

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

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичної роботи
“Проектування литої 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 литої заготовки”
з дисципліни „Прогресивні технології машинного виробництва”

для студентів спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»

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

Харків
НТУ „ХПІ”
2023

Методичні вказівки до виконання практичної роботи
“Проектування литої заготовки” з дисципліни „Прогресивні технології
машинного виробництва” для студентів спеціальності 142
Енергетичне машинобудування / Укл. С.С. Кравченко, О.Ю. Ліньков,
А.В. Савченко – Харків: НТУ «ХПІ», 2023. – 40 с.

Укладачі: С.С. КРАВЧЕНКО,
О.Ю. ЛІНЬКОВ,
А.В. САВЧЕНКО

Рецензент О.В. Триньов

Кафедра двигунів та гібридних енергетичних установок

ВСТУП

Підвищення якості деталей, вузлів та агрегатів двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) нерозривно пов'язане з точністю та якістю застосовуваних заготовок. Метою даного практичного заняття є закріплення теоретичної інформації та отримання практичних навичок проектування литих заготовок деталей ДВЗ, що становлять близько 40% всіх заготовок у двигунобудуванні [1–3].

Поставлена мета найрезультативніше досягається у разі попередньої самопідготовки студента до практичного заняття. У ході заняття коротко викладається методика проектування литої заготовки; кожному студенту видається індивідуальне завдання до виконання самостійної роботи. Викладач контролює виконання роботи студентами.

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

1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ

Заготівка – виріб, з якого зміною форми, розмірів, властивостей поверхні та матеріалу виготовляють деталь.

Припуск – шар матеріалу, що видаляється в процесі обробки заготівки з метою досягнення заданих точності та якості поверхні, що обробляється.

Розрізняють операційні та загальні припуски:

Операційний припуск – це шар матеріалу, що видаляється з поверхні при виконанні однієї технологічної операції.

Загальний припуск – це шар матеріалу, що видаляється з поверхні в ході всього технологічного процесу її обробки. Загальний припуск дорівнює сумі операційних.

При проектуванні литої заготівки, як правило, призначають загальний припуск на обробку.

Напуск - надлишок металу на поверхні заготівки (понад припуску) для спрощення конфігурації заготівки з метою полегшення умов її виготовлення.

Операційні розміри – проміжні значення розмірів деталі у процесі її виготовлення.

Приклади припусків, напусків та операційних розмірів показано на рис. 1.

Взаємозв'язок між номінальними розмірами деталі та заготівки, граничними відхиленнями та допуском виливки, а також припуском на механічну обробку показано на рис. 2 (на рис. 2, *а* зображено приклад зняття одностороннього припуску при обробці кожної поверхні своєї бази, на рис. 2, *б* – двостороннього припуску при обробці тіл обертання) [2].

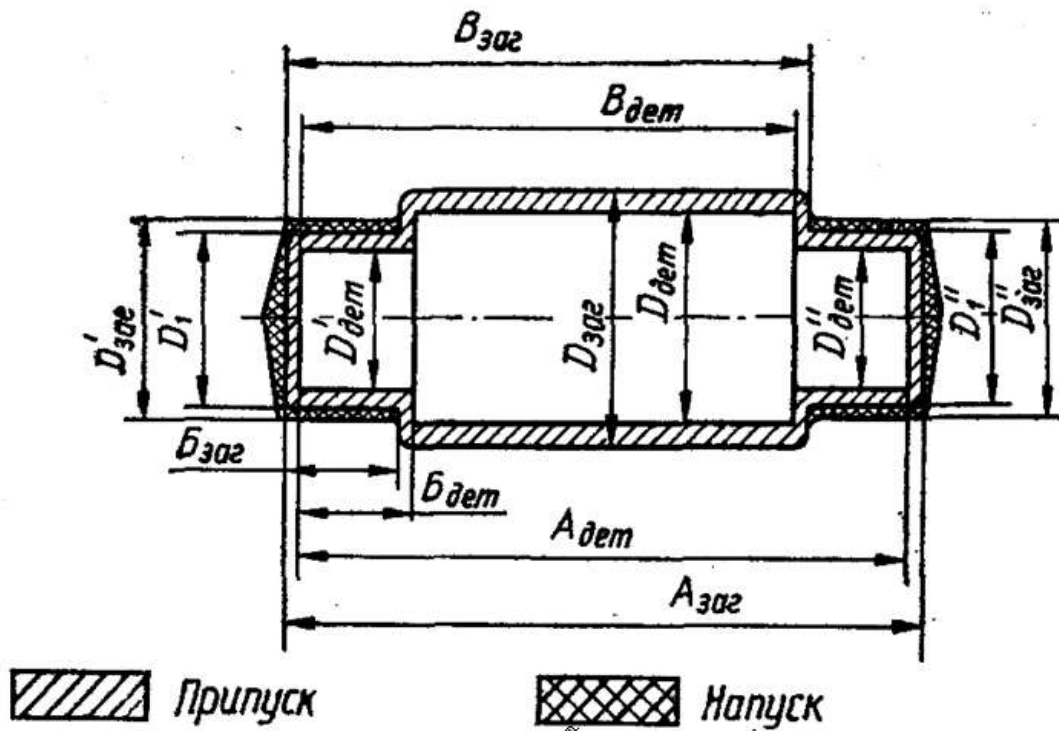


Рисунок 1 – Припуски, напуски і розміри вала [3]:

$A_{заг}$, $B_{заг}$, $V_{заг}$, $D_{заг}$, $D'_{заг}$, $D''_{заг}$ – вихідні розміри заготовки; $A_{дет}$, $B_{дет}$, $V_{дет}$, $D_{дет}$, $D'_{дет}$, $D''_{дет}$ – розміри готової деталі; D_1 , D_2 , D'_1 , D''_1 – операційні розміри заготовки

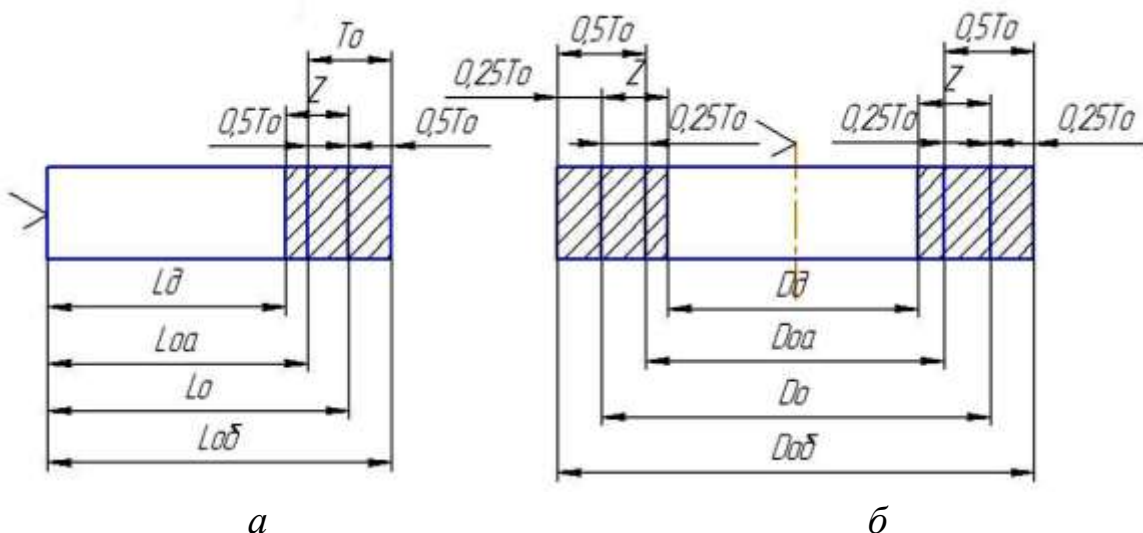


Рисунок 2 – Взаємозв'язок між номінальними розмірами деталі та заготовки: *a* – зняття одностороннього припуску; *б* – зняття двостороннього припуску) [2]: $L_{д}$ – номінальний розмір деталі; L_0 , D_0 – номінальний розмір виливки; $L_{0а}$, $D_{0а}$ – найменший розмір виливки; $L_{0б}$, $D_{0б}$ – максимальний розмір виливки; T_0 – допуск виливки; Z – середній припуск на механічну обробку

2 СПОСОБИ ОТРИМАННЯ ВИЛИВОК

Розглянемо способи виготовлення виливок, що отримали найбільш широке застосування у двигунобудуванні.

2.1 Лиття в піщано-глинисті форми

Найпоширеніший спосіб у вітчизняній промисловості – відливання у піщано-глинисті форми [3]. Даний спосіб застосовується в одиничному та серійному виробництвах при виготовленні корпусних деталей двигунів, великих поршнів, гільз циліндрів, колінчастих та розподільчих валів тощо.

Послідовність виготовлення виливки при відливанні в піщані форми показана на рис. 3 [4]. Виливки одержують у **ливарній формі** (рис. 3, *ж*). Для утворення порожнини у формі з конфігурацією, що відповідає зовнішній поверхні виливки, застосовують дерев'яну або металеву **модель** (рис. 3, *б*). За допомогою моделі роблять відбиток у формувальній суміші, поміщеній у рамках, так званих **опоках** 1 и 2 (рис. 3, *в*).

Для отримання у виливках внутрішніх порожнин у форму поміщають **стрижень** 5 (рис. 3, *е*), має конфігурацію внутрішньої порожнини виливки. Стрижні виготовляють у **стрижневих ящиках** (рис. 3, *д*) із стрижневих сумішей, що складаються з піску та сполучних речовин. Моделі та стрижні виготовляються зі **стрижневими знаками** (рис. 3, *б*) – виступаючими в моделі та стрижні частинами, що не утворюють безпосередньо конфігурації виливки. Ці знаки потрібні для утворення поглиблення у формі, куди встановлюють стрижні. Для зручності виготовлення форми та стрижня модель (рис. 3, *б*) і стрижневий ящик роблять роз'ємними.

У формувальному відділенні з формувальної суміші за допомогою моделі виготовляють форму. На плиту ставиться половина моделі та опока, в неї засипається формувальна суміш і ущільнюється. Опока перевертається, на половину моделі ставиться її друга половина (рис. 3, *в*) і модель **литникової системи** 4, яка утворює канали для заливання металу в форму. Потім ставиться друга опока, у неї засипається формувальна суміш і ущільнюється. Піднімається верхня напівформа, з обох напівформ витягуються половинки моделі (рис. 3,

г). У форму встановлюється стрижень (рис. 3, г), після чого накривається верхня напівформа (рис. 3, ж).

Відливання в піщані форми дозволяє отримувати виливки найскладнішої конфігурації масою від кількох грамів до сотень тонн. Виготовляють виливки із сталі, чавуну, рідше – із кольорових металів. Заготівки, що виходять, характеризуються низькою точністю, високою шорсткістю, великими припусками на обробку. Це найбільш дешевий спосіб виробництва виливок, який вимагає найбільшої витрати металу і великих витрат на подальшу механічну обробку.

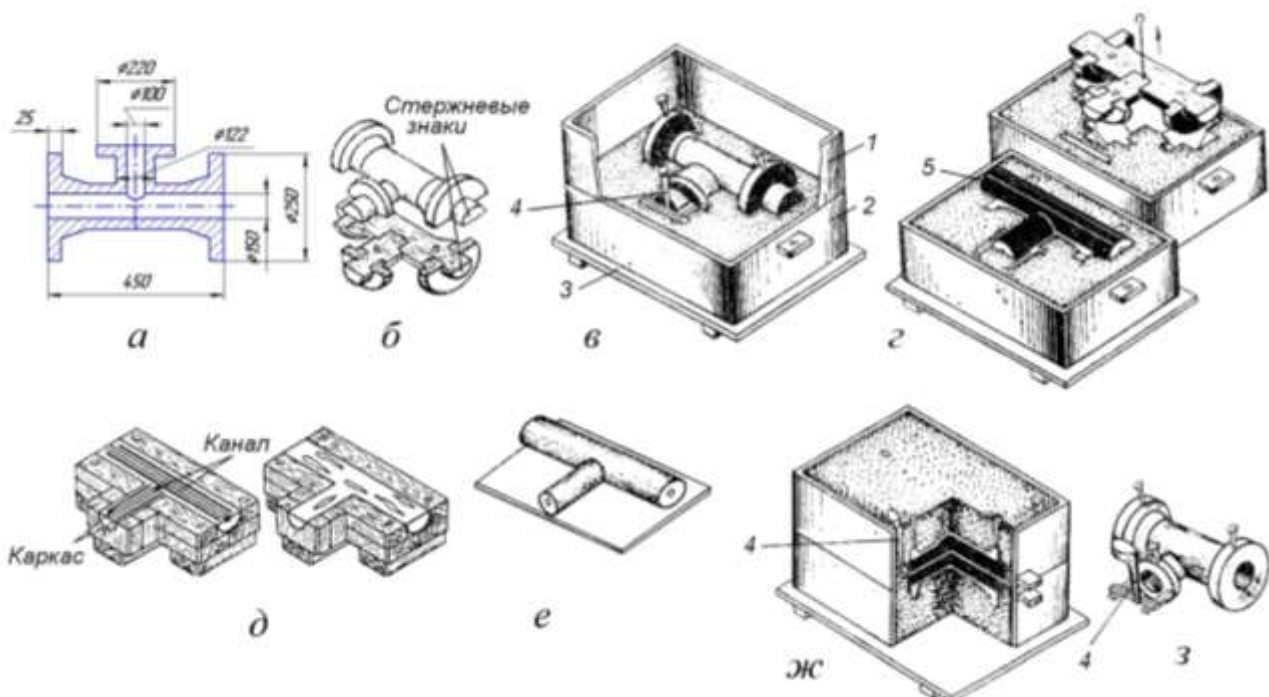


Рисунок 3 – Послідовність виготовлення виливки [4]:

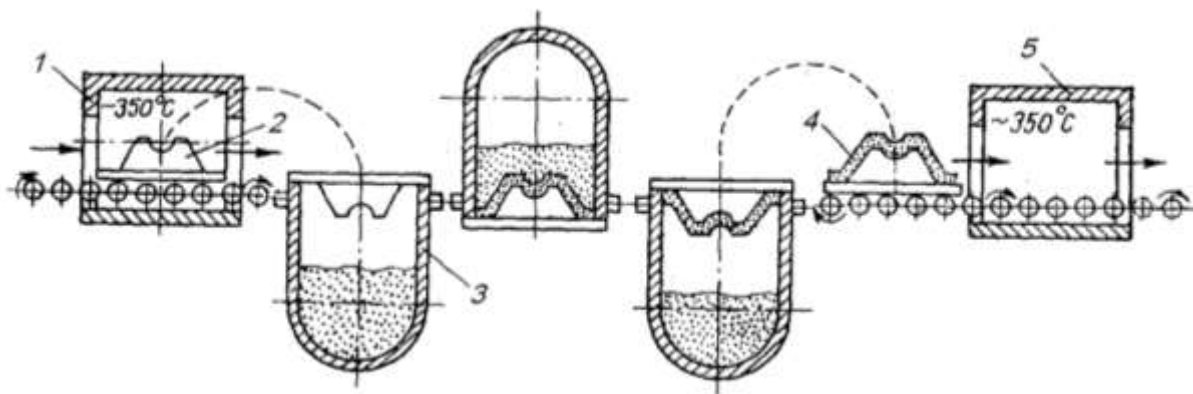
а – креслення деталі; б – модель; в і г – процес виготовлення форм; д – стрижневий ящик; е – стрижень; ж – ливарна форма; з – виливка

2.2 Відливання в оболонкові форми

Даний спосіб набув поширення у великосерійному та масовому виробництві при виготовленні виливок блоків циліндрів мотоциклів та двигунів малолітражних автомобілів, колінчастих валів, зубчастих коліс, зірочок, шківів, кронштейнів, кришок і т.д.

При відливанні в оболонкові форми виготовляють дві напівформи товщиною 6 ... 20 мм з формувальної суміші, що складається з піску і фенолформальдегідних смол які зв'язують.

Формувальна суміш засипається на нагріту до 200 ... 350 °С модель і витримується на ній 10 ... 30 с (рис. 4). При цьому смола плавиться та зв'язує зерна піску. На металевій моделі утворюється її точний відбиток у вигляді оболонки. Надлишкову суміш видаляють, а плиту та модель поміщають у піч для твердіння оболонки.



1 – камера підігріву моделі з плитою; 2 – модель з плитою; 3 – кожух бункера; 4 – оболонка форми; 5 – піч для відпалювання оболонок форми
Рисунок 4 – Схема виготовлення оболонкової форми [1]

Цей вид відливання дозволяє отримувати виливки більш високої точності та меншої шорсткості поверхні, ніж при відливанні у піщані форми. Спосіб застосовується для виготовлення дрібних та середніх тонкостінних вливок з чавуну, вуглецевої та легваної сталей, а також кольорових сплавів. Витрата металу зменшується на 30...50%, обсяг наступної механічної обробки - на 40...50%, а витрата формувальної суміші знижується в 10...20 разів [1, 3].

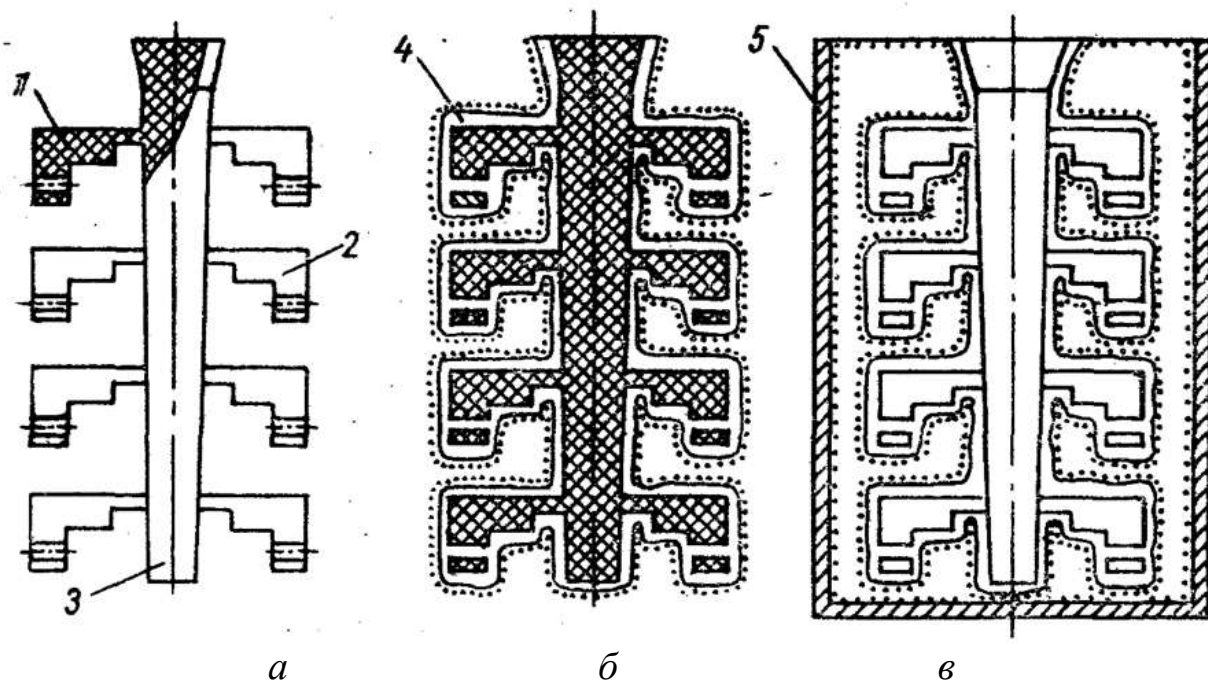
До недоліків відливання в оболонкові форми відносять високу вартість фенолформальдегідних смол і дорожче металеве модельне оснащення.

2.3 Відливання за виплавлюваними моделями

Даний спосіб відливання застосовують у серійному та масовому виробництві при виготовленні вливок коромисел, важелів, штовхачів, кулачків, зубчастих коліс та інших деталей ДВЗ.

Для кожної вилки виготовляється разова модель з легкоплавкого модельного складу на основі парафіну, стеарину, церезину та інших матеріалів (рис. 5). Форми виготовляють багаторазовим зануренням разової моделі в спеціальну рідку

вогнетривку суміш, що складається з сполучного, пилоподібного кварцу та інших компонентів. Після вилучення із суміші, форми сушать на повітрі 2...4 години. Усього наносять 3...12 шарів. Після виплавлення моделей і прожарювання, отримують міцну тонкостінну оболонку товщиною 1,5...4,0 мм.



1, 2 – воскові моделі виливок; 3 – воскова модель стояка з чашею та литниками;
4 – оболочка; 5 – корпус форми (опока)

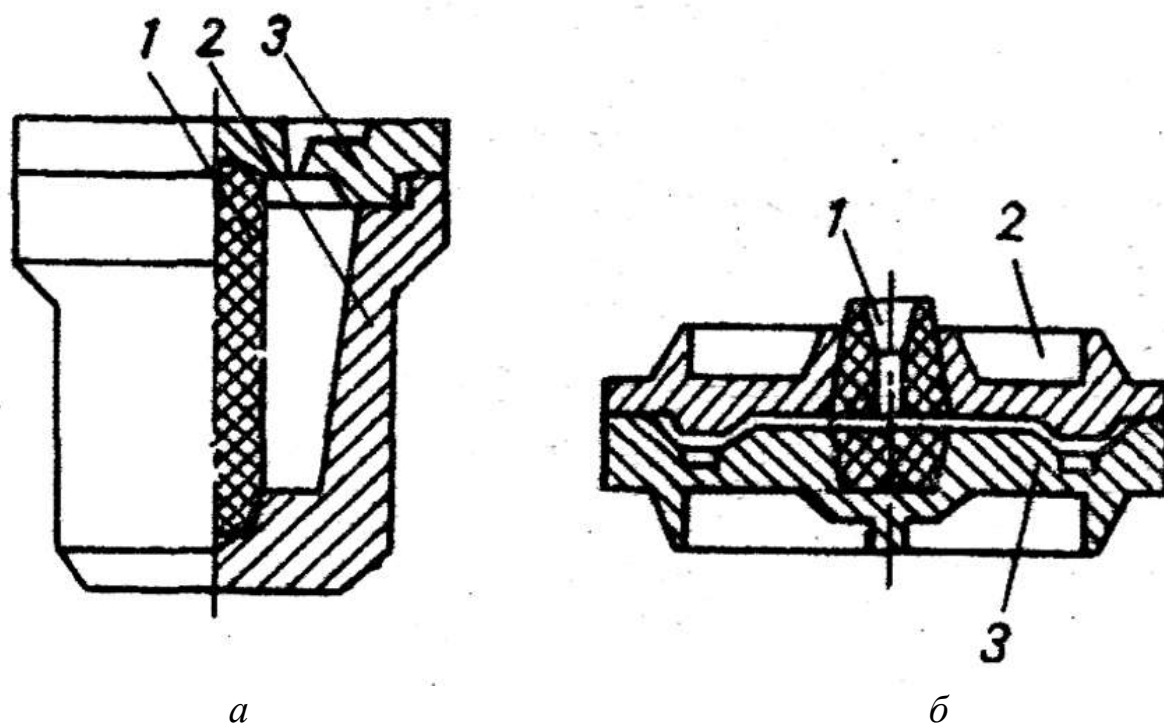
Рисунок 5 – Схема виготовлення форм за моделями, що виплаваються [1]:
а – модельний блок; б – модельний блок в оболонці; в – ливарна форма

Отримана форма не має роз'ємів та знакових частин. Це дає високу точність розмірів (до 11 квалітету) та взаємного розташування поверхонь [1, 3]. Механічна обробка заготовок може бути виключена або мінімальна. Разом з тим, це найскладніший, тривалий і трудомісткий спосіб відливання. Застосовується для виготовлення заготовок з розмірами 0,5...125 мм з кольорових сплавів, високолегованих сталей, жароміцних сплавів.

2.4 Відливання в кокіль

Відливання в кокіль застосовується в серійному та масовому виробництві при виготовленні виливок поршнів двигунів, головок

циліндрів ДВЗ з повітряним охолодженням, корпусів компресорів, підшипників, патрубків тощо.



1 – стрижень; 2, 3 – частини форми

Рисунок 6 – Металеві форми (кокілі) для виготовлення виливок корпусу (а) та диска (б) [1]

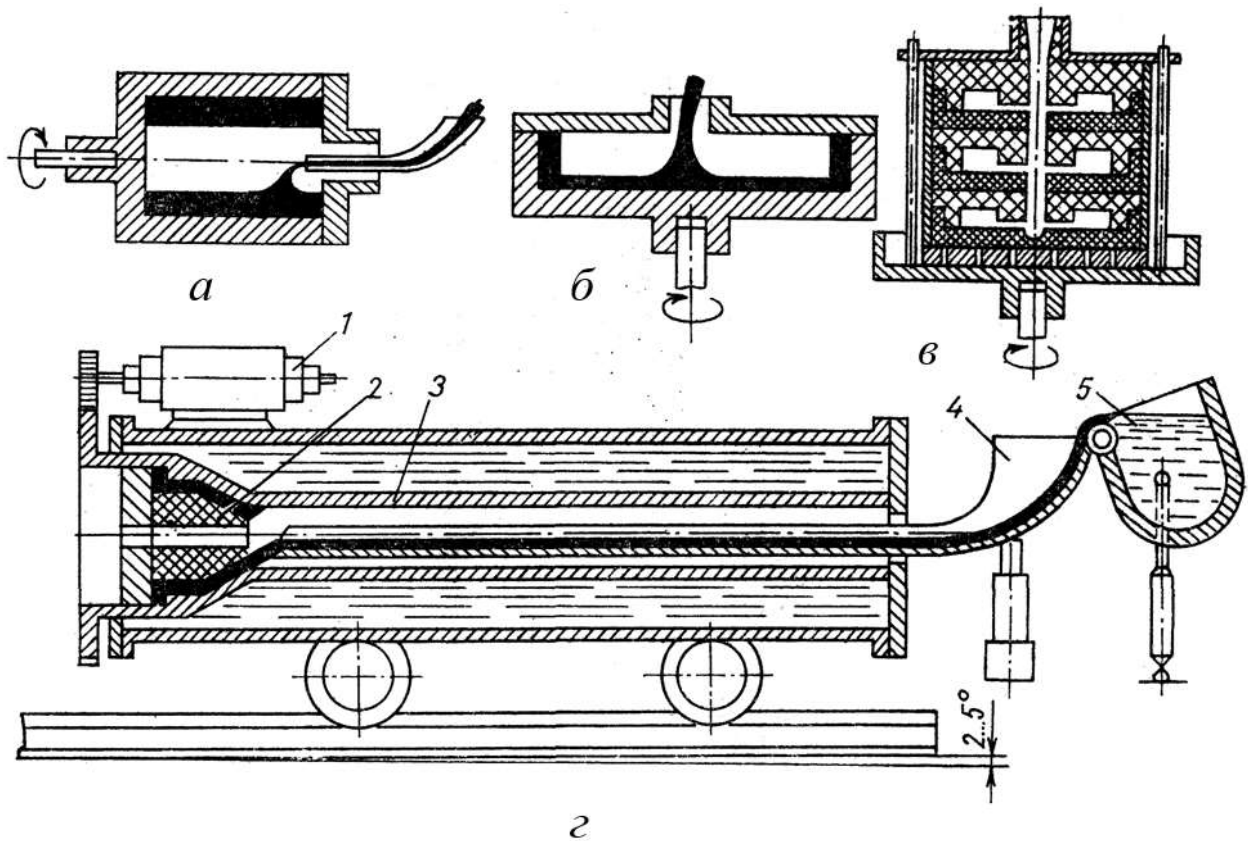
Головна особливість цього виду відливання – використання багаторазової металевої форми – кокіля (рис. 6). За допомогою чавунного кокіля можна отримати від 50 до 500 сталевих, від 400 до 8000 чавунних та десятки тисяч виливок із кольорових сплавів. Спосіб забезпечує точність розмірів до 12 квалітету, шорсткість поверхні до 4 мкм за параметром Ra. При цьому виливки мають високі механічні властивості, витрата металу на заготівку в порівнянні з відливанням у піщані форми знижується на 10...20%, трудомісткість подальшої обробки зменшується в 1,5...2 рази [3].

До недоліків кокильного відливання відносять досить високу вартість кокілів, проблематичність отримання виливок складної конфігурації внаслідок високих швидкостей охолодження металу, можливість короблення виливок через значні усадкові та термічні напруги.

2.5 Відцентрове відливання

Відцентрове відливання застосовується для виготовлення гільз циліндрів, поршневих кілець, труб, втулок, маховиків, ободів і т.п. з чавуну, сталі та кольорових металів.

У способі відцентрового відливання рідкий метал заливається у форму, що обертається (рис. 7). За рахунок відцентрових сил метал рівномірно розподіляється по поверхні форми, яка продовжує обертатися до закінчення кристалізації металу.



1 – електромотор; 2 – стрижень; 3 – металева форма; 4 – жолоб;
5 – заливний ківш

Рисунок 7 – Схеми форм для відцентрового відливання з горизонтальною (а), вертикальною (б, в) та похилій (г) віссю обертання [1]

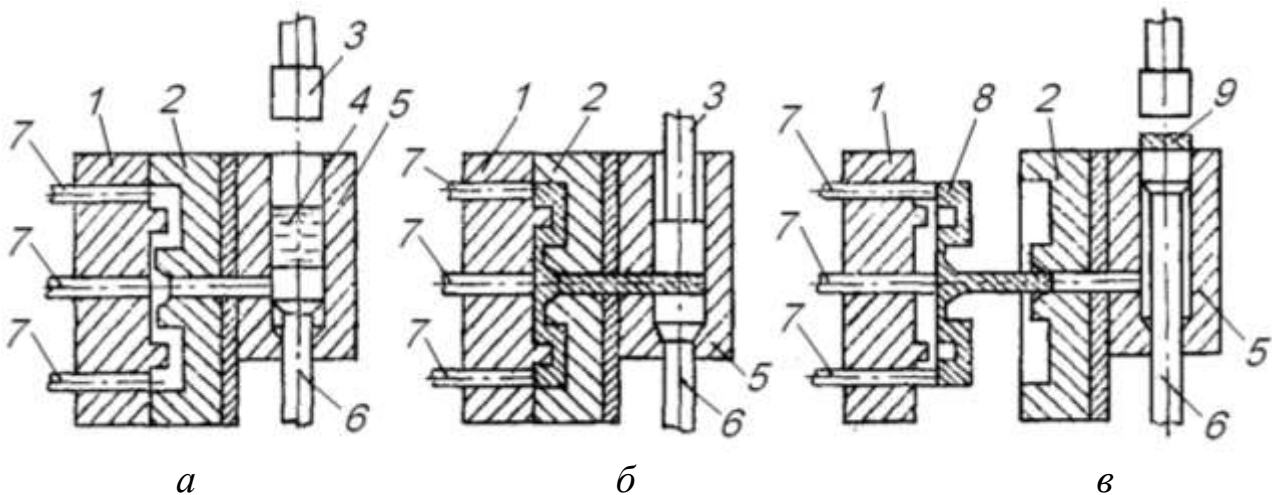
Як і при кокільному відливанні в цьому способі отримують високу точність розмірів і низьку шорсткість зовнішніх поверхонь. Неметалічні включення накопичуються на внутрішній поверхні заготовки і можуть бути видалені наступною механічною обробкою. Внаслідок незначних розмірів літнкової системи (яка в деяких випадках може бути відсутньою) суттєво скорочується витрата металу.

До недоліків відцентрового відливання відносять невисоку точність розмірів та низьку якість внутрішньої порожнини виливки.

2.6 Відливання під тиском

Відливанням за тиском отримують складні тонкостінні заготовки поршнів, повітряних колекторів, коліс компресорів, кришок, коромисел та інших деталей ДВЗ із чавуну, сталі та кольорових металів.

Цей спосіб відливання полягає в тому, що рідкий метал з великою швидкістю (до 120 м/с) заповнює порожнину металевої прес-форми та кристалізується під тиском (до 300 МПа) (рис. 8).



1, 2 – частини форми; 3 – поршень, що стискає; 4 – рідкий метал; 5 – камера стиснення; 6 – виштовхуючий поршень; 7 – виштовхувач; 8 – виливка з частиною литника; 9 – надлишок металу (литника)

Рисунок 8 – Схема відливання під тиском з холодною камерою стиснення [1]: а, б, в – стадії виготовлення виливки

До недоліків способу відносять складність, дорожнечу та недостатню надійність прес-форми; складність виготовлення виливок зі складними порожнинами; можливість появи залишкових напруг у заготовках.

Порівняльна характеристика розглянутих способів відливання наведена у табл. 1.

Таблиця 1 - Порівняльна характеристика способів відливання

Спосіб відливання	Матеріал вилівок	Маса вилівок	Товщина стінок, мм	Досяжна точність розмірів, квалітет	Шорсткість поверхні Ra, мкм	Технологічні особливості	Область застосування
У піщані форми	Чавун, сталь, кольорові метали	10...1000	≥ 3	14...17	80...20	Можливе виготовлення вилівок будь-якої конфігурації	Блоки циліндрів, головки, корпуси насосів, редукторів, кришки, фланці, втулки, станини
В оболонкові форми	Чавун, вуглецева та легвана сталь, кольорові метали	0,1...80	2...4	12...15	40...5	Тонкостінні вилівки компактноі форми	Колінчасті та кулачкові вали, корпуси підшипників, втулки.
За виплавленіми моделями	Високолеговані сталі, жароміцні сплави, кольорові метали	0,01...135	$\geq 0,7$	11...14	10...2,5	Дрібні та середні вилівки складної конфігурації	Товкачі, коромисла, зубчасті колеса, штурцера, фітинги
Кокільне	Сталь, чавун, кольорові метали	0,1...50	≥ 3	12...15	20...5	Товстостінні вилівки простоі та середньої складності	Поршні, муфти, втулки, склянки, маховики, колеса
Під тиском	Цинкові, алюмінієві, мідні сплави	0,001...13	0,5...6,0	9...13	10...2,5	Тонкостінні вилівки складної конфігурації	Поршні, шестерні, штепсельні роз'єми, корпуси приладів
Відцентрове	Сірий чавун, сталь, мідні сплави	0,1...3000	≥ 4	13...15	20...5	Деталі, що мають вісь симетрії	Гільзи циліндрів, труби, кільця, втулки

3 ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВОК ДЕТАЛЕЙ ДВЗ

Виливки широко застосовують у двигунобудуванні при виготовленні блоків циліндрів, корпусів насосів, головок і гільз циліндрів, колінчастих та розподільчих валів, шестерень, шківів, фланців, втулок, захисних кожухів, поршнів, поршневих кілець тощо. Розглянемо характерні особливості отримання виливок деталей ДВЗ.

3.1 Корпусні деталі

До корпусних деталей ДВЗ пред'являються високі вимоги щодо міцності, жорсткості, точності розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь, шорсткості, герметичності стінок і т.п. Їх відливають із сірих чавунів марок СЧ21 – 40, сталей 20Л, 30Л, алюмінієвих сплавів – АЛ4, АЛ5, АЛ9 [1, 5]. Складні корпусні деталі з чавуну, наприклад, блоки та головки циліндрів, ллють переважно у земляні форми, використовуючи металеві моделі та велику кількість стрижнів. Сталеві виливки відповідальних деталей, наприклад, корпуси підшипників виготовляють відливанням в оболонкові форми і за моделями, що виплавляються [1]. Для формування виливок корпусних деталей із алюмінієвих сплавів, наприклад, головок циліндрів ДВЗ з повітряним охолодженням, застосовують відливання в кокіль під тиском, рідше – у земляні форми [5].

При охолодженні у виливках виникають внутрішні напруження. Тому виливки перед чистовою обробкою піддають штучному чи природному старінню. Заготівки очищають від піску, пригару, окалини та ґрунтують. Водяні та масляні порожнини піддають гідравлічним випробуванням для перевірки щільності та міцності.

Гільзи циліндрів виготовляють переважно із сірого чавуну марок СЧ21, СЧ24, СЧ28, СЧ32, а також із легованого чавуну. У форсованих ДВЗ застосовують сталеві гільзи. Заготівки чавунних гільз великих розмірів отримують відливанням у піщані форми з машинним формуванням за металевими моделями. Виливку виробляють у вертикальному положенні, буртиком донизу; на верхній частині виливки роблять прибуток [1].

Заготівки чавунних гільз малих розмірів відливають у земляні форми, або відцентровим способом на машинах з горизонтальною віссю обертання. Відцентрове відливання забезпечує більш високу

якість матеріалу гільз, кращі умови праці та меншу вартість заготовок. Для запобігання відбілу гільз поверхню виливниці захищають шаром піщаної суміші, фарбують спеціальними фарбами, або застосовують оболонкову піщано-смоляну форму, що встановлюється у виливницю перед заливкою металу [5].

Як заготовки для сталевих гільз - застосовують катані труби.

3.2 Деталі кривошипно-шатунного механізму

Відповідальними деталями двигунів внутрішнього згорання, що працюють в умовах високих теплових та механічних навантажень, є поршні. Поршні тепловозних, суднових, рідше автотракторних ДВЗ виготовляють із чавунів марок СЧ21, СЧ24, СЧ28 відливанням у земляні форми. Великі поршні відливають у вертикальному положенні, днищем вниз, для того, щоб у верхній частині та зоні отвору під палець не було раковин, засорів і рихліль..

Поршні невеликих розмірів (автомобільні, мотоциклетні, двигунів мінітехніки, компресорів) виготовляють із алюмінієвих сплавів марок АЛ1, АЛ21, АЛ25 та ін. відливанням у кокіль. При цьому зовнішня поверхня формується стінками чавунної матриці роз'ємної, а внутрішня порожнина виконується сталевими стрижнями. Кількість стрижнів залежить від конфігурації внутрішньої порожнини поршня і коливається в межах від 3 до 5 [1, 5].

Для виготовлення поршневих кілець застосовують сірий чавун СЧ21-40, а також легований чавун із пластинчастим або сферичним графітом. Виливки для кількох кілець є порожнистими циліндрами – маслотами. Їх виготовляють переважно відцентровим литтям. У великосерійному та масовому виробництві для кожного поршневого кільця відливають окрему заготовку за допомогою багатопозиційних форм.

Колінчасті вали схильні до впливу високих сил від тиску газів, сил інерції та сил тертя. Тому виливки колінчастих виготовляють переважно із високоміцних чавунів марок ВЧ45-ВЧ60. Великі вали тепловозних, суднових та стаціонарних двигунів відливають у земляні форми. Їхні шийки, як правило, виготовляють порожнистими, що дозволяє отримати більш рівномірну товщину стінок виливки та структуру матеріалу. Колінчасті вали автомобільних, тракторних і

комбайнових двигунів відливають в оболонкові форми з горизонтальним розташуванням виливок. [1, 5].

Після виготовлення заготовки колінчастих валів піддають рентгенографічному контролю для виявлення внутрішніх прихованих раковин.

Маховики ДВЗ, як правило, відливають із сірих чавунів марок не нижче за СЧ 15–32 у земляні форми.

3.3 Деталі механізму газорозподілу

Розподільні вали виготовляють із спеціальних чавунів, легованих хромом, молібденом, міддю, титаном та ванадієм. Виливку валів виробляють горизонтальні оболонкові або сирі піщані форми. Для підвищення зносостійкості поверхню кулачків відбілюють за допомогою металевих холодильників (кокілів), що поміщаються у формувальну суміш. В останні роки поширення набула технологія відбілу поверхні кулачків без застосування кокілів. В цьому випадку на поверхні кулачків виконують тонкі ребра. При заливанні металом ребра швидко закристалізуються, прискорюють відведення теплоти від носика кулачка і викликають його відбіль. [5].

Широке поширення у двигунобудуванні набули чавунні штовхачі, леговані хромом, нікелем, молібденом та іншими елементами. Заливку металу роблять у піщані форми, виливка розташовується вертикально. Робочий торець штовхача в деяких випадках відбілюють металевими холодильниками. Після попередньої механічної обробки штовхач піддають гартуванню та низькотемпературній відпустці. [5].

Коромисла клапанів відливають зі сталей 35Л, 45Л або перлитного ковкого чавуну КЧ 56-4 по моделям, що виплавляються. Відомі випадки застосування алюмінієвих сплавів з метою зменшення ваги коромисел. При цьому заготовку отримують відливанням під тиском, кокіль або піщані форми [5].

4 МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ВИЛИВКИ

Вихідними для проектування виливки є креслення деталі, тип виробництва, матеріал, спосіб відливання. Проектування литої заготовки складається з наступних етапів:

Етап 1. Відповідно до ГОСТ 26645-85 [2] залежно від призначення деталі, матеріалу, способу лиття, типу виробництва та інших умов встановлюють клас точності розмірів та мас, а також ряд припусків (табл. 2). У цьому менші значення класів точності призначають прості виливки за умов масового виробництва; середні значення – на виливки середньої складності в умовах механізованого серійного виробництва, більші значення – на складні виливки в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва.

Етап 2. Встановлюють лінію роз'єму форми. Конструкція виливки має дозволити виготовлення ливарної форми з мінімальним числом роз'ємів. Як правило, лінія роз'єму форми знаходиться в площині найбільшого габаритного розміру або в площині симетрії заготовки.

Етап 3. Перевіряють можливість виготовлення всіх стін виливки відливанням. Критерієм такої можливості є мінімальна товщина стінок x , визначається за рис. 9 залежно від наведеного габаритного розміру заготовки

$$N = \frac{(2l + b + h)}{3}, \quad (1)$$

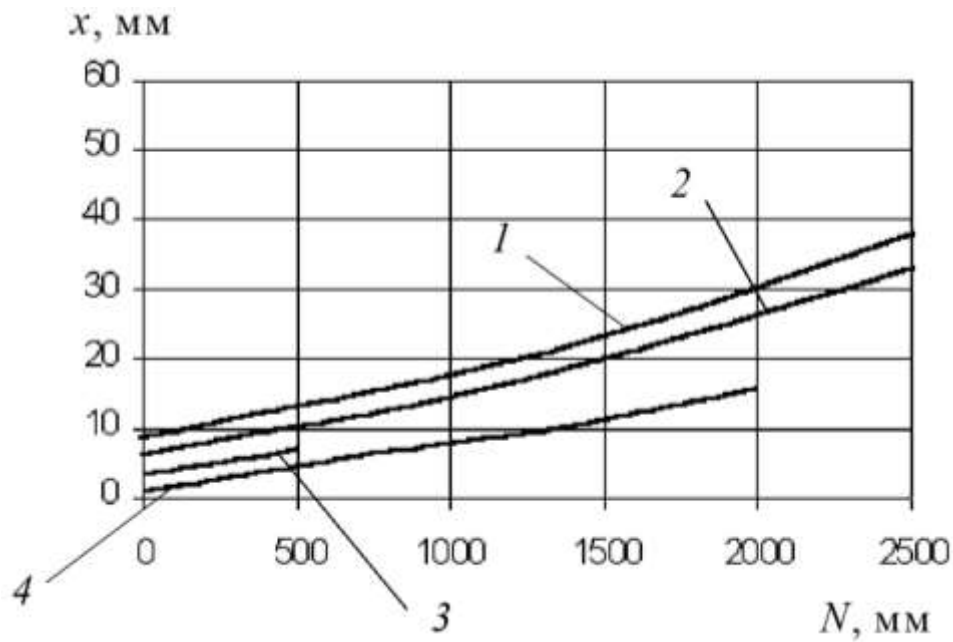
де l , b , h – відповідно довжина, ширина та висота виливки, мм.

Зазвичай, товщину внутрішніх стінок і ребер приймають на 10...20 % менше товщини зовнішніх стін.

Таблиця 2 – Рекомендовані класи точності розмірів і мас та ряди припусків на механічну обробку виливок для різних способів відливання

Спосіб відливання	Максимальний розмір виливки, мм	Класи точності розмірів і мас виливок та ряди припусків		
		Кольорові сплави з температурою плавлення нижче 700 °С	Кольорові сплави з температурою плавлення вище 700 °С	Ковкий, високоміцний та легований чавуни, стали
Під тиском	До 100	$\frac{3...5}{1}$	$\frac{3...6}{1}$	$\frac{4...7T}{1}$
	Більше 100	$\frac{3...6}{1}$	$\frac{4...7T}{1}$	$\frac{5...7}{1}$
У керамічні форми, по виплавлених і випалених моделям	До 100	$\frac{3...6}{1}$	$\frac{4...7T}{1...2}$	$\frac{5...7}{1...2}$
	Більше 100	$\frac{4...7}{1...2}$	$\frac{5...7}{1...2}$	$\frac{5...8}{1...2}$
Відливання в кокіль, в оболонкові форми	До 100	$\frac{4...9}{1...2}$	$\frac{5...10}{1...3}$	$\frac{5...11T}{1...3}$
	100...630	$\frac{5...10}{1...3}$	$\frac{5...11T}{1...3}$	$\frac{6...11}{2...4}$
	Більше 630	$\frac{5...11T}{1...3}$	$\frac{6...11}{2...4}$	$\frac{7...12}{2...5}$
У сирі та сухі піщані форми; відцентрове	До 630	$\frac{6...11}{2...4}$	$\frac{7...12}{2...5}$	$\frac{7...13T}{2...5}$
	630...4000	$\frac{7...12}{2...4}$	$\frac{8...13T}{3...5}$	$\frac{9...13}{3...6}$
	Більше 4000	$\frac{8...13T}{3...5}$	$\frac{9...13}{3...6}$	$\frac{9...14}{4...6}$

П р и м і т к а. У дробах третьої – п'ятий граф чисельник вказує класи точності розмірів і мас виливок, знаменник – ряди припусків.



1 – сталь; 2 – сірий чавун; 3 – бронза; 4 – алюмінієві сплави

Рисунок 9 – Діаграма для визначення мінімальної товщини стінок виливків з різних матеріалів

Етап 4. Призначають напуски на тих ділянках виливки, де отвори, западини, порожнини відливанням отримати важко чи неможливо. Напуск можна призначати методом «тіней» (рис. 10).

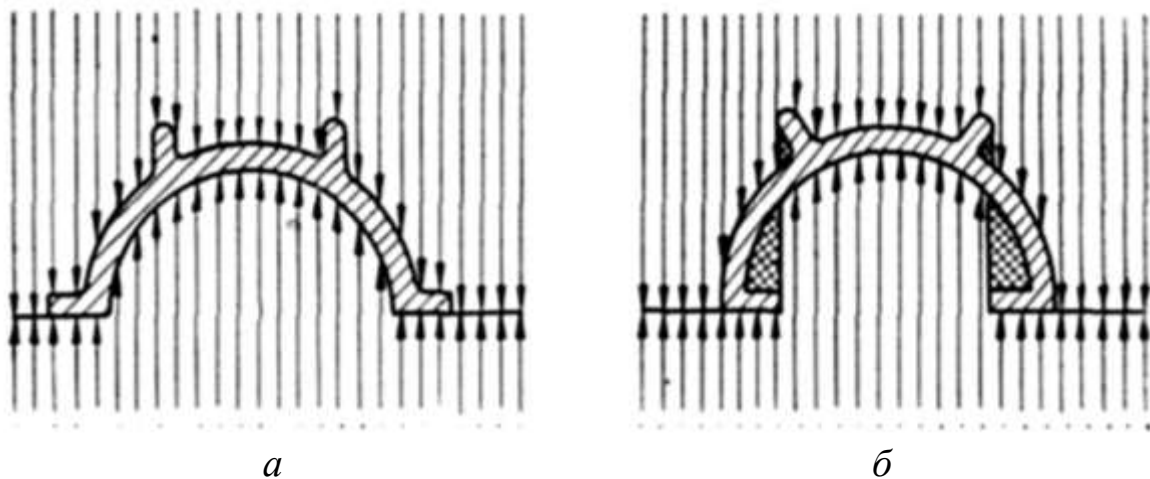


Рисунок 10 – Визначення напусків методом «тіней»:
a – напуски не потрібні; *б* – напуски необхідні (заштриховані ділянки)

За наявності отворів деталі визначають мінімальний розмір отвору, що виконується відливанням

$$d_{min} = d_0 + 0,1S, \quad (2)$$

де d_0 – вихідний діаметр, мм;

S – глибина отвору, мм.

Значення вихідного діаметра d_0 для мідних сплавів приймають рівним 5 мм, для чавунів та алюмінієвих сплавів – 7 мм; для сталей – 10 мм. Якщо розмір отвору в кресленні деталі менший d_{min} , отвір відливанням не виготовляють.

Етап 5. З табл. 3 вибирають допуски на розміри елементів виливок, утворених двома напівформами та перпендикулярних площині роз'єму. Допуски розмірів елементів виливок, утворених однією частиною форми або одним стрижнем, вибирають на 1-2 класи точніше. Допуски елементів виливок, утворених трьома і більше частинами форми, декількома стрижнями, а також товщини стінок, ребер та фланців, встановлюють на 1...2 класи грубіше.

Для розмірів елементів виливки, що не піддаються механічній обробці, переважно несиметричне одностороннє розташування полів допусків "в тіло", тобто для валів - мінус, для отворів - в плюс. Допуск вказується або після номінального розміру, або у технічних вимогах креслення. Для решти розмірів рекомендується симетричне розташування полів допусків. У цьому випадку допуск розміру на кресленні виливки не вказується.

Етап 6. Призначають припуски на механічну обробку поверхні. Розрізняють основні та додаткові припуски. *Основні припуски* на бічні та нижні поверхні виливок вибирають залежно від допусків на відповідний розмір та ряду припусків (табл. 4). На верхні при заливанні поверхні припуск збільшують до значення, що відповідає наступному ряду припусків.

Додатковий припуск на механічну обробку призначений для компенсації відхилення елементів виливки: короблення, зміщення

площиною роз'єму і т.п. Його призначають за табл. 5 залежно від допуску на відповідний розмір виливки та величини найбільшого із граничних відхилень, що вибираються за даними табл. 6 і 7. Додатковий припуск не враховують у разі, коли його величина менше половини допуску на розмір виливки.

Етап 7. З урахуванням вибраних значень основних та додаткових припусків розраховують номінальні розміри виливки.

Етап 8. Призначають формувальні ухили на вертикальних стінках виливки з метою полегшення вилучення моделі з форми та стрижня зі стрижневого ящика (ГОСТ 3212-80) залежно від висоти формоутворюючої поверхні, заглиблень, способів відливання та виду модельного комплекту. Формувальні ухили для способів відливання в піщані форми, в оболонкові форми і по моделям, що виплавляються наведені в табл. 8 для лиття в кокіль - в табл. 9, під тиском – у табл. 10. На оброблюваних поверхнях ухил утворюється понад припуск на механічну обробку (рис. 11, *а*), на необроблюваних поверхнях шляхом одночасного збільшення та зменшення розмірів виливки (рис. 10, *б*).

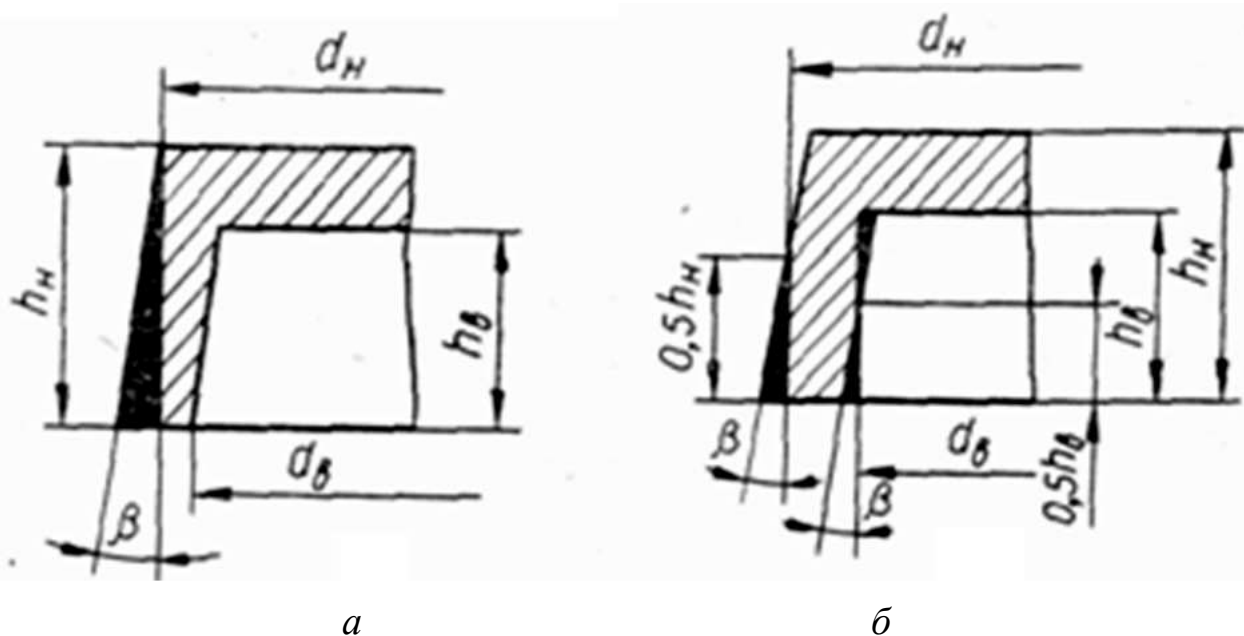


Рисунок 11 – Формувальні ухили:

а – на оброблюваних поверхнях; *б* – на необроблюваних поверхнях

Таблиця 3 – Допуски лінійних розмірів виливок

Інтервали номінальних розмірів	Допуски розмірів виливок, мм, не більше, для класів точності розмірів виливок																					
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16
До 4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,4	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	–	–	–	–	–	–
4...6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,80	–	–	–	–	–
7...10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,4	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,0	5,0	–	–	–
11...16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,80	3,60	4,4	5,6	7,0	–	–
17...25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,4	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0
26...40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,80	3,60	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0
41...63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,4	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0
64...100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,80	3,60	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0
101...160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,4	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0
161...250	–	–	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,80	3,60	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0
251...400	–	–	0,32	0,4	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0
401...630	–	–	–	–	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,80	3,60	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0
631...1000	–	–	–	–	–	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0
1001...1600	–	–	–	–	–	–	–	1,40	1,80	2,20	2,80	3,60	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0	36,0
1601...2500	–	–	–	–	–	–	–	–	2,00	2,40	3,20	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0
2501...4000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,20	3,60	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0	36,0	44,0
4001...6300	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	50,0
6301.. 10000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	50,0	64,0

Таблиця 4 – Основні припуски на механічну обробку виливок (набік)

Допуски розмірів виливків	Основний припуск, мм (не більше, для рядів)					
	1	2	3	4	5	6
До 0,12	0,2...0,4	-	-	-	-	-
0,13...0,16	0,3...0,5	0,6...0,8	-	-	-	-
0,17...0,20	0,4...0,6	0,7...0,1	1,0...1,4	-	-	-
0,21...0,24	0,5...0,7	0,8...1,1	1,1...1,5	-	-	-
0,25...0,30	0,6...0,8	0,9...1,2	1,2...1,6	1,8...2,2	2,6...3,0	-
0,31...0,40	0,7...0,9	1,0...1,3	1,4...1,8	1,9...2,4	2,8...3,2	-
0,41...0,50	0,8...1,0	1,1...1,4	1,5...2,0	2,0...2,6	3,0...3,4	-
0,51...0,60	0,9...1,2	1,2... 1,6	1,6...2,2	2,2...2,8	3,2...3,6	-
0,61...0,80	1,0...1,4	1,3...1,8	1,8...2,4	2,4...3,0	3,4...3,8	4,4...5,0
0,81...1,00	1,1...1,6	1,4...2,0	2,0...2,8	2,6...3,2	3,6...4,0	4,6...5,5
1,01...1,20	1,2...2,0	1,6...2,4	2,2...3,0	2,8...3,4	3,8...4,2	4,8...6,0
1,21...1,60	1,6...2,4	2,0...2,8	2,4...3,2	3,0...3,8	4,0...4,6	5,0...6,5
1,61...2,00	2,0...2,8	2,4...3,2	2,8...3,6	3,4...4,2	4,2...5,0	5,5...7,0
2,01...2,40	2,4...3,2	2,8...3,6	3,2...4,0	3,8...4,6	4,6...5,5	6,0...7,5
2,41...3,00	2,8...3,6	3,2...4,0	3,6...4,5	4,2...5,0	5,0...6,5	6,5...8,0
3,01...4,00	3,4...4,5	3,8...5,0	4,2...5,5	5,0...6,5	5,5...7,0	7,0...9,0
4,01...5,00	4,0...5,5	4,4...6,0	5,0...6,5	5,5...7,5	6,0...8,0	8,0...10,0
5,01...6,00	5,0...7,0	5,5...7,5	6,0...8,0	6,5...8,5	7,0...9,5	9,0...11,0
6,01...8,00	-	6,5...9,5	7,0...10,0	7,5...11,5	8,5...12,0	10,0...13,0
8,01...10,00	-	-	9,0...12,0	10,0...13,0	11,0...14,0	12,0...15,0
10,10...12,00	-	-	10,0...13,0	11,0...14,0	12,0...15,0	13,0...16,0
12,10...16,00	-	-	13,0...15,0	14,0...15,0	15,0...17,0	16,0...19,0
16,10...20,00	-	-	-	17,0...20,0	18,0...21,0	19,0...22,0
20,10...24,00	-	-	-	20,0...23,0	21,0...24,0	22,0...25,0
24,10...30,00	-	-	-	-	26,0...29,0	27,0...30,0
30,10...40,00	-	-	-	-	-	34,0...37,0
40,10...50,00	-	-	-	-	-	42,0
50,10...60,00	-	-	-	-	-	50,0

Таблиця 5 - Додаткові припуски на механічну обробку виливок (набій)

Допуски розмірів виливок, мм	Найбільша похибка розташування, мм	Додатковий припуск, мм	Допуски розмірів виливок, мм	Найбільша похибка розташування, мм	Додатковий припуск, мм
1	2	3	4	5	6
До 0,06	До 0,12	0,1	1,2...1,6	0,6...1,0	0,2
0,06...0,08	0,03...0,12	0,1		1,0...1,2	0,3
	0,12...0,16	0,2		1,2...1,6	0,6
0,08...0,10	0,04...0,16	0,1		1,6...2,0	1,0
	0,16...0,20	0,2		2,0...2,4	1,6
0,10...0,12	0,05...0,16	0,1		2,4...3,0	2,4
	0,16...0,24	0,2	1,6...2,0	0,8...1,2	0,2
0,12. 0,16	0,06...0,20	0,1		1,2...1,6	0,3
	0,20...0,30	0,2		1,6...2,0	0,8
0,16...0,20	0,08...0,20	0,1		2,0...2,4	1,2
	0,20...0,30	0,2		2,4...3,0	2,0
	0,30...0,40	0,3		3,0...4,0	3,0
0,20...0,24	0,10...0,24	0,1	2,0...2,4	1,0...1,6	0,3
	0,24...0,40	0,2		1,6...2,0	0,4
	0,40...0,50	0,4		2,0...2,4	1,0
0,24...0,30	0,12... 0,24	0,1		2,4...3,0	1,6
	0,24...0,40	0,2		3,0...4,0	2,4
	0,40...0,50	0,3		4,0...5,0	4,0
	0,50...0,60	0,5	2,4...3,0	1,2...2,0	0,3
0,30...0,40	0,15.. 0,30	0,1		2,0...2,4	0,5
	0,30...0,40	0,2		2,4...3,0	1,2
	0,40...0,50	0,3		3,0...4,0	2,0
	0,50...0,60	0,4		4,0...5,0	3,0
	0,60... 0,80	0,6		5,0...6,0	5,0
0,40...0,50	0,20...0,40	0,1	3,0...4,0	1,5...2,4	0,4
	0,40...0,50	0,2		2,4...3,0	0,6
	0,50...0,60	0,3		3,0...4,0	1,6
	0,60..0,80	0,5		4,0...5,0	2,4
	0,80...1,00	0,8		5,0...6,0	4,0
0,50...0,60	0,25...0,50	0,1		6,0...8,0	5,5
	0,50...0,60	0,3	4,0...5,0	2,0...3,0	0,5
	0,60.. 0,80	0,4		3,0.. 4,0	0,8
	0,80...1,00	0,5		4,0...5,0	2,0
	1,00...1,20	0,6		5,0...6,0	3,0

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6
0,60...0,80	0,30...0,50	0,1	5,0...6,0	6,0...8,0	5,0
	0,50...0,60	0,2		8,0...10,0	7,0
	0,60...0,80	0,4		2,5...4,0	0,6
	0,80...1,00	0,5		4,0...5,0	1,0
	1,00...1,20	0,8		5,0...6,0	2,4
	1,20...1,60	1,2		6,0...8,0	4,0
0,8...1,0	0,4...0,6	0,1	6,0...8,0	8,0...10,0	5,5
	0,6...0,8	0,2		10,0...12,0	8,0
	0,8...1,0	0,4		3,0...5,0	0,8
	1,0...1,2	0,6		5,0...6,0	1,2
	1,2...1,6	1,0		6,0...8,0	3,5
	1,6...2,0	1,6		8,0...10,0	5,0
1,0..1,2	0,5...0,8	0,2	8,0...1,0	10,0...12,0	7,0
	0,8...1,0	0,3		12,0...16,0	11,0
	1,0...1,2	0,5		4,0...6,0	1,0
	1,2...1,6	0,8		6,0...8,0	1,6
	1,6...2,0	1,2		8,0..10,0	4,0
	2,0...2,4	2,0		10,0...12,0	6,0

Таблиця 6 – Граничні відхилення усунення елементів виливки по площині роз'єму

Відстань між центруючими пристроями форми, мм	Граничні відхилення зміщення, мм, не більше, для класів точності розмірів вливок									
	1...3	4...5т	5...6	7т...7	8...9т	9...10	11т...11	12...13т	13...14	15...16
До 630	0,24	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
630...1600	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4
1600...4000	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0
Понад 4000	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0

Таблиця 7 – Граничні відхилення короблення елементів вливок

Інтервали найбільших габаритних розмірів виливки, мм	Граничні відхилення короблення, мм, не більше, для ступенів короблення вливок									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
До 100	-	-	-	-	-	0,1	0,16	0,24	0,4	0,6
100...160	-	-	-	-	0,1	0,16	0,24	0,4	0,6	1,0
160...240	-	-	-	0,1	0,16	0,24	0,4	0,6	1,0	1,6
240...400	-	-	0,1	0,16	0,24	0,4	0,6	1,0	1,6	2,4

Продовження таблиці 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
400...630	-	0,1	0,16	0,24	0,4	0,6	1,0	1,6	2,4	4,0
630...1000	0,1	0,16	0,24	0,4	0,6	1,0	1,6	2,4	4,0	6,0
1000...1600	0,16	0,24	0,4	0,6	1,0	1,6	2,4	4,0	6,0	10,0
1600...2400	0,24	0,4	0,6	1,0	1,6	2,4	4,0	6,0	10,0	16,0
2400...4000	-	0,6	1,0	1,6	2,4	4,0	6,0	10,0	16,0	24,0
4000...6300	-	-	1,6	2,4	4,0	6,0	10,0	16,0	24,0	40,0
6300...10000	-	-	-	4,0	6,0	10,0	16,0	24,0	40,0	60,0

П р и м і т к а:

1. При відхиленні найменшого габаритного розміру елемента виливки до найбільшого понад 0,2 призначається ступінь жолоблення 1...7, при 0,2...0,1 – 2...8, при 0,10...0,05 – 3...9, при відношенні до 0,05 – 4 ... 10.
2. Найменші значення ступенів короблення відносяться до простих виливок з легких кольорових сплавів; великі значення – до складних, термооброблюваних виливок із чорних сплавів.

Таблиця 8 – Формувальні ухили модельного комплекту при відливанні в піщані форми, оболонкові форми, за виплавленими моделями

Висота основної формоутворюючої поверхні $h_{\text{н}}$ або $h_{\text{в}}$, мм	Формувальний ухил						
	при застосуванні піщано-глинистих сумішей та комплекту (рис. 10)				при застосуванні піщано-глинистих сумішей, що твердіють в контакт з оснасткою, та металевого комплекту для оболонкової форми	для відливання за виплавленими моделями	
	металлического, пластмассового		дерев'яного			для зовнішніх (охоплюваних) поверхонь	для внутрішніх (що охоплюють) поверхонь
	$d \leq h$	$d > h$	$d \leq h$	$d > h$			
До 10	2°17'	4°34'	2°54'	5°45'	1°43'	0°30'	1°30'
10...18	1°36'	3°11'	1°54'	3°49'	1°16'	0°20'	1°00'
19...30	1°09'	2°40'	1°31'	3°03'	0°57'	0°15'	0°45'
31...50	0°48'	1°42'	1°02'	2°05'	0°41'	0°15'	0°45'
51...80	0°34'	1°13'	0°43'	1°26'	0°30'	0°10'	0°30'
81...120	0°26'	0°54'	0°32'	1°03'	0°23'	0°10'	0°30'
121...180	0°19'	0°38'	0°23'	0°46'	0°17'	-	-
181...250	0°19'	0°37'	0°22'	0°44'	0°14'	-	-
251...315	0°19'	0°37'	0°22'	0°44'	0°14'	-	-
316...400	0°18'	0°36'	0°21'	0°43'	-	-	-
401...500	0°17'	0°35'	0°21'	0°41'	-	-	-
501...630	0°17'	0°33'	0°19'	0°38'	-	-	-

Продовження таблиці 8

630...800	0°16'	0°32'	0°19'	0°38'	-	-	-
801...1000	-	-	0°19'	0°38'	-	-	-
1001...1250	-	-	0°19'	-	-	-	-
1251...1600	-	-	0°19'	-	-	-	-
1601...2000	-	-	0°19'	-	-	-	-
2001...2500	-	-	0°19'	-	-	-	-
Більше 2500	-	-	0°19'	-	-	-	-

Таблиця 9 – Формувальні ухили при відливанні в кокіль

Матеріал виливки	Формувальний ухил поверхні			
	Зовнішній	Внутрішній (з боку металевого стрижня) при висоті стінки, мм		
		До 50	50...100	100...500
Чавун	1°...4°	2°...4°	1°...3°	0°30'...2°
Сталь	2°...3°	-	-	-
Алюмінієвий сплав	0°30'...1°	2°...3°	1°...2°	-
Магнієвий сплав	1°...2°	1°...2°	1°...2°	-
Мідний сплав	1°...2°	2°...4°	1°...2°	-
Цинковий сплав	0° 17'...1°	1°...2°	0°30'...1°	-

Таблиця 10 – Формувальні ухили під час відливання під тиском

Елементи виливок	Сплав			
	цинковий	алюмінієвий	магнієвий	мідний
Мінімальний ливарний ухил:				
• зовнішній	0°15'	0°30'	0° 30'	0°30'
• внутрішній	0°03'	0°45'	0° 45'	1°00'

Етап 9. Призначають радіуси закруглень залежно від матеріалу виливки, середньої товщини стінок, що сполучаються, і кута, утвореного між ними (рис. 12).

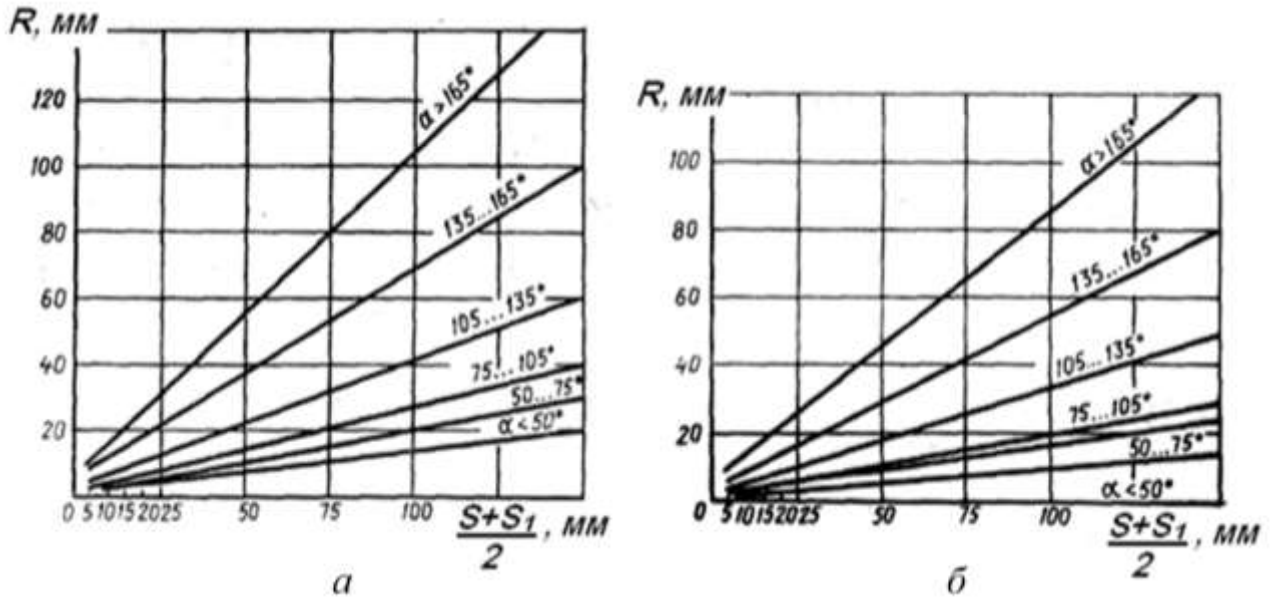


Рисунок 12 – Графіки визначення радіусів закруглень R за середньою товщині стінки $(s + s_1)/2$ при сполученні елементів виливки:
 а – зі сталі та мідних сплавів; б – з чавуну, алюмінієвих та магнієвих сплавів

Етап 10. Оформляють креслення литої заготовки. У окремому виробництві креслення виливки виконують на копії креслення деталі суцільною тонкою чорною або червоною лінією. Величину припуску на механічну обробку вказують цифрою перед знаком шорсткості поверхні деталі. Ливарний ухил поверхні деталі та його величина зображуються лінією-виноскою з полицею. Над полицею розміщують знак ухилу \sphericalangle , після якого ставлять значення величини ухилу. Технологічні напуски, у вигляді западин, отворів малого розміру і т.п., що не виконуються при литті, закреслюють суцільною тонкою лінією навхрест, яку допускається виконувати червоним кольором. З урахуванням форми, розмірів та положення стрижнів визначається конфігурація внутрішньої порожнини виливки. На кресленні вказують лінію роз'єму моделі та форми (відповідно до літер «М» і «Ф»), поряд з лінією стрілками позначають верх і низ форми (відповідно до літер «В» і «Н»). Приклад оформлення креслення виливки в одиничному виробництві показаний на рис. 13.

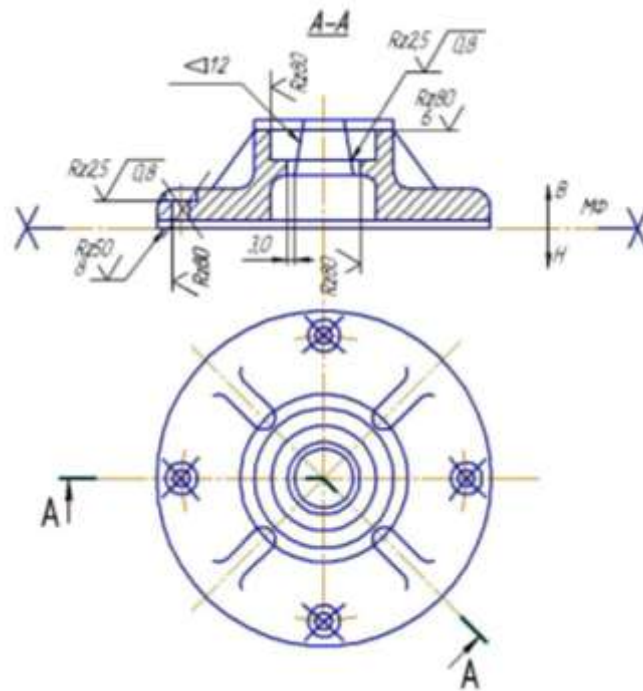


Рисунок 13 – Оформлення виливки на кресленні деталі

У серійному виробництві на литу заготівку виконують окреме креслення, на якому суцільною тонкою лінією наносять контур оброблюваних поверхонь, а також отворів, западин і витоків, що не виконуються відливанням (рис. 14). Припуски вказують розмірними лініями.

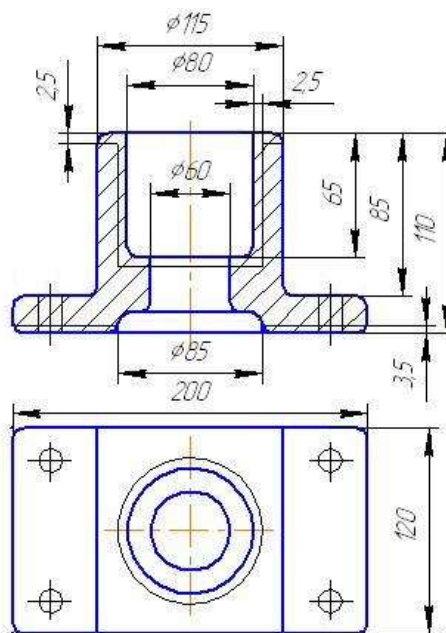


Рисунок 14 – Фрагмент креслення виливки

5 ПРИКЛАД ПРОЕКТУВАННЯ ВИЛИВКИ

Завдання: спроектувати литу заготовку поршня за заданим кресленням (рис. 15, а). Матеріал деталі – АЛ25. Тип виробництва – серійне. Спосіб відливання – у кокіль.

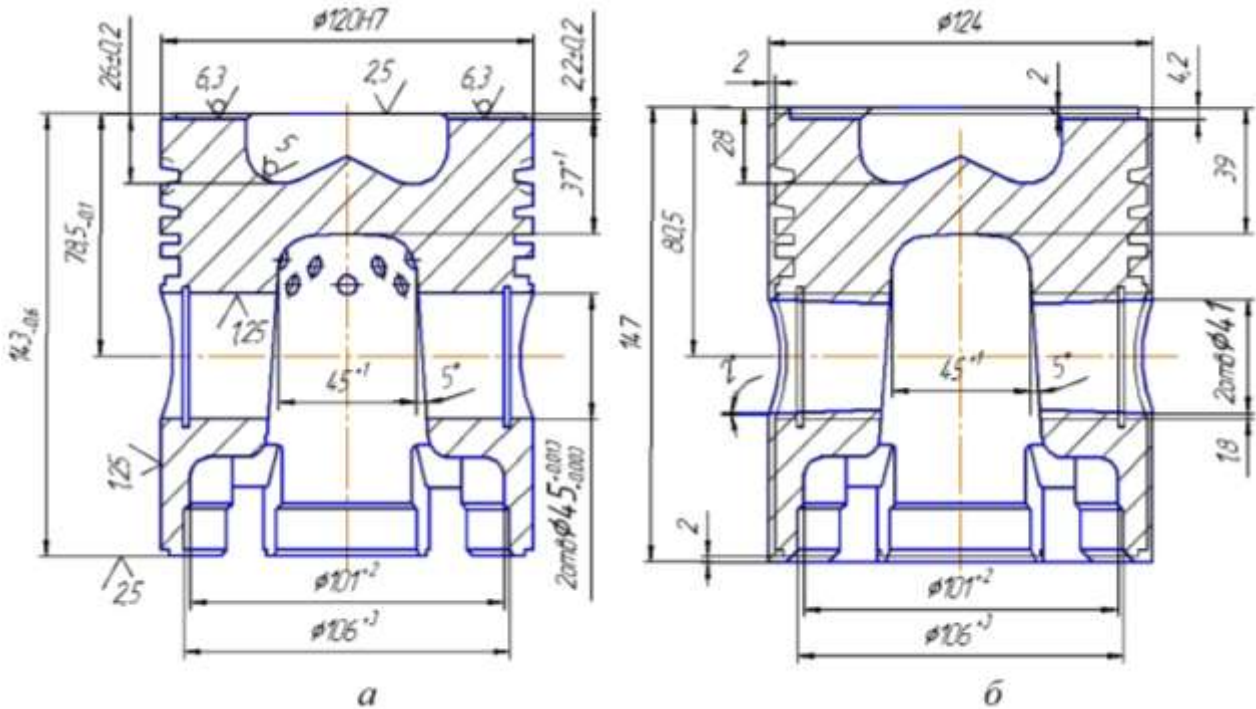


Рисунок 15 – Фрагменти креслення поршня (а) та його виливки (б)

Рішення:

Етап 1. За табл. 2 визначаємо клас точності розмірів та мас, а також ряд припусків. Для заданого способу відливання в кокіль максимального розміру виливки 143 мм з кольорового сплаву з температурою плавлення нижче 700°C визначаємо класи точності розмірів і мас від 5т до 10 і ряди припусків від 1 до 3. Відповідно до рекомендацій розділу 4 даних методичних вказівок для виливок середньої складності в умовах серійного виробництва рекомендуються середні значення класів точності та рядів припусків. Тому приймаємо для даної виливки 7 клас точності та 2 ряд припусків.

Етап 2. Виливку розташовуємо вертикально поршневою головкою донизу (рис. 16). Кокіль має площину роз'єму, що проходить через вісь симетрії поршня. Для виготовлення внутрішньої порожнини

поршня, отворів під поршневі палець та камери згоряння застосовуємо металеві стрижні 1–4.

Етап 3. Перевіряємо можливість виготовлення всіх стін вилівки відливанням. За формулою (1) розраховуємо наведений габаритний розмір заготовки:

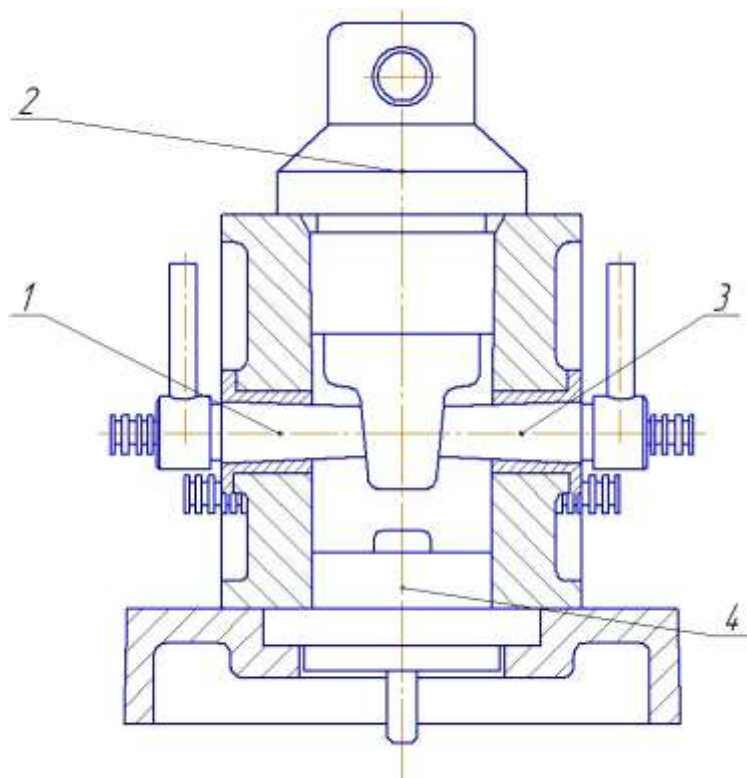


Рисунок 16 – Схема кокіля для відливання поршня

$$N = \frac{(2l + b + h)}{3} = \frac{2 \cdot 0,143 + 0,12 + 0,12}{3} = 0,175 \text{ м,}$$

де l – довжина вилівки, рівна 143 мм;

b, h -- відповідно ширина і висота вилівки, рівні її діаметру 120 мм.

За рис. 9 залежно від матеріалу вилівки та наведеного габаритного розміру N визначаємо мінімальну товщину стінки: $x = 3$ мм. Оскільки товщина стінок поршня перевищує 3 мм, отже всі вони можуть бути виготовлені відливанням.

Етап 4. З метою спрощення форми заготовки та її вилучення з кокіля призначаємо напуски на ділянках канавок під поршневі та стопорні кільця. З рис. 14 видно, що шорсткість поверхні клапанних

виточок і камери згоряння поршні забезпечується відливанням (знак \checkmark). Тому напуски на вказаних ділянках не призначаємо.

За формулою (2) перевіряємо можливість виготовлення відливанням отвору під поршневий палець $\varnothing 45$. Розраховуємо мінімально допустимий діаметр отвору:

$$d_{min} = d_0 + 0,1S = 7 + 0,1 \cdot 37,5 = 10,75 \text{ мм},$$

де d_0 – вихідний діаметр для алюмінієвих сплавів рівний 7 мм;

S – глибина отвору під поршневий палець, рівна 37,5 мм.

Оскільки розрахункове значення d_{min} менше діаметра отвору під палець $\varnothing 45$, отже, цей отвір можна виконати відливанням.

Етап 5. Визначаємо допуски на розміри виливки, які одержують механічною обробкою поверхонь. У цьому прикладі обробляються бічна поверхня поршня, торцеві поверхні головки та тронка, поверхні отворів під поршневий палець. Отже, визначаємо допуски для розмірів $143_{-0,6}$, $\varnothing 120H7$, $\varnothing 45_{+0,003}^{+0,013}$ (табл. 3):

для розміру $143_{-0,6}$ – 1,2 мм;

для розміру $\varnothing 120H7$ – 1,2 мм;

для розміру $\varnothing 45_{+0,003}^{+0,013}$ – 1,0 мм.

Етап 6. З табл. 4 визначаємо основні припуски на механічну обробку:

для розміру $143_{-0,6}$ – 2,0 мм;

для розміру $\varnothing 120H7$ – 2,0 мм;

для розміру $\varnothing 45_{+0,003}^{+0,013}$ – 1,8 мм.

Визначаємо додаткові припуски на обробку, призначені для компенсації зсуву по площині роз'єму і короблення. І тому з табл. 6 залежно від прийнятого класу точності (7 класс) та відстані між центруючими пристроями форми (у даному випадку ця відстань не перевищує 630 мм) вибираємо граничні відхилення усунення – 0,5 мм.

Потім табл. 7 визначаємо ступінь короблення виливки. Оскільки відношення найменшого габаритного розміру виливки до найбільшого габаритного розміру становить $120/143 = 0,83$, ступінь короблення вибирається з діапазону 1...7 (див. примітку до табл.7). Приймаємо 6 ступінь короблення. Для цього з табл. 7 визначаємо граничні відхилення короблення - 0,16 мм.

З табл. 6 для кожного розміру за величиною допуску та найбільшою похибкою розташування (0,5 мм) вибираємо додаткові припуски на механічну обробку – 0,2 мм. Така величина додаткового припуску менше половини допуску на будь-який із відповідних розмірів. Тому додаткові припуски не враховуємо.

Етап 7. Розраховуємо номінальні розміри виливки:

для розміру $143_{-0,6}$ розмір виливки $143 + 2,0 \cdot 2 = 147$;

для розміру $\varnothing 120H7$ розмір виливки $120 + 2,0 \cdot 2 = 124$;

для розміру $\varnothing 45_{+0,003}^{+0,013}$ розмір виливки $45 - 1,8 \cdot 2 = 41,4$,

приймаємо 41.

З урахуванням призначених допусків розміри виливки можна записати в такий спосіб:

$147 \pm 0,5$; $\varnothing 124 \pm 0,5$; $\varnothing 41 \pm 0,4$.

Етап 8. За табл. 9 вибираємо формувальні ухили в отворі під палець 2° .

Етап 9. За рис. 12 визначаємо радіуси закруглень – 3,0 мм.

Етап 10. Оформляємо креслення литої заготовки (рис. 15, б).

6 ЗВІТ З ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ

Звіт з практичного заняття повинен містити:

- найменування та мета роботи;
- вихідні дані до роботи: креслення деталі, тип виробництва, матеріал, призначення, спосіб відливання відповідно до варіанта вихідних даних (Додаток 1);
- методику виконання практичного заняття відповідно до послідовності, викладеної в розділі 4;
- ескіз литої заготовки;
- висновки щодо роботи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: Підручник. – Львів: Світ, 1996. – 368 с.
2. ГОСТ 26645 - 85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – Введ. 01.01.88.
3. 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.

ДОДАТОК
Вихідні дані до практичного заняття

№ креслення	№ варіанта	Деталь	Способи відливання	Матеріал	Тип виробництва
1	2	3	4	5	6
1	1	Стійка осі коромисел	Відливання в піщані форми	СЧ 15–32	Одиничне
	2		Відливання за виплавленими моделями		Серійне
2	3	Коромисло клапана	Відливання за виплавленими моделями	Сталь 45Л	Серійне
	4		Відливання в оболонкові форми		
3	5	Кришка підшипника нижня	Відливання в кокіль	АЛ 1	Серійне
	6		Відливання в піщані форми		Одиничне
4	7	Кришка підшипника верхня	Відливання в кокіль	АЛ 1	Серійне
	8		Відливання в піщані форми		Одиничне
5	9	Кришка	Відливання в кокіль	АЛ 5	Серійне
	10		Відливання в піщані форми		Одиничне
6	11	Кришка відцентрового маслоочисника	Відливання в кокіль	АЛ 4	Серійне
	12		Відливання під тиском		Масове
7	13	Важіль	Відливання за виплавленими моделями	Сталь 45Л	Серійне
8	14	Важіль	Відливання за виплавленими моделями	Сталь 35Л	Серійне
9	15	Важіль	Відливання за виплавленими моделями	Сталь 45Л	Серійне
10	16	Тронк поршня	Відливання в піщані форми	СЧ 21–40	Одиничне
11	17	Тронк поршня	Відливання в піщані форми	СЧ 21–40	Серійне
12	18	Поршень	Відливання в кокіль	АЛ 25	Серійне
13	19	Поршень	Відливання в кокіль	АЛ 25	Серійне

Продовження додатку

1	2	3	4	5	6
14	20	Поршень	Відливання в кокіль	АЛ 25	Серійне
15	21	Поршень	Відливання в кокіль	АК 4	Серійне
16	22	Поршень	Відливання в кокіль	АЛ 10	Серійне
17	23	Вставка поршня	Відливання в піщані форми	СЧ 28–48	Одиничне
18	24	Вал колінчастий	Відливання в піщані форми	ВЧ 50–1,5	Серійне
19	25	Вал колінчастий	Відливання в оболонкові форми	ВЧ 50–1,5	Масове
20	26	Вал розподільний	Відливання в піщані форми	Чавун спеціальний	Серійне
21	27	Фланець	Відливання в піщані форми	СЧ 24-44	Серійне
	28		Відливання в оболонкові форми		Масове
22	29	Кронштейн середній	Відливання за виплавлюваними моделями	Сталь 35Л	Серійне
23	30	Кронштейн	Відливання за виплавлюваними моделями	Сталь 35Л	Серійне
24	31	Кронштейн вилки тяги регулятора	Відливання за виплавлюваними моделями	Сталь 40ХЛ	Серійне
	32		Відливання в оболонкові форми		Масове
25	33	Кронштейн упорний паливного насоса	Відливання в піщані форми	СЧ 15-32	Серійне
	34		Відливання в оболонкові форми		Масове
26	35	Маховик	Відливання в піщані форми	СЧ 21-40	Серійне
	36				Одиничне
27	37	Маховик	Відливання в піщані форми	СЧ 18-36	Серійне
	38				Одиничне
28	39	Маховик	Відливання в піщані форми	СЧ 15-32	Серійне
	40				Одиничне
29	41	Штовхач клапана	Відливання в піщані форми	Чавун спеціальний	Серійне

Продовження додатку

1	2	3	4	5	6
30	42	Корпус штовхача	Відливання за виплавлюваними моделями	Сталь 20Л	Серійне
31	43	Шестерня приводу врівноважувального механізму	Відливання в кокіль	Магнієвий сплав МЛ5	Серійне
32	44	Опора середнього підшипника колінчастого валу	Відливання в кокіль	Магнієвий сплав МЛ 5	Серійне
	45		Відливання під тиском		Масове
33	46	Опора переднього підшипника колінчастого валу	Відливання в кокіль	Магнієвий сплав МЛ 5	Серійне
	47		Відливання під тиском		Масове
34	48	Шків колінчастого валу	Відливання в піщані форми	СЧ 18–36	Серійне
	49				Одиничне
35	50	Шків колінчастого валу	Відливання в піщані форми	СЧ 15–32	Серійне
	51				Одиничне
36	52	Циліндр	Відливання в оболонкові форми	СЧ21–40	Серійне
37	53	Гільза циліндра	Відливання в піщані форми	СЧ 18–36	Одиничне
	54		Відцентрове відливання		Серійне
38	55	Гільза циліндра	Відливання в піщані форми	СЧ 18–36	Одиничне
	56		Відцентрове відливання		Серійне
39	57	Патрубок зливний	Відливання в кокіль	АЛ 9	Серійне
	58		Відливання в піщані форми		Одиничне
40	59	Вантаж регулятора	Відливання за виплавлюваними моделями	Сталь 55Л	Серійне

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ	6
2 СПОСОБИ ОТРИМАННЯ ВИЛИВОК.....	8
2.1 Лиття в піщано-глинисті форми.....	8
2.2 Відливання в оболонкові форми.....	9
2.3 Відливання за виплавлюваними моделями	10
2.4 Відливання в кокіль	11
2.5 Відцентрове відливання	13
2.6 Відливання під тиском	14
3 ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВОК ДЕТАЛЕЙ ДВЗ.....	16
3.1 Корпусні деталі	16
3.2 Деталі кривошипно-шатунного механізму.....	17
3.3 Деталі механізму газорозподілу	18
4 МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ВИЛИВКИ	19
5 ПРИКЛАД ПРОЕКТУВАННЯ ВИЛИВКИ.....	27
6 ЗВІТ З ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ	31
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	31
ДОДАТОК	32

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичної роботи
“Проектування литої заготовки”
з дисципліни „Прогресивні технології машинного виробництва”

Укладачі:

КРАВЧЕНКО Сергій Сергійович
ЛНЬКОВ Олег Юрійович
САВЧЕНКО Анатолій Вікторович

Відповідальний за випуск проф. Марченко А.П.

Роботу до видання рекомендував проф. Волонцевич Д.О.

Редактор

План 2023 р., поз. 47

Формат 60x84 1/16.

Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 2,56.

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

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

Самостійне електронне видання