

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра Матеріалознавства та ливарного виробництва

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри М та ЛВ
к.т.н., доц. Олександр КУЗИК
(прізвище та ініціали)

« _____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

**«Розробка технологічного процесу виготовлення
вилівка «Ступиця» в піщано-глинисту форму»**

"Development of a technological process for manufacturing a
"Hub" casting in a sand-clay mold"

Виконав: здобувач вищої освіти 4-го курсу
групи ПМ(ОЛ) - 21

_____ Сергій Ніколаєнко
(прізвище та ініціали)

ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3-D друк
спеціальності 131«Прикладна механіка»

Керівник роботи: викл. кафедри МЛВ

_____ Людмила Молокост
(прізвище та ініціали)

Рецензент:

к.т.н., доц.

_____ Юрій Невдаха
(прізвище та ініціали)

Центральноукраїнський національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Механіко – технологічний
 Кафедра матеріалознавства та ливарного виробництва
 Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
 Галузь знань 13. Механічна інженерія
 Спеціальність 131 Прикладна механіка
 Освітньо-професійна програма Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3-D друк

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Матеріалознавства та ЛВ
 _____ доц., к.т.н. Олександр КУЗИК
 « _____ » _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ
(БАКЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Ніколаєнко Сергія Олександровича

1. Тема роботи: «Розробка технологічного процесу виготовлення виливка «Ступиця» в піщано-глинисту форму»

2. Керівник роботи викладач Молокост Л.А.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджено наказом вищого навчального закладу від 2.01.2025 року №9-02

3. Строк подання роботи до захисту 15.06.2025 року

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи: Розробити технологічний процес виготовлення виливка Ступиця методом лиття у піщано-глинисту форму

Завдання:

1. Вибрати матеріал для виготовлення виливка, обгрутувати його, навести його властивості. 2. Охарактеризувати деталь та розробити технічні умови на виливок
3. Розробити технологічний процес для виготовлення виливка Ступиця. 4. Описати технологічний процес виготовлення виливка. 5. Розрахувати та побудувати ливникову систему -

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням графічного матеріалу):

Ступиця, модельний комплект низу, модельний комплект верха, стержневий ящик, форма в зборі

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка вміщує в себе сторінок друкованого тексту, а також 5 рис, 23 таблиць, 19 джерел.

В кваліфікаційній роботі здобувача проаналізовано та вибрано матеріал для виготовлення виливка, проведено аналіз конструкції деталі. Розроблені технічні умови щодо виготовлення виробу, його розміри та технологічні параметри. Вибрано метод виготовлення виливка у піщано-глинисту форму, приведені переваги та недоліки цього способу. Розглянуто сировинні матеріали для виготовлення піщано-глинистої форми, їх властивості та особливості.

Розроблена послідовна технологія виготовлення виливка, а саме: вибрано метод лиття; послідовність операцій згідно технологічного процесу; підібране технологічне обладнання для виготовлення виливка.

Зроблено розрахунок ливникової системи: визначено оптимальну тривалість заливання металу; **площу перерізу каналів ливникової системи. Описано послідовний технологічний процес проектування ливарної форми:**
підібрано формувальну та стержньову суміш; процес формовки; складання форми та її підготовка до заливання металом; фінішна обробка виливків, підібрано ливарну оснастку.

Об'єкт розробки – технологічний процес виготовлення виливка з сірого чавуну ступиця масою 2,100 кг методом лиття в піщано-глинисту форму.

Предмет розробки – визначення технологічних параметрів, складання опису виробництва виливка та його формування.

Результат проектування – розроблена технологія ливарної форми, виконано вибір сучасного ливарного устаткування.

Результати розробки можуть бути рекомендовані для впровадження при виробництві дрібних (до 30) кг чавунних виливок середньої складності в умовах серійного та масового виробництва.

ВИЛИВОК, ПРИПУСК, МОДЕЛЬНИЙ КОМПЛЕКТ, ФОРМОВА СУМІШ, СТЕРЖЕНЬ, ЛИВНИКОВА СИСТЕМА, ШЛАКОВЛОВЛЮВАЧ,

ЖИВИЛЬНИКИ, ОСНАСТКА

ABSTRACTS

The explanatory note contains ___ pages of printed text, as well as 8 figures, 17 tables, and 20 references.

In the qualification work of the student, the material for casting production was analyzed and selected, and the design of the part was examined. Technical specifications for the product, its dimensions, and technological parameters were developed. The sand-clay mold casting method was selected, with its advantages and disadvantages described. The raw materials for the sand-clay mold, their properties, and features were reviewed.

A step-by-step casting production process was developed, including the choice of casting method, the sequence of operations according to the technological process, and the selection of technological equipment for casting manufacturing.

The gating system was calculated: the optimal pouring time and the cross-sectional area of the gating channels were determined. The technological process of mold design was described in detail: selection of molding and core mixtures, the molding process, mold assembly and preparation for pouring, final treatment of castings, and the selection of casting tooling.

The object of development is the technological process for manufacturing a grey cast iron hub casting weighing 2.100 kg using sand-clay mold casting.

The subject of the study is the identification of technological parameters, the development and description of the production of forging and molding.

The result of the design is the development of the liqueur form technology, the choice of daily liqueur installation.

The results of the breakdown can be recommended for use in the selection of small (up to 30) kg of medium-sized chavun forks of medium foldability in serial and mass selection.

CASTING, LOAD, MODEL KIT, MOULDING MIXTURE, ROD, GUTTER SYSTEM, SLAG TRAPPER, FEEDER, TOOLING

ЗМІСТ

	Стор
Вступ	7
1. Вибір матеріалу для виготовлення виливка «Ступиця»	8
2. Розробка технологічного процесу виготовлення виливка	10
2.1. Вибір обладнання для виготовлення ливарних форм та виготовлення стержнів у виливку	14
2.2. Визначення положення лінії розняття форми, та положення виливка у формі	15
2.3. Вибір та призначення припусків на механічну обробку	16
2.4. Вибір уклонів, заокруглень внутрішніх і зовнішніх кутів (галтелей), стержневих знаків та напусків	17
3. Вибір обладнання для виготовлення ливарних форм та виготовлення стержнів у виливку.....	22
4. Конструювання ливникової системи та її розрахунки.....	23
4.1. Розрахунок оптимальної тривалості заливки	24
4.2. Розрахунок площі поперечного перерізу каналів ливникової системи.....	25
4.3. Розрахунок оптимальної тривалості заливки	25
4.4. Розрахунок живильників	26
5. Технологія виготовлення виливка	27
5.1. Вибір та приготування формувальної та стержневої суміші.....	27
5.2. Формовка ливарної форми та її збирання.....	31
5.3. Заливання ливарної форми металом.....	32
5.4. Вибивання виливка із форми та його обрубка.....	33
6. Вибір технологічного обладнання для виготовлення виливка.....	34
Заключення	36
Література	37
Додатки.....	39

Вступ

Ливарне виробництво відіграє ключову роль у забезпеченні заготовками більшості галузей машинобудування. Цей технологічний процес дозволяє виготовляти деталі з широким діапазоном форм, розмірів і мас, при цьому мінімізуючи обсяг подальшої механічної обробки [1]. Саме ця особливість робить лиття незамінним у масовому та серійному виробництві.

Одним із найбільш розповсюджених способів виготовлення виливків є лиття у форми на основі піщано-глинистих сумішей. До його переваг належать: доступність компонентів, відносна простота реалізації, можливість механізації та автоматизації процесу, а також гарна формувальна здатність, що забезпечує точну передачу конфігурації моделі. Застосування кварцового піску у поєднанні з бентонітовою глиною дозволяє досягти достатньої міцності форм та забезпечити необхідні умови для заповнення порожнини металом [2].

Метод лиття у піщано-глинисті форми особливо ефективний для виготовлення заготовок з чавуну, сталі та сплавів кольорових металів, які використовуються у таких галузях, як сільськогосподарське машинобудування, енергетика, транспорт. Однією з характерних деталей, що потребують високої експлуатаційної надійності, є ступиця, яка працює в умовах динамічних навантажень.

У цій роботі розглянуто технологічні особливості виготовлення вилівка ступиці з сірого чавуну марки СЧ20. Основна увага приділена конструктивним особливостям деталі, підбору матеріалу та обладнання, проектуванню елементів ливникової системи, а також розрахункам, пов'язаним із формуванням, заливанням і охолодженням вилівка.

1 Вибір матеріалу для виготовлення виливка «Ступиця»

Для забезпечення відповідності вимогам міцності, технологічності та зносостійкості при виготовленні виливка типу «Ступиця» було обрано чавунний сплав із пластинчастою формою графіту — СЧ20. Такий вибір зумовлений поєднанням прийнятних механічних характеристик і хороших ливарних властивостей, що дозволяє застосовувати цей матеріал для відповідальних вузлів у машинобудуванні.

Структура та властивості сірого чавуну значною мірою залежать від умов кристалізації, хімічного складу та режимів охолодження у формі. Основними факторами, що визначають поведінку чавуну під час лиття, є вуглецевий еквівалент, співвідношення феритної та перлітної складових, розмір та форма включень графіту. Пластинчастий графіт, що формується при кристалізації, створює внутрішні концентрації напруг, знижуючи міцність, але водночас забезпечує добрі демпфуючі властивості та технологічність при обробці [2].

Оптимізація складу сплаву — важливий етап при підготовці чавуну до заливання. Зокрема, введення модифікаторів, таких як феросиліцій або силікокальцій, сприяє формуванню дрібніших і більш рівномірно розподілених графітових включень, що позитивно впливає на механічні властивості — підвищується ударна в'язкість, зменшується схильність до утворення тріщин.

Крім того, важливим чинником є швидкість охолодження, яка залежить від геометрії виливка та властивостей форми. Повільне охолодження сприяє графітизації — утворенню вільного графіту з вуглецю, що покращує ливарні характеристики, але водночас обмежує механічну міцність. Тому необхідно досягти раціонального балансу між цими факторами відповідно до експлуатаційних умов деталі.

1.1. Механічні, фізичні та технологічні властивості вибраного матеріалу

Сірий чавун марки СЧ20 обрано згідно з вимогами ДСТУ 8833:2019 [3].

Він має стабільні фізико-механічні характеристики, що дозволяє використовувати його у виготовленні деталей, які працюють в умовах помірних навантажень і тертя. Матеріал характеризується добрим литтєвим заповненням форм, помірною твердістю, задовільною оброблюваністю та достатньою опірністю зносу [2].

Завдяки відносно низькій вартості та добрій технологічності, СЧ20 широко використовується для лиття корпусних та дископодібних деталей. Його властивості визначаються як складом (наявністю вуглецю, кремнію, марганцю), так і структурними особливостями після охолодження. Хімічний аналіз, а також значення міцності, твердості й інші показники наводяться у табл. 1.1–1.5.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сплаву СЧ20 ДСТУ 8833:2019

Сплав	Межа міцності на розрив σ_r , МПа, не менше ніж	Відносне видовження, %	Твердість по Брінеллю, НВ, не більше ніж
СЧ 20	200	0,40 - 0,70	143 - 255

Таблиця 1.2 – Механічні властивості чавуну СЧ20 виливків різного перерізу

Марка чавуну	Товщина стінки вилівка, мм						
	4	8	15	30	50	80	150
Границя міцності на розтяг, Н/мм ² , не менше ніж							
СЧ20	270	220	200	160	140	130	120

Таблиця 1.3 – Ливарно-технологічні властивості чавуну СЧ20

Ливарна усадка	1,2%
----------------	------

Таблиця 1.4 – Хімічний склад сплаву СЧ 20

Марка сплаву	Вміст хімічних елементів у сплаві, %				
	C	Si	Mn	S	P
СЧ 20	3,3 -3,5	1,4-2,4	0,7 – 1,0	<0,15	<0,2

Таблиця 1.5 – Фізичні властивості чавуну с пластинчастим графітом

Марка чавуну	Густина, ρ , кг/м ³	Лінійна усадка, ϵ , %	Модуль пружності під час розтягування, $E \cdot 10^{-2}$ МПа	Питома теплоємність, c , в інтервалі температур від 20°C до 200°C включно, Дж/(кг·К)	Коефіцієнт лінійного розширення, α , в інтервалі температур від 20°C до 200°C включно, $\alpha \cdot 10^{-6}/K$	Коефіцієнт теплопровідності, λ , за 20°C, Вт/(м·К)
СЧ200	$7,1 \cdot 10^3$	1,2	від 800 до 1100	480	9,5	54

2 Розробка технологічного процесу виготовлення виливка

Процес виготовлення виливка базується на чітко визначеній послідовності технологічних операцій, які забезпечують формування заготовки із рідкого металу шляхом заливання у одноразову ливарну форму. Цей процес охоплює всі стадії створення виробу — від виготовлення модельної оснастки до контролю готового литва, і включає наступні етапи:

- проєктування та виготовлення модельного комплекту;
- підготовка формувальної та стрижневої сумішей;
- формування ливарної форми та виготовлення стрижнів;
- сушіння стрижнів, а за необхідності — і форм;
- складання форми, включаючи встановлення стрижнів, ливникової системи та замикання форми;
- плавлення металу та підготовка його до заливання;
- заливання форми рідким металом у заданих умовах температури, тиску та швидкості;
- охолодження та кристалізація металу, після чого проводиться вибивання виливка з форми;
- обрізання ливникових залишків, очищення поверхні від залишків формувального матеріалу;

- термічна обробка (за потреби);
- контроль якості готового виливка включає візуальну перевірку, вимірювання геометричних параметрів, а також неруйнівні методи контролю (ультразвуковий, рентгенографічний тощо).

Уся сукупність зазначених операцій спрямована на забезпечення заданих характеристик виливка — точності розмірів, якості поверхні, відсутності внутрішніх дефектів та відповідності конструктивним і технологічним вимогам. Графічне представлення послідовності основних стадій технологічного процесу виготовлення виливка у одноразовій піщаній формі наведено на рис.

2.1

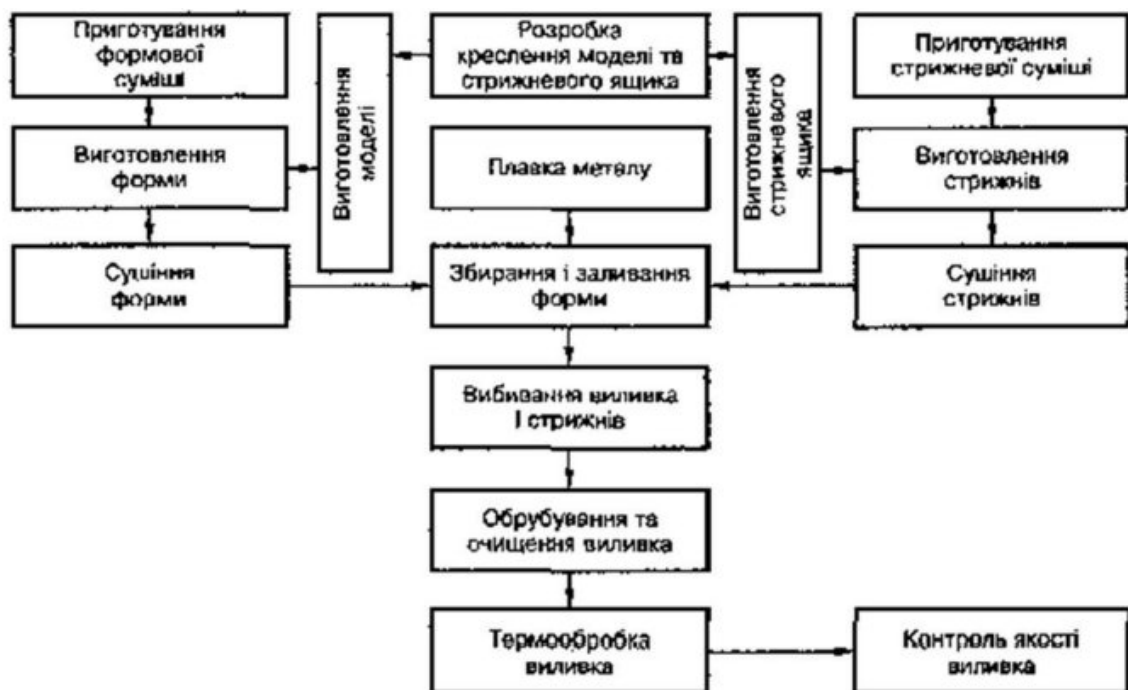


Рисунок 2.1 – Технологічна схема виготовлення виливка в одноразову піщано-глинисту

Деталь типу «Ступиця» є важливою складовою обертових механізмів, зокрема у транспортному та сільськогосподарському машинобудуванні. Вона виконує функцію з'єднувального елемента між валом і обертовою частиною, забезпечуючи передачу крутного моменту та правильну посадку елементів, таких як колеса, шківні або зубчасті колеса. Завдяки цьому ступиця повинна володіти високими експлуатаційними властивостями, зокрема геометричною стабільністю, міцністю та опором до зношування.

Конструктивно ступиця являє собою масивний циліндричний елемент, що фіксується на осі або валу за допомогою посадкового отвору, який може містити шпоночний паз або інший елемент для жорсткого з'єднання (рис. 1).

У деяких випадках ступиця встановлюється на підшипниковий вузол, забезпечуючи вільне обертання навколо осі. Робочі умови експлуатації пов'язані з впливом знакоперемінних навантажень, що виникають під час пуску, гальмування та дії зовнішніх сил. У зв'язку з цим до деталі висуваються підвищені вимоги щодо точності та механічної надійності.

Основними відповідальними зонами є:

- посадковий отвір, через який ступиця насаджується на вал або шпиндель - від нього залежить передача крутного моменту та центрування;
- фланцева частина, яка може служити для з'єднання з іншими елементами (дисками, колесами);

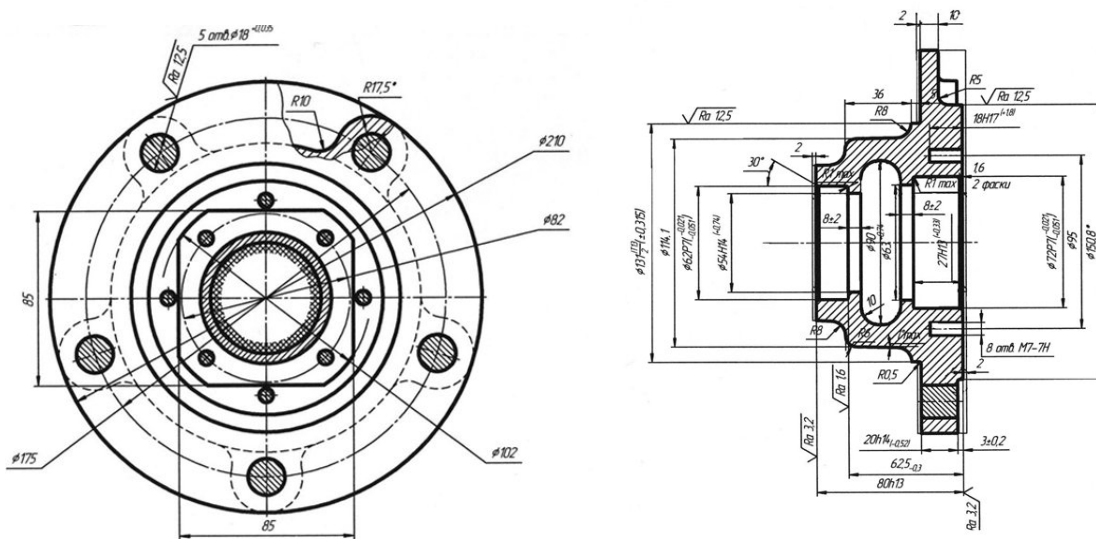


Рисунок 2.2 - Ступиця

- зовнішні циліндричні поверхні, які взаємодіють з іншими компонентами вузла або забезпечують кріплення.

Точність виготовлення ступиці визначається за стандартом ДСТУ 8981:2020, який регламентує допуски на розміри, масу та припуски на механічну обробку 05 [4]. Для виливків, що виготовляються у піщано-глинистих формах з

використанням формувальних сумішей низької вологості (до 2,8%), встановлюється 11 клас точності згідно з таблицею А.1 зазначеного стандарту 05 [4]. Враховуючи габаритні розміри вилівка (до 210 мм), даний клас забезпечує необхідну точність без надмірного ускладнення процесу лиття.

Поверхні, що підлягають подальшій механічній обробці, мають бути сформовані з урахуванням допусків і припусків відповідно до ДСТУ 26645-05. Згідно з таблицею А.4 ДСТУ 8981:2020, яка встановлює відповідність між ступенем точності та параметрами шорсткості, для даної деталі приймаються такі значення: $R_a \leq 20,0$ мкм (середнє арифметичне відхилення профілю); $R_z \leq 80,0$ мкм (максимальна висота нерівностей).

Геометрія ступиці дозволяє забезпечити оптимальний роз'єм ливарної форми — він проходить по центральній площині деталі. Це спрощує формування та забезпечує рівномірне заповнення порожнини при заливанні. Усі контури деталі виконані з прямолінійними ділянками, які плавно переходять у криволінійні радіуси, що знижує ризик утворення внутрішніх напружень при кристалізації металу. На оброблювальних поверхнях допускаються одиничні ливарні раковини не більше 5 мм і глибиною 1 мм в кількості не більше 3 шт.

Зміщення по лінії роз'єму не допускаються. У місцях спряження стержня і знакових частин допускаються заусениці до 1 мм. Також допускається пригар у важкодоступних місцях. Оброблювальними поверхнями є внутрішня і торцеві поверхні. Останні поверхні не оброблюються.

Технічні характеристики:

Маса вилівка — 2,100 кг;

Габаритні розміри — 210 × 210 × 80 мм;

Діапазон твердості — 131–157 НВ (за Бринеллем);

Матеріал — сірий чавун СЧ20 (відповідно до ДСТУ 8833:2019);

Опока для формування — 900 × 600 × 125 мм;

Механічній обробці підлягають лише посадкові поверхні.

2.1 Визначення розмірів і конструкцій опоки

Проектування опоки для лиття ступиці передбачає врахування низки ключових факторів: розмірів і маси відливка, кількості виробів у формі, габаритів ливникової системи, розміщення моделей на підмодельній плиті та властивостей формувальної суміші [1, с. 78–80].

Розміри відливка (довжина, ширина, висота) встановлюють за кресленнями деталі. Для підвищення продуктивності закладено по 8 виливків в одній опоці, що дозволяє оптимально використовувати об'єм форми і знизити витрати на одиницю продукції [2, с. 45].

Надто малий об'єм призводить до продавлювання суміші розплавом і браку, а занадто великий — до перевитрат матеріалу й енергії ущільнення. Тому потрібно знайти баланс між економічністю та технологічністю процесу [5, с. 112].

Розташування моделей. Моделі на підмодельній плиті розміщують із урахуванням коефіцієнта металоємності (0,25–1,2 залежно від складності форми і товщини стінок). Міжмодельний інтервал приймають рівним $0,3-0,5 \cdot h$, де h — висота відливка, що забезпечує рівномірне ущільнення і якість поверхні [1, с. 82].

Зазор до стінок. Щоб уникнути дефектів і полегшити вилучення, залишають технологічно обґрунтовані зазори між контуром відливка та стінками опоки (звичайно 10–15 мм) [6, с. 60].

Розміри ливникової системи. Ливникові канали, стояк і випори повинні вміщатися в опоку з урахуванням зазорів для зручності обслуговування та відведення газів [2, с. 50].

Товщина шару формувальної суміші. Рекомендовані значення товщини шару наведено в табл. 2.4 [7].

Таблиця 2.4 - Залежність товщини шару формовочної суміші на різних ділянках форми від маси відливки

Маса відливки, кг	Мінімально допустима товщина шару, мм				
	Від верху моделі до верху опоки	Від низу моделі до низу опоки	Від моделі до стінки опоки	Між моделями	Між моделлю і шлаковловлювачем
До 5 кг	40	60	20	30	30
5-10	50	60	30	40	30

З урахуванням усіх зазначених параметрів, габаритні розміри опоки приймаються рівними $900 \times 600 \times 125$ мм.

2.2 Визначення положення лінії розняття форми та положення виливка у формі

Правильний вибір положення виливка у формі та лінії розняття має критичне значення для забезпечення технологічності процесу лиття, якості готової деталі, а також зручності проведення наступних операцій, таких як вибивання виливка чи видалення стрижнів [8]. У випадку деталі типу «ступиця» необхідно дотримуватись таких рекомендацій:

- мінімізувати підрізи для полегшення виймання моделі;
- забезпечити виведення газів та неметалевих включень у зону ливникової системи;
- досягти повного заповнення форми без недоливів і порожнин [9].

Лінія розняття повинна відповідати наступним критеріям:

- співпадіння з площиною симетрії деталі;
- розміщення оброблюваних поверхонь у нижній або горизонтальній частині;
- зосередження виступів і заглиблень з одного боку форми;
- проходження по найпростішому геометричному контуру [10].

Керуючись тим, що для виготовлення прийнята автоматична лінія, форми якої мають розміри 900x600x125 мм для ступиці доцільно використовувати горизонтальну площину розняття при вертикальній орієнтації виливка (вісь вгору), що відповідає вимогам спрощеного вилучення з форми. Відливка розміщується в лівій та правій напівформі симетрично. При охолодженні виливки затвердівають одночасно.

При наявності внутрішніх порожнин особливу увагу приділяють: зручному монтажу та перевірці стрижнів та забезпеченню їх фіксації під час формування [8].

2.3 Вибір припусків на механічну обробку, формувальних кутів та напусків

При проектуванні моделі деталі необхідно передбачити припуски на обробку, усадку матеріалу та формувальні кути, що забезпечують точність виготовлення

На підставі технологічних довідників [11] приймаємо припуски на механічну обробку: на зовнішні циліндричні поверхні — 3,0 мм; на торцеві поверхні — 2,0 мм; для внутрішніх поверхонь — 2,5 мм. Припуски забезпечують достатній запас матеріалу для усунення литих дефектів та отримання точних розмірів після обробки. Розрахунок припуску на механічну обробку приведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Припуск на механічну обробку відливки

Розмірна величина	Дійсний розмір деталі	% від дійсного розміра	Припускна механічну обробку	Розмір з припуском
Зовнішній діаметр	210	+1%	+3 мм з кожного боку	216,2 мм
Внутрішній діаметр (отвір)	62	-1%	-2,5 мм з кожного боку	57,1 мм
Висота	80	+1%	+2 мм з кожного боку	84,0 мм

Сірий чавун має невелику лінійну усадку, яка для марки СЧ20 становить приблизно 1 % [12]. Це означає, що при виготовленні модельної оснастки лінійні

розміри необхідно збільшити на: - $210 \text{ мм} \times 1,01 = 212,1 \text{ мм}$ (діаметр моделі); - $80 \text{ мм} \times 1,01 = 80,8 \text{ мм}$ (висота моделі).

Формувальні кути призначаються з відношення ливарних розмірів вилівка та технології виготовлення форми та стержня, які забезпечують вільне виймання моделі: - для зовнішніх вертикальних поверхонь - 1° ; - для внутрішніх отворів - 2° [12].

У вилівку є стержневі знаки, які призначаються для діаметром стержня $\varnothing 54 \text{ мм}$. Стержневі знаки призначені для фіксації та центрування піщаних стержнів. Для спрощення конструкції вилівка з метою підвищення його технологічності й економічності використовують напуски. У вилівку є 5 отворів $\varnothing 18 \text{ мм}$, а також дрібні пази та канавки у вилівці утворюємо методами обробки різанням.

3 Підбір обладнання для виготовлення ливарних форм та виготовлення стержнів у вилівку

3.1 Вибір плавильного обладнання

Для плавлення сірого чавуну марки СЧ 20 у процесі виготовлення вилівка обирається тигельна індукційна піч промислової частоти. З урахуванням обсягу плавки, технологічних вимог і доступного обладнання доцільно використати тигельну індукційну піч промислової частоти марки ІЧТ-10/2,5 [11].

Основні технічні характеристики печі наведено в табл. 1.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика індукційної печі ІЧТ-10/2,5

Показник	Одиниці	Значення
Тип печі		Тигельна
Промислова частота	Гц	50
Потужність,	кВт	1000

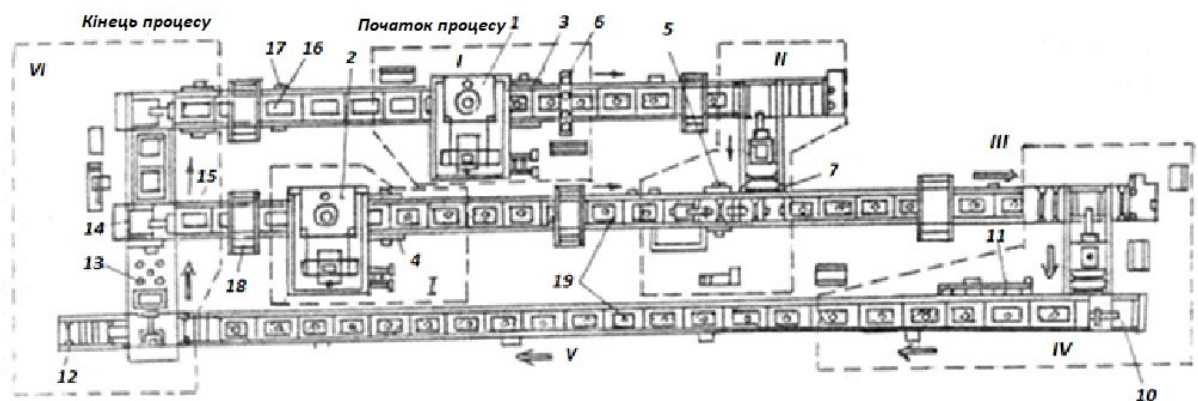
Ємність тигля,	т	2,5
Тривалість плавлення,	хв	45–60
Максимальна температура металу,	°С	1500–1600

Для забезпечення необхідної температури чавуну під час заливки, ці втрати потрібно обов'язково враховувати при встановленні початкової температури плавлення. З урахуванням втрат тепла, рекомендований температурний діапазон заливки сірого чавуну марки СЧ20 становить від 1460°С до 1340 °С.

Для реалізації процесу заливки у виробництві даних виливків використовується автоматична ливарна лінія ІЛ 225, виробництва Івано-Франківського заводу «Авто-Літмаш» [19]. На рис. 2.1 подано загальний вигляд автоматичної ливарної лінії, а її технічні характеристики наведено у таблиці 3.2.

Ця лінія забезпечує безперервний процес формування, складання, заливання та вибивання форм, що істотно підвищує продуктивність праці та стабільність якості відливок.

Комплексна ливарна лінія ІЛ-225 призначена для виготовлення чавунних виливків у сирих піщано-глинистих формах із використанням одноразової опоки. Всі основні операції — формування напівформ, складання форми, заливання металу, охолодження та вибивання — здійснюються автоматично. На рисунку 2.1 зображено типовий приклад компонування ділянок автоматизованої лінії.



I – дільниця формовки; II і III – дільниця складання форм;
 IV – дільниця заливки; V – дільниця охолодження; VI – дільниця вибивання;
 1, 2 - формувальні автомати нижніх та верхніх напівформ; 3 - кантувач
 нижніх напівформ; 4 і 5 - кантувач верхніх напівформ; 6 - механізм зрізання
 залишків суміші; 7 - складальник форм; 8 - відсікач; 9 - уніфікований товкач;
 10 - механізм опускання підопічних щитів; 11 - механізм прижимання форм
 при заливці; 12 - механізм спускання підопічних щитів; 13 - установка
 видавлювання форм і опок; 14 - розпакувальник; 15 - механізм підйому
 опок; 16 - кантувач нижніх опок; 17 - механізм очистки опок; 18 - перехідний
 мостик; 19 - секції роликового конвеєра.

Рисунок 3.1 - Комплексна автоматична лінія моделі ІЛ-225:

Основні дільниці лінії ІЛ-225:

I – формувальна дільниця (виготовлення верхніх і нижніх напівформ);
 II та III – складання форм і укладання стрижнів;
 IV – дільниця заливання рідкого металу;
 V – дільниця охолодження;
 VI – вибивання відливків.

Основні механізми лінії:

1. Формувальні автомати напівформ;
2. Кантувачі напівформ;
3. Дозатори формувальної суміші;
4. Преси з механізмом ущільнення;
5. Складальник форм;
6. Механізм прижимання форм при заливанні;
7. Система вибивання форм і очистки опок;
8. Рольганги та конвеєри.

Процес починається з формування нижньої та верхньої напівформ за допомогою прецизійного пресування формувальної суміші у відповідних опоках. Далі напівформи пересуваються до дільниці укладання стрижнів. Після ручного встановлення стрижнів у нижню форму, напівформи з'єднуються,

утворюючи готову форму. Потім на дільниці IV здійснюється заливання форми рідким чавуном. Після охолодження вилівка форма подається на вибивальну установку, де відбувається вилучення готової деталі та регенерація суміші.

Технічна характеристика лінії типу іл-225 приведена в табл. 2.2.

Таблиця – 3.2. Технічна характеристика лінії типу ІЛ-225

Найменування	Одиниці вимірювання	Величина
1	2	3
Розміри опок в світлі	мм	900 x 600
Висота опоки габариті в плані	мм	125; 150; 175; 200; 250
Продуктивність циклова,	форм/ч	240
Найбільше зусилля пресування	кН	2350
Тиск пресування	МПа(кгс/см ²)	до 4 (40)
Металоемність форми (найбільша),	кг	70
швидкість руху опок по роликовим конвейерам (рольгангу)	м/хв	4—6,75
Час охолодження форми	хв	30—90
Число: комплектів опок	шт	100
комплектів підпочних плит	шт	90
Витрати стисненого повітря	м ³ / хв	110
Загальна встановлена потужність	к Вт	115
Витрати формовочної суміші	м ³ / Г	75— 110
Число операторів	чол	5
Габаритні розміри лінії	мм	65200 x 9300 x 6855
Заглиблення лінії	мм	755
Загальна маса лінії	т	220

Для виготовлення стрижнів у серійному виробництві застосовують універсальний автомат моделі 4509С, що забезпечує обробку сумішей масою до 10 кг за цикл [13]. Технічна характеристика стержневого напівавтомату наведена в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Характеристика стержневого напівавтомата моделі 4509С

Параметр	Величина
----------	----------

1	2
Найбільша маса стержнів, кг	10
Роз'єм стержневого ящика	Горизонтальний
Розміри стержневого ящика	600x400x200
Нагрівання модельного оснащення	Електричне (або газове)
Продуктивність, стержнів/год	170
Стержні	Суцільні
Кількість операторів	1
Габаритні розміри машини	4700x3900-2900
Маса машини, т	220

Стержні формуються у «гарячих ящиках» із швидкотвердіючих термореактивних сумішей і відповідають I та II класам точності, що підвищує точність отворів у відливках і полегшує їх вибивання [13].

Стержневі ящики виготовляють із сірого чавуну та оснащують електро- або газовим обігрівом; процес термічного «дозрівання» суміші відбувається при 250–300°C. Матеріал ящика повинен витримувати циклічні температурні навантаження та запобігати деформації під впливом абразивного зносу [13, 15].

У відділенні формування стержнів використовують піскострільні й піскодувні автомати для роботи зі «вологими» сумішами на основі кварцового піску та синтетичних смол (КВС, КФ-40, ФМ-1 тощо), до яких додають невеликі кількості мінеральних кислот для регулювання швидкості затвердіння [16]. Температура у стержневому цеху підтримується на рівні 18-25°C для забезпечення стабільності властивостей суміші.

Після завершення заливки форми з виливками транспортуються рольгангами з ділянки заливки до ділянки вибивки. У цей період виливки охолоджуються та завершується процес кристалізації металу. Вибивка чавунних виливків здійснюється при температурі близько 200 °C, що дозволяє уникнути термічних деформацій та тріщин.

Після охолодження форми надходять на ділянку вибивки. Опоки автоматично зіштовхуються з плити ливарного конвеєра штовхальним пристроєм, після чого форма видавлюється пресом на вібраційну решітку, де руйнується ущільнена формувальна суміш. Розпушена суміш спрямовується через лоток на стрічковий транспортер для повторного використання або утилізації.

Галтувальний барабан ГБ-700 застосовується для механічної обробки виливків шляхом їх обертання в барабані з абразивними наповнювачами. Цей процес забезпечує згладжування поверхні, видалення заусенців та поліпшення зовнішнього вигляду виробів, що є важливим етапом перед подальшою механічною обробкою або фарбуванням. Технічна характеристика барабана приведена у табл.3.4.

Таблиця 3.4 – Технічна характеристика галтувального барабана моделі ГБ-700

Параметр	Значення
Тип обладнання	Галтувальний барабан
Модель	ГБ-700
Об'єм завантаження	0,7 м ³
Маса завантаження	до 500 кг
Час обробки	20–40 хв
Частота обертання барабана	10–20 об/хв
Потужність електроприводу	4 кВт
Тип очищення	Сухе (без води)
Габарити	1800×1200×1400 мм
Маса	950 кг

Потім виливки направляються на транспортер, по якому подаються до очисного відділення для проведення очищення, обрубки та обробки. Технічні характеристики дробометної камери наведені в табл. 3.5.

Дробометна камера ДК-500 служить для очищення поверхні виливків шляхом обробки їх струменем сталевий дробу. Така обробка покращує механічні властивості поверхневого шару, підвищує адгезію фарбувальних матеріалів та забезпечує підготовку виробів до подальшого використання. Система пиловловлювання забезпечує чистоту робочої зони і безпеку працівників. Технічна характеристика дробометної камери приведена в табл.3.5.

Таблиця 3.5 – Технічна характеристика дробометної камери моделі ДК-500

Параметр	Значення
Тип установки	Дробометна камера
Модель	ДК-500
Розмір камери	800×800×1000 мм
Продуктивність	до 600 кг/год
Тип дробу	сталевий, фракція 0,8–1,5 мм
Кількість турбін	2
Потужність однієї турбіни	7,5 кВт
Швидкість дробу	до 80 м/с
Система пиловловлювання	циклон + фільтр
Маса установки	2200 кг

Для остаточної механічної обробки виливків (шліфування і зачищення поверхні від дрібних дефектів, шорсткостей і задирок) використовується зачистний верстат ЗВ-350. Цей верстат забезпечує високу якість обробки, що є необхідним для підготовки виробів до контролю якості та експлуатації. Технічна характеристика зачистного верстата моделі ЗВ-35 наведена у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Технічна характеристика зачистного верстата моделі ЗВ-350

Параметр	Значення
Тип верстата	Зачистний (універсальний)
Модель	ЗВ-350
Призначення	Шліфування, зачищення литва
Потужність двигуна	3,5 кВт
Частота обертання круга	2800 об/хв
Діаметр шліфувального круга	350 мм
Тип обробки	Ручна
Рівень вібрацій	$\leq 2,5$ мм/с ²
Габарити	1100×800×1500 мм
Вага	480 кг

Це обладнання в комплексі дозволяє виконати повний цикл обробки виливків, забезпечуючи високу якість продукції та підвищуючи ефективність виробничого процесу.

4 Конструювання ливникової системи та її розрахунки

4.1 Загальні принципи побудови ливникової системи

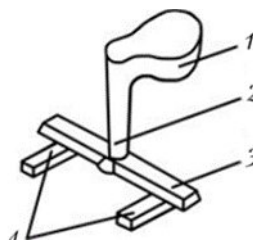
Ливникова система призначена для подачі розплавленого металу в форму таким чином, щоб забезпечити рівномірне, повне заповнення порожнини форми. Це необхідно для отримання якісного вилівка без дефектів [2,с.55;].

Такий режим заливки дозволяє уникнути утворення недоливів, неметалічних включень, а також забезпечити компенсацію об'ємної усадки в період затвердіння вилівка

Для вилівоків типу ступиця з масивною центральною частиною важливо запобігти утворенню усадкових раковин, пор та газових включень [17].

Типова ливникова система включає такі елементи: ливникова чаша, головний стояк, горизонтальні ливники, живильники [18].

На рисунку 3.1 представлена схема ливникової системи, яка найчастіше застосовується при виготовленні вилівоків із сірого чавуну.



1 — ливникова чаша; 2 — стояк; 3 — шлаковловлювач; 4 — ливники

Рисунок 4.1 – Схема ливникової системи для вилівоків із сірого чавуну

4.2 Вибір типу ливникової системи

Вибір типу системи визначається конструкцією вилівка та матеріалом, з якого він виготовляється [19].

Для ступиці застосовуємо вертикальну ливникову систему з нижнім підводом металу. Така система дозволяє зменшити турбулентність потоку металу, що сприяє покращенню якості лиття і рівномірному заповненню форми [20].

4.3 Розрахунок оптимальної тривалості заливки

Тривалість процесу заливання визначаємо за допомогою емпіричної формули, реком Для визначення оптимальної тривалості заливання скористуємось емпіричною формулою:

$$\tau_{\text{опт}} = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot m}, \quad (3.3)$$

де: S - коефіцієнт (1,8–2,2), залежить від сплаву, $S = 2$;

δ - середня товщина стінки виливка, $\delta = 20$ мм;

m - маса виливка з ливниковою системою, г;

Маса чистого виливка: 2100 г.

З урахуванням ливникової системи (на 30% більше) від маси виливка $m_в$ підрахуємо

$$m = m_1 + 0,30 \cdot m_1 \quad (3.4)$$

$$m = 2100 + 0,3 \cdot 2100 = 2730 \text{ г} = 2,73 \text{ кг}$$

Час заливання металу у форми:

$$\tau_{\text{опт}} = 2 \cdot \sqrt[3]{2,73 \cdot 20} = 8 \text{ с}$$

Визначаємо середню швидкість підйому рівня рідкого металу по формулі:

$$v_{\text{серед}} = \frac{H}{\tau}, \quad (3.5)$$

де: $v_{\text{серед}}$ - середня швидкість підйому металу, мм/сек;

H - висота заповнення форми (висота виливка), $H = 80$ мм;

τ - тривалість заливання, $\tau = 8$ с.

$$v_{\text{серед}} = \frac{80}{8} = 10 \text{ мм/с}$$

Середня швидкість підйому рівня рідкого металу у формі становить 10 мм/с.

Це значення для виливків із сірого чавуну — перевищує мінімальну критичну швидкість заливки, що задовольняє умови проектуванню.

4.4 Розрахунок живильників

Сумарну площу живильників розраховуємо за формулою:

$$\sum F_{\text{ж}} = \frac{G_{\text{металу}}}{\rho \cdot t \cdot v} = \frac{G_{\text{металу}}}{\rho \cdot t \cdot \mu \sqrt{2gH_p}}, \text{ см}^2 \quad (3.6)$$

де $\sum F_{\text{ж}}$ - сумарна площа перерізів живильників, м²;

$G_{\text{металу}}$ - маса розплавленого металу для 1 виливк, $G_{\text{металу}} = 2,730$ кг;

ρ - густина сірого чавуну, $\rho = 7,0$ г/см³;

t - тривалість заливання, $t = 8$ с;

μ - коефіцієнт витрати (0,6–0,8 залежно від системи);

g - прискорення вільного падіння, $g = 981$ см/с²;

H_p - середній гідростатичний напір,

$$H_p = H_o - \frac{p^2}{c}, \quad (3.7)$$

де H_o - висота металу в чаші, $H_o = 150$ мм;

p - висота відливка над рівнем підйому металу, $p = 23$ мм;

c – загальна висота відливка, $c = 80$ мм.

$$H_p = 15,0 - \frac{2,3^2}{8,0} = 15,0 - \frac{5,29}{8,0} = 13,4 \text{ см}$$

$$\sum F_{\text{ж}} = \frac{G_{\text{металу}}}{\rho \cdot t \cdot \mu \sqrt{2gH_p}} = \frac{2,73 \cdot 4 \cdot 1000}{7 \cdot 10 \cdot 0,6 \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 13,4}} = \frac{10920}{6809} = 1,60 \text{ см}^2$$

Тепер розраховуємо площу на один виливок:

$$F_{\text{ж}} = \frac{\sum F_{\text{ж}}}{n}, \quad (3.8)$$

де n – кількість живильників – 4 шт.

$$F_{\text{ж}} = \frac{1,6035}{4} = 0,40175 \text{ см}^2$$

За знайденою величиною $\sum F_{\text{ж}}$ знаходимо площу шлаковловлювачів і стояка за співвідношенням [20]:

$$\sum F_{\text{ж}} : \sum F_{\text{шл}} : \sum F_{\text{ст}} = 1:1,1:1,15 \quad (3.9)$$

$$F_{\text{ш}} = \sum F_{\text{ж}} \cdot 1,1, \text{ см}^2 \quad (3.10)$$

$$F_{\text{ш}} = 1,6035 \cdot 1,1 = 1,76 \text{ см}^2,$$

$$\sum F_{\text{ст}} = \sum F_{\text{ж}} \cdot 1,15 \cdot 2, \text{ см}^2, \quad (3.11)$$

$$\sum F_{\text{ст}} = 1,6035 \cdot 1,15 \cdot 2 = 3,69 \text{ см}^2,$$

Діаметр стояка

$$d_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{ст}}}{\pi}}, \quad (3.1)$$

$$d_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,69}{3,14}} = \sqrt{\frac{14,76}{3,14}} = \sqrt{4,7} = 2,17 \text{ см}$$

Діаметр стояка $D_{\text{ст}} = 25 \text{ мм}$, приймаємо 2,5 см.

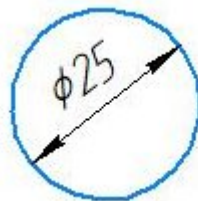


Рисунок 4.2 – Переріз стояка

Розрахуємо діаметр ливникової воронки:

$$D_{\text{л.в.}} = (2,7 \dots 3) D_{\text{ст.}} \quad (3.11)$$

$$D_{\text{л.в.}} = 2,7 \cdot 25 = 67,5 \text{ мм.}$$

На рис. 4.3 показано переріз воронки.

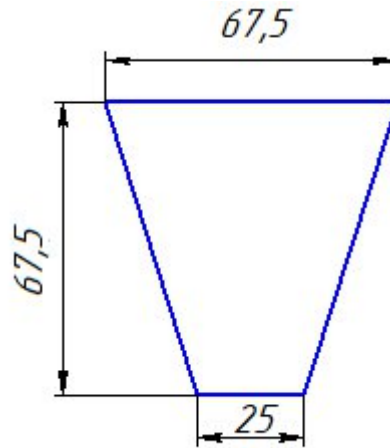


Рисунок 4.3 - Переріз воронки

Формула площі трапеції:

$$F = \frac{1}{2}(a + b) \cdot h,$$

де

F - площа (см^2),

a - довжина меншої основи (см),

b — довжина більшої основи (см),

h — висота трапеції (см).

Шлаковловлювач $F = 1,76 \text{ см}^2$

$$1,76 = \frac{1}{2}(0,8 + 1,6) \cdot h = \frac{1}{2} \cdot 2,4 \cdot h = 1,2 \cdot h,$$

$$h = \frac{1,76}{1,2} \approx 1,47 \text{ см}$$

Параметри шлаковловлювача

$$a = 0,8 \text{ см}; b = 1,6 \text{ см}; h = 1,47.$$

В зв'язку з технологічною необхідністю приймаємо переріз шлаковловлювача площею $1,76 \text{ см}^2$, з розмірами (рисунок 4.3):

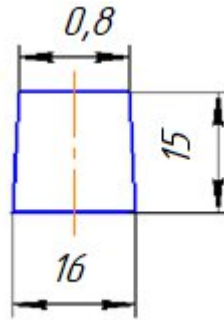


Рисунок 4.3. Переріз шлаковловлювача

Аналогічно розраховуємо для живильника: $F = 0,40 \text{ см}^2$

$a = 0,4 \text{ см}$; $b = 0,6 \text{ см}$; $h = 0,8 \text{ см}$.

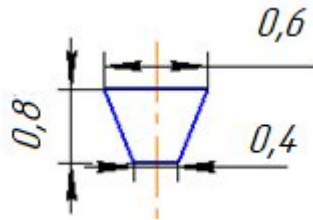


Рисунок 4.4. Переріз живильника

5 Опис технологічного процесу виготовлення виливка

5.1 Вибір та приготування формувальної та стержневої суміші

Для виготовлення виливка обрано одноразову піщано-глинисту форму, що є найбільш доцільною з огляду на масове та серійне виробництво, добру формувальність, доступність матеріалів та економічну ефективність. Склад і властивості суміші приведено у табл. 5.1.

Приготування проводиться у мішалках періодичної дії з контролем вологості та однорідності суміші, табл.5.1.

Таблиця 5.1 - Склад та властивості єдиної піщано-глинистої суміші для отримання форм на автоматичній лінії

Типовий склад	Мас.%	Число
Оборотна суміш	%	94
Пісок кварцевий 1К, 2К	%	3,2
Бентонітова глина	%	0,64-0,9
Бентоніто-вугільна суспензія	%	-
Гранульоване вугілля	%	0,15- ,85
Крахмаліт	%	0,1-0,15
Вода	%	3,5-4,0
Вологість	%	3,2-4,5
Газопроникненість	одиниці	90-130
Вологість	%	3,5
Міцність на стиснення у вологому стані	МПа	≥0,12
Вогнетривкість піску	°С	До 1400

Склад та основні властивості стержневої суміші приведено у таблицях 5.2 та 5.3.

Таблиця 5.2. Склад і властивості швидкотвердіючої стержневої суміші

№ п\п	Компонент	Масова частка,%	Призначення/ властивість
1	Кварцовий пісок	92-96	Наповнювач, формує основу суміші
2	Синтетична смола (КФ-40, ФМ1)	2-4	Зв'язуюча речовина, забезпечує міцність після затвердіння
3	Затверджувач (ангідриди, хлориди кислот)	0,8-1,5	Ініціює поліметризацію соли при нагріванні
4	Добавки (графіт, тальк тощо)	До 1	Поліпшення відбиття, зменшення злипання
5	Волога (залишкова)	≤0, 2	Контроль за гігроскопічністю

Таблиця 5.3 - Основні властивості готової суміші

Показник	Значення
Насипна густина	1,45–1,60 г/см ³
Міцність при стисненні (через 30 хв)	≥ 1,0 МПа
Час затвердіння у гарячому ящику	20-60 сек
Температура затвердіння	250-300
Газовиділення при нагріванні	≤ 15 см ³ /г

Механічна оброблюваність стержнів	добра
Видалення із виливка	Легке (після вибивання)

Контроль характеристик стержневої суміші виконується згідно з ДСТУ 3220-95 та ДСТУ ISO 13520:2005 [17]. Контроль параметрів (вологість, газопроникність, міцність, сипкість) виконується відповідно до:

- ДСТУ 3220-95
- ДСТУ ISO 13520:2005
- ДСТУ 2716-94. Методики базуються на [18].

Таким чином, вибрані складові формувальних і стержневих сумішей забезпечують відповідність вимогам технології лиття відливки, дозволяючи отримати виливки високої якості з мінімальними дефектами та високою точністю розмірів.

5.2 Формування ливарних форм та її збирання

Виготовлення форм для відливка здійснюється на машинному обладнанні із частковою автоматизацією основних операцій — ущільнення формувальної суміші та зняття моделей. Загальна послідовність процесу формування включає наступні етапи:

1. Подача формувальної суміші з бункерів, встановлених над формувальними машинами.
2. Подавання порожніх опок за допомогою рольгангів до місця формування.
3. Окреме формування нижньої та верхньої напівформ на відповідних формувальних машинах.
4. Заповнення опок формувальною сумішшю через дозатори.
5. Ущільнення суміші в опоках, видалення надлишків та очищення поверхонь напівформ.
6. Кантування та транспортування напівформ до місця збирання.

Застосування машинного формування дозволяє забезпечити високу точність, повторюваність та продуктивність процесу при виготовленні продукції.

Точність операцій збирання форм безпосередньо впливає на відповідність геометричних параметрів готового виливка вимогам технічної документації.

Процес збирання форми включає:

1. Поєднання верхньої та нижньої напівформ, що передбачає точне вирівнювання відповідних поверхонь, аби уникнути перекосів і зміщень.
2. Забезпечення щільного прилягання поверхонь опок для запобігання витіканню металу під час заливання та збереження однорідності стінок виливка. Коректне збирання форм гарантує необхідну точність геометрії виливка та сприяє зменшенню ймовірності браку

5.3 Заливання ливарної форми металом

Процес заливання металу є одним із критичних етапів ливарного виробництва, який вимагає дотримання слідуєчих технологічних умов:

1. Підготовка ковша до заливки — обов'язкове видалення шлаку та неметалевих включень перед заливанням.
2. Заливка металу виконується ковшем чайникового типу ємністю 250 кг. Метал повинен надходити в ливникову чашу рівномірно та безперервно, що забезпечує заповнення форми без утворення повітряних кишень.
3. Контроль рівня заливки — візуальне спостереження за рівнем металу та від основної частини виливка.
4. Очищення та зачистка виливків — механічне очищення виливків від пригару, залишків піску та шлакових утворень, а також видалення залишків живильників та ливників.
5. Контроль якості — проміжна перевірка на відповідність геометрії, маси, шорсткості поверхні та хімічного складу.

6. Візуальна перевірка — остаточний контроль якості на предмет поверхневих дефектів, включень, тріщин тощо.

Дотримання технології вибивки та обрубки виливків забезпечує їх придатність до подальшої механічної обробки та експлуатації.

6 Опис процесу проектування ливарної оснастки

У серійному та масовому виробництві для підвищення зносостійкості модельної оснастки доцільно використовувати металеві моделі. Процес виготовлення металевих моделей для виливків типу "Ступиця" включає такі основні етапи:

1. Виготовлення промоделей. Проміжні моделі виконуються з сірого чавуну марки СЧ20 з урахуванням припуску на механічну обробку (3,5 мм) та усадки матеріалу. Обробка виконується вручну.
2. Монтаж моделей на промодельні плити. Після попередньої механічної обробки моделі закріплюються на промодельних плитах. При монтажі обов'язково враховуються габарити опок, щоб забезпечити правильне розміщення моделей щодо країв форми.
3. Монтаж ливникової системи. Ливникову систему встановлюють згідно з розробленими кресленнями.
4. Фіксація моделей і ливникової системи. Всі елементи кріпляться гвинтами для забезпечення надійної фіксації.
5. Застосування монтажного шаблону. Монтаж виконується із застосуванням шаблону з листової сталі товщиною 2–5 мм [19, що забезпечує точність позиціонування.

Модельні плити виготовляються з чавуну, що забезпечує їхню міцність і довговічність при експлуатації. Лиття плит здійснюється у спеціальні форми, а їхня товщина, як правило, складає 50 мм для забезпечення достатньої жорсткості. Робочі поверхні плит шліфуються для досягнення гладкості і точності посадки моделей.

На оброблену плиту встановлюється монтажний шаблон, за яким розміщують напівмоделі. Вони слугують як направляючі при свердлінні отворів. Кріплення напівмоделей до плит здійснюється гвинтами.

Після завершення монтажу модельні плити фіксуються на формувальній машині за допомогою болтового з'єднання, що забезпечує стабільність під час формування.

Виготовлення стержневого ящика

Для формування стержнів на піскострільній машині застосовується алюмінієвий стержневий ящик. Заготівку для ящика отримують литтям у піщані форми за дерев'яними моделями. При проєктуванні моделей враховують усадку алюмінієвого сплаву (1,25%) та припуск на механічну обробку (0,4 мм) [19].

Габаритні розміри ящика визначаються відповідно до вимог до конкретного виробу. Товщина стінок, яка становить приблизно 10 мм, визначається за номограмами, враховуючи тип матеріалу та геометричні параметри ящика. Для забезпечення жорсткості ящика розраховуються відповідні параметри ребер жорсткості та радіусів галтелей.

Обидві половини ящика відливаються окремо, після чого з'єднуються штирями. Поверхня роз'єму шліфується для досягнення щільного прилягання. Для відведення повітря при набиванні стержня в ящику передбачають вентиляційні отвори. Вони забезпечують вихід повітря з форми, запобігаючи утворенню повітряних включень. Розрахунок кількості та розмірів отворів здійснюється з урахуванням об'єму ящика, тиску, температури, гранулометричного складу піску тощо.

Загальна площа вентиляційних отворів визначається за співвідношенням до площі вдувних отворів:

$$F_{\text{вент}} = 0,4 \cdot F_{\text{вд.отв}}$$

де:

$F_{\text{вент}}$ — сумарна площа вентиляційних отворів.

$$F_{\text{вд.отв}} = \pi \cdot 31^2 / 4 = 750 \text{ мм}^2$$

Таким чином:

$$F_{\text{вент}}=0,4 \cdot 750=300 \text{ мм}^2.$$

Площа одного вентиляційного отвору діаметром 6 мм дорівнює 28 мм². Відповідно, на один вдувний отвір необхідно встановити 8 вентиляційних отворів. Для підвищення ефективності можна використовувати щілинні отвори.

ЗАКЛЮЧЕННЯ

В бакалаврській роботі розроблено процес виготовлення виливка Ступиця литтям у піщано-глинисту форму.

Виконано аналіз конструкції деталі Ступиця і технологічних умов на виливок, припусків на механічну обробку і усадку, радіусів галтелей і формувальних ухилів, розмірів стержнів та стержневих знаків, вибрано і описано обладнання для виготовлення ливарних форм та стержнів, технологічний процес виготовлення виливка і процес проектування ливарної оснастки.

В роботі проаналізовано вимоги до формувальних та стержневих сумішей, обґрунтовано вибір матеріалів, підбрано сучасне технологічне обладнання та допоміжні засоби для реалізації усіх стадій процесу.

Розраховано ливниково-живильну систему, правильна конфігурація якої дозволяє отримати якісні виливки. Отримані площі перерізів каналів ливникової системи забезпечують заповнення ливарної форми металом з оптимальною швидкістю, що виключає утворення у виливках недоливів пов'язаних з наявністю неметалічних включень, дефектів усадкового характеру в період затвердіння виливків.

Підбір матеріалів та устаткування здійснювався з урахуванням державних стандартів (ДСТУ) та сучасних вимог до ливарного виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ільченко М. Ю. Основи ливарного виробництва : підручник. – К. : Політехніка, 2020. – 296 с.
2. Горючий В. М. Технологія конструкційних матеріалів : підручник. – К. : Либідь, 2018. – 352 с.
3. ДСТУ 8833:2019. Виливки із сірого чавуну з пластинчастим графітом. Загальні технічні умови. – Введ. 2020–01–01. – К.: Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, 2019. – 10 с.
4. ДСТУ 8981:2020. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та ДСТУ 2716-94; ДСТУ 3220-95; ДСТУ ISO 13520:2005.
5. припуски на механічне оброблення. – Введ. 2021–01–05. – К.: Технічний комітет стандартизації «Ливарне виробництво» (ТК 177), 2020. – 7 с.
6. Клименко А. І. Конструювання ливникових систем : навч. посібник. — Дніпро : Наука і освіта, 2020. — 122 с.
7. Campbell J. Complete Casting Handbook. — Oxford : Elsevier, 2020. — 1200 p.
8. ДСТУ EN ISO 8062-3 : 2012 Геометричні технічні вимоги до виробів. Відхилення для литих заготовок. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2013. — 24 с.
9. Литвиненко С. В. Основи технології ливарного виробництва : підручник. — Київ : Ліра-К, 2018. — 296 с.
10. Жученко А. І., Лисенко Ю. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. — Харків : ХНАДУ, 2017. — 304 с.
11. ДСТУ EN ISO 8062-3:2012. Геометричні технічні вимоги до виробів. Відхилення для литих заготовок. — [Чинний від 2013-01-01]. — На заміну ДСТУ ISO 8062-3:2009.
12. Яковлєв В. І. Довідник з лиття чорних металів. — Київ : Кондор, 2021. — 220 с.
13. Кулік В. П., Король С. О. Технологія машинобудування. Частина 2: Технологічність конструкції. — Тернопіль : ТНТУ, 2020. — 180 с.
14. Литвиненко М. Ю. Технологія ливарного виробництва: підручник. — Київ: Політехніка, 2020. — 296 с.

15. Білоус О. С. Формувальні та стержневі суміші: методичні рекомендації. — Черкаси: ЧДТУ, 2019. — 94 с.
16. ДСТУ ТОВ «Авто-Літмаш». Каталог ливарного обладнання. Автоматична лінія *ЛЛ 225*. – Івано-Франківськ: Авто-Літмаш, 2020. – 48 с.
17. ISO 13520:2005. Ливарне виробництво. Визначення газопроникності формувальних матеріалів.
18. ДСТУ 2716-94. Матеріали формувальні. Терміни та визначення.- — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 1995. — 12 с.
19. Приходько О.В. Методичний посібник до практичних і самостійних робіт по дисциплінах «Проектування і виробництво оснастки» для студентів спеціальності 7.05040201 і «Конструювання оснастки ливарних цехів» для студентів спеціальності 7.05050202 всіх форм навчання. – Краматорськ: ДДМА, 2011. - 116 с.

ДОДАТКИ