допускається виходити зі збільшення в 1,05 рази габаритних лінійних розмірів деталі, що визначають положення її оброблених поверхонь.

Таблиця 4 – Класифікація поковок за ступенем складності

Поковки	Ступінь складності			
	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>
	Значення відношення $G_{п}/G_{ф}$			
	св. 0,64 до 1,0	св. 0,32 до 0,63	св. 0,16 до 0,32	до 0,16
Виготовлені на молотах та пресах:	$h \leq 0,3 b$	$0,3 b < h \leq b$	$b < h \leq 1,5 b$	$h > 1,5 b$
типу тіл обертання	Без отвору	З отвором	З отвором та виступами	З отвором, виступами, ребрами, важелями; шестерні із зубами
призматичні	-	З виступами (ланка гусениці)	-	-
хрестовини	Без отвору	З отвором	-	-
різної конфігурації	Важелі без отворів та наміток	Шатуни двигуна з плавними переходами до ребрів, гайкові ключі	Шатуни, балки передньої осі, з полицями та без полиць для ресор	Шатуни, лопатки турбін, стійки поворотних кулаків, вилки переключення швидкостей з тонкими високими ребрами і виступами
вали, валики	Валики зі змінним перетином	Колінчасті вали з вигином в одній площині (фланець отримують при штамповці валу)	Колінчасті вали з вигином в одній площині з противагами (фланець одержують окремою операцією – висадкою); розподільні вали	Колінчасті вали з противагами і розташуванням колін у різних площинах (фланець отримують окремою операцією - висадкою)

Виготовляються на горизонтально-кувальних машинах і пресах видавлюванням (блоки шестерен, поковки з порожнинами і раштрубами, кінцеві висадки, півосі, стрижні з мінливим перетином, поковки з порожнинами без фланців і з фланцями тощо.	За 2 переходи	За 3 переходи	За 4 переходи	За 5 і більше переходів
---	---------------	---------------	---------------	-------------------------

Примітка. При визначенні значень b , h див. рис. 9

Групу сталі поковки визначають за вмістом вуглецю і легуючих елементів. Якщо масова частка вуглецю та легуючих елементів не перевищує відповідно 0,35% та 2%, призначають групу сталі *M1*. При відповідному масовому вмісті зазначених компонентів у межах 0,3-0,65% та 2-5% - групу сталі *M2*. Якщо масова частка перевищує 0,65% та 5% – *M3*.

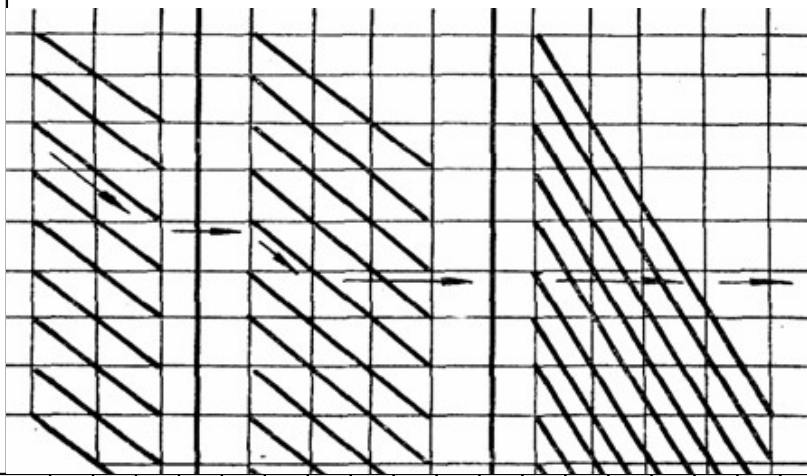
За відомою групою сталі, ступеня складності та класу точності визначають вихідний індекс поковки (табл. 5). Для цього у графі «Маса поковки» знаходять відповідний даній масі рядок і, зміщуючись по горизонталі вправо або по потовщеним лініям вправо вниз до перетину з вертикальними лініями, відповідними заданим значенням групи сталі *M*, ступеня складності *C*, класу точності *T*, встановлюють вихідний індекс.

Таблиця 5 – Вихідний індекс поковок

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

Таблиця 6 – Основні припуски на

		Товщина деталі			
100–	160–250	Св. 250			
Довжина, ширина, діаметр, висота та глибина					
250–	400–630	630–1000			
1,25√12,5100√1,610√	1,25√12,5100√1,610√	1,25√12,5100√1,610√	1,25√12,5100√1,610√	1,25√12,5100√1,610√	1,25√12,5100√1,610√
0,9	-	-	-	-	-
1,0	0,8	1,0	1,1	-	-
1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3
1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4
1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5
1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6
1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7
1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8
1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0
2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3
2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5
2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7
2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0
3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2
3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5
3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8
3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3
4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7
4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1
5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7
					6,2



механічну обробку (на сторону), мм

До 25		25-40		40-63		63-100		160			
Деталі											
До 40		40-100		100-160		160-250		400			
100	√1,610	1,25	√12,5100	√1,610	1,25	√12,5100	√1,610	1,25	√12,5100	√1,610	√
0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,7	0,8
0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,7	0,9	0,6	0,8	0,9
0,5	0,6	0,7	0,6	0,7	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0
0,6	0,7	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1
0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,3
0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4
0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5
0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6
1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,7
1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,8
1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,3
1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,2
2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	2,8	3,5
2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,0	3,8
2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,4	4,3
2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	3,7	4,7

																							$\sqrt{12,5}$
Вихідний індекс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			

Етап 4. З урахуванням вихідного індексу, лінійних розмірів деталі, а також шорсткості поверхні за даними табл. 6 визначають основні припуски на механічну обробку.

Додаткові припуски, що враховують зсув поверхні роз'єму штампів встановлюють по табл. 7, відхилення від площинності та прямолінійності – за табл. 8, міжцентрової та міжосьової відстаней (наприклад, за наявності в поковці двох або більше отворів) – за табл. 9. Загальний припуск виходить підсумовуванням основного та додаткового припусків.

Таблиця 7 – Додаткові припуски, що враховують усунення поверхні роз'єму штампів

Маса поковки, кг	Припуски для класів точності, мм									
	Плоска поверхня роз'єму									
	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>					
	Симетрично вигнута поверхня роз'єму									
	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>					
	Несиметрично вигнута поверхня роз'єму						<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>
до 0,5 включ	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
вище 0,5 до 1,0				0,2		0,3				
вище 1,0 до 1,8				0,2		0,4				
вище 1,8 до 3,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
вище 3,2 до 5,6										
вище 5,6 до 10,0	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
вище 10,0 до 20,0										
вище 20,0 до 50,0	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
вище 50,0 до 125,0										
вище 125,0 до 250	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0

Таблиця 8 – Додаткові припуски, що враховують вигнутість та відхилення від площинності та прямолінійності

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

Етап 5. Розраховують номінальні розміри поковки.

Етап 6. Призначають допуски та відхилення лінійних розмірів (табл. 10). Допустимі відхилення внутрішніх розмірів встановлюють із зворотними знаками. Допуск розмірів, не зазначений на кресленні поковки, приймають рівним 1,5 допуску відповідного розміру поковки з рівними відхиленнями, що допускаються.

Таблиця 9 – Додаткові припуски, що враховують відхилення міжосьової відстані, мм

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

Таблиця 10 – Допуски та допустимі відхилення лінійних розмірів поковок, мм

Вихідні індекси	Товщина поковки													
	До 40		40–63		63–100		100–160		160–250		Св 250			
	Довжина, ширина, діаметр, глибина та висота поковки													
	До 40		40–100		100–160		160–250		250–400		400–630		630–1000	
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	0,6	+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
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
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
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
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
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
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
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
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
14	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,1	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
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
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

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
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
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
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

Етап 7. Призначають штампувальні ухили на поверхнях, розташованих паралельно руху бабки молота або повзуна преса (табл. 11). Ці ухили призначені для полегшення заповнення порожнини штампу та видалення поковки зі штампу.

Таблиця 11 – Штампувальні ухили

Штампувальне обладнання	Штампувальні ухили	
	зовнішні	внутрішні
Молоти	1...7°	3...10°
КГШП	3...5°	5...7°
Гідравлічні преси	1...2°	2...4°
Преси без виштовхувача	5...7°	7...10°
ГКМ:		
- поверхні, що виконуються пуансоном	0,25...1°	0,25...3°
- поверхні, що виконуються матрицею	0,5...5°	1...7°

Етап 8. Призначають радіуси закруглень з метою зниження концентрації напруги у вузлах струмків штампу, поліпшення заповнення порожнини штампу, зменшення зносу кромки штампів. Радіуси закруглень зовнішніх кутів поковок вибирають із табл. 12. Внутрішні радіуси приймають приблизно в 3 рази більше відповідних зовнішніх.

Етап 9. За наявності в деталі порожнини або отвору проектується намітка отвору (рис. 10). Порожнини діаметром менше 30 мм при гарячому штампуванні не виконують. Наскрізні отвори призначаються в поковках у разі, якщо діаметр отвору більший або дорівнює висоті поковки. У цьому випадку можливі різні варіанти перемичок, які легко видаляються в просічному штампі при обрізанні задирки (рис. 10).

Таблиця 12 – Найменші радіуси закруглень зовнішніх кутів
ПОКОВОК

Маса поковки, кг	Мінімальна величина радіусів закруглень, мм, при глибині порожнини струмка штампу, мм			
	до 10 включ	10–25	25–50	вище 50
до 1,0 включно	1,0	1,6	2,0	3,0
вище 1,0 до 6,3	1,6	2,0	2,5	3,6
вище 6,3 до 16,0	2,0	2,5	3,0	4,0
вище 16,0 до 40,0	2,5	3,0	4,0	5,0
вище 40,0 до 100,0	3,0	4,0	5,0	7,0
вище 100,0	4,0	5,0	6,0	8,0

Залежно від форми та розмірів отвору, що штампується, розрізняють наступні намітки:

- з плоскою перемичкою (рис. 10, а);
 - з розкосом (рис. 10, б);
 - з магазином (рис. 10, в);
 - з карманом (рис. 10, г);
 - глухі (рис. 10, д).

Намітки з розкосом, магазином, кишенею формують після отримання плоскої намітки в попередньому струмку штампу.

Намітку верхнім знаком штампу роблять глибиною $h \leq d_{\text{осн}}$ (рис.11), а нижнім – глибиною $h < 0,8 d_{\text{осн}}$. Товщину перемички розраховують за співвідношенням $s = 0,1d_{\text{осн}}$. Однак, якщо розраховане значення s перевищує 4 мм, його приймають рівним 4 мм.

Якщо глибина отвору $h > d_{\text{осн}}$, то обмежуються глухою позначкою. Радіус закруглення глухої намітки

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

де α – внутрішній кут (визначається із табл. 11).

Етап 10. Оформлюють креслення штампованої заготівки. На кресленні контур деталі поковки наносять тонкою штрихпунктирною лінією з двома точками. Зображення деталі дозволяється наводити у спрощеному вигляді. Дозволяється виконувати креслення поковки на копії креслення деталі. Поверхню роз'єму штампа зображують тонкою штрихпунктирною лінією, що позначається на кінцях знаком Х - - Х.

Розміри на кресленні вказують від базових поверхонь кування. Припуски позначають розмірними лініями. Іноді поруч із розміром поковки в дужках наводять номінальний розмір деталі. У цьому випадку припуск розмірними лініями не показують. Слід уникати проставляння розмірів від лінії роз'єму, якщо вона не співпадає з віссю деталі. Розмірні лінії для проставляння розмірів поверхонь із ухилами проводять від вершин ухилів. Приклад оформлення креслення поковки наведено на рис. 12.

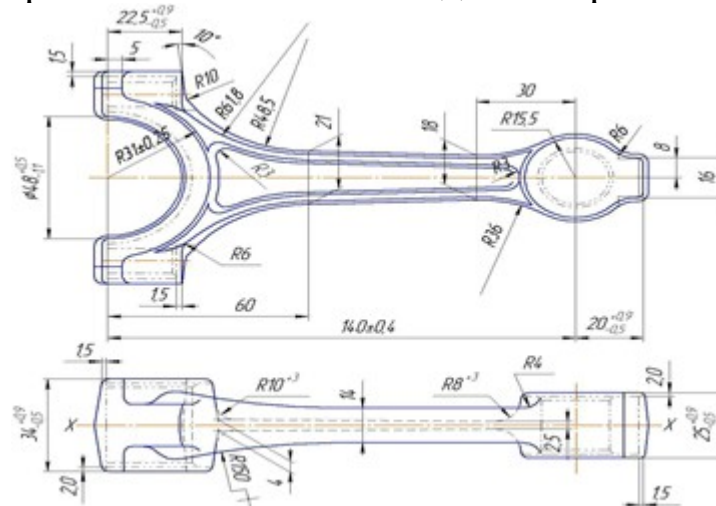


Рисунок 12 – Фрагмент креслення поковки шатуна
6 ПРИКЛАД ПРОЕКТУВАННЯ ПОКОВКИ

Завдання: спроектувати штамповану заготівку для шестірні (рис.13,а).

Матеріал деталі – сталь 45ХН2МФА. Маса – 1,83 кг. Спосіб штампування – на КГШП.

Рішення:

Етап 1. Відповідно до заданого способу штампування вибираємо площину роз'єму штапу, перпендикулярну до осі шестерні що проходить через середину розміру 39 мм.

Етап 2. Призначаємо напуски на канавках зубів зубчастого колеса.

Етап 3. Розраховуємо масу поковки G_n за формулою (1). З табл. 2 вибираємо коефіцієнт $K_p = 1,8$. Тоді

$$G_n = G_d \cdot K_p = 1,83 \cdot 1,8 = 3,3 \text{ кг.}$$

За табл. 3 визначаємо клас точності поковки – Т3.

Визначаємо рівень складності поковки. Для розрахунку обсягу описуючої фігури визначаємо лінійні габаритні розміри поковки (збільшуємо відповідні розміри деталі на 1,05):

- діаметр $127,8 \cdot 1,05 = 134,2$;
- висота $39 \cdot 1,05 = 41$.

Об'єм циліндра, що описує поковку

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot 0,1342^2}{4} \cdot 0,041 = 5,796 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Його маса (при щільності стали $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$)

$$G_\phi = V_\phi \cdot \rho = 5,796 \cdot 10^{-4} \cdot 7850 = 4,55 \text{ кг.}$$

Розраховуємо відношення

$$G_n / G_\phi = 3,3 / 4,55 = 0,72.$$

З табл. 4 в залежності від конфігурації поковки та відношення G_{π} / G_{ϕ} знаходимо ступінь складності поковки – *СІ*.

Визначаємо групу сталі. У сталі 45ХН2МФА вміст вуглецю 0,42...0,50%, нікелю - 1,3...1,8%, молібдену - 0,3...0,3%, ванадія 0,1...0,18%. Відповідно до рекомендацій, викладених у розділі 5, призначаємо групу сталі *M2*.

З табл. 5 вибираємо вихідний індекс поковки – 10.

Етап 4. Призначаємо основні припуски на розміри табл.6:

1,6 – діаметр 127,8 мм та чистота поверхні 6,3;

1,4 – діаметр 36 мм та чистота поверхні 6,3;

1,5 – товщина 39 мм та чистота поверхні 1,6;

1,5 – товщина 28 мм та чистота поверхні 6,3.

Призначаємо додаткові припуски на розміри:

- зсув по поверхні роз'єму штамп – 0,3 мм (табл. 7);

- відхилення від площинності – 0,3 мм (табл. 8).

Етап 5. З урахуванням основних та додаткових припусків визначаємо номінальні розміри поковки:

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

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

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

- товщина $28 + (1,5 + 0,3) \cdot 2 = 31,6$ мм, приймаємо 31,5 мм.

Етап 6. З табл. 10 визначаємо допуски та допустимі відхилення розмірів:

діаметр $132^{+1,3}_{-0,7}$; діаметр $32^{+0,5}_{-0,9}$; товщина $42,5^{+1,1}_{-0,5}$; товщина $31,5^{+1,1}_{-0,5}$.

Допуски розмірів, не зазначені на кресленні поковки, приймаємо рівними 1,5 допуску відповідних розмірів з рівними відхиленнями, що допускаються. Наприклад, діаметр $(86,5 \pm 1,1)$ мм.

Етап 7. З табл. 11 призначаємо штампувальні ухили для зовнішніх поверхонь 5° ; для внутрішніх 7° .

Етап 8. Встановлюємо радіуси заокруглень (табл. 12). Мінімальна величина радіусу для зовнішніх кутів становить 2,0 мм, приймаємо 3,0 мм. Для внутрішніх кутів радіуси приймаємо втричі більше, тобто $3,0 \cdot 3 = 9,0$ мм.

Етап 9. Для отвору $\varnothing 36$ мм, проектуємо двосторонню симетричну намітку отвору з плоскою перемичкою, товщиною 4 мм.

Етап 10. Оформляємо креслення поковки (рис. 13, б).

7 ЗВІТ З ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ

Звіт з практичного заняття повинен містити:

- найменування та мету роботи;
- вихідні дані до роботи: креслення деталі, матеріал, маса, спосіб штампування відповідно до варіанта вихідних даних (Додаток 1);
- методику виконання практичного заняття відповідно до послідовності, викладеної в розділі 4;
- ескіз поковки;
- висновки щодо роботи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: Підручник. – Львів: Світ, 1996. – 368 с.
2. Руденко П.А., Харламов Ю.А., Плескач В.М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учебное пособие / Под общей редакцией В.М. Плескача. – К.: Вища школа, 1991. – 241 с.
3. Технология металлов/ Под ред. Н.П.Дубинина. – М.: Высш. шк., 1964. – 632 с.
4. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные и штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 01.07.90.
5. Лакедемонский А.В. и др. Материалы для карбюраторных двигателей. Справочное пособие / А.В. Лакедемонский, Ю.Е. Авраменко, Е.А. Васильев, А.Г. Возлинский. – М.: Машиностроение, 1969. – 222 с.
6. Технология машиностроения: Т.2. Производство машин: Учебник для вузов / В.М.Бурцев, А.С.Васильев, О.М.Деев и др.; Под ред. Г.М.Мельникова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1999. – 640 с.
7. Ягудин М.Л. Технология производства двигателей внутреннего сгорания: Учебник для машиностроительных специальностей средних специальных учебных заведений – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1981. – 247 с.
8. Сасов и др. Технология автотракторостроения/ В.В. Сасов, В.И. Дементьев, М.П. Новиков, С.И. Абрамсон. – М.: Машиностроение, 1968. – 344 с.

ДОДАТОК 1
Вихідні дані до практичного заняття

креслення №	№ варіанта	Деталь	Спосіб штампування	Матеріал	Маса деталі, кг
1	2	3	4	5	6
1	1	Шатун	Штампування на молоті	Сталь 45Х	1,616
-/-	2	-/-	Штампування на КГШП	-/-	-/-
2	3	Кришка шатуна	Штампування на молоті	Сталь 45Х	0,453
-/-	4	-/-	Штампування на КГШП	-/-	-/-
3	5	Шатун	Штампування на молоті	Сталь 40	0,487
-/-	6	-/-	Штампування на КГШП	-/-	-/-
4	7	Кришка шатуна	Штампування на молоті	Сталь 40	0,285
-/-	8	-/-	Штампування на КГШП	-/-	-/-
5	9	Шатун	Штампування на молоті	Сталь 40Х	0,348
-/-	10	-/-	Штампування на КГШП	-/-	-/-
6	11	Кришка шатуна	Штампування на молоті	Сталь 40Х	0,106
-/-	12	-/-	Штампування на КГШП	-/-	-/-
7	13	Шатун головний	Штампування на молоті	Сталь 18ХНВА	0,907
-/-	14	-/-	Штампування на КГШП	-/-	-/-
8	15	Шатун прчпний	Штампування на молоті	Сталь 18ХНВА	1,774
-/-	16	-/-	Штампування на КГШП	-/-	-/-
9	17	Вал розподільний	Штампування на молоті	Сталь 45	4,23
-/-	18	-/-	Штампування на КГШП	-/-	-/-
10	19	Вал розподільний	Штампування на молоті	Сталь 40	2,82
-/-	20	-/-	Штампування на КГШП	-/-	-/-
11	21	Вал розподільний	Штампування на молоті	Сталь 45	4,866
-/-	22	-/-	Штампування на КГШП	-/-	-/-
12	23	Вал кулачковий	Штампування на молоті	Сталь 18Х2Н4В А	16,2
-/-	24	-/-	Штампування на КГШП	-/-	-/-

Продовження додатка 1

1	2	3	4	5	6
13	25	Вал колінчастий	Штампування на молоті	Сталь 45	26,56
-//-	26	-//-	Штампування на КГШП	-//-	-//-
14	27	Шестерня	Штампування на молоті	Сталь 40	0,472
-//-	28	-//-	Штампування на КГШП	-//-	-//-
15	29	Шестерня	Штампування на молоті	Сталь 40	0,656
-//-	30	-//-	Штампування на КГШП	-//-	-//-
16	31	Шестерня	Штампування на молоті	Сталь 50	0,415
-//-	32	-//-	Штампування на КГШП	-//-	-//-
-//-	33	-//-	Штампування на молоті	-//-	-//-
17	34	Шестерня	Штампування на молоті	Сталь 12ХН3А	52,6
-//-	35	-//-	Штампування на КГШП	-//-	-//-
18	36	Шестерня	Штампування на молоті	Сталь 38ХС	6,91
-//-	37	-//-	Штампування на КГШП	-//-	-//-
19	38	Шестерня	Штампування на молоті	Сталь 45Х	0,585
-//-	39	-//-	Штампування на КГШП	-//-	-//-
20	40	Шестерня	Штампування на молоті	Сталь 45	0,127
-//-	41	-//-	Штампування на КГШП	-//-	-//-
21	42	Шестерня	Штампування на молоті	Сталь 12ХН3А	0,360
-//-	43	-//-	Штампування на КГШП	-//-	-//-
22	44	Штовхач	Штампування на ГКМ	Сталь 20Х	0,123
-//-	45	-//-	Штампування на КГШП	-//-	-//-
23	46	Коромисло клапана	Штампування на молоті	Сталь 45	0,13
-//-	47	-//-	Штампування на КГШП	-//-	-//-
24	48	Важіль випуску	Штампування на молоті	Сталь 38ХС	3,0
-//-	49	-//-	Штампування на КГШП	-//-	-//-
25	50	Муфта	Штампування на молоті	Сталь 12ХН3А	4,0
-//-	51	-//-	Штампування на КГШП	-//-	-//-
26	52	Противага	Штампування на ГКМ	Сталь 40	0,4
-//-	53	-//-	Штампування на КГШП	-//-	-//-
27	54	Фланець	Штампування на молоті	Сталь 45ХН	13,43
-//-	55	-//-	Штампування на КГШП	-//-	-//-

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1 Основні поняття	4
2 Сутність процесу об'ємного штампування	6
3 Способи отримання поковок	8
3.1 Штампування на молотах	8
3.2 Штампування на кривошипних гарячештампвальних пресах	9
3.3 Штампування на горизонтально-кувальних машинах ...	11
3.4 Штампування на гвинтових пресах	12
3.5 Штампування на гідравлічних пресах	13
4 Виготовлення поковок деталей ДВЗ.....	15
5 Проектування поковки.....	21
6 Приклад проектування поковки.....	33
7 Звіт з практичного заняття	36
Список літератури	37
Додаток 1. Вихідні дані до практичного заняття	38

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичної роботи
«Проектування штампованої заготовки»
з дисципліни «Прогресивні технології машинного виробництва»

Укладачі:

САВЧЕНКО Анатолій Вікторович
БЛИК Сергій Юрійович
БЕКАРЮК Наталія Миколаївна

Відповідальний за випуск проф. Марченко А.П.

Роботу до видання рекомендував проф. Волонцевич Д.О.

В авторській редакції

План 2023 р., поз. 48

Формат 60x84 1/16.

Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 2,69.

Видавець Видавничий центр НТУ «ХПІ». 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

Самостійне електронне видання