

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра: „Матеріалознавство та ливарне виробництво”

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою МЛІВ

к.т.н., доцент

_____ Олександр Кузик

“ _____ ” _____ 2025 р.

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

на тему:

**“Розробка процесу виготовлення виливка “Тримач”
зі сталі 35Л у піщано-глиняній формі”**

**“Development of a process for manufacturing a casting
“Holder” from 35L steel in a sand-clay mold”**

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ПМ-22 мбз-1

спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

_____ Кузьменко Д.А.

“ _____ ” _____ 2025 р.

Керівник роботи

к.т.н., доцент

_____ Віктор Ломакін

“ _____ ” _____ 2025 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

“ _____ ” _____ 2025 р.

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

_____ Кузьменко Дмитро Анатолійович _____

прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: “Розробка процесу виготовлення виливка “Тримач” зі сталі 35Л у піщано-глиняній формі”, затверджена наказом по університету №10-02 від 2.01.2025 р.
2. Керівник роботи: Ломакін Віктор Миколайович, к.т.н., доцент
3. Строк подання роботи до захисту: .06.2025 р.
4. Мета кваліфікаційної роботи: вибір обладнання для ливарного цеху сталевих литва та розробка процесу виготовлення виливка “Тримач”.
Завданням роботи є: аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок “Тримач”; проектування ливарної форми; конструювання та розрахунок ливникової системи
Креслення: технологічні вказівки на виготовлення виливка “Тримач”, підмодельні плити з моделями, форма в зборі, стержневий ящик

5. Консультанти по роботі із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Вибір обладнання для ливарного цеху сталевого литва	Ломакін В. М.		
Аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок "Тримач" 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 сталевого литва		
2.	Аналіз конструкції деталі і технічних умов на виливок "Тримач"; проектування ливарної форми		
3.	Креслення		
4.	Оформлення пояснювальної записки		
5.	Оформлення рецензії		
6.	Захист кваліфікаційної роботи		

Дата видачі завдання:

“ ___ ” _____ 2025 р.

Підпис керівника

Ломакін В. М.
(прізвище та ініціали)

Підпис здобувача

Кузьменко Д. А.
(прізвище та ініціали)

Анотація

стор. 40, табл. 11, бібліографічних назв 3

Виливок, сталь, електрична дугова піч, плавка, формовка, формувальна лінія

Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на тему: “Розробка процесу виготовлення вилівка “Тримач” зі сталі 35Л у піщано-глиняній формі” складається із двох розділів.

В першому розділі роботи вибрано обладнання і приведено його технічну характеристику для виробництва вилівоків в сталеливарному цеху.

В другому розділі розроблено процес виготовлення вилівка “Тримач” на формувальній лінії моделі ІЛ225. Розроблена конструкція ливарної форми; вибрано розташування вилівка в формі та кількість вилівоків на одну ливарну форму; розраховано ливниково-живильну систему для ефективної заливки рідкої сталі.

Annotation

Page 40, table. 11, bibliographic titles 3

Casting, steel, electric arc furnace, melting, forming, forming line

The qualification work for the first (bachelor's) level of higher education on the topic: “Development of a process for manufacturing a casting “Holder” from 35L steel in a sand-clay mold” consists of two sections.

The first section of the work selects equipment and provides its technical characteristics for the production of castings in a steel shop.

In the second section, the process of manufacturing the “Holder” casting on the IL225 model molding line is developed. The design of the casting mold is developed; the location of the casting in the mold and the number of castings per casting mold are selected; the sprue-feeding system is calculated for effective pouring of liquid steel.

Зміст

	Стор
Вступ	8
1. Обладнання сталеливарного цеху	10
1.1. Плавильна дільниця	10
1.1.1. Вибір плавильної печі	10
1.1.2. Сплави у ливарному цеху	12
1.1.3. Розрахунок шихти для плавки	13
1.1.4. Технологія плавки	15
1.2. Формувально заливочна дільниця	17
1.3. Стержнева дільниця	19
1.4. Сумішоприготувальна дільниця	21
1.4.1. Змішувач періодичної дії моделі 114М для приготування формувальної суміші	21
1.4.2. Бігуни СБ-1000 для приготування стержневої суміші	22
1.4.3. Структура сумішоприготувальної дільниці	23
1.4.4. Технологічні особливості	23
1.5. Очисна дільниця	24
2. Розробка процесу виготовлення виливка “Тримач”	28
2.1. Аналіз конструкції деталі і технічних умов на відливок	28
2.2. Проектування ливарної форми	29
2.2.1. Визначення положення відливка у формі	29
2.2.2. Вибір припусків на механічну обробку і усадку, радіусів галтелей і формувальних кутів, розмірів стержнів та стержневих знаків	30
2.2.4. Розрахунок і конструювання ливникової системи форми	31
2.3. Опис технологічного процесу виготовлення відливка “Тримач”	35
2.3.1. Вибір формувальної та стержневої суміші	35
2.3.2. Формовка	36
2.3.3. Збирання форм	37

2.3.4. Заливка форм	37
2.3.5. Вибивка і обрубка	38
Висновок	39
Список літератури	40
Додатки	41

ВСТУП

Сталеливарне виробництво є однією з базових галузей важкої промисловості, яка відіграє вирішальну роль у забезпеченні різних секторів економіки якісною металопродукцією. Від його ефективності залежить розвиток машинобудування, авіа- та суднобудування, енергетики, транспорту, оборонної промисловості й багатьох інших галузей. У процесі виготовлення виробів зі сталі особливе місце посідає саме лиття — технологічний процес, що дозволяє отримувати заготовки й деталі складної форми з високими механічними властивостями [1].

Одним із основних напрямів сучасного сталеливарного виробництва є плавка сталі в електричних печах. Серед них найбільш поширеними є дугові печі, які забезпечують не лише ефективне плавлення металу, а й можливість тонкого регулювання хімічного складу сплаву. Електродугові печі вирізняються високою гнучкістю виробництва, швидкою переналагоджуваністю та здатністю працювати з вторинною сировиною — сталевим брухтом. Це робить їх актуальними як з економічної, так і з екологічної точки зору. Особливо важливо те, що процес плавки в дугових печах легко піддається автоматизації й контролю, що дозволяє досягати високої якості сталі на виході [2].

Невід'ємною частиною ливарного процесу є формування виливків, і сьогодні цей етап стрімко автоматизується. Виробничі дільниці дедалі частіше оснащуються автоматичними лініями формування, які значно підвищують ефективність та точність виготовлення литих виробів. Особливу роль відіграють лінії опочної та безопочної формовки, наприклад, ІЛ225. Ці комплекси дозволяють досягати високої точності форми, повторюваності розмірів, зменшення витрат формувальних матеріалів, а також скорочення часу на підготовчі й допоміжні операції. Вони ідеально підходять для серійного та масового виробництва, де важлива стабільність якості й швидкість виконання замовлень [3].

Сучасний ливарний цех сталевого литва все частіше стає об'єктом інновацій: впроваджуються системи цифрового моделювання та симуляції лиття, зокрема з використанням CAD/CAM-технологій, 3D-друку для виготовлення моделей та оснастки, а також автоматизовані системи управління процесами (АСУ ТП). Усе це дозволяє не лише зменшити собівартість продукції, а й підвищити її якість, скоротити терміни виготовлення та поліпшити екологічні показники виробництва.

Крім технологічних аспектів, важливими напрямками розвитку сталеливарного виробництва залишаються охорона праці, зменшення шкідливого впливу на довкілля, впровадження енергоощадних технологій, оптимізація логістики й використання вторинної сировини. Перспективи галузі пов'язані з подальшою автоматизацією, інтеграцією нових матеріалів і цифрових рішень, а також з тісною кооперацією між підприємствами й науково-дослідними установами.

Отже, актуальність теми даної кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю підвищення ефективності ливарного виробництва в умовах сучасних ринкових викликів, технологічного оновлення та глобальної конкуренції.

У роботі детально розглянуто технологічні особливості сталеливарного виробництва, зосереджуючи увагу на плавці в електричних дугових печах, роботі автоматичних ліній формування, а також окреслено сучасні тенденції та перспективи розвитку ливарного цеху сталевого литва.

1. ОБЛАДНАННЯ СТАЛЕЛИВАРНОГО ЦЕХУ

Згідно з завданням тема бакалаврської роботи: “Розробка процесу виготовлення виливка “Тримач” зі сталі 35Л у піщано-глиняній формі”. У відповідності з такою тематикою сформульовано мету і завдання роботи.

Мета роботи: вибір обладнання для сталеливарного цеху та розробка процесу виготовлення виливка “Тримач”.

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

1.1. Плавильна дільниця

1.1.1. Вибір плавильної печі

Для плавки сталі марки 35Л використовуємо дугову сталеливарну піч типу ДСП-12 (табл. 1.1).

Дугові сталеплавильні печі типу ДСП призначені для виплавки сталі з використанням електричної дуги, що виникає між графітовими електродами та металевою шихтою. Модель ДСП-12 належить до печей середньої ємності, розрахованих на плавку до 12 тонн сталі за один цикл. Вона широко застосовується в ливарних цехах, машинобудуванні, на підприємствах вторинної металургії.

Конструктивні особливості: тришарова футеровка подини і стін забезпечує довговічність і термостійкість, гідравлічна система підйому електродів дозволяє точно регулювати довжину дуги, автоматизована система управління (АСУ ТП) забезпечує контроль температури, хімічного складу металу та параметрів електродуги, пічне склепіння — відкидний або ковпакового типу для швидкого доступу до ванни при завантаженні шихти.

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики ДСП-12

Параметр	Значення
Номінальна ємність печі	12 т
Корисна маса шихти на одну плавку	до 12 т
Питома витрата електроенергії	500–650 кВт·год/т сталі
Потужність трансформатора	8–12 МВА
Кількість електродів	3 (графітові, Ø 400 мм)
Напруга на дугу	100–140 В
Середня тривалість плавки	60–90 хв
Тип завантаження шихти	ковшовий або ківш + бункер
Метод випуску сталі	через льотку в стінці або донний злив
Охолодження електродів і конструкції	водяне
Система газоочистки	суха або мокра (електрофільтр, рукавний фільтр)
Тип футеровки	магнезитова або хромомагнезитова

Переваги печі ДСП-12 такі:

- гнучкість у виборі шихтових матеріалів;
- можливість плавлення легованих, інструментальних, нержавіючих сталей;
- висока продуктивність при відносно невеликих габаритах;
- ефективне застосування в ливарних цехах середньої потужності.

Область застосування:

- ливарні цехи сталеливарного виробництва;
- виробництво сталевих виливків;
- машинобудівні, суднобудівні, ремонтні підприємства;
- металургійні комбінати для спеціалізованих плавок.

1.1.2. Сплави у ливарному цеху

Сталь 35Л — це конструкційна вуглецева лита сталь із середнім вмістом вуглецю, яка широко використовується у машинобудуванні, будівництві та енергетичному обладнанні. Позначення "Л" вказує на те, що сталь отримана саме методом лиття, а не прокаткою чи куванням. Вона поєднує прийнятну міцність, пластичність і оброблюваність, що робить її універсальним матеріалом для виготовлення широкого спектра деталей.

Хімічний склад сталі 35Л регламентується стандартами (ДСТУ 2951:2010) і включає такі основні елементи: вуглець (0,32–0,40%), марганець (0,50–0,80%), кремній (0,40–0,80%), а також обмежену кількість шкідливих домішок — сірки та фосфору (не більше 0,050%). Додаткові домішки, такі як хром, нікель чи мідь, можуть бути присутні в незначних кількостях залежно від брухту, що використовується при плавці, але не регламентуються як обов'язкові.

Структура сталі 35Л після лиття є переважно феритно-перлітною. У великих зливках можливе утворення дендритної структури та хімічної неоднорідності (сегрегації), яка вимагає проведення термічної обробки для вирівнювання структури (наприклад, гомогенізація, нормалізація або поліпшення — гартування з відпуском). Така структура забезпечує баланс між міцністю й пластичністю.

Фізико-механічні властивості сталі 35Л залежать від стану після лиття або термообробки, однак у типових випадках мають такі орієнтовні значення:

границя міцності (σ_B): 490–590 МПа;

границя плинності (σ_T): 290–340 МПа;

відносне видовження (δ): 18–22%;

ударна в'язкість (КСУ): не менше 40 Дж/см²;

твердість за Брінеллем (НВ): 170–190.

Завдяки достатньо високим характеристикам міцності та пластичності, сталь 35Л добре піддається механічній обробці та зварюванню (після підігріву), проте має обмежену зносостійкість і середню опірність ударним навантаженням. У разі

необхідності може бути піддана зміцненню поверхневим термозміцненням або наплавленням.

Область застосування сталі 35Л досить широка. Її використовують для виготовлення:

корпусних деталей машин (редукторів, підшипникових щитів, станин);
зубчастих коліс, шківів, муфт;
будівельних і сільськогосподарських вузлів середньої відповідальності;
виливків, які згодом обробляються різанням або механічно.

Це робить сталь 35Л незамінною для виробництва масивних, недорогих, але достатньо міцних литих деталей з помірним навантаженням.

Таким чином, сталь 35Л є прикладом збалансованого матеріалу для литих конструкційних виробів, що поєднує простоту виготовлення, доступність сировини, прийнятні механічні властивості та широке технологічне застосування

1.1.3. Розрахунок шихти для плавки

Для виплавки 100 кг сталі марки 35Л у дуговій сталеплавильній печі використовується метод підбору шихтових матеріалів із врахуванням хімічного складу сталі, технологічних втрат при плавці та складу доступної сировини.

1.1.3.1. Характеристика сталі 35Л

Сталь 35Л — це вуглецева конструкційна сталь, яка містить 0,32–0,40% вуглецю, 0,50–0,80% марганцю, до 0,40% кремнію, не більше 0,04% сірки та фосфору. Вона застосовується для відливок, що працюють в умовах помірною навантаження, у машинобудуванні, виробництві корпусних деталей, підшипникових щитів, шестерень тощо.

1.1.3.2. Планування виплавки

Для отримання 100 кг готової сталі враховуються втрати при плавці, які становлять близько 3%. Відповідно, загальна маса шихти має становити приблизно 103 кг. Основу шихти складають сталевий брухт та чавун, а для

доведення хімічного складу до нормативного використовуються легуючі добавки — феросплави.

Склад шихти (метод підбору)

Сталевий брухт — 85 кг.

Є основним джерелом заліза. Містить низький вміст вуглецю, тому потребує доповнення чавуном.

Чавун (лужний) — 12 кг.

Містить близько 3,5–4,0% вуглецю, до 1% кремнію та ~0,5% марганцю. Дає необхідну кількість вуглецю для досягнення вмісту 0,35% у сталі.

Феросиліцій FeSi45 — 0,5 кг.

Вводиться після плавлення для коригування вмісту кремнію до 0,3–0,4%. Також бере участь у розкисленні металу.

Феромарганець FeMn78 — 2 кг.

Додається на стадії доведення для забезпечення вмісту марганцю в межах 0,55–0,65%, компенсуючи його втрати при окисленні в період плавки.

Алюміній технічний — 0,3 кг.

Застосовується як активний розкислювач у процесі доведення розплаву. Сприяє зниженню вмісту кисню у сталі.

Вапно — 2 кг.

Вводиться в період рафінування для утворення шлаку, який зв'язує сірку, фосфор і неметалеві включення.

Очікуваний хімічний склад сталі після плавки

В результаті застосування наведеної шихти та легування очікується досягнення наступного складу сталі:

Вуглець (C): 0,34–0,37%

Марганець (Mn): 0,55–0,65%

Кремній (Si): 0,25–0,35%

Сірка (S) і фосфор (P): $\leq 0,03\%$

1.1.3.3. Висновок по розрахунку шихти

Застосування наведеного підбору шихтових матеріалів дозволяє отримати 100 кг сталі марки 35Л із нормативним вмістом основних легуючих елементів. Такий підхід дозволяє гнучко реагувати на наявну сировину, а також забезпечує відповідність складу сталі технічним умовам. У промислових умовах для точного дотримання хімічного складу розплав додатково контролюється хімічним аналізом проб металу в процесі плавки, а за потреби — коригується складом добавок.

1.1.4. Технологія плавки

Дугові сталеплавильні печі (ДСП) є одними з найефективніших агрегатів для виплавки сталі з металобрухту, а також інших видів шихти. Основним джерелом тепла в цих печах є електрична дуга, що утворюється між графітовими електродами та металевим зарядом. Висока температура дуги (понад 1600 °С) дозволяє швидко розплавити шихту та регулювати склад сталі.

Процес плавки сталі в ДСП поділяється на кілька послідовних стадій:

1.1.4.1. Завантаження шихти

Перед початком плавки піч відкривається (звичайно піднімається склепіння або ковпак), і в неї завантажуються металева шихта — переважно сталевий брухт, іноді з додаванням чавуну або оксидів заліза. Шихта може завантажуватись у кілька прийомів залежно від об'єму печі.

1.1.4.2. Запалювання дуги та період плавлення

Після опускання електродів подається струм, і між кінцями електродів та поверхнею шихти утворюється електрична дуга. Вона починає інтенсивно нагрівати метал, викликаючи його розплавлення. Спочатку утворюються розплавлені канали, а згодом розплавлюється основна маса брухту. У процесі

плавлення виділяється значна кількість теплоти, що забезпечує інтенсивне нагрівання всієї шихти.

1.1.4.3. Окиснювальний період (рафінування)

Після повного розплавлення металу в піч вводяться окислювальні матеріали (вапно, залізна руда тощо), які сприяють видаленню домішок: вуглецю, фосфору, сірки, кремнію. Утворюється шлакова плівка, яка поглинає шкідливі елементи і запобігає повторному окисненню металу. У цей період активно видаляються гази (H_2 , O_2) та неметалеві включення.

1.1.4.4. Відновний період (та можливе легування)

Після очищення розплаву від домішок відбувається регулювання хімічного складу сталі. У розплав додають легуючі компоненти — феросплави (феромарганець, феросиліцій, феронікель тощо), алюміній, кремній. Також застосовуються відновники, які знижують вміст залишкового кисню. На цьому етапі формується остаточний склад майбутньої сталі відповідно до технічного завдання.

1.1.4.5. Випуск сталі

Після досягнення заданих хімічних та температурних параметрів, сталь випускається з печі у ківш. Випуск проводиться через спеціальну лютку або донний отвір. Розплав може бути направлений на подальшу обробку в ковші — доводку, десульфурацію, вакуумування — перед остаточним розливанням у форми.

1.1.4.6. Охолодження та підготовка печі до нового циклу

Після випуску металу проводиться очищення печі від залишкового шлаку, ремонт футерівки, заміна або підживлення електродів. Піч охолоджується, і цикл повторюється. Загальна тривалість плавки в сучасних ДСП становить близько 45–90 хвилин, залежно від типу сталі та ємності печі.

1.1.4.7. Особливості та переваги процесу в ДСП

Застосовуються графітові електроди, що забезпечують стабільну дугу та високу температуру.

Можливість тонкого регулювання хімічного складу сталі на кожному етапі.

Використання автоматизованих систем управління та контролю температури, подачі електроенергії, складу шлаку тощо.

Висока енергоефективність — до 600 кВт·год на тонну сталі.

Екологічні системи очищення димових газів та пилу значно зменшують викиди у навколишнє середовище.

Гнучкість у застосуванні вторинної сировини (брухту) без необхідності доменної плавки.

1.1.4.8. Застосування

Метод дугового плавлення використовується для виробництва вуглецевих, конструкційних, інструментальних, легованих і спеціальних сталей, особливо там, де потрібна висока якість металу — у ливарному виробництві, автомобілебудуванні, машинобудуванні, суднобудуванні та при виготовленні деталей відповідального призначення.

1.2. Формувально-заливочна дільниця

Для виготовлення виливків застосовуємо автоматичну ливарну лінію моделі ІЛ 225 з опоками в світлі 900×600 мм. Висота опок може прийматися від 125 мм до 200 мм. Модельні плити односторонні, на одній плиті змонтовані частини моделі для оформлення низу форми, на іншій – для верха.

Формовка виконується на формувальному пресі В-440М.

Стержні можуть проставляються вручну у напівформи низу.

Технічна характеристика автоматичної формувальної лінії моделі ІЛ 225 наведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 –Технічна характеристика автоматичної формувальної лінія моделі ІЛ 225

Назва характеристики	Числове значення
Розміри опок /внутрішні/, мм	900 × 600 × 125-250
Продуктивність, форм/год	240
Маса відливки, кг	60
Кількість опок	100
Виграти повітря, м /год	110
Потужність, кВт	115
Маса, кг	220000
Габаритні розміри, мм	65200 × 9300 × 6855

Втрати температури сталі при випуску із плавильної печі, транспортуванні і переливі із ковша в ківш повинні бути враховані при встановленні температури заливки форм. При випуску сталі з плавильної печі втрати температури складають від 20 до 40°С, а при переливі з ковша в ківш – 30...50 °С.

Рекомендована температура заливки сталі 35Л при середній товщині стінки відливки 15 мм і з врахуванням втрат тепла складають 1550 – 1420 °С.

Під час заливки форми необхідно слідкувати за рухом розплаву з ковша у форму. У початковий момент заливки необхідно повертати ківш плавно, без ривків, однак достатньо швидко, щоб заповнити ливникову систему і чашу. Після заливки форми, відливок охолоджується і твердіє, разом з формою пересуваючись по рольгангам з ділянки заливки до ділянки вибивки. За час руху у відливці закінчуються усі перетворення. Стальні відливки необхідно вибивати при температурі 200°С. Форми, що охололи, направляються на ділянку вибивки. Форма видавлюється на спеціальній установці, на якій суміш і відливка видавлюються пресом на вібраційну решітку із нерухомої форми. Опки автоматично зіштовхуються з плити ливарного конвеєра штовхачем і форма видавлюється пресом на вібраційну решітку, де руйнуються спресовані грудки суміші, які запеклися. Потім суміш поступає по лотку на транспортер.

1.3. Стержнева дільниця

Для виробництва стержнів застосовуємо технологію їх виготовлення у гарячих ящиках з швидкотвердіючих термореактивних сумішей, що дає можливість підвищити точність стержнів, а відповідно і точність відливків на машині моделі 4509С (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Технічна характеристика піскострільного автомату моделі 4509С

Назва характеристики	Величина
Найбільша маса стержня, кг	10
Продуктивність, зйомів/год.	120...140
Розміри стержневого ящика, мм	600×400×200
Тривалість цикла,с	25
Ємність робочого резервуара, л	25
Потужність електродвигуна, кВт	140
Габарити, мм	4700×3900×3000
Маса, кг	13000

Стержнева машина моделі 4509С — це восьмипозиційний автомат, призначений для виготовлення ливарних стержнів у гарячих ящиках із термореактивних сумішей. Вона широко використовується в серійному та масовому виробництві, забезпечуючи високу продуктивність та якість готових стержнів.

Принцип роботи: машина 4509С оснащена карусельним столом з вісьмома позиціями, що дозволяє здійснювати безперервний цикл виготовлення стержнів:

- позиція I – заповнення: стержнева суміш подається з вібротка до піскодувної головки, звідки під тиском стисненого повітря вдувається у стержневий ящик;
- позиції II–VII – витримка: стержневий ящик переміщується через кілька позицій для забезпечення необхідного часу твердіння суміші.

- позиція VIII – Розбирання та вивантаження: стержневий ящик розкривається, і готовий стержень виштовхується за допомогою спеціального механізму.

Після цього карусельний стіл повертається на 45°, і цикл повторюється.

Конструктивні особливості:

Піскодувна головка складається з литого корпусу з щільною обичайкою, через яку суміш вдувається у стержневий ящик.

Стержневий ящик має вертикальний роз'єм і складається з двох половин, з'єднаних скалками. Для нагріву використовуються трубчасті електронагрівачі, що забезпечують температуру 240–270 °С.

Карусельний стіл приводиться в рух пневмогідроциліндром, забезпечуючи точне позиціонування стержневих ящиків.

Система управління автоматизована, з можливістю ручного втручання для обслуговування та налаштування.

Модернізація (модель 4509СМ): автономний вузол продувки для покращення процесу твердіння суміші, підключення газогенератора для стабільного постачання газоподібного каталізатора, оновлена система управління з сучасними електропневматичними компонентами для підвищення надійності та точності роботи.

Ці вдосконалення сприяють підвищенню якості стержнів, зменшенню браку та енергоспоживання.

Машина 4509С є надійним рішенням для виготовлення ливарних стержнів у великосерійному виробництві, забезпечуючи високу продуктивність та якість продукції.

1.4. Сумішоприготувальна дільниця

Сумішоприготувальна дільниця є важливою ланкою ливарного виробництва, що забезпечує приготування якісних формувальних і стержневих сумішей із заданими технологічними характеристиками. Установки середньої продуктивності зазвичай використовуються на підприємствах із добовим обсягом формовки до 30–40 тонн. Такі дільниці оснащуються змішувальними машинами типу бігунів із вертикальними катками, які забезпечують рівномірне перемішування суміші, зволоження та активування глинистого компоненту.

1.4.1. Змішувач періодичної дії моделі 114М для приготування формувальної суміші

Для приготування формувальної суміші в сталеливарному цеху застосовуємо змішувач періодичної дії моделі 114М (табл. 1.4).

В даному змішувачі за допомогою бігунків відбувається ефективно змішування компонентів суміші

Таблиця 1.4 – Технічна характеристика бігунів моделі 114М

Параметр	Значення
Об'єм замісу	1,25 м ³
Кількість катків	2
Сумарний тиск катків на суміш	до 100 кН
Продуктивність	25 м ³ /Год
Потужність електродвигуна	11 кВт
Маса, кг	1040 кг
Габаритні розміри	3500 мм x 2900 мм x 3100 мм

1.4.2. Бігуни СБ-1000 для стержневої суміші

Змішувач бігунцевий призначений для приготування формувальних і стержневих сумішей в ливарному виробництві. Його конструкція дозволяє застосовування і в інших технологіях, де відбувається змішування різних сипких матеріалів (табл. 1.5).

В даному змішувачі за допомогою бігунків відбувається не лише змішування але і подрібнення змішаного матеріалу з твердістю до 3 одиниць за шкалою Мооса.

Таблиця 1.5 – Технічна характеристика бігунів СБ-1000

Параметр	Значення
Об'єм барабана	235 л
Кількість катків	2
Діаметр барабана	1000 мм
Сумарний тиск катків на суміш	від 180 до 360 кг
Швидкість обертання вертикального вала	35-45 об/хв
Продуктивність	до 1,5 т/год (по піску або глині)
Потужність електродвигуна	5,5 кВт
Маса, кг	1040 кг
Габаритні розміри	1650 мм x 1020 мм x 1588 мм

Підставою бігунів є сталева чаша, яка спирається на стійки. Під чашею розміщуються електродвигун, редуктор циліндричний і редуктор кутовий.

В центрі чаші змонтована стійка, несуча підшипники вертикального валу. На валу зверху сидить траверса до якої кріпляться важелі, що несуть катки.

Матеріал, який підлягає змішуванню завантажується в чашу змішувача. Додаткові компоненти і вода також подаються в чашу. В процесі роботи змішувача матеріал потрапляє під катки і за рахунок їх ваги відбувається руйнування матеріалу, що переробляється. Крім того, при своєму русі катки розтирають матеріал по площині днища змішувача. Відвали змішувача розташовані таким чином, що підгортають матеріал від внутрішньої і зовнішньої частини чаші змішувача, направляючи його під катки, тим самим сприяючи

кращому перемішуванню матеріалу. Процес змішування матеріалу триває 3 – 10 хв. В кожному конкретному випадку час змішування визначається на практиці. Після закінчення подрібнення (змішування) відкривається шибер і готова суміш вивантажується зі змішувача.

Змішувач дуже практичний для приготування робочої суміші при пресуванні деревного вугілля і технічного вуглецю (пірокарбона).

1.4.3. Структура сумішоприготувальної ділянки

У ділянку входять такі елементи:

- склади піску та глини: із дозаторами, сушарками, етажерками зберігання;
- системи транспортування компонентів: ковшові елеватори, стрічкові та шнекові транспортери;
- механічні або електронні дозатори: для води, глини, бентоніту, затверджувачів;
- просіювальні установки: для попереднього очищення піску;
- панель керування з таймерами циклів: для автоматизованої роботи бігунів;
- пневмотранспорт або стрічкові конвеєри: для подачі готової суміші до місць формовки або в цех стержневого виробництва.

1.4.4. Технологічні особливості

Бігуни забезпечують:

- повне обволікання піщинок глиною;
- рівномірне зволоження та активування глинистих часток;
- збереження газопроникності та пластичності суміші;
- стабільний склад та консистенцію, придатні для машинної формовки.

Для стержневої суміші окремо враховується термін життя суміші після приготування, особливо при використанні самотверднучих систем (наприклад, холоднотвердіючих смол).

Застосування бігунів 114М та СБ-1000 на сумішоприготувальній дільниці забезпечує надійне й якісне приготування формувальної та стержневої суміші відповідно до технологічних вимог ливарного виробництва середнього масштабу. Машини мають просту та ремонтпридатну конструкцію, достатню продуктивність і адаптацію до змін сировини.

1.5. Очисна дільниця

Очисне відділення є заключною частиною технологічного ланцюга сталеливарного виробництва. Воно забезпечує зняття формувального піску, видалення залишків стрижнів, очищення поверхні виливків від пригару, обрізання ливників, а також остаточну зачистку поверхні під контроль або механічну обробку.

Технологічний процес очищення виконується поетапно: попереднє очищення – галтувальний барабан безперервної дії, дробометна очистка в камері і завершальний етап – зачистка виливків на верстатах..

Для первинного очищення виливків від піску та дрібних залишків формувальної суміші застосовується галтувальний барабан безперервної дії 314С (табл. 1.6).

Таблиця 1.6 – Технічна характеристика галтувального барабана 314С

Параметр	Значення
Об'єм барабана	800 л
Максимальна маса виливків	до 800 кг
Діаметр барабана	1200 мм
Довжина барабана	1700 мм
Швидкість обертання барабана	24-28 об/хв
Тип приводу	редукторно-моторний
Потужність електродвигуна	11 кВт
Футерування внутрішньої поверхні	зносостіка сталь
Система завантаження	ручна або автоматизована
Габаритні розміри	2200 x 1300 x 1600 мм
Маса обладнання	1200-1500 кг (залежно від комплектації)

Конструктивні особливості: похилий барабан з ребрами жорсткості забезпечує перевертання виливків для повного очищення, футерована камера — підвищений ресурс експлуатації при очищенні гострокутних виливків, можливість регулювання часу галтування та швидкості обертання, низький рівень шуму, особливо у варіантах з гумовим футеруванням, дренажна система для видалення абразивних часток та піску.

Переваги моделі 314С: підходить для середніх та великих виливків зі сталі та чавуну, стабільна робота при тривалому навантаженні, можна інтегрувати в автоматизовану лінію очистки, відповідає вимогам безпеки та екологічності (мінімальна пилоутвореність, захисні кожухи).

Ця модель — надійне рішення для сталеливарних цехів, які працюють зі сталевим литвом і потребують якісної попередньої очистки виливків перед дробометною або ручною обробкою.

Для інтенсивного очищення від пригару, окалини, глинистих залишків і в'їдливого піску використовується дробометна камера моделі 375С (табл. 1.7).

Таблиця 1.7 – Технічна характеристика дробометної камера моделі 375С

Параметр	Значення
Габаритні розміри відливок	0,6 х 0,6 х 0,7 м
Продуктивність	до 100 підвісок/год
Габаритні розміри	9 х 5,7 х 6,2 м
Маса обладнання	34,5 т
Встановлена потужність електродвигуна	118,6 кВт

Остаточна зачистка – ручна та механізована, застосовується для видалення задирок, ливників, гострих кромок, залишків окалини на важкодоступних ділянках.

Для зачистки сталевих виливків у ливарному виробництві використовують спеціалізовані зачистні верстати, які дозволяють ефективно видаляти залишки литникової системи, гострі кромки, пригар, а також проводити доведення поверхні перед подальшою обробкою або контролем.

Приймаємо зачисний верстат моделі 30-250 для обробки сталевих виливків масою 100-150 кг (табл. 1.8).

Таблиця 1.8 – Технічна характеристика зачисного верстата моделі 30-250

Параметр	Значення
Тип верстата	з абразивним кругом
Діаметр круга	до 400 мм
Потужність двигуна	5-4,5 кВт
Можливість зміни положення вилівка на столі	так
Максимальна довжина деталі	до 800 мм
Тип дії	напівавтомат

Приймаємо верстат моделі ЗШ-1 для ручного шліфування (табл. 1.9) для фінішної зачистки литва до контрольного стану або фарбування.

Таблиця 1.9 – Технічна характеристика зачисного верстата моделі ЗШ-1

Параметр	Значення
Тип обробки	ручне шліфування
Інструмент	абразивна щітка, шліфдиск
Потужність двигуна	5-7 кВт
Система відводу пилу	наявна

Підібране обладнання з урахуванням потреб середнього сталеливарного виробництва, забезпечує універсальність, економічність і високу продуктивність.

2. РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА “ТРИМАЧ”

2.1. Аналіз конструкції деталі і технологічних умов на відливок

Відливок відноситься до XI класу точності за ДСТУ 8781:2018, виготовляється із сталі 35Л за ДСТУ 2951:2010, припускається виготовлення із сталі 30Л за ДСТУ 8781:2018. Різностінність не більше 3 мм, короблення не більше 2 мм, перекіс по роз'єму до 1,5 мм. На оброблюваних поверхнях допускаються одиничні раковини довжиною не більше 1/3 кола, шириною не більше 5 мм, або мілкі раковини найбільшим розміром 3 мм в кількості не більше 3 штук, недолив ребер з однієї сторони висотою не більше 3 мм. На необроблюваних поверхнях допускаються одиничні раковини розміром не більше 8 мм, глибиною не більше 4 мм і в кількості не більше 5 штук на поверхню. У місцях спряження стержня і форми допускається присутність кільцевих заусениць довжиною до 1,5 мм.

Деталь "Тримач" представляє собою частину пристрою, який призначено для утримування ножа. Маса деталі 1,3 кг, габаритні розміри 162 × 60 × 40 мм, твердість 131...157 НВ.

Оброблюваними поверхнями являються посадкові місця. Інші поверхні необроблюються. Даний відливок є технологічним. Зовнішні поверхня відливка представляє собою прямолінійні контури, зчленовані плавними переходами, які забезпечують деяку деформацію відливка при його усадці під час охолодження у формі і зниження залишкових напружень в місцях спряження прямолінійних ділянок. Відливок має один стержень, немає з'ємних частин, роз'єм моделі і форми один.

2.2. Проектування ливарної форми

2.2.1. Визначення положення відливка у формі

Положення відливка у формі в період заливки вибираємо горизонтальним. Поверхня роз'єму моделі і форми при цьому займає горизонтальне положення і являється єдиною для даного відливка, що полегшує застосування машинної формовки. Поверхня роз'єму розташовується так, що модель не має з'ємних частин. Роз'єм моделі і форми розташовується таким чином, що відливки знаходяться в нижній і верхній напівформах симетрично. Такий роз'єм забезпечує хорошу набивку форми, її складання, надійність встановлення стержнів, зручність контролю розмірів форми, вільне вилучення моделі із форми.

2.2.2. Визначення габаритних розмірів опоки

Габарити опок визначаються габаритами відливка, числом відливоків в одній опоці, розмірами ливникової системи, правильністю розміщення моделей на підмодельній плиті. Правильність розміщення моделей на підмодельній плиті для даного розміру опок визначається коефіцієнтом металоємності, тобто співвідношення загальної ваги металу у формі до ваги формівної та стержньової маси опоки. Коефіцієнт металоємності залежить від складності, товщини тіла і габаритів відливка 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 верхній та нижній напівформах, відстань від моделі до верху форми та від моделі до низу форми. При формовці в одній опоці декількох відливоків, залитих через загальну ливникову систему, відстань в площині роз'єму між ними повинна бути $\leq 20 \dots 25$ мм. Відстань від тіла відливка до стінок опок складає $50 \dots 100$ мм, від стержньового знаку до бокової стінки опоки $0 \dots 50$ мм.

Відстань від моделі до верхньої і нижньої площини рівна $60 \dots 120$ мм. Враховуючи, що для виготовлення відливка застосовуємо автоматичну лінію ІЛ

225 Івано-Франківського заводу "Авто-Літмаш", з розмірами опоки 900×600×200 мм приймаємо кількість відливоків отримуємо в одній опоці рівним 12 шт.

2.2.3. Вибір припусків на механічну обробку і усадку, радіусів галтелей і формувальних кутів, розміри стержнів та стержневих знаків

Розміри відливка відрізняються від розмірів готової деталі на величину припусків на механічну обробку. Величину припусків для сталі 35Л вибираємо по ДСТУ 8781:2018. На кресленні межі припусків обводяться тонкою лінією (лист БР - 131.25.07.02.01.00.00 КС) і вказується величина припуску, яка по ДСТУ 8781:2018 для даної деталі складає 3,2 мм.

Припуск на ливарну усадку виражається в процентах від розміру відливка. Значення величини ливарної усадки для сталі 35Л.

Для середніх відливоків вільна усадка рівна 2 %. Величину радіуса заокруглень вибираємо в межах $1/5 \dots 1/3$ середнього арифметичного товщини спряжених стінок. Для даного відливка радіус заокруглень складає 5 мм.

Радіуси заокруглень проставляємо на кресленні деталі (лист БР - 131.25.07.02.01.00.00 КС), не вказані радіуси вказуємо на вільному полі креслення.

Формівні ухили назначаємо в залежності від ливарних розмірів відливка і прийнятої технології виготовлення форми і стержня у відповідності з ДСТУ 8981:2020. Для даного відливка, величина ухилу складає 1° . Величини ухилів вказуємо на кресленні, не вказані ухили проставляємо на вільному полі креслення.

Розміри стержня вибирають з урахуванням припуску на механічну обробку і ливарну усадку (лист БР - 131.25.07.02.01.00.00 КС). Розміри стержневих знаків вибираємо у відповідності з ДСТУ 8981:2020. В залежності від номінального розміру отвору і відношення довжини отвору до цього розміру вибираємо горизонтальні знаки стержнів довжиною 25 мм.

Величини ухилів знакових частин складають при висоті знаку до 80 мм – 2° . Величину зазорів між знаками і формою вибираємо в залежності від

максимального розміру стержня. Для горизонтального знака бокові зазори рівні 0,2 мм, торцевий зазор 0,4 мм.

2.2.4. Розрахунок і конструювання ливникової системи

2.2.4.1. Визначення оптимальної тривалості заливки.

Ливникова система складається з послідовно з'єднаних між собою каналів за допомогою яких розплавлений метал підводиться у ливарну порожнину форми.

Оптимальна тривалість заливки визначається за формулою:

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

де S_1 – коефіцієнт, $S_1 = 0,9$;

δ – середня товщина стінок відливка, $\delta = 20$ мм;

C_1 – вага однієї відливки з ливниковою системою, кг

$$C_1 = C_g + 0,4 \cdot C_g \quad (2.2)$$

$$C_1 = 1,3 + 0,4 \cdot 1,3 = 1,82 \text{ кг}$$

Тоді:

$$t = 0,9 \cdot \sqrt[3]{20 \cdot 1,82} = 2,98 \text{ сек}$$

Середня швидкість рівня підйому металу у формі визначається по формулі:

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

де C – висота відливка, мм;

t – оптимальна тривалість заливки, сек.

$$V = \frac{40}{2,98} = 13,42 \text{ мм / сек.}$$

Оптимальна тривалість заливки забезпечує необхідну швидкість підйому рідкого металу у формі.

2.2.4.2. Визначення площі перерізу каналів ливникової системи

Загальна площа живильників на один відливок:

$$\sum F_{\text{жс}} = \frac{G \cdot 1000}{\mu \cdot t \cdot \gamma \cdot \sqrt{r \cdot g \cdot H_p}}, \quad (2.4)$$

де G – вага одного відливка, з ливниками і т.п., кг;

μ – коефіцієнт витрати металу;

g – прискорення вільного падіння, м/сек²;

H_p – середній метало статичний тиск, см.

Середній метало статичний тиск визначаємо за формулою:

$$H_p = H_0 - \frac{p^2}{c}; \quad (2.5)$$

де H_0 – висота металу в чаші, $H_0 = 150$ мм;

p – висота відливка над рівнем підйому металу, $p = 20$ мм;

c – загальна висота відливка, $c = 40$ мм.

$$H_p = 150 - \frac{20^2}{40} = 160 \text{ мм} = 16 \text{ см}$$

$$\sum F_{жс} = \frac{1,82}{0,35 \cdot 2,98 \cdot 7800 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,16}} = 0,00012 \text{ м}^2$$

Приймаємо форму поперечного перерізу живильника трапецію (лист БР - 131.25.07.02.01.00.00 КС).

Розраховуємо площу шлаковловлювача:

$$\sum F_{жс} : \sum F_{ui} : \sum F_{cm} = 1:1,1:1,2 \quad (2.6)$$

$$\sum F_{ui} = \sum F_{жс} \cdot 1,1 = 1,2 \cdot 1,1 = 1,32 \text{ см}^2$$

Площа поперечного перерізу стояка:

$$F_{cm} = \sum F_{ui} \cdot 1,2 \quad (2.7)$$

$$F_{cm} = 1,2 \cdot 1,2 = 1,44 \text{ см}^2$$

Оскільки:

$$F_{cm} = \frac{\pi \cdot d_{cm}^2}{4} \quad (2.8)$$

Діаметр стояка:

$$d_{cm} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{cm}}{\pi}} \quad (2.9)$$

$$d_{cm} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,44}{3,14}} = 1,35 \text{ см}$$

Приймаємо $d = 15$ мм.

Для дванадцяти відливків:

$$F_{cm} = 1,35 \cdot 12 = 16,2 \text{ см}^2$$

$$d_{cm} = \sqrt{\frac{4 \cdot 16,2}{3,14}} = 4,54 \text{ см}$$

Із технологічних міркувань приймаємо $d = 50$ мм.

Визначимо діаметр чаші для одного відливка:

$$D = (2,7 \dots 3) \cdot d_{cm.г} \quad (2.10)$$

$$D = 3 \cdot 15 = 45 \text{ мм}$$

Діаметр чаші для дванадцяти відливків:

$$D = 2 \cdot 50 = 100 \text{ мм}$$

Під модельні плити з моделями показано на кресленнях БР - 131.25.07.02.02.00.00 КС і БР - 131.25.07.02.03.00.00 КС, форма в зорі – БР - 131.25.07.02.04.00.00 КС, стержневий ящик – БР - 131.25.07.02.05.00.00 КС.

2.3. Опис технологічного процесу виготовлення відливка “Тримач”

2.3.1. Вибір формувальної та стержневої суміші

У масовому і серійному виробництві рекомендується використовувати єдину формівну суміш.

На автоматичній лінії ІЛ 225 використовується формувальна суміш з підвищеною рідинокучістю. Склад та механічні властивості формувальної та стержневої сумішей приведені у таблицях 2.1, 2.2.

Таблиця 2.1 – Склад і фізико-механічні властивості формувальної суміші

Складова суміші і параметри	Значення параметру
Зворотня суміш, %	96
Пісок кварцевий КО2, КО16, %	3
Вугілля гранульоване, %	0,15
Бентоніт, %	0,15
Вода, %	до вологості 3,0 - 4,0
Вміст глиняної складової, %	11
Вміст активного бентоніту, %	8
Втрати при прожарюванні %	3
Вологість, %	3,5
Міцність на стиснення у сирому стані, МПа	0,12 - 0,15
Газопроникність, одиниць	80
Плинність (по Орлову), одиниць	80

Таблиця 2.2 – Склад стержньової суміші і її фізико-хімічні властивості

Складові суміші і властивості	Значення параметра
Пісок кварцевий, %	95,24
Смола СФ, %	3,54
Каталізатори М1, %	0,7
Гас, %	0,52
Керосин освітлювальний, %	0,62
Газопроникність, одиниць	80
Міцність на стиснення у сирому стані, МПа	0,005 - 0,01
Вологість, %	1,8-2,8

2.3.2. Формовка

Основну частину форми одержують машинною формовкою. За допомогою машин механізовано дві основні операції – ущільнення, видалення моделі з форми і деякі інші. Процес виготовлення форм в перших опоках іде таким шляхом:

Формувальна суміш подається в бункери встановлені над машиною. Порожні опоки подаються за допомогою рольгангів. Нижню і верхню напівформи виготовляють на різних машинах. Потім за допомогою дозатора заповнюють опоки формівною сумішшю з бункера. Далі суміш ущільнюють, готову напівформу кантують, знімають надлишок суміші і виконують обдув форми. Потім напівформи транспортують на збирання.

2.3.3. Збирання форм

Точність збирання в значній мірі визначає точність геометричних розмірів відливки. В об'єм робіт по збиранню форми входять такі операції:

- 1) збирання форми;
- 2) спарювання верхньої та нижньої опок.

2.3.4. Заливка форм

Процес заливки піщано-глинистих форм рідкою сталлю є ключовим етапом у виробництві сталевих виливків. Особливої уваги заслуговує заливка сталі марки 35Л, яка завдяки своїй підвищеній в'язкості потребує ретельно контрольованих умов.

Сталь 35Л — це конструкційна вуглецева сталь, яка використовується для виготовлення відповідальних деталей з високими механічними властивостями. Під час заливки важливо враховувати, що рідка сталь цієї марки має достатньо високу в'язкість, що створює додаткові вимоги до швидкості та рівномірності заповнення форми. В'язкість сплаву знижує його текучість, що може призводити до неповного заповнення форми або утворення дефектів, якщо технологічні параметри не витримані.

Для забезпечення стабільної якості литва застосовується автоматична ливарна лінія моделі ЛЛ225, яка дозволяє точно дозувати метал і забезпечувати рівномірне та контрольоване заповнення форм. Автоматизація також знижує людський фактор, підвищуючи повторюваність процесу та зменшуючи ймовірність браку.

Температурний режим заливки є критично важливим. Для сталі марки 35Л оптимальна температура заливки становить 1560–1620 °С. При нижчій температурі може виникати небезпека затвердіння металу до повного заповнення форми, а при надмірно високій — зростає ризик утворення газових пор і пригару.

Розливання металу здійснюється стопорними ковшами, які забезпечують точну подачу сталі в форму, зменшуючи розбризкування і втрати температури. Стопорний механізм дозволяє швидко припинити подачу металу у випадку аварійної ситуації, що також позитивно впливає на безпеку та якість виробництва.

Отже, заливка піщано-глинистих форм сталю 35Л є технологічно складним, але критично важливим етапом, який вимагає чіткого дотримання режимів температури, правильної організації процесу на автоматичних лініях, зокрема ІЛ225, та використання відповідного обладнання, як-от стопорні ковші.

2.3.5. Вибивка і обрубка

Залиті та охолоджені форми подаються на вибивний пристрій. Коливання решітки передається суміші і відливкам. В цих умовах суміш інтенсивно розсипається і проходить в шпориш решітки, та поступає на подальшу переробку. Відливки ковзають на пластинчатий конвеєр рухаючись по якому вони зовсім охолоджуються, подають в галтувальний барабан в якому відділяється ливникова система.

Потім відливки поступають в прохідну дробометну камеру де вони позбавляються від пригару. Після цієї операції відливки проходять зачистку від заусениць на наждачних верстатах.

Далі вони поступають на ділянку контролю де проходять проміжний контроль (по всіх стадіях технологічного процесу) і кінцевий. Перевіряють хімічний склад, структуру, геометричні розміри. Поверхневі дефекти визначають візуально.

Висновок

У результаті виконаної роботи було обґрунтовано вибір обладнання та технологічних параметрів, необхідних для ефективного та якісного виготовлення сталевих виливків у сталеливарному цеху. Зокрема, обрано автоматизовану формувальну лінію ІЛ225, яка відповідає вимогам сучасного литва та забезпечує високу точність, повторюваність процесів і мінімізацію людського впливу.

На основі аналізу властивостей сталі марки 35Л, особливу увагу приділено розробці оптимальних температурних режимів розливки (1560–1620 °С), враховуючи підвищену в'язкість розплаву. Це дозволило забезпечити повноцінне заповнення піщано-глинистих форм без утворення внутрішніх дефектів. Для керованої і безпечної заливки застосовано стопорні ковші, які гарантують точність подачі металу й контроль над процесом.

Розроблено технологічний процес виготовлення виливка “Тримач”, у тому числі конструкцію ливарної форми, з урахуванням особливостей матеріалу, формування та усадки. Обґрунтовано оптимальне розташування виливків у формі, кількість виробів на одну форму, а також виконано розрахунок ливниково-живильної системи, яка забезпечує ефективну і рівномірну заливку рідкої сталі з мінімальними тепловими та структурними втратами.

Таким чином, запропоноване технологічне рішення дозволяє досягти високої якості виливків, знизити рівень браку та підвищити загальну продуктивність сталеливарного виробництва. Отримані результати можуть бути використані як практичне підґрунтя для впровадження або модернізації технологічного процесу в умовах промислового лиття.

Список літератури

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