

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до розрахунково-графічних завдань
для дисциплін з технологічних методів
виробництва заготовок для студентів спеціальностей:

131 «Прикладна механіка»

132 «Матеріалознавство»

133 «Галузеве машинобудування»

134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

денної і заочної форми навчання

Методичні вказівки до розрахунково-графічних завдань для дисциплін з технологічних методів виробництва заготовок для студентів спеціальностей: 131 «Прикладна механіка», 132 «Матеріалознавство», 133 «Галузеве машинобудування», 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» денної і заочної форми навчання / Укл. В.М. Плескач, В.О. Савченко, І.В. Акімов – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 58 с.

Укладачі: В.М. Плескач, доцент, к.т.н.,
В.О. Савченко, доцент, к.т.н.,
І.В. Акімов, доцент, к.т.н.

Рецензент: О.А. Мітяєв, професор, д.т.н.

Відповідальний за випуск: Плескач В.М., доцент, к.т.н.

Затверджено на засіданні кафедри
композиційних матеріалів, хімії та
технологій,
протокол № 8 від 23.06.2020 р.

Рекомендовано до видання НМК
факультету будівництва,
архітектури та дизайну,
протокол № 6 від 06.07.2020 р.

ЗМІСТ

Загальні методичні відомості	4
Основні принципи проектування заготовок.....	5
Розрахунково-графічне завдання №1. Проектування литих заготовок.....	6
Розрахунково-графічне завдання №2. Проектування штампованих заготовок.....	26
Розрахунково-графічне завдання №3. Техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального методу виробництва заготовок.....	40
Рекомендована література	50
Додаток А. Класифікація виливків за технологічною складністю.....	52
Додаток Б. Приклад оформлення креслення литої заготовки.....	54
Додаток В. Коефіцієнт K_p для визначення розрахункової маси поковки	55
Додаток Г. Номограма для визначення вихідного індексу I_v штампованої заготовки	56
Додаток Д. Приклад оформлення креслення штампованої заготовки.....	57
Додаток Е. Приклад титульного аркуша.....	58

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВІДОМОСТІ

Розрахунково-графічні завдання (РГЗ) з технологічних методів виробництва заготовок деталей машин призначені для закріплення знань студентів спеціальностей: 131 «Прикладна механіка», 132 «Матеріалознавство», 133 «Галузеве машинобудування», 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка», які вивчають дисципліни з технологічних методів виготовлення заготовок деталей машин. Вони сприяють засвоєнню лекційного матеріалу і служать сполучною ланкою між теоретичною підготовкою майбутнього фахівця та його практичною діяльністю. Головна мета РГЗ полягає у набутті студентами практичних навичок із самостійного вибору найраціональнішого у заданих умовах виробництва метода виробництва заготовок деталей машин. Під час виконання РГЗ студенти на практиці самостійно проектують литу та штамповану заготовку, виходячи із заданих креслення деталі та розміру виробничої партії цієї заготовки, а також проводять техніко-економічне обґрунтування доцільності вибору оптимального методу виробництва заготовки.

При виконанні РГЗ студенти використовують знання та навички, які отримано при вивченні таких дисциплін:

Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство;
Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка;
Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання.

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ПРОЕКТУВАННЯ ЗАГОТОВОК

Проектування будь-якої заготовки починається з аналізу завдання на впровадження у виробництво нової деталі. Необхідно проаналізувати форму та розміри деталі, для якої передбачається проектувати заготовку, її матеріал, розмір замовленої партії деталей (або серійність та тип виробництва). Для кожної деталі спочатку обирають метод виробництва заготовки, який може бути застосований для її виготовлення. Одночасно перевіряють можливість використання тих чи інших технологічних процесів в умовах можливостей конкретного підприємства.

Головними чинниками, що обумовлюють вибір технологічного методу виробництва заготовки, є: технологічні властивості її матеріалу і можливі зміни їх внаслідок застосування того чи іншого технологічного процесу виготовлення заготовки; конфігурація та розміри майбутньої заготовки (наприклад, маса заготовки, форма і розміри зовнішньої поверхні, отворів та порожнин); вимоги до точності заготовки та якості її поверхні, а також обсяг виробничої партії (або тип виробництва). Наприклад, заготовки корпусних коробчастих деталей, в яких монтуються робочі механізми та вузли (корпуси двигунів, редукторів, коробок передач тощо), виготовляють переважно литтям незалежно від типу виробництва. Заготовки деталей типу зубчастих коліс, дисків, отримані куванням, штампуванням мають кращі механічні властивості, ніж литі. Технологічні методи, які забезпечують більшу точність заготовки та високу продуктивність, вимагають дорожчого технологічного обладнання, тому вони економічно доцільні лише при відносно великих обсягах виробництва. Перевагу слід віддавати тим методам, які забезпечують замовлену якість заготовки при досить низькій собівартості готової деталі та високому коефіцієнті використання матеріалу. Після вибору певного методу формоутворення заготовки проводиться проектування заготовки згідно з наведеними нижче методичними вказівками.

Під час оформлення РГЗ необхідно викласти послідовність проектування заготовки для заданої деталі. При цьому обов'язково висвітлити всі свої міркування, розрахунки, висновки та інші міркування, за якими приймаюся рішення за кожним етапом проектування. Прийняті рішення повинні супроводжуватися

посиланнями на відповідні залежності, розрахунки, таблиці, літературні джерела тощо.

Проектування закінчується виконанням креслення заготовки та розрахунком маси заготовки за її фактичними розмірами.

Розрахунково-графічне завдання №1

ПРОЕКТУВАННЯ ЛИТИХ ЗАГОТОВОК

1.1 Мета роботи

Використовуючи знання можливостей різних методів лиття, вивчити особливості та правила проектування литих заготовок із застосуванням тих чи інших ливарних технологій; з'ясувати, як характеристики деталі, ливарні властивості її матеріалу та правила проектування заготовок впливають на вибір оптимального метода виробництва литої заготовки при заданих умовах виробництва.

1.2 Загальні відомості

При виготовленні литих заготовок найчастіше використовуються такі способи лиття:

- лиття у піщані форми;
- лиття в оболонкові форми;
- лиття за витоплюваними моделями;
- кокільне лиття;
- відцентрове лиття;
- лиття під тиском.

Використання того чи іншого способу лиття пов'язане з такими особливостями. По-перше, матеріал ливарної форми. Перші три методи мають разові форми. Вони, як і стрижні, виготовляються з піщаної вогнетривкої основи та певної зв'язки і руйнуються при видаленні виливка. Це дозволяє виготовити і зовнішню, і внутрішню поверхні будь-якої складності без обмежень. Три останні методи мають багаторазові металеві форми, у кожній з яких можна виготовити тисячі виливків. Металева ливарна форма дозволяє отримати зовнішню поверхню заготовки високої точності з низькою шорсткістю. Але існує обмеження складності зовнішньої поверхні:

вона повинна дозволити легко видалити виливок з металевої ливарної форми.

Внутрішню поверхню при литті під тиском можна отримати за рахунок металевого стрижня, при відцентровому литті – лише за рахунок відцентрових сил. При кокільному литті можна використовувати і металеві, і піщані стрижні. Щоб металевий стрижень можна було вийняти з отвору, він має бути прямолінійним з певною конусністю. Тобто отвір у цьому випадку має форму усіченого конусу. На поверхні отвору, отриманому відцентровим литтям, накопичуються шкідливі домішки, тому припуск на неї збільшується на 50% від стандартного. При кокільному литті тип стрижня обирається залежно від складності конфігурації отвору (порожнини).

Лиття у піщані форми вважається універсальним, їм можна відлити заготовки будь-якої маси і складності. Одночасно це найдешевший спосіб лиття; його можна використовувати при невеликих партіях (при одиничному і дрібносерійному виробництві). Решта методів лиття – спеціальні, вони мають деякі обмеження за конфігурацією, масою, матеріалом і вартістю виливка. Найдешевше серед спеціальних методів лиття – це кокільне, найдорожче – лиття за витоплюваними моделями.

Метал, що заливається у металеві форми, швидше охолоджується, і його рідиноплинність суттєво знижується, тому у них важче отримати тонкі стінки, ніж у разових формах.

1.3 Завдання на самостійну підготовку до проектування литої заготовки

Попередньо ознайомитися з підручниками та довідниками, які містять матеріал, що стосується можливостей різних методів лиття та правил їх використання при проектуванні литої заготовки:

[1] с.56-99; [2] с.93-122; [3] с. 291-310, 323-336; [4] с. 203 – 226; [6].

1.4 Завдання для РГЗ № 1

Отримати від викладача завдання на проектування: креслення деталі з альбому «Індивідуальні завдання» [5] і обсяг виробничої партії та записати його на початку РГЗ № 1 у наступній послідовності:

- «Назва деталі» (ксерокопію креслення-завдання внести до РГЗ № 1, 2-а сторінка);

- маса деталі, кг;
- матеріал деталі;
- обсяг виробничої партії (замовлення), шт.

1.5 Порядок виконання РГЗ № 1

1.5.1 Вибрати технологічний метод виробництва литої заготовки

Виходячи з конфігурації, розмірів і матеріалу деталі, а також з типу виробництва, необхідно вибрати технологічний метод виробництва литої заготовки. Тип виробництва можна визначити за табл. 1.1. Необхідну для цього орієнтовну масу виливка на етапі проектування можна визначити, збільшивши масу деталі приблизно на 40...50%. Вибираючи спосіб лиття, слід враховувати, що при масовому і крупносерійному виробництві можна використовувати дорожчі способи лиття (наприклад, лиття в оболонкові форми), а при одиничному і дрібносерійному – дешеві (наприклад, лиття у піщані форми).

Таблиця 1.1 - Типи виробництв виливків

Маса виливка, кг	Кількість виливків у виробничій партії (замовленні), шт., за типом виробництва				
	масове	крупносе- рійне	середньо- серійне	дрібносе- рійне	одиничне
до 0,25	1000001... 2000000	200001... 1000000	35001... 200000	2501... 35000	не більше 2500
понад 0,25 до 0,63	700001... 1400000	150001... 700000	30001... 150000	2001... 30000	не більше 2000
понад 0,63 до 1,0	500001... 1000000	100001... 500000	20001... 100000	1501... 20000	не більше 1500
понад 1,0 до 2,5	350001... 700000	75001... 350000	12001... 75000	1001... 12000	не більше 1000
понад 2,5 до 10,0	200001... 400000	30001... 200000	6001... 30000	501... 6000	не більше 500
понад 10 до 25	100001... 200000	15001... 100000	3001... 15000	301... 3000	не більше 300
понад 25 до 63	60001... 120000	10001... 60000	2501... 10000	201... 2500	не більше 200

Проаналізувавши можливості різних методів виробництва литих заготовок та вимоги до заготовки, що проектується, обґрунтувати зроблений вибір способу лиття. Обравши лиття у піщані форми, треба вказати: використовується ручне чи машинне формування, при обранні кокільного лиття указати тип стрижня (металевий чи піщаний).

1.5.2 Визначити групу технологічної складності, клас точності та ряд припусків виливка

За *технологічною складністю* виливки поділяються на 6 груп. Група складності виливка залежить від способу лиття, конфігурації литих поверхонь, розмірів (маси) виливка, товщини основних стінок, кількості та складності стрижнів та інших чинників. Орієнтовну оцінку технологічної складності можна зробити за допомогою додатка А. При цьому, чим складніше обраний спосіб лиття, тим вищу групу складності треба обирати при інших однакових умовах. Шоста група складності призначається в особливих випадках лише на основі домовленості між замовником і виробником.

Клас розмірної точності виливка та ряд припусків на механічне оброблення встановлюють згідно з ГОСТ 26645-85 [6] у залежності від способу лиття, виду сплаву, габариту заготовки та інших умов.

Діапазони класів *розмірної точності* виливків наведені у табл.1.2 у чисельнику. Чим більше номер класу точності, тим менша точність виливка. Буква "т" при номері класу точності вказує на точніший клас точності. Менші їх значення відносяться до простих виливків в умовах масового виробництва, більші – до складних одиничного і дрібносерійного виробництва; середні – до виливків середньої складності в умовах середньо- та крупносерійного виробництва. При виборі класу точності також необхідно враховувати точність розмірів за кресленням деталі.

Діапазони *рядів припусків* на механічне оброблення наведені у табл.1.2 у знаменнику. Необхідне значення ряду припусків обирається залежно від типу виробництва та шорсткості, що вказана на деталі, аналогічно класу розмірної точності.

Для заготовки, що проектується, необхідно обрати одне значення класу точності для всіх розмірів виливка та одне значення ряду припусків для поверхонь, що обробляються різанням.

Таблиця 1.2 - Рекомендовані класи розмірної точності
(у чисельнику) та ряди припусків на механічне оброблення
(у знаменнику) виливків для різних способів лиття.

Технологічний процес лиття	Найбіль- ший габаритний розмір виливка, мм	Тип сплаву		
		вуглецеві сталі з вмістом вуглецю до 0,25% та сірі чавуни	чавуни з кулястим графітом, ковкі та леговані	вуглецеві сталі з вмістом вуглецю понад 0,25% та леговані сталі
Лиття за витоплюваними моделями	до 100	$\frac{5T-9T}{1-4}$	$\frac{5-9}{2-5}$	$\frac{6-10}{3-6}$
	понад 100 до 250	$\frac{5-9}{2-5}$	$\frac{6-10}{3-6}$	$\frac{7T-11T}{4-7}$
	понад 250 до 630	$\frac{6-10}{3-6}$	$\frac{7T-11T}{4-7}$	$\frac{7-11}{5-8}$
Лиття під низьким тиском, кокільне лиття з металевими стрижнями, відцентрове лиття	до 100	$\frac{5-9}{2-5}$	$\frac{6-10}{2-6}$	$\frac{7T-11T}{3-6}$
	понад 100 до 250	$\frac{6-10}{2-6}$	$\frac{7T-11T}{3-6}$	$\frac{7-11}{4-7}$
	понад 250 до 630	$\frac{7T-11T}{3-6}$	$\frac{7-11}{4-7}$	$\frac{8-12}{5-8}$
Лиття в оболонкові форми, кокільне лиття з піщаними стрижнями	до 100	$\frac{6-11T}{5-8}$	$\frac{7T-11}{5-9}$	$\frac{7-12}{6-9}$
	понад 100 до 250	$\frac{7T-11}{5-9}$	$\frac{7-12}{6-9}$	$\frac{8-13T}{7-10}$
	понад 250 до 630	$\frac{7-12}{6-9}$	$\frac{8-13T}{7-10}$	$\frac{9T-13}{8-11}$
Лиття в піщані форми (вологі, підсушені і сухі)	до 100	$\frac{7-12}{8-10}$	$\frac{8-13T}{8-11}$	$\frac{9T-13}{9-12}$
	понад 100 до 250	$\frac{8-13T}{8-11}$	$\frac{9T-13}{9-12}$	$\frac{9-13}{9-13}$
	понад 250 до 630	$\frac{9T-13}{9-12}$	$\frac{9-13}{9-13}$	$\frac{10-14}{10-13}$

1.5.3 Установити положення виливка у ливарній формі і розташування поверхні розніму

При виборі положення виливка у ливарній формі слід керуватися наступними міркуваннями:

- виливок повинен розташовуватися таким чином, щоб забезпечити спрямовану кристалізацію знизу вверх. У цьому випадку усадкові раковини, домішки, неметалеві включення виводяться у верхній частини виливка та видаляються у подальшому при обрублюванні та очищуванні. Тому відповідальні частини заготовки треба розташовувати у нижній частині форми, у крайньому разі – вертикально;

- найвідповідальніші частини виливка, а також поверхні, зв'язані між собою точними розмірами, рекомендується розташувати в одній частині форми (бажано у нижній), щоб не виникало похибок, пов'язаних із зміщенням півформ при складанні ливарної форми;

- виливок рекомендується розташовувати у формі так, щоб загальна висота ливарної форми була мінімальною. Виливки, що мають видовжені поздовжні розміри, слід розташувати так, щоб їх найбільший габарит знаходився у горизонтальній площині;

- частини виливка з малою і рівномірною товщиною стінок слід розташовувати вертикально або похило, щоб уникнути утворення в них газових раковин.

Поверхня розніму ливарної форми:

- повинна проходити по найбільшому розміру виливка, щоб забезпечити можливість видалення моделі (або виливка) з форми;

- не рекомендується криволінійний рознім форми, тому що це суттєво утруднює виготовлення моделі і форми;

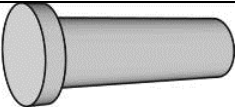
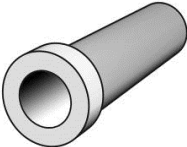
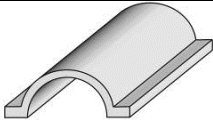
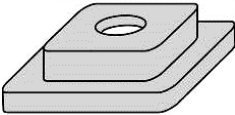
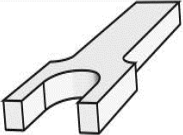
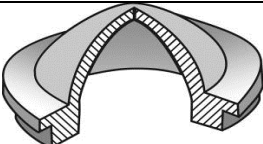
- не бажано, щоб поверхня розніму ливарної форми перетинала ливарні бази виливка.

Рекомендації щодо розташування деяких виливків у ливарній формі наведені у табл. 1.3.

1.5.4 Підтвердити можливість виготовлення виливка обраним способом лиття

Для цього необхідно визначити мінімальну товщину стінки виливка $S_{\min}$, яку можна відлити обраним способом лиття. Величина $S_{\min}$ залежить від матеріалу, його механічних і технологічних

Таблиця 1.3 - Рекомендоване положення виливка у формі

Конструктивні особливості виливка	Ескіз форми виливка	Положення виливка у формі
Виливки з фланцями		Фланці розташовуються вертикально
Труби, коліна, патрубки		Осі розташовуються горизонтально
Напівциліндричні виливки		Поздовжні осі горизонтально, отвори вниз
Порожнисті коробки		Поздовжні осі горизонтально, отвори вертикально
Порожнисті циліндричні і кільцеві секції, короткі втулки		Осі отворів розташовуються вертикально
Витягнуті важкі виливки		Поздовжня вісь горизонтальна
Виливки напівсферичної форми з ребрами або фланцями		Коротка вісь вертикально, сферична поверхня зверху

властивостей (зокрема, від його рідиноплинності), від способу лиття, конфігурації, розмірів та призначення виливка.

Якщо виливок виготовляється *литтям у піщані форми*, або *кокілним литтям*, мінімальну товщину стінки $S_{\min}$ визначають у

залежності від зведеного габариту заготовки, який визначають за формулою:

$$N = \frac{2l + b + h}{3}, \quad (1.1)$$

де l , b , h – відповідно габаритні довжина, ширина та висота заготовки, у тому положенні, в якому вона буде розташована у формі, м.

У залежності від зведеного габариту N , матеріалу і способу лиття мінімальну товщину стінки визначають за графіками (рис. 1.1).

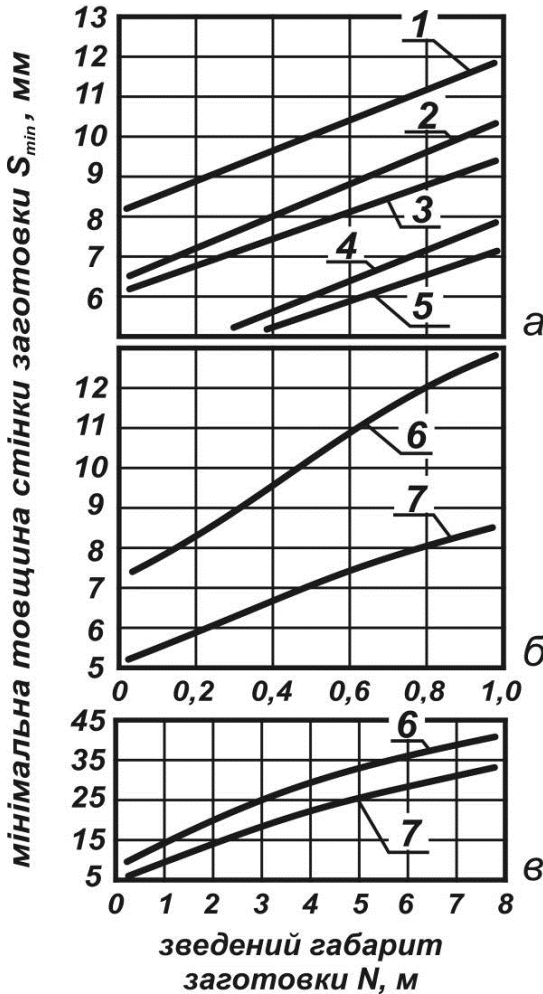
Для виливків з чавуну з кулястим графітом отримане значення $S_{\min}$ збільшують на 15...20% у порівнянні зі стінками виливків з сірого чавуну, а для виливків з легованих сталей - на 20...30% у порівнянні зі стінками виливків з вуглецевої сталі.

При *литті в оболонкові форми* мінімальна товщина стінки $S_{\min}$ становить для дрібного лиття (масою до 2 кг) 2,0...2,5 мм і для середнього (масою до 50 кг) - 3...4 мм. Оптимальна товщина стінок лежить у межах 2...8 мм.

При *литті за витоплюваними моделями* мінімально можлива товщина стінки $S_{\min}$ для більшості сплавів становить 1,5...2,0 мм при довжині стінки до 50 мм. При більшій довжині мінімальну товщину стінки слід збільшити на 0,5...2,0 мм. Максимальна товщина стінок виливка при цьому способі лиття становить 6 мм, оскільки при більшій товщині та недостатньому живленні виливка рідким металом можуть з'явитися усадкові та газові раковини й пористість.

При *відцентровому литті* залежно від методу відцентрового лиття мінімальну товщину стінки виливка $S_{\min}$ отримують у межах 3...5 мм. Проте треба враховувати, що якість внутрішньої поверхні виливка (за розмірною точністю, шорсткістю поверхні) завжди невисока, і після механічного оброблення її товщина стінки може виявитися ще меншою.

Лиття під тиском використовується для виготовлення виливків з кольорових сплавів. Залежно від типу ливарної машини та тиску, який вона може розвинути, литтям під тиском виготовляють деталі з товщиною стінок 2...6 мм.



1 – вуглецеві сталі; 2 – безолов'яністі мідні сплави; 3 – сірі чавуни; 4 – олов'яні мідні сплави; 5 – алюмінієві сплави; 6 – вуглецеві сталі; 7 – сірі чавуни

Рисунок 1.1 - Графіки визначення мінімальної товщини стінок виливків, виготовлених кокільним литтям (а) та литтям у піщані форми (б, в)

Отримане значення $S_{\min}$ треба порівняти з товщиною найтоншої стінки деталі (наприклад, з середньою товщиною зубів зубчастих вінців деталі). При цьому необхідно врахувати можливе збільшення товщини цієї стінки за рахунок припусків на механічне оброблення.

Якщо товщина цієї стінки більше $S_{\min}$, обраний спосіб лиття можна використати для виготовлення заготовки. Якщо виявиться, що найтонша стінка (з урахуванням припусків) за товщиною менша визначеної величини $S_{\min}$, то її товщину треба збільшити до знайденої величини $S_{\min}$ або призначити напуски на сусідні елементи виливка (наприклад, на западини зубчастих вінців), або обрати інший спосіб лиття.

Висновок про можливість виготовлення литої заготовки (всіх її стінок, зубів та інших елементів) обраним способом лиття записати до РГЗ.

1.5.5 Призначити технологічні напуски

Напуски призначаються на ті ділянки виливка (отвори, канавки, заглиблення, шліци, пази і т.п.), які отримати обраним способом лиття важко або неможливо. Напуски призначаються на основі досвіду, методу "тіней" або розрахунків. *За досвідом* призначають напуски на дрібні елементи деталі (наприклад, канавки для виходу інструменту, шпонкові пази, дрібні отвори тощо), які нема сенсу виготовляти литтям. Метод "тіней" полягає у тому, що уявний потік паралельних променів спрямовують перпендикулярно до поверхні розрізу форми. Напуски призначають на ділянки, які опиняються у "тіні" [1].

Якщо на кресленні деталі є отвори (порожнини), які виготовляються за допомогою стрижнів, то для всіх отворів і порожнин необхідно визначити мінімально можливий діаметр стрижня $d_{\min}$.

Якщо за обраним способом лиття для отримання отворів застосовують стрижні з піщано-глинястих, термореактивних, рідких самотвердіючих сумішей, то розраховується мінімальний діаметр стрижня $d_{\min}$, який не зруйнується при заповненні форми металом:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1S, \quad (1.2)$$

де d_0 - вихідний діаметр, мм (для сталей $d_0 = 10$, для чавунів та алюмінієвих сплавів - 5 мм); S - товщина стінки, через яку проходить отвір (тобто довжина стрижня), мм.

Якщо за обраним способом лиття використовується металевий стрижень, його форма і граничні розміри визначаються мінімальним діаметром $d_{\min}$, конусністю та глибина отвору h залежно від відношення h/d (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 - Граничні розміри отворів у стінках виливків, які виготовляються за допомогою металевих стрижнів

Тип сплаву	Мінімальний діаметр отвору $d_{\min}$, мм, у виливках			Максимальне відношення глибини отвору до його діаметра h/d для отворів		Конусність стрижня, град
	дрібних (масою до 2 кг)	середніх (масою від 2 до 50 кг)	крупних (масою понад 50 кг)	глухих	наскрізних	
Алюмінієві	8	10	12	2	2...3	1,5
Чавуни	10	15	20	1,5...2, 0	2...3	2... 3
Мідні	10	13	14	1,5...2, 0	2...3	1,5
Сталі	20	30	40	1,5...2, 0	2...3	4... 5

Якщо розмір механічно оброблюваного отвору з урахуванням передбачуваного припуску менше $d_{\min}$, отриманого розрахунком або з табл. 1.4, отвір литтям не виготовляється, і на нього призначається напуск.

Перевірка на можливість виготовлення литтям проводиться для всіх отворів деталі, і у кожному випадку необхідно зробити висновок: чи можна даний отвір виготовити литтям, чи на нього треба призначити напуск.

1.5.6 Визначити допуски на розміри виливка, припуски на механічне оброблення та фактичні розміри заготовки

Для розрахунку розмірів заготовки треба визначити допуски на її розміри та припуски на поверхні, які обробляються різанням. Розрахунки ведуться за допомогою табл. 1.5.

Спочатку у першу колонку таблиці вносяться всі номінальні розміри деталі, які залишилися після призначення напусків.

У другу колонку вносяться допуски номінальних розмірів, які

Таблиця 1.5 – Розрахунок фактичних розмірів виливка

Номинальний розмір деталі, мм	Допуск номінального розміру, мм	Ряд припусків	Табличний припуск, мм	Розрахунок фактичного розміру заготовки, мм	Фактичний розмір заготовки, мм
Приклад заповнення					
Ø100	1,8	4	4,2	$100+2\cdot4,2=108,4$	Ø108±0,9

призначаються на всі розміри виливка: як для поверхонь, що обробляються різанням, так і для таких, що не обробляються різанням.

Допуски на лінійні розміри (поля допусків T_0) призначаються згідно з ГОСТ 26645-85 [6] за табл. 1.6 залежно від класу розмірної точності виливка (див. п. 1.5.2) і номінального розміру деталі за кресленням. Допуски розмірів елементів виливка, утворених однією частиною ливарної форми або одним стрижнем, допускається встановлювати на 1...2 класи точніше, а елементів, утворених трьома і більше частинами форми або декількома стрижнями, - на 1...2 класи грубіше.

По закінченню розрахунків для всіх фактичних розмірів заготовки (шоста колонка) граничні відхилення, як правило, рекомендується розподіляти симетрично відносно номінального розміру як $\pm 0,5T_0$.

У третю колонку вносяться значення ряду припуску, визначене раніше у п. 1.5.2, лише для тих розмірів, які відповідають поверхням, що обробляються різанням.

Перед призначенням припусків необхідно проаналізувати, чи може обраний спосіб лиття забезпечити розмірну точність і якість поверхонь, що задані на кресленні деталі, без оброблення різанням.

При оцінюванні можливості обраного способу лиття треба пам'ятати, що класи точності поверхонь, оброблених різанням, (IT + номер квалітету) за ДСТУ ISO 286-1-2002 не співпадають з класами

точності виливків, встановленими ГОСТ 26645-85. Зокрема, поверхня виливка, виготовлена за 7 класом точності, відповідає поверхні деталі, обробленій за класом точності IT14. На оброблені

поверхні з вищими вимогами точності (наприклад, IT7...IT12) при 7 і грубішому класах точності виливка треба призначати припуски.

Таблиця 1.6 - Допуски лінійних розмірів виливків

Інтервал номіналь- них роз- мірів, мм	Допуски розмірів виливків, мм, не більше, для класів точності										
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8
До 4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64
4...6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70
6...10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80
10...16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90
16...25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00
25...40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10
40...63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
63...100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40
100...160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
160...250	-	-	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80
250...400	-	-	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
400...630	-	-	-	-	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20

Продовження таблиці 1.6

Інтервал номіналь- них роз- мірів, мм	Допуски розмірів виливків, мм, не більше, для класів точності										
	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16
До 4	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	-	-	-	-	-	-
4...6	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	-	-	-	-	-
6...10	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	-	-	-
10...16	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	-	-
16...25	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8	10	12
25...40	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9	11	14
40...63	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16
63...100	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18
100...160	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12	16	20
160...250	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14	18	22
250...400	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16	20	24
400...630	2,8-	3,6-	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18	22	28

Орієнтовні можливості забезпечення шорсткості поверхонь виливків, які можуть бути отримані різними способами лиття, наведені у табл. 1.7.

Якщо обраний спосіб лиття для даної поверхні, може одночасно забезпечити точність розмірів та шорсткість поверхні, указані на кресленні деталі, то ця поверхня не потребує подальшого оброблення різанням, припуск на неї не призначається, а цей розмір деталі заноситься у початковому значенні у шосту колонку табл. 1.5.

Таблиця 1.7 - Шорсткість поверхонь виливків, яка може бути отримана різними способами лиття

Спосіб лиття		Шорсткість поверхні R_a за ГОСТ 2789-73, мкм							
		80...40	40...20	20...10	10...5	5...2,5	2,5...1,25	1,25...0,63	0,63...0,32
у піщані форми		+	+	+	+	+			
кокільне і відцентрове (зовнішні поверхні)	чорні сплави			+	+	+			
	кольорові сплави				+	+	+		
за витоплюваними моделями				+	+	+	+		
в оболонкові форми				+	+	+	+		
під тиском				+	+	+	+	+	+

кресленні деталі, то ця поверхня не потребує подальшого оброблення різанням, припуск на неї не призначається, а цей розмір деталі заноситься у початковому значенні у шосту колонку табл. 1.5.

Якщо обраний спосіб лиття може забезпечити необхідну точність розмірів готової деталі, а шорсткості не може або навпаки, то на таку поверхню призначається припуск.

У випадках, коли для даної поверхні, необхідну точність і шорсткість можна отримати лише обробленням різанням литої заготовки, то на цю поверхню призначають загальний припуск.

Загальні припуски на механічне оброблення (на бік) обирають з табл. 1.8 у залежності від допуску на відповідний номінальний розмір виливка та ряду припусків. При визначенні припуску на механічне оброблення якоїсь поверхні ГОСТ 26645-8 [6] передбачає необхідність попередньо оцінити, яка операція наступного механічного оброблення може забезпечити їй заданий рівень точності і шорсткості: чорнова, напівчистова, чистова чи тонке оброблення.

Таблиця 1.8 - Загальні припуски на механічне оброблення

Допуск розмірів поверхонь виливків T ₀ , мм	Загальний припуск на бік, мм, не більше												
	для рядів припусків												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
до 0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9...1,0	-	-	-	-	-	-
від 0,10 до 0,14	0,2...0,3	0,3...0,4	0,4...0,5	0,5...0,6	0,6...0,7	0,7...0,8	0,9...1,0	1,1...1,3	-	-	-	-	-
від 0,14 до 0,20	0,2...0,4	0,3...0,5	0,4...0,6	0,5...0,7	0,6...0,8	0,7...0,9	0,9...1,1	1,1...1,4	1,3...1,6	1,8...2,1	-	-	-
від 0,20 до 0,32	0,3...0,5	0,4...0,7	0,4...0,8	0,6...0,9	0,6...1,0	0,8...1,1	0,9...1,3	1,1...1,6	1,4...1,8	2,2...2,7	2,6...3,4	3,3...3,9	-
від 0,32 до 0,44	0,3...0,7	0,5...0,8	0,5...0,9	0,7...1,0	0,8...1,1	0,9...1,2	1,1...1,4	1,3...1,7	1,5...1,9	1,9...2,4	2,3...2,8	2,7...3,4	3,3...4,0
від 0,44 до 0,70	0,5...1,1	0,5...1,1	0,7...1,3	0,8...1,4	0,9...1,4	1,0...1,6	1,2...1,8	1,4...2,1	1,6...2,3	2,0...2,8	2,4...3,1	2,8...3,9	3,4...4,4
від 0,70 до 1,10	0,6...1,6	0,8...1,7	0,8...1,8	0,9...1,9	1,1...2,0	1,1...2,1	1,4...2,3	1,6...2,5	1,8...2,7	2,2...3,3	2,6...3,7	3,1...4,4	3,6...4,9
від 1,1 до 1,8	0,9...2,3	1,0...2,4	1,1...2,5	1,2...2,6	1,3...2,8	1,4...2,8	1,6...3,0	1,8...3,6	2,0...3,6	2,4...4,0	2,8...4,4	3,4...5,2	3,8...5,6
від 1,8 до 2,8	1,3...3,5	1,4...3,6	1,5...3,7	1,6...3,8	1,7...3,8	1,8...3,9	2,0...4,1	2,2...4,4	2,4...4,6	2,8...5,2	3,3...5,4	3,8...6,1	4,3...6,7
від 2,8 до 4,0	1,9... 4,8	2,1... 4,9	2,2... 5,0	2,3... 5,1	2,4... 5,2	2,5... 5,3	2,6... 5,4	2,9...5,8	3,1...6,0	3,4...6,5	3,9...6,9	4,4...7,5	4,9...8,0
від 4,0 до 5,6	2,5... 5,6	2,6... 6,3	2,7... 6,5	2,8... 6,5	2,9... 6,7	3,0... 6,7	3,3... 6,9	3,5...7,3	3,7...7,5	4,0...8,0	4,4...8,3	4,9...9,0	5,5...9,5
від 5,6 до 8,0	-	3,8...6,9	3,9...8,5	4,0...8,8	4,1...8,8	4,3...8,8	4,4...9,0	4,3...9,3	4,8...9,5	5,1...10,0	5,6...10,5	6,2...11,0	6,5...11,5
від 8,0 до 11,0	-	-	-	5,3...11,0	5,4...11,0	5,6...11,5	5,8... 11,5	6,0...12,0	6,1...12,0	6,5...12,5	6,9...13,0	7,5...13,5	8,0...14,0

З інтервалу значень припусків, указаних в табл. 1.8, менші значення обирають при грубіших квалітетах розмірної точності обробленої деталі, коли достатньо, наприклад, чорнового оброблення, а більші – при точніших квалітетах, коли потрібні наступні якісніші операції оброблення поверхні. Рекомендується для кожного розміру обрати таке значення припуску, щоб при розрахунках фактичного розміру було отримане кругле його значення.

Отримані величини основних припусків відносяться до поверхонь, які при заливанні розплавленого металу у ливарну форму розташовані збоку або знизу, а на верхні поверхні допускається збільшення припусків до значень, які відповідають наступному ряду припусків.

Визначені припуски на розміри поверхонь, що обробляються різанням, вносяться у четверту колонку табл. 1.5 та проводиться розрахунок фактичних розмірів заготовки (п'ята колонка). При розрахунках фактичних розмірів необхідно враховувати розташування цієї поверхні на заготовці: зовнішня або внутрішня, повний розмір чи уступ; припуск з двох боків поверхні чи з одного; як враховуються припуски для суміжних поверхонь тощо.

Визначені розрахунками фактичні розміри заготовки обов'язково округлюються і разом з розмірами необроблюваних поверхонь вносяться у шосту колонку табл. 1.5 з граничними відхиленнями у межах відповідного поля допуску (як $\pm 0,5T_0$).

1.5.7 Призначити формувальні нахили

Нахили призначаються на поверхні, вздовж яких рухається модель (або виліток) при видаленні з ливарної форми - тобто на поверхні, перпендикулярні до поверхні розліву форми.

Для способів лиття у разові форми величину нахилу призначають у залежності від діаметра (ширини) заглиблення у площині розліву ливарної форми d та висоти відповідної формотвірної поверхні h , вздовж якої рухається модель (рис. 1.2), а також способу лиття та типу модельного комплексу.

Рекомендовані формувальні нахили модельного комплексу наведено в табл. 1.9.

Для кокільного лиття нахил стінок форми у бік її розліву обирають у межах $0,5...1,5^\circ$.

Величини нахилів при відцентровому литті залежать від конструкції форми. Якщо це металева форма, то нахили відповідають вимогам до форм кокільного лиття. Якщо форма має піщану або керамічну вставку, нахили обирають згідно з вимогами відповідного способу лиття.

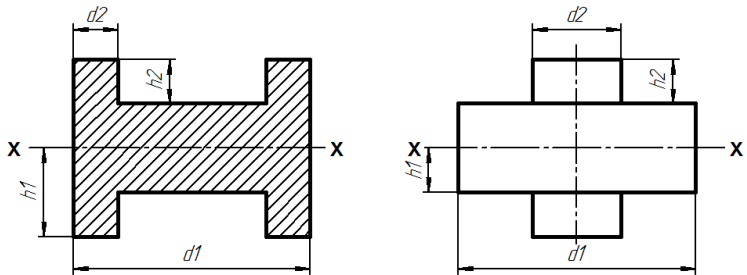


Рисунок 1.2 - Приклади визначення розмірів d_i і h_i заглиблення ливарної форми при визначенні формувальних нахилів за табл. 1.9

На оброблюваних поверхнях вилівка формувальні нахили встановлюють "в плюс" (за рахунок збільшення розмірів).

Зважаючи на конструкцію деталі та її роль у виробі, на необроблювані поверхні вилівка формувальні нахили призначають "в мінус" (за рахунок зменшення розмірів), якщо вони сполучаються з іншими деталями, і в "плюс-мінус", якщо не сполучаються з жодною при складанні.

1.5.8 Призначити радіуси заокруглень

Внутрішні радіуси заокруглень $R_{\text{вн}}$, які сполучають дві стінки, вали та стовщення (або диски) на них, стінки та дно отворів і т.п., призначають у залежності від матеріалу вилівка, товщини стінок або радіуса вала та кута, утвореного між ними. При куті між елементами вилівка, що сполучуються, від 50 до 135° $R_{\text{вн}}$ визначають за формулою:

$$R_{\text{вн}} = 0,5 \cdot k \cdot (S_1 + S_2), \quad (1.3)$$

де k - коефіцієнт, який дорівнює $0,3 \dots 0,5$ для сталевих і мідних виливків та $0,25 \dots 0,40$ для виливків з чавунів, алюмінієвих та магнієвих сплавів; S_1 та S_2 - товщина елементів (стінок, ребер жорсткості і т.п.), що сполучуються цим радіусом (рис. 1.3), мм.

Таблиця 1.9 Формувальні нахили модельного комплекту

Висота головної формотвірної поверхні, h мм	Формувальний нахил								
	При застосуванні піщаноглинястої суміші і комплекту				При застосуванні сумішей, що твердіють у контакті з оснащенням, і комплекту			Для лиття за витоплюваними моделями	
	металевого, пластмасового		дерев'я- ного		Метале- вого для оболон- кової форми	Метале- вого, пластма- сового	дерев'яного	для зовнішніх (охоплюваних) поверхонь	для внутрішніх (охоплювальних) поверхонь
	d≤h	d>h	d≤h	d>h					
До 10	2°17'	4°34'	2°54'	5°45'	1°43'	3°26'	4°00'	0°30'	1°30'
10-18	1°36'	3°11'	1°45'	3°49'	1°16'	2°32'	2°52'	0°20'	1°00'
19-30	1°09'	2°40'	1°31'	3°03'	0°57'	1°54'	2°17'	0°15'	0°45'
31-50	0°48'	0°42'	1°02'	2°06'	0°41'	1°16'	1°29'	0°15'	0°45'
51-80	0°34'	1°13'	0°43'	1°26'	0°30'	0°54'	1°04'	0°10'	0°30'
81-120	0°26'	0°54'	0°32'	1°03'	0°23'	0°40'	0°46'	0°10'	0°30'
121-180	0°19'	0°38'	0°23'	0°46'	0°17'	0°29'	0°34'	-	-
181-250	0°19'	0°37'	0°22'	0°44'	0°14'	0°28'	0°33'	-	-
251-315	0°19'	0°38'	0°22'	0°44'	0°14'	0°27'	0°33'	-	-
316-400	0°18'	0°36'	0°21'	0°43'	-	0°26'	0°32'	-	-
401-500	0°17'	0°35'	0°21'	0°41'	-	0°26'	0°31'	-	-
501-630	0°17'	0°33'	0°19'	0°38'	-	0°24'	0°29'	-	-

Товщина елементів береться з урахуванням припуску. Якщо зі стінкою (диском, стовщенням тощо) сполучується вал, за його товщину S_i береться радіус вала (рис. 1.3).

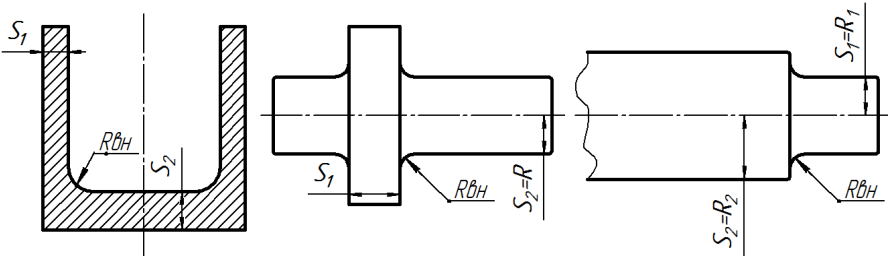


Рисунок 1.3 - Приклади визначення товщини S_i для елементів виливка, що сполучаються.

Зовнішні радіуси заокруглень R_z призначені для притуплення зовнішніх гострих кромek. Їх величина залежить від кута між поверхнями, що сполучаються та найменшого габаритного розміру h поверхні, перпендикулярної до поверхні заокруглення (рис. 1.4). Радіуси заокруглень R_z визначаються за табл. 1.10.

З метою уніфікації на одному виливку всі однотипні заокруглення доцільно виконувати радіусом однієї величини.

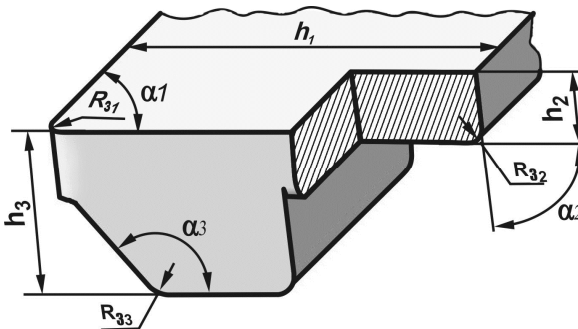


Рисунок 1.4 - Правило визначення найменших габаритних розмірів h_i та кута між сполучуваними поверхнями α_i

Таблиця 1.10 - Мінімальний зовнішній радіус заокруглення гострих кутів, мм

Найменший габаритний розмір поверхні, перпендикулярної до поверхні заокруглення h, мм (див. рис. 1.4)	Кут між сполучуваними поверхнями α , град. (див. рис. 1.4)			
	50...70	75...105	105...135	136...165
до 25	2	2	4	6
25...50	4	4	6	10
51...250	4	6	8	16
251...400	8	10	16	25
401...600	8	12	18	32

1.5.9 Відповідно до ГОСТ 3.1125-88 виконати креслення литої заготовки

Креслення вилівка можна виготовляти як вручну, так і з використанням спеціальних програм (Компас, CorelDRAW та ін.). Креслення вилівка з урахуванням всіх напусків, припусків за своїми фактичними розмірами виконується *товстими суцільними лініями*. На нього *тонкими суцільними лініями* наносять контур оброблюваних поверхонь, а також отворів, заглиблень і виточок, що не виконуються литтям і відтворюють фактично контур готової деталі. Одночасно на кресленні показують поверхню розліварної форми тонкою штрихпунктирною лінією, яка позначається хрестиками на кінцях.

На кресленні мають бути проставлені всі розміри, необхідні для виготовлення і контролю вилівка, відповідно до виконаних розрахунків (див. табл.1.5). Проставлені розміри вилівка повинні бути узгоджені з відповідними розмірами на кресленні деталі. При цьому бажано зв'язати між собою розмірами певні необроблювані та оброблювані поверхні. Не слід проставляти розміри ланцюжком.

У технічних умовах креслення зазначають: групу складності, клас точності розмірів, ряд припусків на механічне оброблення згідно з ГОСТ 26645-85; незазначені на кресленні кути нахилів та радіуси заокруглень; основні дані про ливарний сплав, встановлені границі

твердості та інше. При необхідності указують відомості про сплав-замінник матеріалу заготовки, про вид, кількість, розміри й місця розташування допустимих ливарних дефектів (усадкова пористість, тріщини, раковини тощо), метод і місце вимірювання твердості та інші відомості.

Приклад оформлення креслення литої заготовки наведено у додатку Б.

1.5.10 За отриманим кресленням визначити масу виливка.

Для цього спочатку розраховують об'єм виливка шляхом розбивання його конфігурації на елементарні геометричні фігури. При цьому необхідно пам'ятати, що об'єми отворів (порожнин) віднімають від об'єму заготовки. При розрахунку маси використовують густину матеріалу виливка (сталі $\rho=7,8 \text{ г/см}^3$, чавуна $\rho=7,2 \text{ г/см}^3$).

Об'єм і маса виливка можуть бути розраховані й за допомогою спеціальних програм.

Послідовність розрахунків розмірів і маси та креслення литої заготовки занести до РГЗ.

1.6 Контрольні запитання

1. Які способи лиття Ви знаєте?
2. Які переваги та недоліки литих заготовок Ви знаєте?
3. Які фактори обумовлюють вибір технологічного методу виробництва литої заготовки?
4. У яких випадках при проектуванні заготовки призначаються напуски, у яких - припуски?
5. Як обирається положення литої заготовки у ливарній формі?
6. На які поверхні призначається формувальний нахил?

Розрахунково-графічне завдання №2

ПРОЕКТУВАННЯ ШТАМПОВАНИХ ЗАГОТОВОК

2.1 Мета роботи

Використовуючи знання можливостей різних методів виробництва заготовок пластичним деформуванням, вивчити особливості та правила проектування штампованих заготовок із

застосуванням того чи іншого штампувального обладнання; з'ясувати, як характеристики деталі та правила проектування заготовок впливають на вибір оптимального метода виробництва штампованих заготовок при заданих умовах виробництва.

2.2 Загальні відомості

При виготовленні заготовок гарячим об'ємним штампуванням найчастіше використовуються такі види обладнання:

- штампувальні молоти;
- кривошипні гарячештампувальні преси (КГШП);
- горизонтально-кувальні машини (ГКМ);
- гідравлічні преси.

Штампувальні молоти – один з найпоширеніших видів обладнання, відрізняється універсальністю використання; порівняно дешевий. Може виготовляти і малі, і дуже великі поковки, але їх точність низька, і продуктивність молота низька. Кривошипні преси (КГШП) дуже поширені у виробництві, виготовляють поковки високої точності з високою продуктивністю; але складні за конструкцією і коштують дорого. ГКМ – це кривошипний прес, який на відміну від інших працює у горизонтальній площині. Він має високу продуктивність, як КГШП, але низьку точність, як молоти. Гідравлічні преси відрізняються тим, що можуть розвивати дуже великі зусилля пресування, але їх інструмент рухається повільно, тому вони мають низьку продуктивність. Гідравлічні преси звичайно використовуються для виготовлення поковок великої маси або площі.

Інструментом при штампуванні є штамп. Для пресів і молотів, крім ГКМ, він складається з двох частин (верхньої і нижньої), які рухаються у вертикальному напрямку і мають одну горизонтальну площину розніму. Штамп ГКМ складається з трьох частин: двох матриць (верхньої і нижньої) і пуансона. Матриці рухаються, як правило, у вертикальному напрямку, попередньо деформують і затискають заготовку, і між ними утворюється горизонтальна площина розніму. Після цього у горизонтальному напрямку починає рухатися пуансон, деформує частину заготовки, яка виступає з матриць, і на стику матриць і пуансона утворюється ще одна, вертикальна поверхня розніму. ГКМ використовуються для виготовлення заготовок типу «гриб», тобто стрижень зі сплюсненням з одного боку.

Здатність до штампування визначається пластичністю матеріалу заготовки. Для сталей вона залежить від вмісту вуглецю та легувальних елементів: чим їх більше, тим пластичність менше, і виготовити заготовку важче. Пластичність можна підвищити нагріванням. Але нагрівання псує поверхню заготовки, треба призначати припуск, та й певна частина металу втрачається на угар, більший або менший, залежно від способу нагрівання.

2.3 Завдання на самостійну підготовку до проектування штампованої заготовки

Попередньо ознайомитися з підручниками та довідниками, які містять, матеріал, що стосується можливостей різних методів штампування та правил їх використання при проектуванні штампованої заготовки:

[1] с. 139-185, [2] с. 158-166; [3] с. 369-373; [4] с. 254-258; [7].

2.4 Завдання для РГЗ № 2

Отримане раніше від викладача завдання на проектування: креслення деталі і обсяг виробничої партії - записати на початку РГЗ № 2 у наступній послідовності:

- «Назва деталі»;
- маса деталі (кг);
- матеріал деталі (Якщо матеріал деталі – чавун, то за погодженням з викладачем замінити його на сталь, яка приблизно відповідає за міцністю та вартістю чавуну деталі);
- обсяг виробничої партії (замовлення), шт.

2.5 Порядок виконання РГЗ № 2

2.5.1 Вибирати технологічний метод виробництва штампованої заготовки

Вибір способу штампування (на молоті, гідравлічному пресі, КГШП, ГKM, калібруванням, витисненням та інше) здійснюється, виходячи з конструктивних розмірів, конфігурації готової деталі, технічних умов на її виготовлення, типу виробництва та інше. Для кожного способу виробництва заготовки характерні певні розміри та конфігурація поковки, особливості її деформування при формоутворенні, характер плину металу в штампі тощо. Необхідно також враховувати можливу зміну структури матеріалу заготовки,

внаслідок деформування, щоб отримати кращі експлуатаційні властивості майбутньої деталі. При виборі штампувального обладнання доцільно узгодити його складність та вартість з типом виробництва штампованої поковки, що проектується (табл. 2.1).

Проаналізувавши можливості різних методів виробництва штампованої заготовки та вимоги до заготовки, що проектується, обґрунтувати вибір способу штампування.

Таблиця 2.1 - Типи виробництва штампованих поковок

Маса поковки, кг	Кількість поковок у виробничій партії (замовленні), шт., за типом виробництва			
	масове	крупносерійне	середньосерійне	дрібносерійне
До 0,25	понад 500000	150001...500000	6001...150000	6000 і менше
від 0,25 до 0,63	понад 300000	8001...300000	3001...8000	3000 і менше
від 0,63 до 1,6	понад 150000	5001...150000	1501...5000	1500 і менше
від 1,6 до 2,5	понад 120000	4501...120000	1401...4500	1400 і менше
від 2,5 до 4,0	понад 100000	4001...100000	1251...4000	1250 і менше
від 4 до 10	понад 75000	3501...75000	1001...3500	1000 і менше
від 10 до 25	понад 50000	3001...50000	751...3000	750 і менше
від 25 до 63	понад 30000	2001...30000	501...2000	500 і менше
від 63 до 160	понад 1000	601...1000	401...600	400 і менше
від 160 до 400	понад 600	401...600	301...400	300 і менше
понад 400	понад 400	301...400	251...300	251 і менше

2.5.2 Провести класифікацію поковки, що проектується

Згідно з ГОСТ 7505-89 [7] штаповані поковки класифікуються за ознаками: точність виготовлення, група сталі, ступінь складності, конфігурація поверхні розніму штапа.

Клас точності виготовлення встановлюється залежно від виду обладнання (обраного технологічного процесу) за табл. 2.2. З п'яти класів точності клас точності Т1 відповідає найвищій точності, клас Т5 – найнижчій.

Групу сталі поковки визначають за вмістом вуглецю і за сумарною масовою часткою легувальних елементів. ГОСТ 7505-89 [7] поділяє сталі за масовою часткою вуглецю і сумарною масовою часткою легувальних елементів на такі групи:

М1 – вуглецю до 0,35% і легувальних елементів до 2% включно;

М2 – вуглецю понад 0,35% до 0,65% або легувальних елементів понад 2 до 5% включно;

М3 – вуглецю понад 0,65% або легувальних елементів понад 5%.

Таблиця 2.2 - Класифікація поковок за точністю

Деформувальне обладнання (технологічний процес)		Клас точності				
		Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
Преси штапувальні (гвинтові, гідравлічні); Штапувальні молоти, горизонтально-кувальні машини (ГКМ)					+	+
Преси криво-шипні (КШП)	-відкрите штампування				+	+
	-штампування витисканням		+	+		
	-закрите штампування		+	+		
Автомати гарячештапувальні			+	+		
Калібрування об'ємне		+	+			
Калібрування плоске		+				
Штампування прецизійне		+				

При визначенні групи сталі треба пам'ятати, що збільшення кількості вуглецю та легувальних елементів у сталі, як правило, погіршує її пластичність. Тому навіть при невеликій кількості вуглецю, але значній кількості легувальних елементів або навпаки сталь може перейти у вищу групу сталі.

Ступінь складності поковки C визначають шляхом обчислювання відношення

$$C = M_{п.р}/M_{ф}, \quad (2.1)$$

де $M_{п.р}$ – розрахункова маса поковки; $M_{ф}$ – маса геометричної фігури мінімального об'єму, в яку вписується поковка (рис. 2.1).

При попередніх розрахунках масу поковки $M_{п.р}$ можна визначити через масу деталі $M_{д}$:

$$M_{п.р} = K_p M_{д}, \quad (2.2)$$

де K_p – розрахунковий коефіцієнт, який можна прийняти у межах 1,4...1,5 або залежно від конфігурації деталі можна уточнити за додатком В. Чим складніше конфігурація, тим більше величина K_p .

При визначенні маси геометричної фігури, в яку вписується поковка, $M_{ф}$ спочатку визначають її об'єм. При розрахунку об'єму габаритні лінійні розміри деталі (d , l , b , h), які відповідають розмірам оброблених поверхонь, треба збільшити на 3...5%. За густину сталевих поволок слід брати $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$.

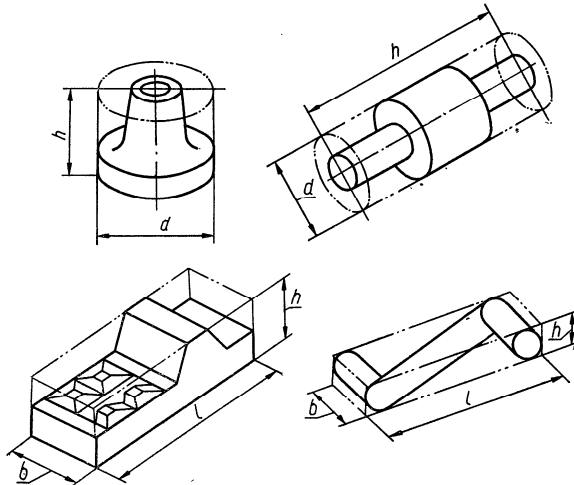


Рисунок 2.1 - Приклади поволок і геометричних фігур, в які можуть бути вписані поковки

Ступеням складності поковок відповідають такі числові значення відношення C :

Ступінь складності	Значення C
C1	понад 0,62
C2	понад 0,32...0,62 включно
C3	понад 0,16...0,32 включно
C4	до 0,16 включно

За конфігурацією поверхні розніму штампа, що використовується, розрізняють поковки з плоскою (П) і зігнутою поверхнею розніму; остання може бути симетричною ($З_c$) або несиметричною ($З_n$).

2.5.3 Установити положення поковки у штампі та розташування поверхні його розніму

При встановленні положення поковки у штампі та розташування поверхні його розніму слід керуватися наступними рекомендаціями:

- необхідно враховувати можливість легкого заповнення ривчаків штампа металом і легкого видалення з нього поковки. Для цього будь-які розміри окремих елементів поковки у площині розніму штампа повинні бути більшими за розміри інших її елементів у заглибленні;
- найбільші габаритні розміри поковки бажано розташовувати у площині розніму штампа;
- заглиблення, порожнини, отвори, ребра повинні розташовуватися лише у напрямку переміщення робочого органа молота або преса;
- заповнення ривчаків штампа легше відбувається осаджуванням, ніж втискуванням;
- для зменшення напуків та нахилів поковку бажано розташовувати так, щоб можна було використати її природні нахили.

2.5.4 Визначити вихідний індекс поковки

Для визначення вихідного індексу поковки I_v необхідно знати орієнтовну величину розрахункової маси поковки $M_{п,р}$ і її основні характеристики: клас точності, групу сталі та ступінь складності. Основні характеристики поковки визначені раніше у п. 2.5.2, як і

розрахункова маса поковки $M_{п.р.}$, що знаходиться за формулою 2.2. Масу деталі M_d визначають за кресленням. Треба підкреслити, що розрахункова маса поковки – величина допоміжна. Вона використовується під час проектування лише доти, поки нема креслення спроектованої поковки.

Вихідний індекс I_v , необхідний для призначення основних припусків і допусків, визначається у залежності від розрахункової маси, групи сталі, ступеня складності та класу точності поковки за допомогою номограми, поданої у додатку Г. Порядок користування номограмою описаний у [1, 7] і як приклад - у додатку Г.

2.5.5 Призначити технологічні напуски

Напуски призначають на порожнини, западини, виїмки, отвори (діаметром до 30 мм), зубчасті вінці, шліци, шпоночні пази і т.п. елементи поковки, що є на кресленні деталі і які неможливо або недоцільно одержувати штампуванням через несприятливе розташування їх відносно поверхні розніму штампа, малі розміри тощо.

2.5.6 Визначити припуски на механічне оброблення, фактичні розміри поковки та граничні відхилення на всі розміри поковки

Для розрахунку розмірів поковки спочатку треба визначити поверхні, які обробляються різанням, їх шорсткість і припуски на механічне оброблення. Розрахунки ведуться за допомогою табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок фактичних розмірів поковки

Номинальний розмір деталі, мм	Шорсткість поверхні деталі $R_{\text{вс}}$ мкм	Основний припуск, мм	Розрахунок фактичного розміру поковки, мм	Допустимі граничні відхилення, мм	Фактичний розмір поковки, мм
Приклад заповнення					
Ø100	1,25	4,2	$100+2 \cdot 4,2=108,4$	$+2,1$ $-1,1$	Ø108 $^{+2,1}_{-1,1}$

У першу колонку таблиці вносяться всі номінальні розміри деталі, які залишилися після призначення напусків. Для кожної поверхні деталі, яка підлягає обробленню різанням, у другу колонку треба виписати позначений на кресленні параметр шорсткості R_a , мкм.

Для штампованих поковок повний припуск складається з основного і додаткового припусків. *Основний припуск* призначається тоді, коли необхідну точність розмірів і шорсткість поверхні можна отримати лише обробленням різанням.

Додатковий припуск призначений компенсувати дефекти поковки: зміщення штампів по площині різниму, зігнутість поковки або відхилення її від площинності та прямолінійності. Додаткові припуски призначаються не завжди, тому у даній роботі додаткові припуски не враховуються.

Основні припуски (на бік) знаходять за табл. 2.4 залежно від вихідного індексу I_v , лінійного розміру деталі (довжини, ширини, діаметра, товщини та ін.) і параметра шорсткості R_a оброблюваної поверхні, для якої призначається припуск, і вносяться у третю колонку.

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

Визначивши припуски, необхідно провести розрахунок фактичних розмірів поковки шляхом додавання (віднімання) їх до відповідних розмірів деталі та внести його у четверту колонку табл. 2.3. Одержані розрахунком фактичні розміри поковки необхідно округлити.

Допуски і допустимі граничні відхилення на всі лінійні розміри поковки (як для оброблюваних, так і необроблюваних поверхонь) призначають за табл. 2.5 залежно від вихідного індексу I_v і відповідного фактичного розміру поковки і вносять у п'яту колонку табл. 2.3.

Визначені розрахунками фактичні розміри заготовки, а також розміри необроблюваних поверхонь вносяться у шосту колонку табл. 2.3 з відповідними граничними відхиленнями.

Таблиця 2.4 - Основні припуски на механічне оброблення (на бік), мм

Вихідний індекс	Номінальний розмір деталі, мм																				
	до 40			40-100			100-160			160-250			250-400			400-630			630-1000		
	при параметрі шорсткості R _a , мкм																				
	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	-	-	-	-	-	-
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	-	-	-
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,5	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,0	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,0	4,7

Таблиця 2.5 - Допуски і допустимі граничні відхилення лінійних розмірів поковок, мм

Вихідний індекс	Фактичний розмір поковки, мм																	
	до 40		40-100		100-160		160-250		250-400		400-630		630-1000		1000-1600		1600-2500	
1	0,3	+0,2 -0,1	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,1 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,5	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	-	-	-	-	-	-
3	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	-	-	-	-
4	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	-	-	-	-
5	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	-	-
6	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9
7	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0
8	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1
9	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2
10	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3
11	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5
12	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7
13	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9
14	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1
15	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,69	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4

2.5.7 Призначити штампувальні нахили

Нахили призначаються на поверхні, розташовані паралельно руху баби молота або повзуна преса і відповідно перпендикулярні площині розніму штампа. Нахили необхідні для полегшення заповнення порожнини штампа металом та видалення з неї поковки.

Штампувальні нахили поділяються на зовнішні та внутрішні.

Зовнішні нахили призначаються на поверхні, по яким між поковкою і стінкою штампа утворюються зазори внаслідок усадки при остиганні поковки, а *внутрішні нахили* – на поверхні, які при остиганні щільно стискають виступи штампа.

Штампувальні нахили залежать від форми та розмірів порожнини штампа, її глибини, матеріалу поковки, способу штампування, наявності або відсутності виштовхувачів тощо. Рекомендовані значення нахилів наведено у табл. 2.6. Менші значення приймаються при малих відношеннях глибини до ширини (діаметра) порожнини штампа і навпаки.

Таблиця 2.6 - Штампувальні нахили

Штампувальне обладнання		Штампувальні нахили	
		зовнішні	внутрішні
Молоти		1...7	3...10
Кривошипні гаряче-штампувальні преси	без виштовхувачів	5...7	7...10
	з виштовхувачами	3...5	5...7
Гідравлічні преси		1...2	2...4
Горизонтально-кувальні машини	поверхні, що формуються пуансоном (горизонтальні)	0,25...1	0,25...3
	поверхні, що формуються матрицями (вертикальні)	0,5...5	1...7

2.5.8 Спроекувати намітку отвору

Для деталей, в яких немає отворів, цей пункт РГЗ пропускається.

Для деталей, в яких є порожнина або отвір і їхня вісь співпадає з напрямком руху робочого органу - молота чи преса, проектується

намітка отвору. Для цього розраховуються: діаметр основи отвору $d_{\text{осн}}$ (тобто фактичний діаметр отвору з урахуванням припуску), глибина намітки отвору h , яку можна отримати штампуванням, та товщина перемички S при двобічній намітці отвору.

Якщо діаметр основи отвору $d_{\text{осн}}$ менше 30 мм, такий отвір штампуванням не виготовляється, і на нього призначається напуск.

Якщо діаметр основи отвору $d_{\text{осн}}$ більше або дорівнює висоті поковки h , виконуються наскрізні однобічні отвори.

Якщо довжина наскрізного отвору h більше діаметра $d_{\text{осн}}$, застосовують двобічну намітку отвору. При двобічній намітці отвору діаметром $d_{\text{осн}}$ верхня намітка, яка виготовляється верхнім знаком (виступом) штампа, робиться глибиною $h_{\text{в}} \leq d_{\text{осн}}$, а нижня, яка виготовляється нижнім знаком – глибиною $h_{\text{н}} \leq 0,8d_{\text{осн}}$.

Між намітками залишається перемичка, яка служить для того, щоб запобігти співударінню знаків штампа, зберегти їх стійкість. Вона потім легко видаляється у просічному штампі при обрізанні облою.

Плоска перемичка повинна мати товщину:

$$S = 0,45\sqrt{d_{\text{осн}} - 0,25h} - 5 + 0,6 \quad (2.3)$$

Якщо отримане значення S менше 5 мм, товщину перемички треба збільшити до 5 мм.

Якщо деталь має ненаскрізний отвір (порожнину), то проектується глуха однобічна намітка отвору. При невеликій глибині на дні такої намітки утворюється плоска ділянка, яка сполучується з бічними стінками внутрішнім радіусом заокруглень. При глибині глухої намітки $h > 1,7 d_{\text{осн}}$ на дні отвору не залишається плоскої ділянки, і вона закінчується сферичною поверхнею.

2.5.9 Визначити радіуси заокруглень

Радіус заокруглень *зовнішніх кутів* поковок R_3 вибирають за табл. 2.7 залежно від маси поковки і глибини порожнини рівчака штампа.

Радіуси заокруглень *внутрішніх сполучень* $R_{\text{вн}}$ беруться приблизно у три рази більше: $R_{\text{вн}} = 3 R_3$.

Таблиця 2.7 - Найменший радіус заокруглень зовнішніх кутів поковок R_3 мм.

Маса поковки, кг	Найменші радіуси заокруглень при глибині рівчака штампа, мм			
	до 10	11...25	26...50	понад 50
до 1	1,0	1,6	2,0	3,0
понад 1 до 6	1,6	2,0	2,5	3,5
понад 6 до 16	2,0	2,5	3,0	4,0
понад 16 до 40	2,5	3,0	4,0	5,0

2.5.10 Відповідно до ГОСТ 3.1126-88 виконати креслення штампованої заготовки

Креслення поковки можна виготовляти як вручну, так і з використанням спеціальних програм (Компас, CorelDRAW та ін.). Згідно з ГОСТ 3.1126-88 та рекомендаціями ГОСТ 7505-89 креслення штампованої поковки з урахуванням всіх напусків, припусків за своїми фактичними розмірами виконується *товстими суцільними лініями*. На кресленні поковки *тонкою штрихпунктирною лінією з двома точками* наносять контур готової деталі, який можна трохи спростити. Одночасно на кресленні показують поверхню розніму штампа тонкою штрихпунктирною лінією, яка позначається хрестиками на кінцях.

На кресленні мають бути проставлені всі розміри, необхідні для виготовлення і контролю поковки, відповідно до виконаних розрахунків (див. табл.2.3). Проставлені розміри поковки повинні бути узгоджені з відповідними розмірами на кресленні деталі. Слід уникати проставлення розмірів ланцюжком. Як замикальний розмір звичайно обирають товщину фланця, приливу або іншого невідповідального елемента.

У технічних умовах креслення зазначають: клас точності, групу складності, групу сталі, невказані штампувальні нахили і радіуси заокруглень, допуски на лінійні або кутові розміри, встановлені межі твердості та інше. При необхідності вказують допустимі залишки облою, види і розміри допустимих зовнішніх дефектів поковки тощо.

Приклад оформлення креслення штампованої заготовки наведено у додатку Д.

2.5.11 За отриманим кресленням визначити масу поковки

Для цього спочатку розраховують її об'єм шляхом розкладання її форми на елементарні геометричні фігури. Об'єми отворів необхідно віднімати від об'єму заготовки. При розрахунку маси використовують густину матеріалу поковки (сталі $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$).

Об'єм і маса виливка можуть бути розраховані й за допомогою спеціальних програм.

Послідовність розрахунків розмірів і маси та креслення штампованої заготовки занести до РГЗ.

2.6 Контрольні запитання

1. У чому суть гарячого об'ємного штампування?
2. Які способи об'ємного штампування Ви знаєте?
3. Чим обумовлюється вибір методу штампування заготовки?
4. Від чого залежить вибір способу виготовлення (або намітки) отвору при штампуванні?
5. Виходячи з яких міркувань, призначають положення поверхні розніму штамп?
6. Від чого залежить кут штампувального нахилу?
7. Які параметри визначають намітку отвору?

Розрахунково-графічне завдання №3

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА ЗАГОТОВОК

3.1 Мета роботи:

Вивчення головних методів техніко-економічного аналізу, отримання практичних навичок з техніко-економічного обґрунтування оптимального методу виробництва заготовок та вибір оптимальної технології виробництва заготовки для певної деталі у заданих умовах виробництва.

3.2 Загальні відомості

Техніко-економічним обґрунтуванням вибору оптимального методу виробництва заготовок для заданої деталі є результати техніко-економічного аналізу розроблених варіантів заготовок. Він може

проводитися на підставі цілої низки показників. Головними з них є: технологічна трудомісткість виготовлення заготовки та деталі, коефіцієнт використання матеріалу, ступінь автоматизації виробництва та інші. Прямий і точний розрахунок цих показників трудомісткий, а часто й неможливий з-за відсутності на етапі технологічної підготовки виробництва всіх необхідних вихідних даних. При цьому мова не йде про визначення відпускної ціни заготовки або деталі. Для порівняння двох або більше варіантів технологій достатньо провести порівняльну оцінку за деякими головними показниками, наприклад, за технологічною (або цеховою) собівартістю, коефіцієнтом використання матеріалу тощо.

Технологічна собівартість оцінює всі витрати, пов'язані безпосередньо з технологічним процесом виробництва заготовки. Вона охоплює витрати на основну та додаткову заробітну плату виробничих робітників, витрати на утримання та експлуатацію обладнання, пристроїв, штамів, моделей, інструментів тощо. Технологічна собівартість – це сума собівартостей за всіма операціями технологічного процесу і становить лише частину загальних витрат на виготовлення заготовки у даному цеху (дільниці). Витрати на матеріал з-за близьких розмірів заготовок, що порівнюються, як правило, не враховуються.

Цехова собівартість охоплює витрати на основні та допоміжні матеріали, заробітну плату, утримання та експлуатацію обладнання, оснащення, приміщень, первинні капітальні вкладення та інше. У загальному випадку величина цехової собівартості заготовки визначається як сума витрат на матеріали, на технологічний процес виготовлення заготовки та на загальноцехові витрати. Цехова собівартість розраховується за окремими технологічними процесами і виробничими ділянками, які беруть участь у виготовленні заготовок.

Проте повнішу картину взаємопов'язаних витрат на виробництво заготовки та на наступне виготовлення з неї готової деталі дає *собівартість деталі*. Вона визначається як сума собівартостей заготовки та її наступного механічного оброблення. При цьому оптимальний варіант методу виробництва заготовки обирається за найменшою собівартістю деталі, виготовленої з певної заготовки.

Коефіцієнт використання матеріалу визначається як відношення маси готової деталі до загальної маси використаного матеріалу. Для визначення останньої треба врахувати всі технологічні

витрати матеріалу: на литникову систему, на облой, окалину і т.п. Величина технологічних витрат залежить від обраного методу виробництва заготовки. Чим вище коефіцієнт використання матеріалу, тим доцільніше обрати даний варіант технології виробництва заготовки.

У деяких випадках на етапі проектування заготовки використовують *спрощений метод розрахунку собівартості* литих та штампованих заготовок і готових деталей. Він ґрунтується на оптових цінах на виливки та поковки за прейскурантами [8, 9]. Ціни, наведені у цих прейскурантах, як і в інших прейскурантах, виданих до 1991 р., не відбивають сучасного рівня цін. Проте навіть у ринкових умовах співвідношення цін між виливками різної складності та якості та між виливками і поковками з одного й того ж матеріалу і т.п. у загальних рисах зберігається, тому що витрати на матеріал, заробітну плату, енергоносії зростають однаково і для прокату, і для поковок, і для виливків. Тому прейскурантом № 25-01 можна користуватися для розрахунку собівартості, вважаючи що в ньому наведені ціни в умовних грошових одиницях (ум.гр.од.)

3.3 Завдання на підготовку до розрахунків РГЗ № 3

Для проведення спрощеного техніко-економічного аналізу необхідно використовувати дані, які отримані при виконанні розрахунково-графічних завдань №1 та №2, а саме:

- методи виготовлення заготовок,
- матеріал деталі та заготовок;
- масу деталі M_d , кг,
- масу заготовок, розраховану за кресленнями, $M_{з1}$ і $M_{з2}$, кг;
- ступінь складності кожної з заготовок;
- обсяг виробничої партії (замовлення) P , шт.

Для кожного з методів виробництва заготовки, що розглядаються, ці дані треба занести до табл. 3.1.

3.4 Порядок виконання РГЗ № 3

3.4.1 Визначити оптову ціну заготовки

Необхідно визначити базову оптову ціну 1 т заготовок зі стандартизованого матеріалу $\Pi_{ст.з}$, ум.гр.од /т.

Для цього для литої заготовки за табл. 2.1 «Прейскуранту для техніко-економічного обґрунтування» [8] залежно від матеріалу вилівка спочатку знаходять номер таблиці базової оптової ціни $\Pi_{\text{ст.з}}$, яка відповідає матеріалу заготовки. Для штампованої заготовки базовий сплав один – сталь 35 ДСТУ7809:2015. Після цього у відповідних таблицях 2.2-2.4 та 3.1 знаходять табличні значення маси:

M_1 , кг – найближче, але менше від маси заготовки M_3 і M_2 , кг – найближче, але більше від маси заготовки. Залежно від ступеня складності знаходять оптові ціни вилівка (поковки) Π_1 і Π_2 , ум. гр.од./т, які відповідають табличним значенням мас M_1 і M_2 . Оптову ціну 1 т заготовок масою M_3 визначають інтерполяцією за формулою:

$$\Pi_{\text{ст.з}} = \Pi_1 - \frac{(\Pi_1 - \Pi_2)(M_3 - M_1)}{M_2 - M_1} \quad (3.1)$$

3.4.2 Знайти коефіцієнт ціни матеріалу заготовки

Коефіцієнт ціни матеріалу заготовки $K_{\text{ц}}$ знаходять за табл. 2.5 та 3.2 «Прейскуранта» [8] відповідно до матеріалу заготовки.

3.4.3 Визначити групу серійності та доплату (або знижку) за серійністю

Для цього спочатку за табл. 2.6 для литої і табл. 3.4 для штампованої заготовки «Прейскуранта» [8] за масою заготовки і обсягом замовлення знаходять групи серійності, а потім залежно від групи серійності за табл. 2.7 і 3.3 відповідно знаходять доплату D (+) або знижку (-) (у %) за серійність до оптової ціни.

3.4.4 Визначити собівартість виробництва заготовки

Собівартість виробництва заготовки C_3 залежить від оптової ціни 1 т заготовок зі стандартизованого (базового) сплаву $\Pi_{\text{ст.з}}$, коефіцієнта ціни фактичного матеріалу заготовки $K_{\text{ц}}$, доплати (або знижки) за серійність виготовлення заготовки D (%) та її маси M_3 . Частково собівартість виробництва заготовки зменшується за рахунок здачі стружки як вторинної сировини. Орієнтовно заготівельна ціна 1 т відходів (стружки) з матеріалу заготовки $C_{\text{відх}}$, ум.гр.од./т, визначається за табл. 4.1 "Прейскуранта" [8]. Виходячи з наведеного вище,

Таблиця 3.1. – Результати розрахунків

Характеристика	Позначення	Розрахункова формула або джерело даних	Вид заготовки	
			лита	штам- пована
Спосіб виготовлення заготовки	—	—		
Матеріал заготовки	—	—		
Маса деталі	M_d , кг	—		
Маса заготовки	M_3 , кг	—		
Ступінь складності заготовки		ГОСТ 26645 – 85, ГОСТ 7505 - 89		
Обсяг виробничої партії	Π , шт.			
Оптова ціна 1 т виливків (поковок) зі стандартизованого (базового) сплаву	$C_{ст.з}$, ум.гр.од /т	$C_{ст.з} = C_1 - \frac{(C_1 - C_2)(M_3 - M_1)}{M_2 - M_1}$		
Коефіцієнт ціни матеріалу заготовки	$K_{ц}$	Табл. 2.5, 3.2 [8]		
Група серійності		Табл. 2.6, 3.4 [8]		
Доплата (знижка) за серійність	D , %	Табл. 2.7, 3.3 [8]		
Заготівельна ціна 1 т відходів (стружки) з матеріалу заготовки	$C_{відх.}$, ум.гр.од /т	Табл. 4.1 [8]		
Собівартість виробництва заготовки	C_3 , ум.гр.од /т	$C_3 = C_{ст.з} \cdot K_{ц} \left(1 + \frac{D}{100}\right) \cdot \frac{M_3}{1000} - C_{відх.} \frac{M_3 - M_d}{1000}$		
Витрати на механічне оброблення, віднесені до 1 т стружки	$C_{стр.}$, ум.гр.од /т	Табл. 9.1 [1]		
Собівартість механічного оброблення заготовки	$C_{м.о.}$, ум.гр.од /т	$C_{м.о.} = C_{стр.} \frac{M_3 - M_d}{1000}$		
Собівартість виготовлення деталі	C_d , ум.гр.од /т	$C_d = C_3 + C_{м.о.}$		
Коефіцієнт виходу придатного виливка	$K_{в.п}$	п. 3.4.7, табл. 3.2, с. 45		
Маса облою	$M_{об.}$, кг	п.3.4.7, с. 45		
Маса угару	$M_{уг.}$, кг	п. 3.4.7, с. 45		
Маса матеріалу, витраченого на виготовлення заготовки	$M_{в.м.}$, кг	$M_{в.м.}^I = M_3 / K_{в.п}$ $M_{в.м.}^{III} = M_3 + M_{об.} + M_{уг.}$		
Коефіцієнт використання матеріалу	$K_{в.м}$	$K_{в.м.} = M_d / M_{в.м.}$		
Додаткові витрати на виготовлення	V_v	$V_v = C_{д2} - C_{д1}$		
Додаткові маса матеріалу та витрати на нього	$M_{дод.}$, кг	$M_{дод.} = M_d \frac{K_{в.м.2} - K_{в.м.1}}{K_{в.м.2} \cdot K_{в.м.1}}$		
	V_m , ум.гр.од /т	$V_m = C_{ст.з1} \cdot K_{ц1} \left(1 + \frac{D_1}{100}\right) \cdot \frac{M_{дод.}}{1000}$		

собівартість виробництва однієї заготовки (в ум.гр.од/шт.)

$$C_3 = C_{\text{стз}} \cdot K_{\text{ц}} \left(1 + \frac{D}{100}\right) \cdot \frac{M_3}{1000} - C_{\text{відх}} \frac{M_3 - M_{\text{д}}}{1000} \quad (3.2)$$

3.4.5 Визначити собівартість механічного оброблення заготовки

Собівартість механічного оброблення заготовки $C_{\text{м.о}}$ за спрощеним методом розрахунку визначається через $C_{\text{стр}}$, ум.гр.од./т, – витрати на механічне оброблення, віднесені до 1 т знятої стружки. До них входять: зарплата основних робітників, витрати на експлуатацію металорізальних верстатів, іншого необхідного обладнання, певні додаткові витрати. Витрати $C_{\text{стр}}$ для різних галузей машинобудування наведені у табл. 9.1 [1]. Для більшості галузей машинобудування $C_{\text{стр}} = 400 \dots 600$ ум.гр.од /т.

Тому

$$C_{\text{м.о}} = C_{\text{стр}} \cdot \frac{M_3 - M_{\text{д}}}{1000} \quad (3.3)$$

3.4.6 Визначити собівартість виготовлення деталі

Собівартість виготовлення деталі $C_{\text{д}}$, ум.гр.од /т, визначається як сума собівартостей заготовки і механічного оброблення

$$C_{\text{д}} = C_3 + C_{\text{м.о}} \quad (3.4)$$

3.4.7 Визначити коефіцієнти використання матеріалу заготовок, виготовлених за різними технологіями

Коефіцієнт використання матеріалу $K_{\text{в.м}}$ визначають як відношення маси готової деталі $M_{\text{д}}$ до маси всього матеріалу $M_{\text{в.м}}$, витраченого на виготовлення заготовки:

$$K_{\text{в.м}} = M_{\text{д}} / M_{\text{в.м}} \quad (3.5)$$

Для знаходження $M_{в.м}$ необхідно врахувати всі технологічні втрати, пов'язані з виробництвом заготовки.

Для *литих заготовок* враховують втрати металу на литникову систему, випори, надливи, угар і т.п. Масу витраченого матеріалу $M_{в.м}$ визначають за масою виливка M_3 з урахуванням коефіцієнта виходу придатного $K_{в.п}$ (табл. 3.2):

$$M_{в.м}^{\text{л}} = M_3 / K_{в.п} \quad (3.6)$$

Чим вище ступінь складності виливка і чим менше його маса, тим більша відносна частка металу припадає на технологічні відходи (литникову систему тощо). Тому для виливків малої маси і підвищеної складності з наведених вище діапазонів коефіцієнту виходу придатного $K_{в.п}$ треба брати менші значення, а для великих і нескладних виливків – більші.

Таблиця 3.2 - Орієнтований коефіцієнт виходу придатного $K_{в.п}$ литих заготовок

Ливарний сплав	Лиття в піщані форми		Спеціальні методи лиття	
	Виливки масою до 10 кг	Виливки масою понад 10 кг	Виливки масою до 10 кг	Виливки масою понад 10 кг
Сірий чавун	0,50...0,65	0,60 0,75	0,70...0,85	0,75...0,90
Ковкий чавун	0,45...0,55	0,50...0,65	0,60...0,75	0,70...0,85
Чавун з кулястим графітом	0,35...0,50	0,45...0,60	0,50...0,65	0,60...0,80
Сталь	0,40...0,55	0,50...0,65	0,60...0,75	0,70...0,85

Для *штампованих заготовок* $M_{в.м}^{\text{ш}}$ визначають як

$$M_{в.м}^{\text{ш}} = M_3 + M_{об} + M_{уг}, \quad (3.7)$$

де M_3 – маса поковки, кг; $M_{об}$ – маса облою, кг; $M_{уг}$ – витрати металу на угар при нагріванні поковки, кг.

Маса облою $M_{об}$ наближено дорівнює 15...30% від маси поковки M_3 . Витрати на угар $M_{уг}$ становлять 0,5...1,2% від маси поковки M_3 при електричному та 1,5...3,5% при полуменевому нагріванні. Чим менше маса поковки, тим більші значення відсотків з наведених вище діапазонів треба брати для визначення маси облою $M_{об}$ і тим менші – для визначення маси угару $M_{уг}$.

3.4.8 Зробити вибір оптимального методу виробництва заготовки

Вибір здійснюється за коефіцієнтом використання матеріалу $K_{в.м}$ та за собівартістю виготовлення деталі C_d для кожної з заготовок, що порівнюються. Оптимальним буде той метод виробництва заготовки для заданої деталі, для якого одночасно собівартість виробництва деталі C_d буде найменшою, а коефіцієнт використання матеріалу $K_{в.м}$ - вищим. Наприклад, якщо $C_{d1} < C_{d2}$ і $K_{в.м1} > K_{в.м2}$, то обирають перший варіант виробництва заготовки.

Якщо для одного зі способів виробництва справдилася ця умова, то у такому випадку розрахунки техніко-економічного обґрунтування вибору оптимального методу виробництва заготовки закінчуються, і робиться висновок, який саме метод виробництва заготовки (лиття чи штампування) для заданої деталі виявився кращим.

3.4.9 Розрахунки додаткових витрат.

У деяких випадках згадана вище умова не виконується. Розрахунки можуть показати, що один з методів виробництва заготовки має меншу собівартість виготовлення деталі, але одночасно й низький коефіцієнт використання матеріалу (наприклад, $C_{d1} < C_{d2}$ і $K_{в.м1} < K_{в.м2}$). Це означає, що цей варіант технології при низькій собівартості деталі має завищені витрати матеріалу, а інший варіант, навпаки, - завищені витрати на виготовлення при кращому $K_{в.м}$. У цьому випадку необхідно зробити розрахунки додаткових витрат на виготовлення V_b та на матеріали V_m .

Додаткові витрати на виготовлення V_b становлять різницю між собівартістю виготовлення деталі з різних заготовок. Якщо,

наприклад, собівартість виготовлення більша у другому варіанті технології, то:

$$B_v = C_{d2} - C_{d1}. \quad (3.8)$$

Для варіанта технології з меншим коефіцієнтом використання матеріалу $K_{в.м}$ (тобто з більшими втратами матеріалу) спочатку знаходять додаткову масу витраченого матеріалу $M_{дод.}$. Якщо, наприклад, коефіцієнт використання матеріалу менший у першому варіанті, то

$$M_{дод.} = M_{д.} \cdot \frac{K_{в.м2} - K_{в.м1}}{K_{в.м2} \cdot K_{в.м1}} \quad (3.9)$$

Тоді *додаткові витрати на матеріал* B_m знаходять з урахуванням ціни матеріалу і доплат, властивих у даному прикладі першому варіанту:

$$B_m = C_{ст.з1} \cdot K_{ц1} \cdot \left(1 + \frac{d_1}{100}\right) \cdot \frac{M_{дод.}}{1000}. \quad (3.10)$$

Маючи дані про додаткові витрати на виготовлення B_v для одного варіанта і на матеріал B_m для іншого, необхідно зробити вибір оптимального методу виробництва заготовки. Обирають той варіант, для якого додаткові витрати менші.

3.4.10 Зміст звіту

1. Зробити розрахунки собівартості виготовлення заготовок за обраними варіантами технологій і готових деталей, виготовлених з них, а також коефіцієнта використання матеріалу для кожної заготовки. Послідовні етапи розрахунків внести у табл. 3.1.

2. Зробити висновок і обґрунтувати вибір оптимального методу виробництва заготовки.

3.5 Контрольні запитання

1. Які техніко-економічні показники найчастіше використовують для вибору оптимального методу виробництва заготовок?
2. З чого складається технологічна собівартість заготовки?
3. З чого складається цехова собівартість заготовки?
4. Як визначити собівартість виготовлення деталі?
5. Як визначити коефіцієнт використання матеріалу?
6. Як визначити масу матеріалу, витраченого на виготовлення заготовки різними технологічними методами?
7. Чому при виборі оптимального методу виготовлення заготовок треба враховувати не лише собівартість заготовки, але й витрати на наступне механічне оброблення?
8. За якими параметрами обирають оптимальний метод виробництва заготовки?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Плєскач В.М., Акімов І.В., Мітяєв О.А. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: підручник / за заг. ред. доц. В.М.Плєскача. Запоріжжя: Просвіта, 2013. 370 с.
2. Технологія конструкційних матеріалів: підручник / М.А. Сологуб та ін.; за ред. М. А. Сологуба. К.: Вища шк., 2002. 374 с.
3. Попович В., Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: підручник.-Львів: Світ, 2006. 624 с.
4. Голофаєв А.М., Гутько Ю.І., Тараненко Н.О. Технологічна оснастка ливарного виробництва: Навчальний посібник – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2006. - 304 с.
5. Технологічні процеси за фахом. Кування і штампування : навч. посібник / В. В. Кухар та ін. – Маріуполь: ПДТУ, 2017. – 144 с.
6. Комар Р.В., Паньків М.Р., Сенчишин В.С. Технологія та устаткування машинобудівних виробництв. Виробництво заготовок. тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. 152 с.
7. Індивідуальні завдання до виконання розрахунково-графічних та контрольних завдань з технологічних методів виробництва заготовок / Укл. І.В. Акімов, В.М. Плєскач, – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. - 35 с.
8. Прейскурант для техніко-економічного обґрунтування вибору оптимальної технології виробництва заготовок. / Укл. І.В. Акімов, В.М. Плєскач.- Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. -18 с.
9. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування і виробництва заготовок: підручник. Львів: Світ, 1996. 368 с.

Додаткова

10. Богуслаєв В.О., Качан О.Я., Калініна Н.Є., Мозговий В.Ф., калінін В.Т. Авіаційно-космічні матеріали та технології. Запоріжжя: вид. ВАТ «Мотор Січ», 2009. 383 с.
11. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування: навч. посібник.- Львів: «Магнолія 2006», 2007. -500 с.
12. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. К.: Вища шк., 1993. 413 с.

13. Волчок І.П., Плєскач В.М., Шєстаков І.А. Сучасні виробничі технології у машинобудіванні та металургії: навч. посібник / за заг ред. проф. І.П.Волчка. Запоріжжя: Дике поле, 2006. 360 с.

14 Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. К.: Техніка, 2002. 336 с.

15. Солнцев Ю.П., Беліков С.Б., Шейко С.П. Спеціальні конструкційні матеріали: підручник. Запоріжжя: «ВАЛПІС-ПОЛІГРАФ», 2010. 536 С.

Додаток А

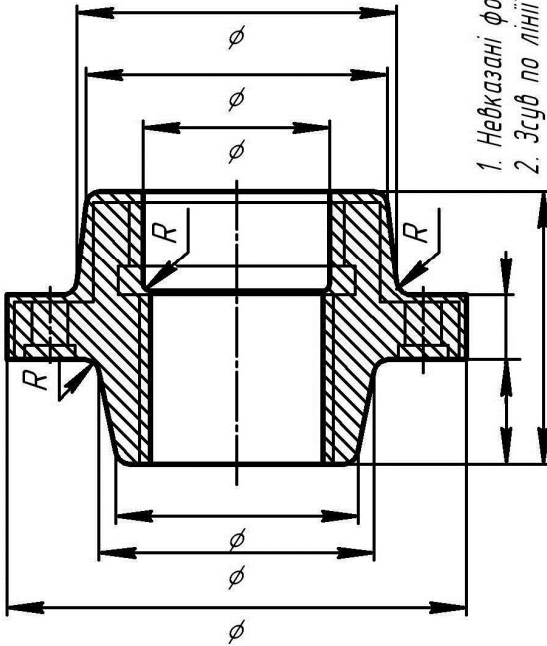
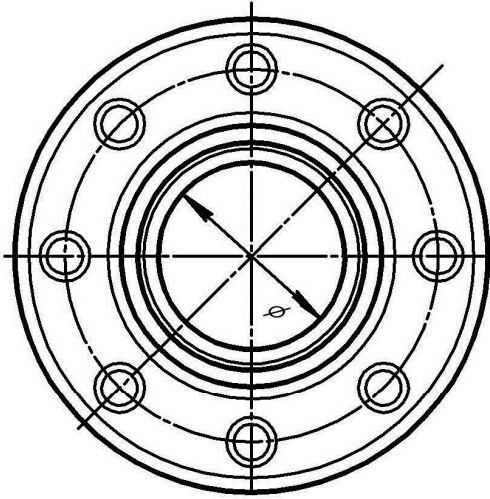
Класифікація виливків за технологічною складністю

Група складності	Конфігурація литих поверхонь	Типи виливок
1 група	Виливки плоскі, циліндричні, зовнішні поверхні з невисокими виступами. Внутрішні порожнини відсутні.	кришки, фланці, вали простої конфігурації, вал-шестерні, маховики без спиць, притискні кільця.
2 група	Виливки плоскості, циліндричні, напівсферичні відкритої коробчастої форми. Зовнішні поверхні прямолінійні і криволінійні з наявністю ребер і бортів. Внутрішні порожнини прямолінійні з широким виходом назовні.	шків, зубчасті колеса без литих зубів, вилки, маховики діаметром до 1 м, кронштейни, цапфи.
3 група	Виливки циліндричні, сферичні відкритої коробчастої форми. Зовнішні поверхні прямолінійні та криволінійні з бобишками, заглибленнями і виступами. Внутрішні порожнини середньої складності з незначними виступами і заглибленнями на одній з гладких поверхонь з вільним широким виходом назовні.	шків діаметром понад 1 м, корпуси, кришки редукторів, супорти, планшайби верстатів.
4 група	Виливки закритої і частково відкритої коробчастої форми. Зовнішні поверхні прямолінійні та криволінійні з бобишками і литими отворами. Внутрішні порожнини в основному прямолінійні з вільним та утрудненим виходом назовні.	станини металорізальних верстатів, корпуси редукторів, силові головки, циліндри двигунів, компресорів.

Продовження додатка А		
5 група	Виливки коробчастої, сферичної або комбінованої форми. Зовнішні поверхні прямолінійні і криволінійні з прилеглими фланцями, патрубками і ребрами. Внутрішні поверхні складної конфігурації з вільними і утрудненим виходом назовні; можлива наявність замкнених порожнин.	блоки циліндрів крупних двигунів, компресорів; станини крупних верстатів, рами.
6 група	Виливки закритої коробчастої, циліндричної форми. Зовнішні поверхні утворюються сполученням прямолінійних і криволінійних поверхонь з тонкими ребрами і виступами. Внутрішні поверхні особливо складної конфігурації.	станини крупних спеціальних верстатів, блоки циліндрів великих дизелів, корпуси відцентрових насосів.

Додаток Б

Приклад оформлення креслення влітої заготовки



1. Невказані формувальні нахили ...
2. Зсув по лінії розрізу допускається до...
3. На необроблювальних поверхнях припускаються раковини до ... глибиною не більше ...
4. Точність вилівка за ГОСТ 26645-85

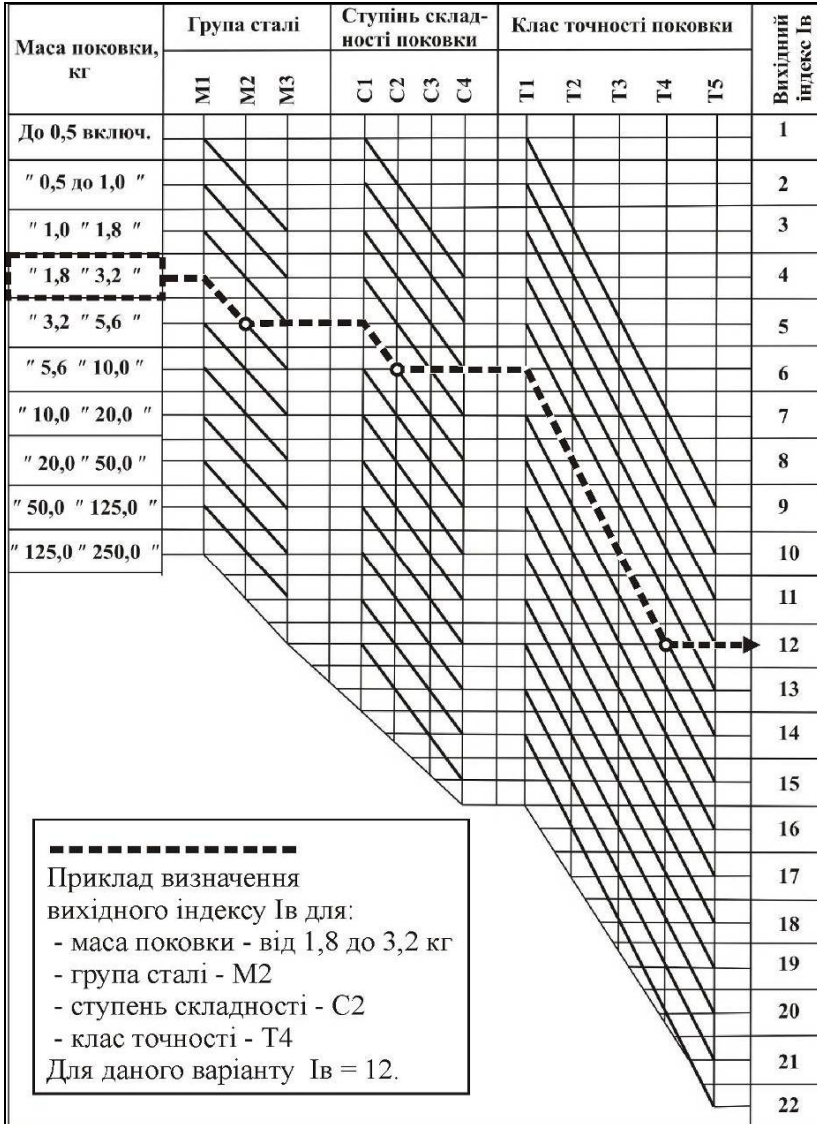
Додаток В

Коефіцієнт K_p для визначення розрахункової маси поковки

Група	Характеристика деталі	Типові представники групи	K_p
1	Видовжені форми: - з прямою віссю - із зігнутою віссю	Вали, осі, шатуни Важелі, сошки рульового керування	1,3...1,6 1,1...1,4
2	Круглі і багатогранні в плані: - круглі - квадратні, прямокутні, багатогранні - з відгалуженнями	Шестерні маточини Фланці, гайки, кришки Хрестовини, вилки	1,5...1,8 1,3...1,7 1,4...1,6
3	Комбіновані (такі, що містять елементи першої і другої груп)	Кулаки поворотні, колінчасті вали	1,3...1,8
4	З великою кількістю поверхонь, що не обробляються різанням	Балки передніх осей, важелі перемикачів, буксирні гаки	1,1...1,3
5	З отворами, поглибленнями, порожнинами, що не оформляються у поковці штампуванням	Порожністі вали, блоки, фланці, шестерні	1,8...2,2

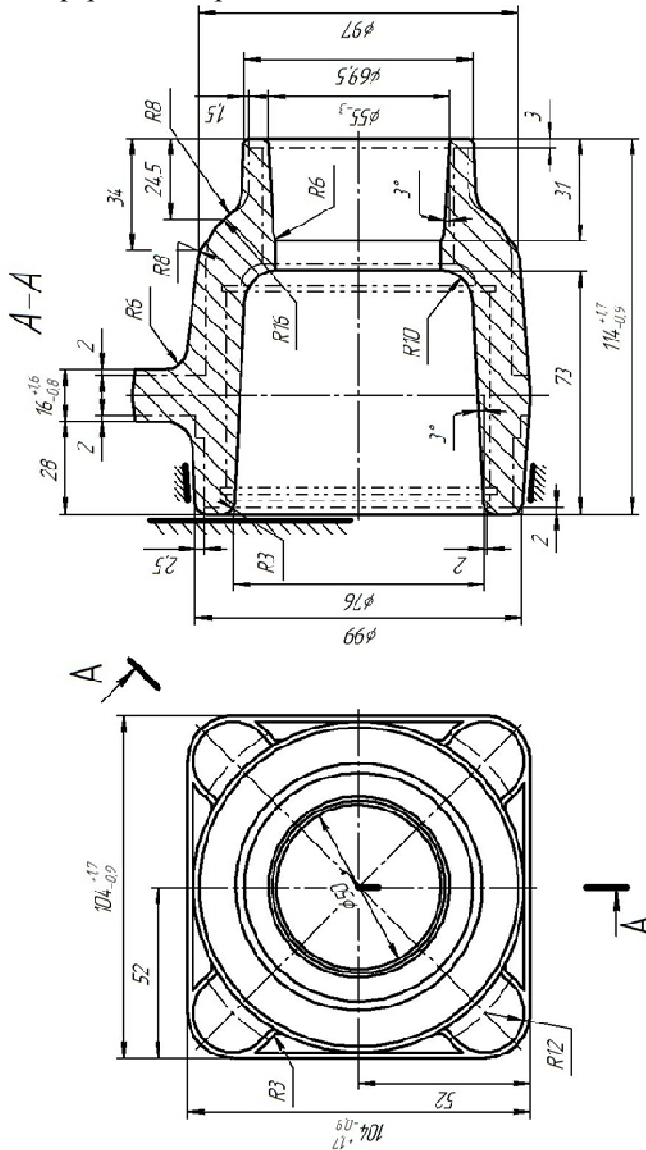
Додаток Г

Номограма для визначення вихідного індексу I_v штампованої заготовки



Додаток Д

Приклад оформлення креслення штампованої заготовки



Додаток Е

Приклад титульного аркуша

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Кафедра КМХТ

Залік. книжка № _____

Варіант _____

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ
КОНТРОЛЬНА РОБОТА

*[(Звіт з) РГЗ – для студентів денної форми навчання,
контрольна робота – для студентів-заочників]*

з дисципліни « _____ »

[Назва дисципліни – згідно з навчальним планом студента]

Виконав студент гр. _____

(підпис, дата) (прізвище)

Перевірів викл. _____

(підпис, дата) (прізвище)

Запоріжжя, 20 ____ р.