

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра: „Матеріалознавство та ливарне виробництво”

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою МЛВ

к.т.н., доцент

_____ Олександр Кузик

“_____” _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА **за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти**

на тему:

**“Розробка процесу виготовлення виливка
“Ступиця” способом безопочної формовки”**

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ПМ(ОЛ)-20

спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

_____ Хоружий В.В.

“_____” _____ 2024 р.

Керівник роботи

к.т.н., доцент

_____ Віктор Ломакін

“_____” _____ 2024 р.

Рецензент _____

**ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет _____ механіко-технологічний
Кафедра _____ матеріалознавства та ливарного виробництва
Рівень вищої освіти _____ бакалавр
Галузь знань _____ прикладна механіка
Спеціальність _____ 131 – Прикладна механіка
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма
_____ 131 – Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри

“ _____ ” _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

_____ Хоружий Владислав Валентинович _____

прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: “Розробка процесу виготовлення виливка “Ступиця” способом безопочної формовки”, затверджена наказом по університету квітня 2024 р., № _____
2. Керівник роботи: Ломакін Віктор Миколайович, к.т.н., доцент
3. Строк подання роботи до захисту: 26.06.2024 р.
4. Мета кваліфікаційної роботи: вибір обладнання для ливарного цеху сірого і високоміцного чавуну та розробка процесу виготовлення виливка “Ступиця”.

Завданням роботи є: аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Ступиця”; проектування ливарної форми; конструювання та розрахунок ливникової системи; креслення: технологічні вказівки на виготовлення виливка “Ступиця”, ливарна форма при безопочній формовці.

5. Консультанти по роботі із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Вибір обладнання для ливарного цеху сірого і високоміцного чавуну	Ломакін В. М.		
Аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Ступиця” і проектування ливарної форми	Ломакін В. М.		
Креслення	Ломакін В. М.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вибір обладнання для ливарного цеху сірого і високоміцного чавуну		
2.	Аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Ступиця”; проектування ливарної форми		
3.	Креслення		
4.	Оформлення пояснювальної записки		
5.	Оформлення рецензії		
6.	Захист кваліфікаційної роботи		

Дата видачі завдання:

“ ” 2024 р.

Підпис керівника

_____ Ломакін В. М.
(прізвище та ініціали)

Підпис здобувача

_____ Хоружий В. В.
(прізвище та ініціали)

Анотація

стор. 31, рис. 4, табл. 9, бібліографічних назв 3

Виливок, сірий чавун, електрична піч, плавка, формовка, формувальна лінія

Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на тему “Розробка процесу виготовлення виливка “Ступиця” способом безопочної формовки” складається із двох розділів.

В першому розділі роботи вибрано обладнання і приведено його технічну характеристику для виробництва виливків в ливарному цеху сірого і високоміцного чавуну.

В другому розділі розроблено процес виготовлення виливка “Ступиця” на формувальній лінії моделі КЛ2002 способом безопочної формовки. Розроблена конструкція ливарної форми; вибрано розташування виливка в формі та кількість виливків на одну ливарну форму, розраховано ливниково-живильну систему для ефективної заливки розплаву чавуну.

Annotation

Page 31, fig. 4, table. 9, bibliographic titles 3

Casting, gray cast iron, electric furnace, melting, forming, molding line

Qualification work at the first (bachelor's) level of higher education on the topic “Development of the process of manufacturing a casting “Hub” by without the use of flasks” consists of two sections.

In the first chapter of the work, equipment is selected and its technical characteristics are given for the production of castings in the foundry of gray and high-strength cast iron.

In the second section, a process for manufacturing the “Hub” casting on a molding line model KL2002 without the use of flasks has been developed. The design of the casting mold was developed; the location of the casting in the mold and the number of castings per one mold were selected, the gating-feeding system was designed for efficient pouring of molten cast iron.

Вступ.....	7
1. Процес виробництва виливків в цеху, мета і завдання кваліфікаційної роботи	8
1.1. Плавильна дільниця	8
1.2. Опис будови і роботи шихтової і плавильної дільниці	11
1.3. Фрмувально-заливочно-вибивна дільниця	12
1.4. Стержнева дільниця	14
1.5. Сумішеприготувальна дільниця	14
1.6. Очисна дільниця	16
2. Розробка процесу виготовлення виливка “Ступиця” безопочним способом	18
2.1. Аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Ступиця”	18
2.2. Вибір обладнання для виготовлення ливарних форм та стержнів	19
2.3. Проектування ливарної форми	20
2.3.1. Визначення положення виливка у формі	20
2.3.2. Вибір припусків на механічну обробку, усадку та формувальних кутів	21
2.3.3. Конструювання та розрахунок ливникової системи ливарної форми	22
2.3.3.1. Визначення габаритних розмірів форми	22
2.3.3.2. Розрахунок оптимальної тривалості заливки..	23
2.3.3.3. Розрахунок площі перерізу каналів ливникової системи	24
2.4. Опис процесу виготовлення виливка “Ступиця”	27
2.5. Контроль якості виливків	29
Висновки	30
Література	31
Додатки.....	32

ВСТУП

Ливарне виробництво сірого і високоміцного чавуну є однією з ключових галузей машинобудування, яка відіграє досить важливу роль в економіці України. Сучасні вимоги до якості та ефективності виробництва змушують підприємства цієї галузі шукати нові шляхи оптимізації процесів. Одним із ключових напрямків є автоматизація всіх етапів виробництва, починаючи від плавки в електропечах та закінчуючи контролем якості литих виробів.

Автоматизація дозволяє підвищити якість продукції, знизити витрати та збільшити продуктивність. Використання автоматичних ливарних ліній, ефективного обладнання для приготування формувальних і стержневих сумішей, а також автоматизація очистки виливків є кроком у майбутнє ливарної промисловості. Особливу увагу варто приділити автоматичним формувальним лініям, які дають можливість опочної і безопочної формовки.

У світлі швидкого технологічного прогресу та конкурентного середовища виробництва, безопочна формовка стає все більш доцільною в залежності від виробничих потреб та специфіки виробництва. Висока продуктивність таких ліній дозволяє ефективно використовувати ресурси підприємства і забезпечує конкурентоспроможність на ринку.

Отже, в даній кваліфікаційній роботі розглянуто важливість автоматизації у ливарному виробництві, зокрема на прикладі використання автоматичних формувальних ліній безопочної формовки моделі КЛ2002 і їх високої продуктивності, а також переваги такого обладнання у сучасних умовах виробництва [1, 2].

1. Процес виробництва виливків в цеху, мета і завдання кваліфікаційної роботи

Згідно з завданням тема бакалаврської роботи – “Розробка процесу виготовлення виливка “Ступиця” способом безопочної формовки”. У відповідності з такою тематикою сформульовано мету і завдання роботи.

Мета роботи: вибір обладнання для ливарного цеху сірого і високоміцного чавуну та розробка процесу виготовлення виливка “Ступиця”.

Завданням роботи є: аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Ступиця”; проектування ливарної форми; конструювання та розрахунок ливникової системи.

1.1. Плавильна дільниця

В ливарному цеху виплавляється сірий і високоміцний чавун. Плавка ведеться дуплекс-процес: дугова електропіч (табл. 1.1) і індукційна піч (табл. 1.2). Розплавлення шихти здійснюється в дуговій печі, а доводка за хімічним складом і нагрівання розплаву для наступного модифікування магнієм в індукційній печі. Модифікування чавуну магнієм здійснюється в спеціалізованих автоклавах.

Дугова електрична піч має ряд переваг. В ній можливий високий перегрів металу, відсутнє насичення металу сіркою, низький угар елементів, забезпечується постійність хімічного складу і т.ін. До недоліків застосування електродугових печей відносяться: порівняно складний процес науглецьовування металу, підвищена твердість відливків, наявність місцевого вигоряння в зонах дуг і т. ін.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика дугової електропечі ДСП-12

№	Параметр	Величина (або характеристика)
1	Номінальна ємність печі, т	12
2	Продуктивність при трьох змінній роботі, т/год	18,5
3	Потужність трансформатора, кВт	8000
4	Тривалість плавки, год	3
5	Максимальний струм печі, А	10400
6	Кількість фаз	3
7	Діаметр графітизованого електрода, мм	350
8	Швидкість переміщення електродів, м/хв	1,65
9	Глибина ванни від порога, мм	560
10	Розмір робочого вікна, мм	780×460
11	Час нахилу печі на 40 гр., сек	56
12	Питома витрата електроенергії на розплавлення твердої завалки, кВт·год	105
13	Тип процесу	кислий
14	Вага металоконструкції, т	23,6

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика індукційної печі ІЧТ–10

Технічний параметр	Показник	
	Плавка в нагрітому тиглі	Плавка в холодному тиглі
Ємкість печі, т: по чавуну	10	10
Потужність, кВт : перетворювача вживаєма	320 250	320 280
Температура перегріву, °С : чавуну	1550	1550
Питома витрата електроенергії на розплавлення та перегрів, кВтгод/т : чавуну	460	520
Максимальна швидкість плавки, т/год : чавуну	2,94	3
Час повного циклу плавки, год чавуну	3,40	3,8

1.2. Опис будови і роботи шихтової і плавильної дільниці

Шихтовий двір і плавильну дільницю розташовуємо перпендикулярно до прольотів формувально-заливочного відділення.

При підготовці шихти виконуються такі операції: складування (розвантаження, зберігання), розподілення, дозування в плавильні агрегати.

Шихтові матеріали поступають на шихтовий двір у залізничних вагонах і розвантажуються мостовими кранами у закроми. Вантажопідйомність мостових кранів прийнято 10 т.

Флюси розвантажуються мостовими грейферним краном у спеціальні витратні бункери. Дозування компонентів шихти у дугову піч здійснюється по масі мостовими кранами.

Плавильна дільниця розташована безпосередньо біля складу шихтових матеріалів. На плавильній дільниці встановлено один блок дугових печей ємністю 12 т з кислою футеровкою.

Температура рідкого металу при випуску з дугової печі у ківш становить 1420...1440 °С. Далі рідкий метал переливається у тигель індукційної печі. В індукційній печі рідкий метал доводиться за хімічним складом і нагрівається до потрібної температури 1480-1530 °С (дуплекс-процес). Після цього метал переливається у ківш. Ківш встановлюють в камеру автоклаву. Останній герметизується. В автоклаві за допомогою стиснутого повітря створюється надлишковий тиск 5-6 атм. І опусканням штока в розплав вводиться магній. Витрата модифікатора для отримання ВЧ становить 1,2-2% від маси металу.

При введенні в чавун металевого магнію відбувається його інтенсивне випаровування, і він згоряє з виділенням білого диму. Реакція протікає дуже швидко і носить вибухоподібний характер. Тому для спокійного введення магнію в розплав чавуну застосовують лігатури.

По мірі необхідності рідкий метал транспортується у ковші до автоматичних ліній мостовим краном вантажопідйомністю 5 т.

1.3. Фрмувально-заливочно-вибивна дільниця ливарного цеху

В цеху використовується автоматична лінія безопочної формовки моделі КЛ2002 (табл. 1.3)

Таблиця 1.3 – Технічна характеристика автоматичної ливарної лінії КЛ2002

Найменування	Величина
1	2
Продуктивність циклова, форм/год	300
Продуктивність дозатора стрічкового, м ³ /год	140
Продуктивність вибивної установки, т/год	45
Габаритні розміри форми	600×450×180...300
Висота модельного комплекта (враховуючи підмодельну плиту), мм	до 150
Мінімальна товщина підмодельної плити, мм	40
Металомісткість форми, кг:	
середня	10
максимальна	25
Максимальна маса відливка, кг	20
Споживана кількість розплавленого металу (середня), т/год	5
Формувальна суміш:	
міцність на стиснення у вологому стані, МПа	0,08 – 0,12
вологість, %	3,4 – 4,0
газопроникність, од	80
плинність по Орлову, %	70 – 80

Споживана кількість формувальної суміші, т/год	44,5
Вид відливків	стержневі і безстержневі
Простановка стержнів	вручну безпосередньо у форму
Спосіб ущільнення формувальної суміші	піскодувно пресовий
Питомий тиск пресування, МПа	до 4,0
Вид пресування	двостороннє
Спосіб збирання форм	горизонтально-стопочний, з вертикальним роз'ємом
Режим роботи лінії	автоматичний, напівавтоматичний, налагоджувальний
Установлена потужність, кВт	
загальна	130,3
дозатор	1,7
лінія	77,3
пристрій вибивний	22,0
Витрата стисненого повітря, м ³ /хв	9,6
Витрата води, м ³ /хв	0,3
Габаритні розміри комплексної лінії, мм	39955×5540×5240
Маса, т	53,7
Обслуговуючий персонал:	
оператор-формувальник	1
заливальник	1
працівник, що встановлює стержні	1

На автоматичній лінії КЛ 2002 форми виготовляються піскодувно-пресовим способом.

1.4. Стержнева ділянка

В стержневій ділянці застосовується напівавтомат моделі 4509С (табл. 1.4)

Таблиця 1.4 – Характеристика стержневого напівавтомата моделі 4509С

Параметр	Величина
1	2
Найбільша маса стержнів, кг	10
Роз'єм стержневого ящика	Горизонтальний
Розміри стержневого ящика, мм	600×400×200
Нагрівання модельного оснащення	Електричне (або газове)
Продуктивність, стержнів/год	170
Стержні	Суцільні
Кількість операторів	1
Габаритні розміри машини, мм	4700×3900×2900
Маса машини, кг	15500

1.5. Сумішеприготувальна ділянка

Для виготовлення формувальної суміші застосовуємо змішувач періодичної дії з вертикальними обертовими металевими котками моделі 15108 (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Технічна характеристика змішувача моделі 15108

Параметр	Величина
1	2
Продуктивність, м ³ /год	75
Об'єм замісу, м ³	3,7
Габаритні розміри, м	4,8×4,2×3,8

В масовому і крупносерійному виробництві з високо механізованим сумішеприготувальним відділенням рекомендується використовувати єдині формувальні суміші.

На автоматичній формувальній лінії КЛ2002 використовуються формувальні суміші з підвищеною текучістю. Склад формувальної суміші наведено в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Склад єдиної формувальної суміші

№	Найменування складової	ТУ, ДСТУ	Кількість матеріалу, %
1	Відпрацьована суміш	–	90,2 – 95,7
2	Пісок кварцовий 1КО2Б, 1КО2А	2138–05	4 – 8
3	Закріплювач КО	38–1074–05	0,05 – 0,3
4	Бентоніт МТ/1Т2–М1/2Т3	3206–05	0,2 – 1,5
5	Вугілля розмелене	–	0,5 – 1,5
6	Вода технічна	–	3,5 – 4,0

Фізико-механічні властивості суміші такі: газопроникність – не менше 100; міцність на стиснення в сирому стані – 0,8 – 1,5 кг/см²; вологість – не більше 4%.

Стержнева суміш для виготовлення стержнів по гарячому оснащенню приймається з урахуванням особливостей конструкції стержневої машини, маси відливків, характеру сплаву і способу виготовлення стержнів.

Для виготовлення центрального стержня відливка кронштейна на автоматі моделі 4509С приймаємо склад суміші, приведений в табл. 1.8.

Фізико-механічні властивості стержневої суміші такі: газопроникність – не менше 95; міцність на стиснення в сирому стані – 0,4 – 0,6 кг/см²; міцність на розтягування – 15 – 20 кг/см²; вологість – 2 – 6%.

Таблиця 1.7 – Технічна характеристика змішувача моделі 15101

Параметр	Величина
1	2
Продуктивність, м ³ /год	5,0
Об'єм замісу, м ³	0,25
Габаритні розміри, м	1,6×1,5×2,45

Таблиця 1.8 – Склад стержневої суміші

№	Найменування складових	ТУ, ДСТУ	Кількість матеріалу, %
1	Пісок кварцовий 1КО16А, 2КО16А	2138 – 85	100
2	Фенолоспирт	6–05–1165–82	4
3	Гас (керосин)	4753 – 85	0,4
4	Карбід технічний	2081 – 85	0,8

1.6. Очисна діляниця

В очисній ділянці ливарного цеху виконується остаточна вибивка стержнів, очистка зовнішніх і внутрішніх поверхонь відливків, контроль і випробування литва.

Таблиця 1.9 – Характеристика дробометного барабана моделі 323М

Параметр	Величина
1	2
Найбільша маса завантаження, т	0,8
Продуктивність, т/год	2,0
Габаритні розміри устаткування, м	4,8×4,0×5,6
Маса, т	8,5
Встановлена потужність електродвигуна, кВт	32,6

2. Розробка процесу виготовлення виливка “Ступиця” безопочним способом

2.1. Аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Ступиця”

Виливок “Ступиця” відноситься до XI класу точності за ДСТУ 26645 – 05, відливається із сірого чавуну марки СЧ20 за ДСТУ 1412 – 05. Перепад у товщині стінок не перевищує 3 мм, короблення не більше 3 мм, перекіс по роз’єму допускається до 2 мм. На оброблюваних поверхнях допускаються одиничні невеликі раковини, або мілкі раковини найбільшим розміром 3 мм в кількості не більше 5. На необроблюваних поверхнях допускаються одиничні раковини розміром не більше 9 мм, глибиною не більше 4 мм і в кількості не більше 8 на поверхню. У місцях спряження стержня і форми допускається присутність кільцевих заусениць довжиною до 1,5 мм.

Деталь “Ступиця” (рис. 2.1) представляє собою частину пристрою, який призначено для транспортування важких вантажів. Маса деталі 1,63 кг, габаритні розміри 121,5 × 112,5 × 80 мм, твердість 131...157 НВ.

Оброблюваними поверхнями є посадкові місця на вал. Інші поверхні необроблюються. Даний виливок є технологічним. Зовнішні поверхня виливка представляє собою прямолінійні контури, що з’єднані плавними переходами, які забезпечують деяку деформацію виливка при його усадці під час охолодження у формі і зниження залишкових напружень в місцях спряження прямолінійних ділянок. Виливок не має з’ємних частин, роз’єм моделі і форми один.

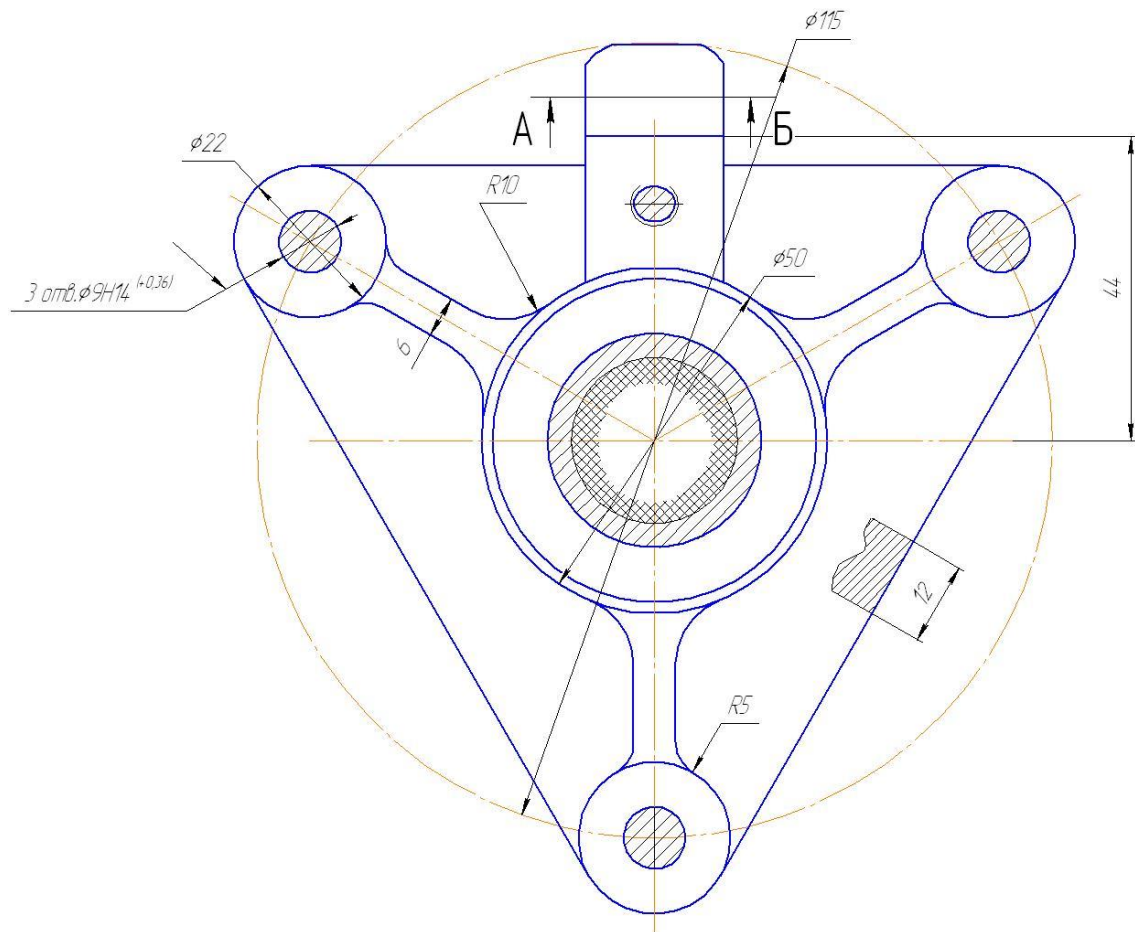


Рис. 2.1. Деталь “Ступиця”

2.2. Вибір обладнання для виготовлення ливарних форм та стержнів

Вибір обладнання для виготовлення відливок залежить від їх ваги, габаритів, виду виробництва і типу сплаву.

Оскільки маса вилівка “Ступиця” становить 1,63 кг, габарити 121,5 × 112,5 × 80 мм, вид виробництва – масове, і матеріал виробу – сірий чавун для виготовлення ливарних форм приймаємо комплексну автоматичну лінію горизонтально-стопочної формовки моделі КЛ2002. Дана лінія забезпечує продуктивність 300 форм/год при середній металоємності 25 кг.

При виборі устаткування для виготовлення стержнів керуються такими положеннями застосування сучасних способів виготовлення стержнів, що забезпечують розмірну точність, якість, високу продуктивність. Таким способом є виготовлення стержнів по нагрітому оснащенню, із швидкотвердіючих сумішей.

Вибір типу машини залежить від розвісу і габаритів стержнів. При виготовленні вилівка “Ступиця” використовується один центральний стержень – діаметром 24 мм і довжиною 86 мм.

Для виготовлення таких стержнів застосовуємо напівавтоматичну карусельну стержневу машину моделі 4509С. Така машина призначена для виготовлення стержнів масою до 6 кг різної конфігурації в гарячих ящиках із швидкотвердіючих термореактивних сумішей в цехах серійного і масового виробництва. Сутність процесу виготовлення стержнів полягає в тому, що на піскодувній машині стержнева суміш з швидкотвердіючим звязуючим вдувається в ящик, попередньо підігрітий до певної для даного звязуючого температури. Під дією теплоти звязуюче розмягчається, огортає піщинки, а при подальшому нагріванні твердне (полімеризується). Після нетривалої витримки (від декількох секунд до 2-3 хв) ящик розкривають і дістають твердий стержень. Основні переваги такого технологічного процесу: 1) відсутність сушіння стержнів; 2) висока міцність і мала осипаемість в сухому стані; 3) хороша газопроникність; 4) висока точність і чистота поверхні; 5) добра вибиваемість стержня із вилівка.

2.3. Проектування ливарної форми

2.3.1. Визначення положення вилівка у формі

При виборі положення вилівка у формі під час заливки керуються загальними положеннями, відпрацьованими досвідом і практикою ливарного виробництва. Враховуючи те, що для виробництва прийнята автоматична лінія КЛ2002, форми якої мають розміри 600×450×180 мм, положення вилівка “Ступиця” приймаємо вертикальним. Відливки симетрично розміщуються як в лівій так і в правій напівформах. Таке положення вилівка забезпечує принцип одночасного затвердіння при охолодженні. Симетричне розміщення вилівка у формі забезпечує раціональне розміщення моделей на підмодельних плитах.

Прийняте положення вилівка у формі забезпечує вертикальне рознімання моделі і ливарної форми, що спрощує конструкцію модельного оснащення і

виготовлення форми, забезпечує зручність ущільнення і збирання форм (рис.2.2.).

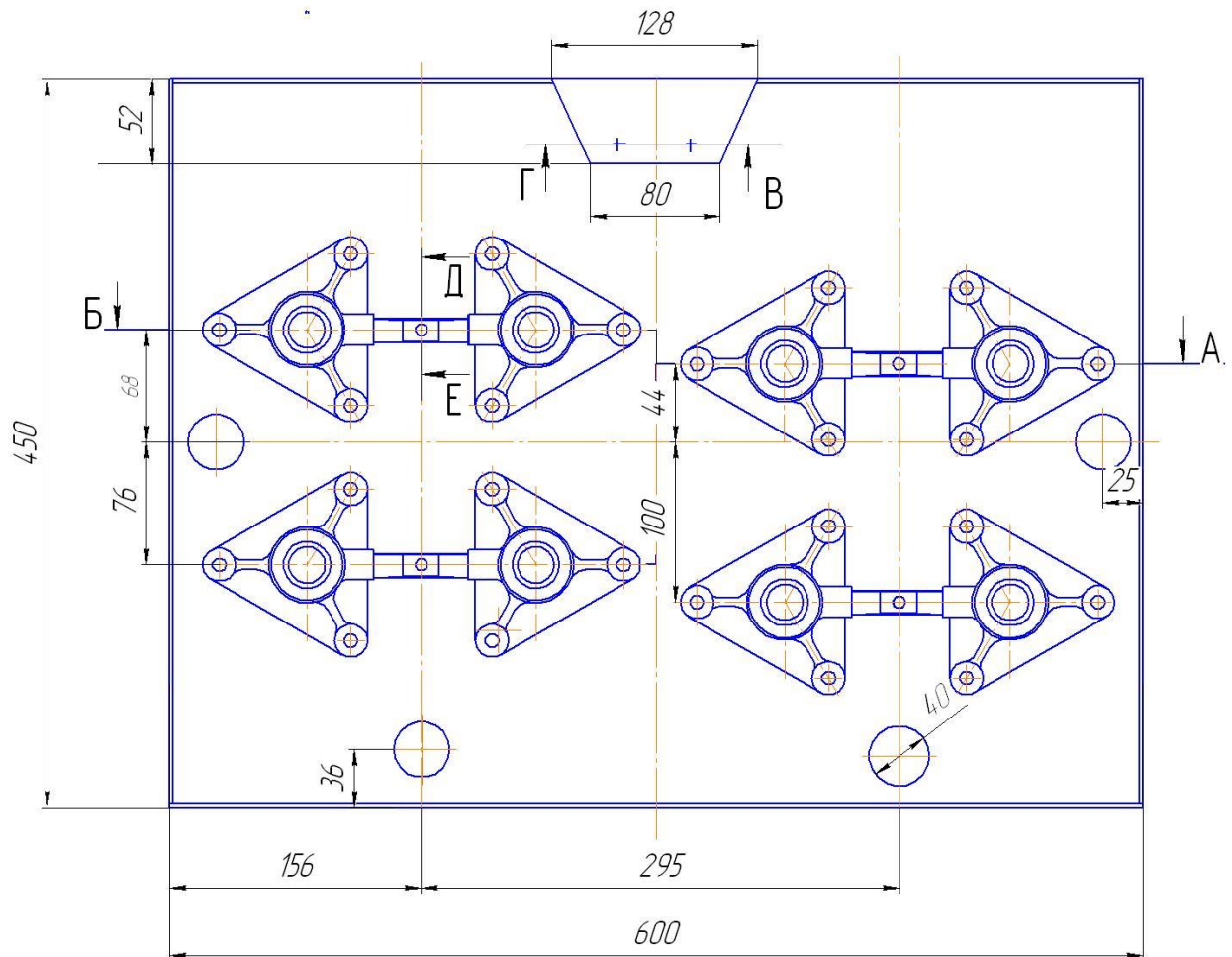


Рис. 2.2. Положення вилівка(-ів) у формі

1.

2.3.2. Вибір припусків на механічну обробку, усадку та формувальних кутів. Розміри вилівка відрізняються від розмірів готової деталі на величину припусків на механічну обробку. Величину припусків для чавуну СЧ 20 вибираємо по ДСТУ 26645-05. На кресленні межі припусків обводяться тонкою лінією (лист БР – 131.24.04.02.01.00.00 КС) і вказується величина припуску, яка по ДСТУ 26645-05 для даної деталі становить 3 мм.

Припуск на ливарну усадку виражається у відсотках від розміру вилівка.

Для середніх відливків вільна усадка дорівнює 1%. Величину радіуса заокруглень вибираємо в межах $1/5 \dots 1/3$ середнього арифметичного товщини спряжених стінок. Для даного вилівка радіус заокруглень становить 3 мм.

Радіуси заокруглень проставляємо на кресленні деталі (лист БР – 131.24.04.02.01.00.00 КС), не вказані радіуси вказуємо на вільному полі креслення.

Формувальні кути призначаємо в залежності від ливарних розмірів виливка і прийнятої технології виготовлення форми і стержня у відповідності з ДСТУ 3212-05. Для даного виливка, величина фомувальних кутів становить 3° . Величини формувальних кутів вказуємо на кресленні деталі, невказані кути проставляємо на вільному полі аркуша.

Розміри стержня вибираються з урахуванням припуску на механічну обробку і ливарну усадку (лист БР – 131.24.04.02.01.00.00 КС). В залежності від номінального розміру отвору і відношення довжини отвору до цього розміру вибираємо горизонтальні знаки стержнів довжиною 25 мм.

Величину зазорів між знаками і формою вибираємо в залежності від максимального розміру стержня. Для горизонтального знака бокові зазори рівні 0,15 мм, торцевий зазор 0,25 мм.

2.3.3. Конструювання та розрахунок ливникової системи ливарної форми

2.3.3.1. Визначення габаритних розмірів форми. Габарити форми визначаються габаритами виливка, кількістю виливків, розмірами ливникової системи, правильністю розміщення моделей на підмодельній плиті. Правильність розміщення моделей на підмодельній плиті для даного розміру визначається коефіцієнтом металоємності, тобто співвідношенням загальної ваги металу у

формі до ваги формувальної та стержневої маси форми. Коефіцієнт металоємності залежить від складності, товщини тіла і габаритів виливка і знаходиться у межах $0,25 \dots 1,2$.

Відстань між окремими моделями дорівнює $(0,3 \dots 0,5) \cdot h$, де h – висота моделі у лівій та правій напівформах. При формовці декількох відливків, залитих через загальну ливникову систему, відстань в площині роз'єму між ними повинна бути

$\leq 20...25$ мм. Відстань від тіла виливка до країв форми складає 50...100 мм; від стержневого знаку до бокової стінки опоки до 50 мм.

Відстань від моделі до верхньої і нижньої площини дорівнює 60...120 мм. Враховуючи, що для виготовлення виливка застосовано автоматичну лінію безопочної горизонтально-стопочної формовки КЛ2002 з розмірами форм 600×450×200 мм приймаємо кількість відливків в одній формі рівною 8 шт.

2.3.3.2. Розрахунок оптимальної тривалості заливки. Ливникова система складається з послідовно з'єднаних між собою каналів, за допомогою яких розплавлений метал підводиться у ливарну порожнину форми.

Виливок “Ступиця” виготовляється із сірого чавуну марки СЧ 20. Маса одного виливка 1,63 кг. Кількість відливків у формі – 8 шт. Загальна маса $8 \times 1,63 = 13,04$ кг.

Ливарна форма виготовляється на комплексній формувальній лінії безопочної формовки моделі КЛ2002.

Оптимальна тривалість заливки t визначається за формулою:

$$t = S_1 \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot C_1}, \quad (2.1)$$

де S_1 – коефіцієнт, $S_1 = 1,8$;

δ – середня товщина стінок виливка, $\delta = 12$ мм;

C_1 – вага одного виливка з ливниковою системою, кг

Приймаємо масу ливникової системи – 35% від маси виливка C_g . Тоді

$$C_1 = C_g + 0,35 \cdot C_g \quad (2.2)$$

$$C_1 = 1,63 + 0,35 \cdot 1,63 = 2.2 \text{ кг}$$

Отже,

$$t = 1,80 \cdot \sqrt[3]{12 \cdot 2.2} = 5,71 \text{ сек}$$

Визначаємо середню швидкість підйому дзеркала металу у формі по формулі:

$$V = \frac{C}{t}, \quad (2.3)$$

де C – висота виливка, мм;

$$V = \frac{115}{5,71} = 20,14 \text{ мм / сек.}$$

Для товщини стінки виливка 14,5 мм мінімальна допустима швидкість становить 10 мм/сек. Тому розраховане значення швидкості задовольняє умовам заливки.

2.3.3.3. Розрахунок площі перерізу каналів ливникової системи.

Загальна площа поперечного перерізу живильників на один виливок $\sum F_{ж}$:

$$\sum F_{ж} = \frac{C_1}{\mu \cdot t \cdot 0,31 \cdot \sqrt{H_p}}, \quad (2.4)$$

де μ – коефіцієнт витрати металу, $\mu = 0.70$;

H_p – мінімальний гідростатичний напір, см (прийнято рівним 7 см);

$$\sum F_{ж} = \frac{2,2}{0,7 \cdot 5,71 \cdot 0,31 \cdot \sqrt{7}} = 0,67 \text{ см}^2$$

Приймаємо форму поперечного перерізу живильника трапецією (лист БР – 131.24.04.02.01.00.00 КС).

В ливарній формі використовуємо ливникову систему, що звужується. Площу поперечного перерізу ливникового хода визначаємо із співвідношення

$$\sum F_{\text{жс}} : \sum F_{\text{лх}} = 1:1,15 \quad (2.5)$$

$$\sum F_{\text{лх}} = 4 \cdot 1,15 \cdot 0,67 = 3,1 \text{ см}^2$$

де 4 – кількість відливків, які живить ливниковий хід.

Розміри ливникового хода показано на кресленні (лист БР – 131.24.04.02.01.00.00 КС).

Площу поперечного перерізу стояка $\sum F_{\text{с}}$ визначаємо із співвідношення:

$$\sum F_{\text{жс}} : \sum F_{\text{с}} = 1:1,25; \sum F_{\text{с}} = 8 \cdot 0,67 \cdot 1,25 = 6,7 \text{ см}^2. \quad (2.6)$$

де 8 – кількість відливків у формі

Діаметр заливочної воронки форми розраховуємо по формулі:

$$D = 2 \sqrt{\frac{\sum F_{\text{с}}}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{6,7}{3,14}} = 2,92 \text{ см.}$$

Із технологічних міркувань приймаємо діаметр рівним 32 мм. Діаметр заливочної воронки зверху прийнято рівним 95 мм. Ливникову систему показано на рис. 2.3. і на кресленні БР – 131.24.04.02.02.00.00 КС. Форма в зборі показано на рис. 2.4



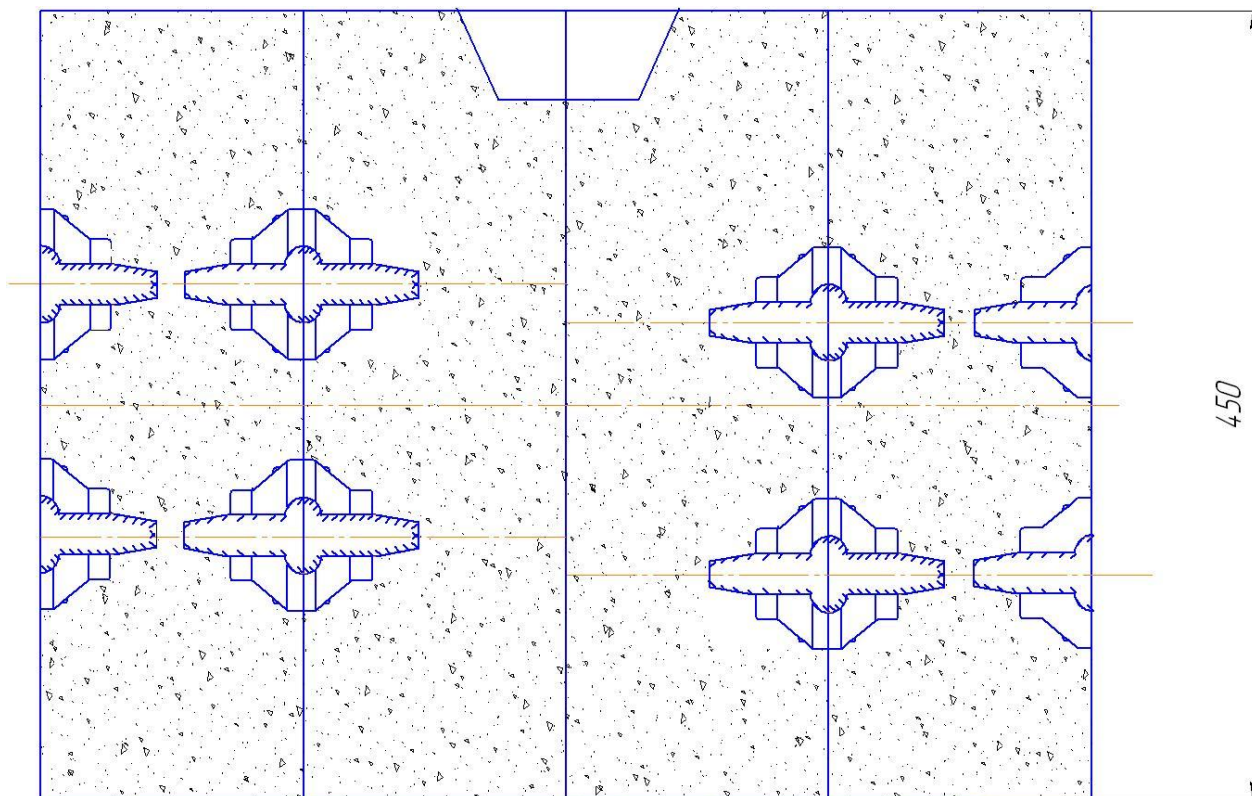


Рис. 2.4. Форма в зборі

2.4. Опис процесу виготовлення виливка “Ступиця”

Дозатор стрічковий складається із бункера об'ємом 1,5 м³, стрічкового живильника з шириною стрічки 800 мм, системи керування і призначений для приймання формувальної суміші із системи сумішеприготування і подачі її в піскодувний вузол формувального блоку.

Комплексна автоматична лінія моделі КЛ2002 складається із формувального блоку, транспортного пристрою, гідро-, пневмо- і електрообладнання та системи керування. Формувальний блок призначений для виготовлення форм піскодувним способом, їх подачі на транспортний пристрій з одночасним збиранням у стопку.

Формувальний блок представляє собою шестипозиційний поворотний стіл. На першій позиції формувального блоку установлені пресовий механізм з горизонтальною віссю і піскодувна головка. На цій позиції відбувається виготовлення форм.

До штоків правого і лівого пресових гідроциліндрів кріпляться плити, на яких розташовані електронагрівачі, модельні комплекти і сопла обдуву і оприскування моделей розділовою рідиною.

Друга і третя позиції призначені для простановки стержнів вручну безпосередньо у форму.

На четвертій позиції здійснюється виштовхування форм на транспортний пристрій лінії.

П'ята позиція поворотного стола призначена для видалення бракованих форм.

Шоста позиція залишається вільною і може бути використана для зміни моделей.

В початковому положенні планшайба поворотного стола зафіксована, одна з шести формувальних камер знаходиться під вдувним насадком. Після виготовлення форми поворотний стіл розфіксується і повертається, а готова півформа подається на наступну позицію.

Транспортний пристрій лінії призначений для приймання готової форми, збирання форм в горизонтальну стопку і переміщення стопки в кожному циклі на крок, рівний ширині форми, подачі форм на заливку, охолодження і вибивання.

Транспортний пристрій лінії складається із крокового та стрічкового конвеєрів.

Приводи конвеєрів чітко синхронизовані з рухом плити збирача, що забезпечує нерозривність стопки і щільність стику форм.

Заливка форм на лінії здійснюється за допомогою механізованої установки для заливання рідкого металу, яка виконує операції приймання і видачі роздавальних ковшів, їх нахил при розливанні і встановлення відносно форми, яка заливається.

Вибивка безопочних форм здійснюється за допомогою двох вібраційно-інерційних вибивних решіток.

В бункері дозатора вмонтовано два сигналізатора верхнього і нижнього рівнів суміші ЄСУ-2М, які керують подачею суміші з цехової системи сумішеприготування.

В гільзу піскодувного вузла вмонтовано електронний сигналізатор рівня суміші ЄСУ-1М, який керує дозатором суміші.

Керування лінії зосереджено на одному пульті і здійснюється оператором. Система керування лінією передбачає три режими роботи: налагоджувальний, напівавтоматичний, автоматичний.

2.5. Контроль якості виливків

Виливки, що пройшли проміжний контроль на різних стадіях технологічного процесу, піддаються остаточному контролю для визначення їх відповідності вимогам стандартів і технічних умов. Перевіряють хімічний склад сплаву, структуру, геометрію і розміри виливка, механічні властивості, встановлюють поверхневі і внутрішні дефекти.

Поверхневі дефекти виливків у вигляді тріщин, раковин, пригару визначають візуально шляхом порівняння з еталоном, невидимі поверхні дефекти виявляються за допомогою магнітної і світлової дефектоскопії.

Висновки

Вибрано обладнання і приведено його технічну характеристику для виробництва виливків в ливарному цеху сірого і високоміцного чавуну.

Розроблено процес виготовлення виливка “Ступиця” на формувальній лінії моделі КЛ2002 способом безопочної формовки. Розроблена конструкція ливарної форми; вибрано розташування виливка в формі та кількість виливків на одну ливарну форму; розраховано ливниково-живильну систему для ефективної заливки розплаву чавуну.

Література

1. Хричиков В.Е., Меньяло О.В. Ливарне виробництво чорних і кольорових металів: Навч. посібник. Видання друге, доопрацьоване. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 89 с.
2. Бялік Г.А., Наумик В.В., Луньов В.В., Пархоменко А.В. Теорія ливарних сплавів. Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2013. –156 с. – ISBN: 978-617-529-068-2.
3. Бялік О.М., Черненко В.С., Писаренко В.М., Москаленко Ю.Н. Металознавство: Підручник. – 2-ге видання, перероб. і доп. – Київ: Політехніка, 2002. – 384 с. – ISBN: 966-622-090-3.

ДОДАТКИ