

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інженерно-фізичний факультет

Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів

«На правах рукопису»
УДК 621.74.046

До захисту допущено
Завідувач кафедри
М.М. Ямшинський
(ініціали, прізвище)

_____ (підпис)

“ 07 ” _____ грудня 2018 р.

Магістерська дисертація

за спеціальністю 136 Металургія

на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями методом лиття за моделями, що газифікуються

Виконав: студент 6 курсу, групи ФЛ-71мп

Погребняк Ігор Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник

к.т.н., доц. Фесенко М.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

к.т.н., доц. Зацарний В.В.

(науковий ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультант з економічно-організаційної частини

к.е.н., доц. Глущенко Я.І.

(науковий ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультант з нормоконтролю

к.т.н., доц. Федоров Г.Є.

(науковий ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (науковий ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____ (підпис)

Київ – 2018 р.

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Факультет інженерно-фізичний
Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)
Спеціальність – 136 Металургія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
М.М. Ямшинський
(ініціали, прізвище)

(підпис)

“ 07 ” _____ грудня _____ 2018 р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ
Погребняку Ігорю Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: «Розроблення технологічного процесу виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями методом лиття за моделями, що газифікуються», науковий керівник Фесенко Максим Анатолійович, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від « 09 » листопада 2018 року №4127-с
2. Строк подання студентом дисертації: 07 грудня _____ 2018 року
3. Об'єкт дослідження: чавунні виливки «Вертикальна плита» та «Горизонтальна плита» із диференційованими структурою та властивостями виготовлені методом лиття за моделями, що газифікуються.
4. Предмет дослідження: технологічний процес виготовлення двошарових чавунних виливків із диференційованими структурою та властивостями методом лиття за моделями, що газифікуються.
5. Перелік питань, які потрібно розробити: 5.1 Опрацювати та проаналізувати літературу за темою дослідження; 5.2 Оптимізувати методику дослідження; 5.3 Провести експерименти; 5.4 Дослідити технологічний процес виготовлення виливків «Горизонтальна плита», «Вертикальна плита» із диференційованою структурою; 5.5 Розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; 5.6 Розробити організаційно-економічну частину роботи; 5.7 Розробити бізнес-проект; 5.8 Сформулювати загальні висновки та рекомендації.

6. Перелік ілюстративного матеріалу: Презентація (30 слайдів)

7. Перелік публікацій: 7.1 Новый технологический процесс изготовления чугуновых отливок с дифференцированными свойствами / М. А. Фесенко, А. Н. Фесенко, И. А. Погребняк // X Міжнародна науково-технічна конференція Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2018: матеріали науково-технічної конференції, 24...25 квітня 2018 р., м. Київ. – С 206 – 207.

1. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Зацарний В.В., доцент		
Економічно-організаційна частина	Глущенко Я.І., доцент		
Нормоконтроль	Федоров Г.Є., доцент		

2. Дата видачі завдання 3 вересня 2018 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Переддипломна науково-дослідна практика	03.09...28.10.2018р.	
2	Опрацювання та аналіз літератури за темою Дослідження	03.09...10.10.2018р.	
3	Оптимізація методики дослідження	04.09...10.09.2018р.	
4	Планування та реалізація експериментів	14.09...04.10.2018р.	
5	Виготовлення зразків, їх дослідження та аналіз Результатів	16.09...12.11.2018р.	
6	Виконання організаційно-економічної частини	21.11...27.11.2018р.	
7	Виконання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	25.11...30.11.2018р.	
8	Виконання ілюстративної частини роботи	01.12...03.12.2018р.	
9	Оформлення магістерської дисертації	02.12...05.12.2018р.	
10	Подання дипломної роботи до захисту	07.12.2018р.	
11	Рецензування дипломної роботи	07.12...09.12.2018р.	
12	Захист дипломної роботи	19.12.2018р.	

Студент

Науковий керівник

(підпис)

(підпис)

Погребняк І.О.

(прізвище та ініціали)

Фесенко М.А.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Погребняк Ігор Олександрович, гр. ФЛ-71мп, ІФФ

Магістерська дисертація: 156 с., 71 рис., 23 табл., 56 посилання.

Об'єкт дослідження – чавунні виливки «Вертикальна плита» та «Горизонтальна плита» із диференційованими структурою та властивостями виготовлені методом лиття за моделями, що газифікуються.

Предмет дослідження – технологічний процес виготовлення чавунних виливків із диференційованими структурою та властивостями методом лиття за моделями, що газифікуються.

Мета роботи – розроблення та дослідження технологічних особливостей процесу диференціації властивостей чавунних виливків, методом внутрішньоформового оброблення одного вхідного розплаву при литті за моделями, що газифікуються.

Методи дослідження – оброблення експериментів проводили стандартними методами хімічного та термічного аналізу, металографічних досліджень, а також визначення твердості та мікротвердості чавуну у виливках.

Результати досліджень – досліджено технологічні особливості запропонованих процесів та розроблені режими лиття для стабільного виготовлення виливків з диференційованими структурою та властивостями з одного розплаву при литті за моделями, що газифікуються.

Ступінь впровадження – лабораторні випробування.

Область застосування – металургія, машинобудування тощо.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – виготовлення виливків із робочою частиною зносостійкого білого чавуну та монтажною частиною з сірого або високоміцного чавуну, які призначені для роботи в умовах абразивного зношування.

БІЛИЙ ЧАВУН, СІРИЙ ЧАВУН, ВИСОКОМІЦНИЙ ЧАВУН, ВИЛИВКИ, СФЕРОЇДИЗУВАЛЬНЕ ТА ГРАФІТИЗУВАЛЬНЕ МОДИФІКУВАННЯ, ПІНОПОЛІСТИРОЛ, ГАЗИФІКОВАНІ МОДЕЛІ, ДИФЕРЕНЦІЙОВАНІ ВЛАСТИВОСТІ.

РЕФЕРАТ

Погребняк Игорь Александрович, гр. ФЛ-71мп, ИФФ

Магистерская диссертация: 156 с., 71 рис., 23 табл., 56 ссылок.

Объект исследования – чугунные отливки «Вертикальная плита» и «Горизонтальная плита» с дифференцированными структурой и свойствами изготовлены методом литья по газифицируемым моделям.

Предмет исследования – технологический процесс изготовления чугунных отливок с дифференцированными структурой и свойствами методом литья по газифицируемым моделям.

Цель работы – разработка и исследование технологических особенностей процесса дифференциации свойств чугунных отливок, методом внутриформенной обработки одного входного расплава при литье по газифицируемым моделям.

Методы исследования – обработки экспериментов проводили стандартными методами химического и термического анализа, металлографических исследований, а также определения твердости и микротвердости чугуна в отливках.

Результаты исследований – исследованы технологические особенности предлагаемых процессов и разработаны режимы литья для стабильного изготовления отливок с дифференцированными структурой и свойствами с одного расплава при литье по газифицируемым моделям.

Степень внедрения – лабораторные испытания.

Область применения – металлургия, машиностроение и др.

Прогнозные предположения по развитию объекта исследования – изготовление отливок с рабочей частью износостойкого белого чугуна и монтажной частью из серого или высокопрочного чугуна, предназначенные для работы в условиях абразивного износа.

БЕЛЫЙ ЧУГУН, СЕРЫЙ ЧУГУН, ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ЧУГУН, ОТЛИВКИ, СФЕРОИДИЗИРУЮЩИЕ И ГРАФИТИЗИРУЮЩИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ, ПЕНОПОЛИСТИРОЛ, ГАЗИФИЦИРУЕМЫЕ МОДЕЛИ, ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЕ СВОЙСТВА.

ABSTRACT

Pogrebnyak Ihor, gr. FL71mp, EPP

Master's dissertation: 156 pp., 71 rites, 23 tables, 56 references.

The object of the study is the cast iron casting "Vertical Plate" and "Horizontal Plate" with differentiated structure and properties made by the lost foam casting.

The subject of the research is the technological process of manufacturing cast iron with differentiated structure and properties by the lost foam casting.

The purpose of the work is the development and research of technological features of the process of differentiation of the properties of cast iron castings, by the in-mold processing of one incoming melt by the lost foam casting.

Methods of research – processing of experiments was carried out by standard methods of chemical and thermal analysis, metallographic studies, as well as determination of hardness and microhardness of cast iron in castings.

The results of researches – the technological features of the proposed processes were investigated and the casting regimes were developed for the stable production of castings with a differentiated structure and properties from one melt by the lost foam casting.

Degree of implementation – laboratory tests.

Scope – metallurgy, mechanical engineering, etc.

Foreseeable assumptions about the development of the research object are the production of castings with the working part of wear-resistant white cast iron and the mounting part of gray or high-strength cast iron, which are designed to operate in abrasion wear.

WHITE CAST IRON, GREY CAST IRON, DUCTILE CAST IRON, CASTINGS, SFEROIDIZING AND GRAPHITIZING MODIFICATION, PENOPOLYSTROIL, GASIFIED MODELS, DIFFERENTIATED PROPERTIES.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	12
ВСТУП.....	13
1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	15
1.1 Основні напрями виробництва литих біметалів.....	15
1.2 Технологія і устаткування для виробництва моделей, що газифікуються.....	28
1.2.1 Спосіб лиття за газифікованими моделями.....	28
1.2.2 Технологічні процеси і устаткування для отримання газифікованих моделей.....	31
1.3 Номенклатура двошарових чавунних виливків та матеріали для їх виготовлення.....	43
1.4 Висновки до розділу 1 та постановка завдання дослідження.....	45
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	48
2.1 Об'єкти дослідження.....	48
2.2 Виплавляння вихідного розплаву чавуну схильного до кристалізації за метастабільною системою.....	51
2.3 Вибір модифікатора для внутрішньоформового оброблення вихідного розплаву чавуну.....	54
2.4 Виготовлення моделей, що газифікуються (пінополістиролових).....	55
2.5 Формоутворення для виготовлення виливків методами лиття за моделями, що газифікуються та у піщано-глинясті форми.....	59
2.6 Заливання опок-контейнерів та піщаних форм рідким чавуном.....	62
2.7 Металографічний аналіз чавунних зразків.....	64
2.8 Вимірювання твердості зразків.....	67
2.9 Дослідження хімічного складу чавунів.....	69
2.10 Термографічний аналіз.....	70

2.11	Визначення мікротвердості.....	72
2.12	Висновки до розділу 2.....	74
3	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	75
3.1	Дослідження технологічного процесу виготовлення виливків «Горизонтальна плита» з диференційованою структурою.....	75
3.2	Дослідження технологічного процесу виготовлення виливків «Вертикальна плита» з диференційованою структурою у нижній та верхній її частинах.....	83
3.3	Рекомендації для виготовлення якісних чавунних виливків із диференційованими властивостями за моделями, що газифікуються.....	94
3.4	Висновки до розділу 3.....	96
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	98
4.1	Вступ.....	98
4.2	Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів.....	98
4.3	Мікроклімат.....	100
4.4	Освітлення.....	102
4.4.1	Розрахунок рівня природного освітлення.....	103
4.4.2	Розрахунок штучного освітлення.....	105
4.5	Шум.....	107
4.6	Вібрація та її вплив на людину.....	110
4.7	Інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання.....	112
4.8	Загазованість та запиленість.....	114
4.9	Вентиляція.....	116
4.10	Електробезпека.....	117
4.11	Пожежна безпека.....	121
4.12	Безпека в надзвичайній ситуації.....	122
4.13	Висновки до розділу 4.....	125
5	ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	126
5.1	Науково-технічна актуальність теми дослідження.....	126

	10
5.2 Мета та завдання НДР.....	127
5.3 Розрахунок планової собівартості проведення дослідження.....	128
5.3.1 Визначення заробітної плати науково-дослідницького персоналу.....	128
5.3.2 Визначення розміру єдиного соціального внеску.....	130
5.3.3 Визначення вартості матеріалів і напівфабрикатів для виконання НДР.....	130
5.3.4 Визначення вартості спеціального обладнання і приладів.....	131
5.3.5 Визначення вартості робіт і послуг сторонніх організацій.....	131
5.3.6 Визначення витрат на службові відрядження.....	132
5.3.7 Визначення інших прямих неврахованих витрат.....	132
5.3.8 Визначення накладних витрат.....	132
5.3.9 Визначення планової кошторисної вартості НДР.....	133
5.4 Визначення очікуваних результатів НДР та розрахунок показників економічної ефективності.....	133
5.5 Висновки до розділу 5.....	137
6 БІЗНЕС-ПРОЕКТ.....	138
6.1 Склад команди.....	138
6.2 Назва проекту.....	138
6.3 Короткий опис проекту.....	138
6.4 Бізнес-модель.....	139
6.4.1 Цінний продукт.....	139
6.4.2 Сегмент споживачів.....	139
6.4.3 Канали збуту.....	140
6.4.4 Взаємодія із споживачами.....	140
6.4.5 Прибуток (монетизація).....	140
6.4.6 Ключові види діяльності.....	140
6.4.7 Ключові ресурси.....	140
6.4.8 Ключові партнери.....	141
6.4.9 Витрати.....	141

	11
6.5 Споживчі властивості товару.....	141
6.6 Дослідження ринку.....	141
6.7 Дослідження конкурентного оточення.....	142
6.8 Маркетингова стратегія просування.....	142
6.9 Елементи фінансового плану.....	143
6.9.1 Опис бізнес-проекту.....	143
6.9.2 Опис товару/ послуги/ технології.....	143
6.9.3 Маркетинг та продаж.....	144
6.9.4 Фінансовий план.....	144
6.9.5 Резюме.....	145
6.10 Висновки до розділу 6.....	147
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	148
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	151
ДОДАТКИ.....	156

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ФТІМС НАНУ – Фізико-технологічний Інститут металів і сплавів
Національної Академії Наук України

ЛГМ-процес – процес лиття за моделями, що газифікуються

ВПЛ – вихід придатного литва

ЗВВ – зворот власного виробництва

ФМн – феромарганець

ФС – феросиліцій

VL63M – феросиліцій-магній

ГМ – графітізувальний модифікатор

СМ – сфероїдизувальний модифікатор

БЧ – білий чавун

СЧ – сірий чавун

ВЧ – високоміцний чавун

кг – кілограм.

мм – міліметр.

с – секунда.

НВ – твердість за Бринелем.

НДР – науково-дослідна робота

ВСТУП

На сьогоднішній день вітчизняна промисловість потребує виготовлення якісних виливків із підвищеними експлуатаційними характеристиками при одночасному зменшенні витрат на їх виготовлення.

Цю умову можна забезпечити при виготовленні литих деталей із диференційованими властивостями.

Найбільш розповсюдженим конструкційним матеріалом для виготовлення виливків різного призначення є чавун.

Який в залежності від умов кристалізації розплаву може мати різну структуру і широкий діапазон властивостей.

Тому доцільним є розроблення технологічних процесів виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями.

На сьогоднішній день існує багато способів виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями, найбільш розповсюдженими є такі способи:

- заливання чавуну у ливарну форму із попередньо встановленим у неї холодильником або у металеву форму;
- послідовне заливання ливарної форми розплавами чавуну крізь дві незалежні ливникові системи із паузою між заливаннями;
- заливання в загальну ливарну форму розплавів із розділовою перегородкою.

Для вище перелічених способів характерні такі недоліки:

- використання двох плавильних агрегатів для виплавляння розплавів різного хімічного складу;
- використання дорогих легувальних елементів.

Для усунення вище вказаних недоліків у роботі відпрацьовується технологічний процес виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями заснований на методі внутрішньоформового оброблення розплаву.

Сутність якого полягає у тому, що під час заливання ливарних форм вихідний розплав виплавлений в одному плавильному агрегаті заливається до ливарної форми, в якій він поділяється на два потоки, один із яких проходить безпосередньо до порожнини форми та заповнює її, а інший потік перед заповненням форми проходить внутрішньоформове оброблення та заповнює іншу частину форми.

Особливо перспективний такий процес виготовлення виливків із поєднанням прогресивного способу підвищеної точності литвом за моделями, що газифікуються.

Новизна запропонованого процесу та відсутність відповідних технологічних та теоретичних результатів дає підставу вважати роботу актуальною.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Основні напрями виробництва литих біметалевих виробів

Однією із головних задач вітчизняного машинобудування, є підвищення ефективності використання металу за рахунок застосування прогресивних технологічних процесів, полегшення конструкцій машин, широке впровадження у виробництво нових конструкційних матеріалів.

Перспективним направленням раціонального використання властивостей металів в різних галузях промисловості є застосування в конструкціях машин, механізмів і устаткування біметалевих і багатошарових виробів, в яких досягається найбільш повне поєднання експлуатаційних властивостей, диференційованих по об'єму і поверхні деталі.

Із різноманіття методів отримання біметалевих і багатошарових виробів можна виокремити чотири основні групи процесів, найбільш розповсюджених у практиці ливарного і металургійного виробництва, що характеризуються спільністю технологічних прийомів:

- одночасне або послідовне заливання рідких сплавів у форму із розділовою перегородкою;
- послідовне заливання у форму двох і більше рідких сплавів;
- наморожування рідкого металу на тверду заготовку;
- заливання рідкого металу на тверду заготовку, попередньо розташовану у ливарній формі або виливниці.

Усі вказані методи застосовуються для виготовлення біметалевих (багатошарових) виливків, що мають комплекс заданих властивостей, які у більшості випадків неможливо поєднувати у монометалевих виробах. При цьому головною умовою є отримання металевого зв'язку між з'єднувальними частинами [1], що відрізняє литі біметали від армованих виливків із механічними зв'язками [2], у яких складові частини практично зберігають властивості окремих матеріалів.

Вказані групи методів відрізняються температурними режимами процесу, характером підготовки з'єднувальних матеріалів, складом захисних середовищ і покриттів, впливом на процес електромагнітних полів, вібрації, ультразвуку та ін. При чому у кожному конкретному випадку вибір технологічних режимів здійснюється з урахуванням хімічного складу і температур зварювальних пар, співвідношення їх товщин, питомої ваги, коефіцієнтів теплового та лінійного розширення, технічного призначення виробів.

У вітчизняній і закордонній практиці відомо декілька способів отримання виливків і заготовок одночасним і послідовним заливанням у форму рідких сплавів із розділовою перегородкою. Автори роботи [3] пропонують вертикально встановлювати у форму металеву перегородку, що розплавляється, по обидві сторони якої заливають чавуни різного хімічного складу. Рівень металу при заповненні форми підтримується однаковим, що виключає передчасне руйнування перегородки і попереджує змішування зварювальних металів. Технологія не потребує спеціального обладнання і рекомендується для виробництва валків вугільнорозмелювальних установок [4], що працюють в умовах абразивного зношування. Аналогічно вирішена задача виготовлення робочих колес відцентрових насосів на машинобудівних заводах [5]: на межі між ободом колеса із чавуну ІЧХ28Н2 і ступецею із чавуну СЧ 20 встановлюється розділова перегородка, яка при заповненні форми металом розплавляється. Наявність розділових перегородок дозволяє забезпечити локалізацію певних властивостей виливків у заданих об'ємах. При послідовному заливанні металів [6] встановлену у виливницю (форму) перегородку видаляють після часткового тверднення першого залитого металу безпосередньо перед заливанням другого. У процесі заливання другого металу відбуваються часткове підплавлення раніше залитого, що забезпечує хорошу зварюваність сплавів. Цей метод може конкурувати зі способом отримання біметалів пластичною деформацією. Він дає можливість з'єднувати сплави, що різко відрізняються температурами плавлення. Подібна технологія використовується, наприклад, при отриманні термобіметалів із розмірами виливків

40x220x550 мм.

До цієї ж групи можна віднести спосіб отримання біметалевих заготовок на установках безперервного розливання вертикального і горизонтального типу, із тією лише різницею, що система «стаціонарний злиток (виливоч) – рухома перегородка» замінена на систему «стаціонарна форма (кристалізатор) – рухомий злиток». Злиток, що кристалізується в процесі безперервного руху, переміщується вздовж перегородки (кристалізатора) і у зоні, де утворюється досить товста кірочка, надходить у другий кристалізатор, що формує конфігурацію другого шару злитка. При цьому зварювання металів відбувається у результаті підплавлення закристалізованого металу першого шару злитка.

Розглянута група способів характеризується низькою трудомісткістю, що дозволяє рекомендувати подібні технології у ливарних цехах для виготовлення біметалевих і багат шарових заготовок, що мають постійні перетини зварювальних шарів металів, включаючи валки різного призначення [7]. Послідовне заливання форм із горизонтальною розділовою або рухомою перегородкою можна застосовувати при виготовленні фасонного біметалевого і багат шарового литва.

Основною причиною, що стримує широке застосування цих способів у промисловості, є відсутність науково-обґрунтованих методик інженерних розрахунків технологічних параметрів процесів, а також спеціалізованих виробництв, оснащених спареними плавильними агрегатами для паралельної виплавки високо- і низьколегованих сплавів, і автоматизованих систем для одночасного заливання форм сплавами різного складу [8].

Способи безперервного виробництва двошарових злитків за своєю ідеєю є перспективними, однак вони не знайшли широкого промислового застосування із-за відсутності спеціального устаткування.

Глибокі дослідження і розробка теоретичних і технологічних основ отримання фасонних виливків пошаровим заливанням форм виконано у ФТІМС НАНУ.

У результаті досліджень термочасових параметрів, вибору раціональних ливникових систем, вивчення напруженого стану, геометричної і розмірної точності виливків встановлена загальна закономірність процесу виготовлення корпусних і базових верстатних деталей пошаровим заливанням форм через автономні (незалежні) ливникові системи. Зниження напружень у двошарових виливках, зменшення жолоблення [9], збільшення демпфуючої властивості [10] дозволяють підвищити точність, довговічність і надійність роботи верстатного парку.

Технологічний процес виготовлення двошарових корпусних і базових верстатних виливків впроваджено на багатьох машинобудівних заводах. Перевагою процесу є можливість виготовлення двошарових виробів на базі єдиного рідкого чавуну із його роздільною позапічною обробкою комплексними присадками, що містять дешеві і недефіцитні елементи – хром, кремній, кальцій та ін.

До недоліків слід віднести доволі вузький температурний інтервал зварювання пошарово залитих металів, значні та нестабільні розміри перехідної зони по висоті і довжині виливків [11].

Новим для цього напрямлення є використання шлакових покриттів, що наносять на поверхню першого шару металу в процесі заповнення ливарної форми. Це дозволяє забезпечити зварювання металів у широкому інтервалі температур, стабілізувати розміри перехідної по довжині і перетину виливка, використовувати в якості наступних шарів металу із більш низькою температурою плавлення, наприклад, мідь, бронзу, латунь.

До цієї ж групи слід віднести також способи відцентрового лиття виробів пошаровим заливанням форм [12], що отримали розвиток в Україні, Японії, США та країнах СНД, для виробництва біметалевих і багатошарових виливків масою від декількох кілограмів до 10 т і більше.

На підприємствах виготовляють відцентровим способом двошарові прокатні валки для станів гарячої і холодної прокатки смуг. У форму, що обертається навколо горизонтальної вісі, заливають спочатку мірну порцію

легованого металу для формування зовнішньої поверхні валка. Разом із легованим металом заливається флюс, що покриває внутрішню поверхню металу шаром товщиною 0,3...1,0 мм. Потім в утворену обичайку заливають високоякісний чавун, який утворює серцевину бочки і оформлює шийки валу.

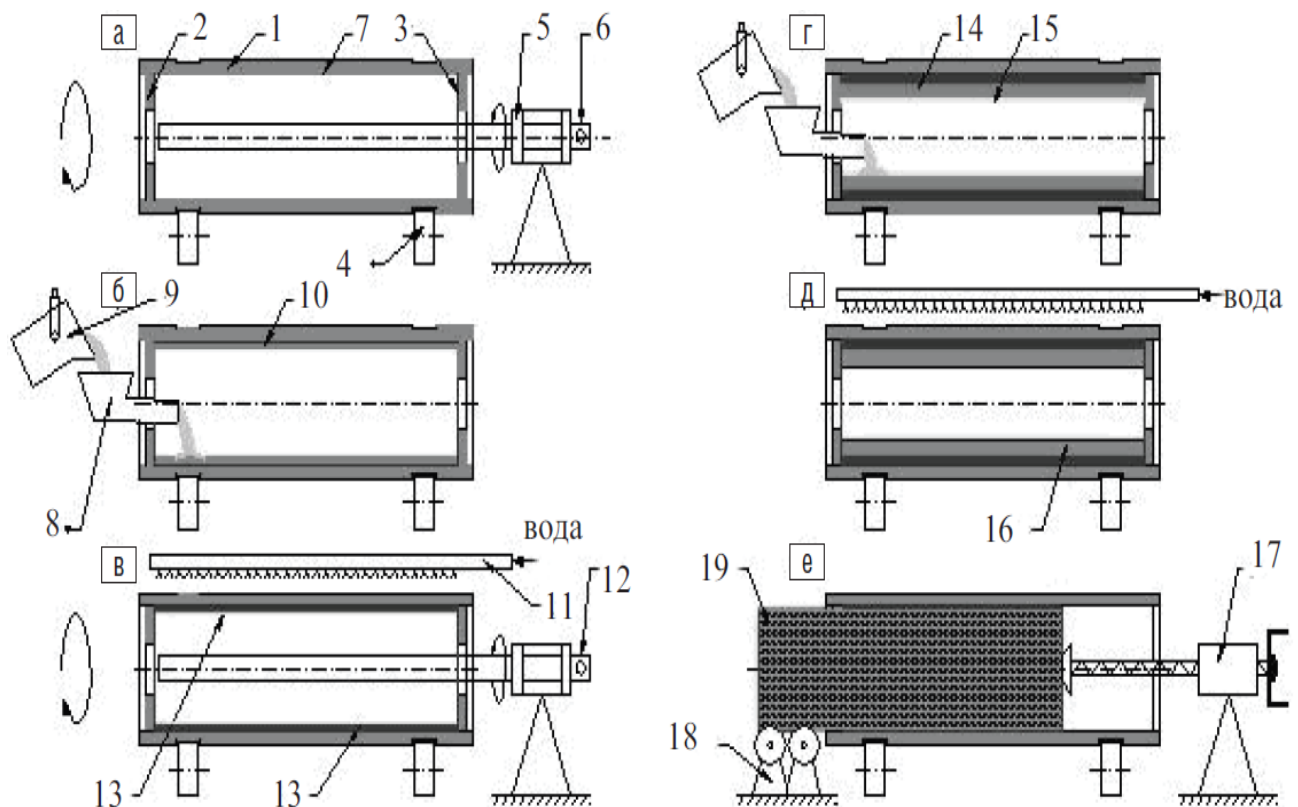
Схему технологічного процесу виготовлення біметалевих виливків способом послідовного заливання розплавів у виливницю відцентрової машини зображено на рис. 1.1.

При литті двошарових валків машин для виробництва паперу вагою 14 т, діаметром 1916 мм і довжиною 10200 мм [13] також використовують захисний флюс, що вводять на поверхню металу першого шару при досягненні ним температури ліквідус. Друга порція металу заливається після того, як температура першого шару буде на 5 °С нижча температури солідус. При цьому спостерігається підплавлення першого шару другою порцією металу.

Однак із зменшенням маси литих заготовок збільшується чутливість технології до нестабільності режимів лиття. Характерним прикладом може слугувати технологія відцентрового лиття двошарових циліндричних гільз двигуна внутрішнього згорання у не футеровану виливницю. Заливання другої дози легованого чавуну відбувається після того, як температура внутрішньої поверхні першої дози чавуну при охолодженні досягне температури солідус. Така технологія може бути раціонально використана тільки в автоматичному режимі із вкрай точним дозуванням і подачею рідких металів у форму, а також фіксованим інтервалом розриву між завершенням заливання першої і початком заливання другої дози металу.

Використання синтетичних шлаків при відцентровому литті двошарових виливків забезпечує надійний захист внутрішньої поверхні вилівка від окиснення і гарантує якісне зварювання різнорідних металів при самих різних поєднаннях металевих пар [14]. Синтетичні шлаки обираються із врахуванням температурного інтервалу зварювання металів, їх хімічного складу.

Рекомендовані робочі температури шлаків для здійснення якісного зварювання шарів знаходяться у межах 800...1300 °С. Шлаки використовують у вигляді порошкоподібних сумішей або розплавів.



1 – виливниця; 2 – кришка виливниці; 3 – шар теплоізоляційного покриття кришки; 4 – опорний ролик виливниці; 5 – напрямна стійка; 6 – пристрій для нанесення теплоізоляційного покриття виливниці; 7 – шар теплоізоляційного покриття виливниці; 8 – заливальна чаша; 9 – заливальний ківш; 10 – розплав робочого шару; 11 – пристрій для охолодження виливниці; 12 – пристрій для засипання флюсу; 13 – плівка рідкого флюсу; 14 – розплав внутрішнього шару; 15 – плівка рідкого флюсу; 16 – внутрішній шар заготовки; 17 – пристрій для вилучення заготовки; 18 – приймальний роликівий пристрій; 19 – двошарова заготовка

а – нанесення теплоізоляційного покриття виливниці; б – заливання розплавом робочого шару; в – охолодження виливниці і флюсування поверхні робочого шару; г – заливання розплаву внутрішнього шару; д – охолодження виливниці; е – вилучення заготовки

Рисунок 1.1 – Схема технологічного процесу виготовлення біметалевих виливків способом послідовного заливання розплавів у виливницю відцентрової машини

Деякі склади синтетичних шлаків наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад шлаків

Біметалева пара	Склад шлаку
Сталь 10 – сталь 0X18H12T	Система $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3$ [14]
Сталь 10 – сталь 0X18H12T	Суміш кварцового і борного піску 50...90% + 50...10% одного або декількох карбонатів, хлоридів, фторидів натрію або кальцію
Сталь 55, сталь 5 – 15% Cr; 0,8...3% Si; 0,4...2% Mg; 1,8...2,2% C	25% CaO, 10% Al_2O_3 , 65% CaF_2 [15]
Сталь 55 – чавун 2,5...2,8% C; 5...15% Cr; 0,8...3% Si; 0,4...2% Mg	25% CaO, 10% Al_2O_3 , 65% CaF_2 [15]
Сталь 35Л – сталь E 366	$\text{CaF}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO} - \text{MgO} - \text{Na}_2\text{O}$
Сталь 35Л – сталь 1X18H9T	$\text{CaF}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO} - \text{MgO} - \text{Na}_2\text{O}$

Серед відомих способів виготовлення двошарових виробів пошаровим заливанням форм слід також відмітити ті, що передбачають кристалізацію частини об'єму залитого металу із наступним зливом не закристалізованого металу при одночасному заповненні форми сплавом іншого хімічного складу. Такі процеси застосовують, наприклад, для виробництва прокатних валків, зовнішній шар яких виготовляють із легованих сплавів для отримання твердої і зносостійкої поверхні, а серцевину – із сірого чавуну [15].

Характерно, що захисним середовищем для попередження від окиснення контактної поверхні є безпосередньо рідкий метал першої порції. Це зумовлює високі фізико-механічні властивості перехідної зони виливків. Процес не потребує спеціального обладнання, простий у здійсненні, однак він різко знижує вихід придатного литва (до 30...60%). Із цієї точки зору процеси виго-

товлення виливків одночасним або послідовним заливанням рідких сплавів у форму із розділовою перегородкою або із використанням флюсів є більш раціональними.

Характерною особливістю методів виготовлення біметалів наморожуванням є попереднє отримання заготовок у вигляді стрічки, прутка, дроту, їх нагрівання із наступним пропусканням через ванну із розплавом рідкого металу іншого складу [16]. У процесі руху заготовок через ванну рідкого металу відбувається руйнування окиснених плівок на межі границі контакту, розплав змочує тверду основу, у результаті чого створюються умови для протікання дифузійних процесів між з'єднувальними металами. Спеціальні охолоджувальні пристрої забезпечують високу швидкість затвердіння покриття. Протягуючи стрічку у горизонтальному або вертикальному напрямку, можна отримати односторонні або двосторонні покриття.

З метою стабілізації товщини наморожувального шару профіль заготовок виконують із відбортованими краями, а інколи із поперечними ребрами, що є перепонами для розтікання сплаву у поперечному напрямі. До методів об'ємного наморожування слід віднести також заливання металу між двома рухомами стрічками, що разом із залитим металом проходять через охолоджені валки [17]. Вказані методи застосовуються при масовому виробництві підшипникових біметалів у автомобільній, авіаційній та інших галузях промисловості.

Іншим технологічним направленням є застосування методу наморожування при виготовленні біметалевих виробів із незначною різницею температур плавлення зварювальних металів. Такий процес розроблено в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона. Його особливістю є використання для заморожування самофлюсуючих сплавів на основі систем нікель – хром – бор – кремній або залізо – хром – кремній – марганець – карбід бору. У промисловості його використовують для зміцнення зубів ковшів екскаваторів, дизельних клапанів, відновлення якорів статорів і інших деталей.

Основний недолік процесу – великий об'єм підготовчих робіт, що пов'я-

зано із отриманням заготовок із конструкційних матеріалів і виливком із самофлюсуючих сплавів кілець, втулок та ін. із метою їх наступним наплавленням.

Перспективним технологічним рішенням є безперервне лиття багатошарових виробів наморожуванням рідкого розплаву на тверду заготовку, що безперервно подається. Також відомий спосіб безперервного лиття біметалевих труб, за яким стрічка, що безперервно виливається і смуга заданої товщини і ширини формуються у трубу із наступним наморожування на її зовнішню або внутрішню поверхню шару іншого металу, який не тільки потовщує стінку труби, але і заварює стик. Всі операції здійснюються в інертному середовищі, що виключає можливість окиснення поверхні труби і забезпечує зварювання наморожуваного шару металу із трубною заготовкою, що отримана із стрічки.

Безперервне наморожування рідкого розплаву на тверду заготовку, що безперервно подається (так названий DIP – процес безперервного лиття), отримало деяке розповсюдження у виробництві прутків та заготовок із мідних сплавів. Сутність процесу полягає у наступному: заготовка попередньо нагрівається, а потім поступає у кристалізатор, в який заливають рідкий плакувальний сплав. Для попередження окиснення заготовку покривають захисними флюсами або нагрівають в атмосфері інертного (відновлювального) газу [18].

Перевагою цих методів лиття – їх безперервність, що дозволяє об'єднати в єдині поточні лінії всі агрегати, що виконують попередні і наступні за литтям операції, здійснить комплексну механізацію і автоматизацію всіх виробничих процесів, значно підвищити культуру виробництва та покращити умови праці. Однак ці процеси не отримали широкого розповсюдження завдяки слабкій розробки теоретичних основ і складностей устаткування.

Проаналізувавши методи виготовлення біметалевих (багатошарових) литих виробів заливанням рідкого металу на тверду заготовку, слід перш за все відзначити їх численність. За своїми технологічними можливостями, номенклатурою литих виробів, видам з'єднувальних металів ці можна вважати прак-

тично універсальними.

Характерною особливістю процесів виготовлення біметалевих виробів із металів, що мають значну різницю температур плавлення є попередня механічна, хімічна або електрохімічна підготовка твердого металу із наступним нанесенням на нього легкоплавкого сплаву або спеціальних флюсів [19]. При цьому досягається хороше змочування твердого металу сплавами на основі олова або свинцю. Ці процеси широко застосовуються при виробництві біметалевих втулок, вкладишів підшипників шатунів і т.д.

Яскравим прикладом ефективного використання властивостей різних металів в одному виробі є біметалеві виливки на основі залізо-алюміній отримали розповсюдження при виробництві циліндрів повітряного охолодження автомобільних і мотоциклетних двигунів, поршнів, гальмівних барабанів та інших деталей.

Слід вказати, що виготовлення біметалевих виливків залізо-алюміній гарно поєднується на практиці із спеціальними способами лиття: у кокіль, під тиском і т.д.

Відомі способи виготовлення біметалевих виливків залізо-мідь передбачає перш за все механічну, хімічну або електрохімічну обробку твердої заготовки із метою видалення окалини, іржі або жирових плям. Для змочування навіть чистої чавунної (сталеві) поверхні заготовки міддю або сплавами на її основі використовують флюси. В якості флюса застосовують чисту буру або суміш її із борним ангідридом і хлористими солями лужних металів. При виготовленні біметалевих виробів широко застосовують спосіб розплавлення шихти в середині твердої заготовки із одночасним обертанням її навколо горизонтальної вісі. Розплавлення шихти, що складається із суміші порошкоподібного флюсу і бронзової стружки, здійснюють струмами високої частоти, за допомогою електричної дуги [20] та інших видів нагріву. Такими способами виготовляють двошарові виливки сталь-бронза, чавун-бронза. До цієї ж групи слід віднести спосіб виготовлення біметалів заливанням рідкого сплаву у металеву форму з іншого матеріалу. Цей спосіб легко здійснюється, якщо тем-

пература плавлення металу форми вище температури плавлення сплаву, що заливається. В іншому випадку для виготовлення біметалевого виробу форму під час заливання сплавом необхідно охолоджувати. Спосіб застосовується для отримання плоских біметалевих заготовок під прокатку із плакуючим шаром кольорових сплавів – міді, латуні, бронзи.

Подальшим етапом розвитку технології виготовлення біметалевих виливків з'явилися дослідження процесу сплавлення рідких і твердих сплавів на основі заліза (чавун-сталь, чавун-чавун, сталь-сталь).

Одним із застосовуваних методів підготовки твердої заготовки перед заливанням металу у форму є нанесення тонкої плівки легкоплавких металів, що грає роль проміжного покриття. Наприклад, при виготовленні виливків базових верстатних деталей сталеву направляючу цинкують при температурі 500...600 °C із утворенням захисного шару цинка товщиною 0,16 мм, встановлюють у форму і заливають чавуном. Це дозволяє отримати міцність зв'язку, що близький до міцності основного металу [21].

Ряд дослідів рекомендують завершальну обробку твердих заготовок проводити 5% розчином бури або флюсом системи $\text{Na}_2\text{O} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$.

Відомий спосіб [22] одночасного виготовлення декількох біметалевих виливків, базові заготовки яких розміщують у порожнині ливарної форми, після чого рідкий метал послідовно заповнює кожну секцію до рівня, що забезпечує покриття контактних поверхонь. Слідом за заповненням контактних поверхонь здійснюється остаточне заповнення форм рідким металом.

У деяких випадках після нагрівання заготовок і утворення перехідного шару між металом, що заливається і основою половину або три чверті загальної кількості рідкого металу зливають у плавильний агрегат [23], що суттєво покращує економічні показники виробництва біметалевих виливків. Досить ефективним є також попереднє нагрівання заготовок струмами високої частоти.

Для усіх розглянутих вище способів виготовлення біметалевих (багатошарових) литих виробів із деякими припущеннями можна запропонувати класифікацію способів, яка наведена на рис. 1.2.

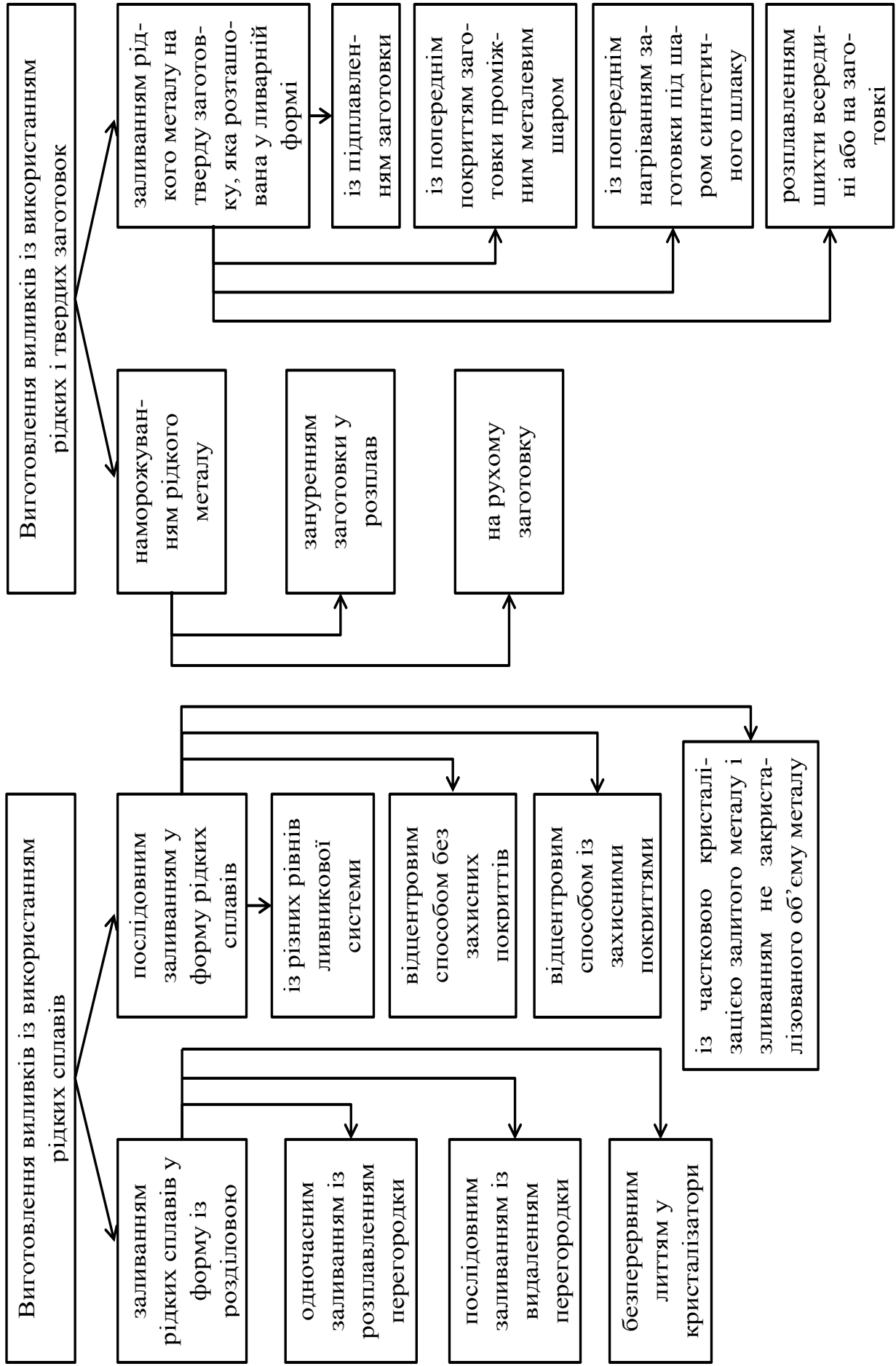


Рисунок 1.2 – Класифікація способів виготовлення біметалевих (багатшарових) виробів методом лиття

Однозначно визначити, який із цих способів кращий, практично неможливо. При виборі того або іншого способу необхідно враховувати багато факторів: розміри і масу деталі, висунуті до неї вимоги, умови експлуатації, технологічні і фізико-механічні властивості з'єднуваних металів, можливість механізації і автоматизації технологічного процесу та ін.

Так майже у всіх випадках при виготовленні біметалевих виливків постає завдання забезпечення металевого зв'язку між окремим сплавами, тому найбільш перспективними слід вважати ті способи, що у найбільшій мірі сприяють вирішенню цього завдання. Із цієї точки зору перевагу слід надати способам, що передбачають заливання рідкого сплаву на тверду заготовку із використанням захисних покриттів.

Необхідними умовами утворення дифузійного зв'язку між з'єднувальними металами є зближення їх атомів на відстані, що близькі до дії міжатомних сил, що досягається у випадку змочування рідким металом твердого.

У відповідності з існуючими явленнями, вводячи у розплав поверхнево-активні домішки або покриваючи твердий метал відповідними флюсами або шлаками, що очищують його поверхню від окислів і запобігають від окиснення у процесі нагрівання, можна змінювати у широких межах значення поверхневого натягу на межі поділу рідина – флюс і тверде тіло – рідина, домагаючись змочування у системі навіть взаємно нерозчинних металів. Тому головною задачею вивчення є фізико-хімічні властивості шлакових розплавів і технологічні властивості захисних покриттів, визначення їх оптимального складу і методів нанесення на тверду заготовку.

При використанні захисних покриттів створюються умови для протікання дифузійних процесів, що відбуваються із утворенням перехідного шару між з'єднувальними металами. Характер фізико-хімічної взаємодії твердого металу із розплавленим надає великий вплив на структуру і властивості перехідного шару і, у підсумку, на якість біметалевих виливків.

1.2 Технологія і устаткування для виробництва моделей, що газифікуються

1.2.1 Спосіб лиття за газифікованими моделями

Спосіб лиття за газифікованими моделями (ЛГМ) знаходить все більш широке застосування при виробництві виливків із чорних, кольорових металів і сплавів, завдяки наступним перевагам, а саме: значному зниженню трудомісткості виготовлення виливків, значному спрощенню формувальних робіт і скороченню робіт щодо фінішних операцій оброблення виливків, практично повному усуненню використання стрижнів і стрижневих відділень, значному зниженню капітальних затрат і строків введення цехів в експлуатацію [24].

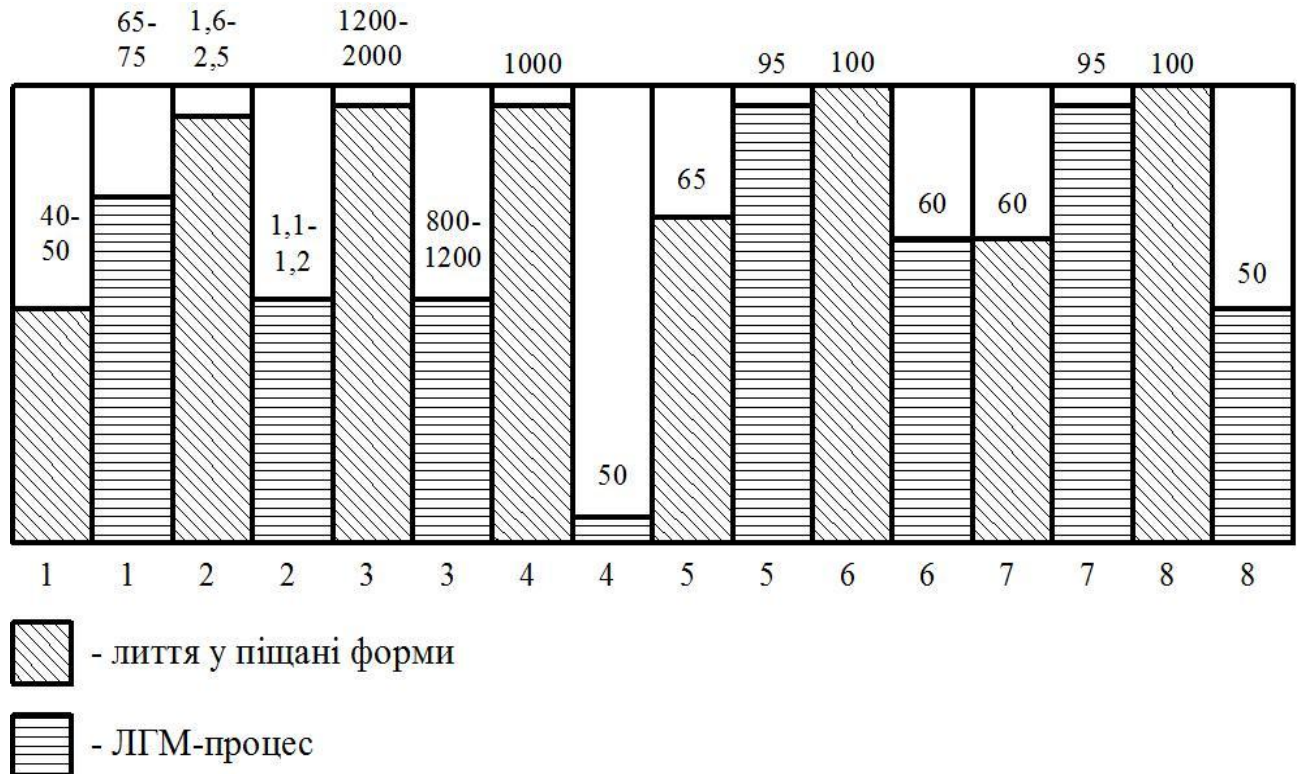
Широке застосування різновидів ЛГМ-процесу у світі визначається низькими матеріало-енерговитратами при виробництві лиття в порівнянні із традиційними методами лиття в разові піщані форми.

Так, техніко-економічні показники, отримані при виготовленні виливків ЛГМ-процесом у порівнянні із литтям в разові форми мають наступний вид:

- вихід придатного лиття (ВПЛ) збільшується від 40...50% до 65...75%;
- витрата шихтових матеріалів зменшується із 1,6...2,5 т/ВПЛ до 1,1...1,2 т/ВПЛ;
- витрата матеріалів для форм і стрижнів зменшується майже в 20 разів;
- викиди пилу скорочуються в 10 разів;
- трудомісткість при формуванні скорочується майже в 2...2,5 рази;
- трудомісткість на ділянці вибивки-зачистки-обрубки виливків зменшується у 8...10 разів [25-26].

Поряд із цим ЛГМ-процес має і інші переваги у порівнянні із традиційним способом, так як він суттєво впливає на зниження собівартості виробництва. Таким чином ці переваги можуть розглядатися як техніко-економічні показники, вони наведені на рис. 1.3.

Представлені дані показують, що лиття із використанням газифікованих моделей має велику економічну ефективність у порівнянні із традиційним литтям в сирі піщані форми.



1 – вихід придатного литва, %; 2 – питомі витрати вихідних матеріалів, т/в.п.л.; 3 – витрати електроенергії, кВт·год/в.п.л.; 4 – витрата формувальних сумішей, кг/в.п.л.; 5 – коефіцієнт використання металу, %; 6 – зменшення маси виливків, %; 7 – збільшення міцності виливків, %; 8 – зменшення припусків на механічне оброблення, %

Рисунок 1.3 – Порівняльні техніко-економічні показники у технологічному процесі лиття

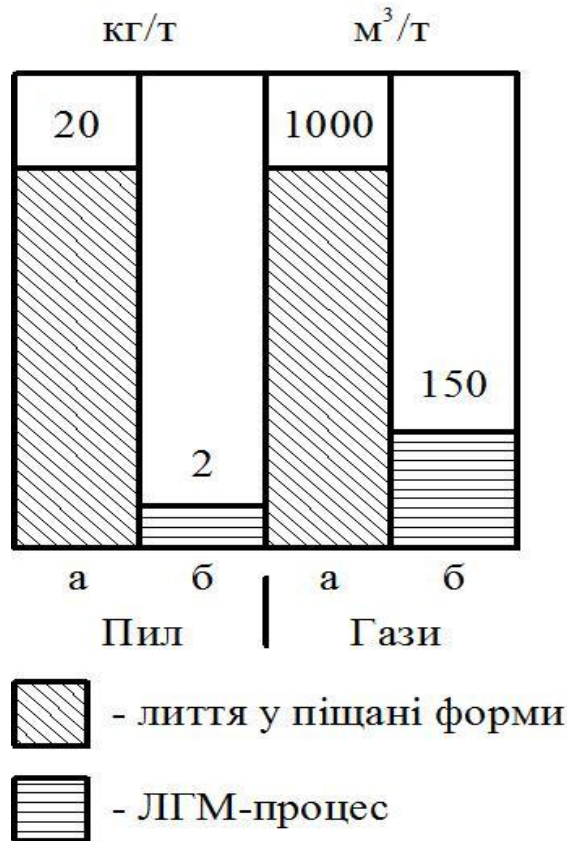
Основні витрати матеріалів, не враховуючи ливарний сплав, наступні:

- кварцовий пісок 600 кг/ВПЛ
- пінополістирол 60...80 кг/ВПЛ
- фарба 30...35 кг/ВПЛ

ЛГМ-процес призводить також і до появи шкідливих елементів, в основ-

ному газів і пилу, але їх кількість значно менша, а ніж при отриманні виливка традиційними способами лиття.

Так на рис. 1.4 наведено кількість пилу і газів, що виділяються при литті виливків.



а – лиття у піщані форми; б – ЛГМ-процес

Рисунок 1.4 – Виділення відходів

Із рис. 1.4 видно, що при ЛГМ-процесі кількість шкідливих речовин значно менша, а ніж при литті у піщані форми.

Цю розвинену технологію можна віднести до групи способів виготовлення виливків у не роз'ємних формах за одноразовою моделлю, як лиття за витоплюваними моделями. Але на відміну від схожих способів модель видаляється (газифікується) не до заливання, а у процесі заливання форми металом, який витісняючи (заміщуючи) «модель, що випарувалася» із форми, займає звільнений простір порожнини форми.

Сучасні варіанти технологічного процесу полягають у наступному.

Разові пінополістиролові моделі виготовляють або засипанням у спеціальні металеві прес-форми (масове і крупносерійне виробництво) суспензійного полістиролу у вигляді підвспінених гранул, або механічною обробкою нормалізованих пінополістиролових плит (дрібносерійне, одиничне виробництво). Складні моделі роблять із частин. Окремі частини і ливникову систему з'єднують в єдиний блок склеюванням або зваркою.

Зібрану модель фарбують шаром вогнетривкої фарби і сушать на повітрі. У підсумку отримується вогнетривка газопроникна оболонка, що міцно пов'язана із піно полістироловою моделлю.

Готову модель встановлюють у спеціальну опоку-контейнер, засипають зернистим вогнетривким наповнювачем без зв'язувального компоненту, ущільнюють його вібрацією, закривають металевою кришкою із отворами, навантажують і встановлюють ливникову чашу.

Виготовлену форму заливають рідким металом. Із-за відносно низької температури газифікації пінополістиролу (приблизно 560 °C) модель газифікується під дією теплоти металу, що заливається і таким чином порожнина форми поступово звільнюється для рідкого металу.

Після тверднення і охолодження виливка опоку-контейнер перевертають, наповнювач висипається, відділяється від виливка, і він (вливоч) надходить на фінішні операції. У випадку використання звичайних формувальних сумішей форму вибивають на вибивних решітках.

Головною особливістю цього способу для отримання якісних виливків є підвищення точності виливків завдяки скороченню числа частин форми та кількості стрижнів [27].

1.2.2 Технологічні процеси і устаткування для отримання газифікованих моделей

За останній час у світі проведено роботи по виявленню оптимальних технологічних процесів лиття за пінополістироловими моделями.

На практиці найбільш розповсюджений двохстадійний процес виготовлення моделей в прес-формах. Сутність його полягає в наступному: вихідний бісерний полістирол піддається попередній тепловій обробці (попереднє вспінювання), потім прес-форму заповнюють попередньо вспіненими гранулами пінополістиролу і проводять його повторну теплову обробку (завершальне вспінювання).

Процеси виготовлення пінополістиролових моделей в прес-формі може бути класифіковане за наступними ознаками: виду теплоносія і способу впливу його при вспінюванні.

За класифікаційними ознаками розрізняють п'ять основних методів завершального вспінення гранул в прес-формах: гарячим повітрям, у ванні, автоклавний (у середовищі перегрітого пару), теплового удару (безпосереднє введення теплоносія, зазвичай перегрітого водяного пару у прес-форму), струмом високої частоти, схему методів виготовлення пінополістиролових моделей наведено на рис.1.5.

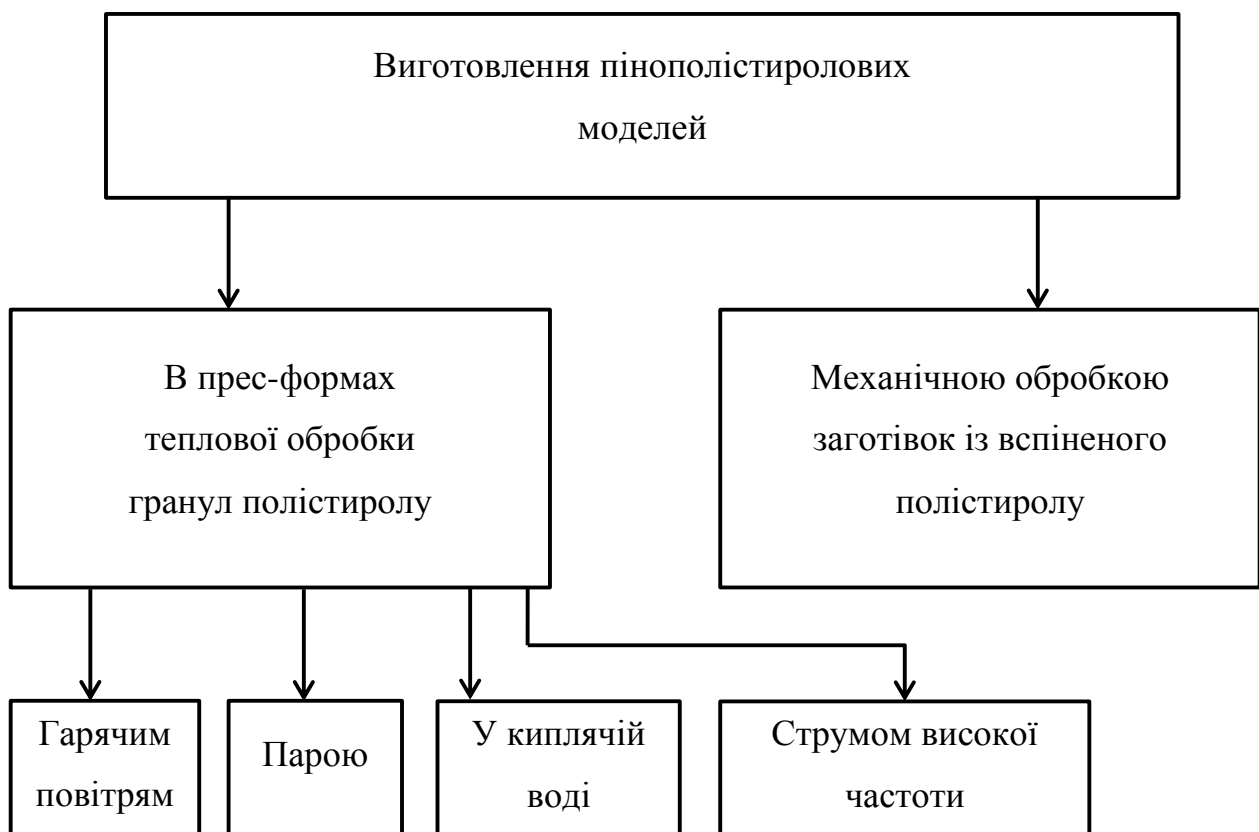


Рисунок 1.5 – Схема методів виготовлення пінополістиролових моделей

Найбільш довготривалі за часом методи (нагрівання гарячим повітрям, ванний метод) не доцільно використовувати для виробництва моделей, як непродуктивні.

Найбільш продуктивними є методи із використання струмів високої частоти і продувки водяним паром (метод теплового удар), розроблені для газифікованих моделей. Ці методи доцільно використовувати для масового і крупносерійного виробництва, так як для виробництва моделей цими методами необхідне спеціалізоване обладнання. Автоклавний метод доцільно використовувати в серійному виробництві, обираючи режими із мінімальним часом спікання.

Технологічна схема ЛГМ-процеса, що зображена на рис. 1.6, включає виготовлення газифікованих моделей (ГМ), для чого в серійному і масовому виробництві застосовують гранульований пінополістирол, який вспінюється.

В залежності від продуктивності цеху моделі можуть виготовлятися автоклавним методом і методом теплового удару.

Незалежно від вище вказаних методів, виготовлення моделі із пінополістиролу попередньо вспінюючи гранули полістиролу виробляється, в цілому, аналогічним шляхом.

Попередньо теплове вспінювання гранул необхідне для отримання пінополістиролових моделей із заданою (оптимальною) необхідною густиною, яка є найважливішим показником їх якості, так як визначає точність, твердість і шорсткість поверхні моделей, їх лінійну усадку і кількість газів, які утворюються при газифікуванні.

Попереднє вспінювання гранул проводять у ваннах (у середовищі пару, над киплячою водою) або перегрітим паром на спеціальних установках. Під час попереднього вспінювання легкокиплячий ізопентан, який входить в пінополістирол, при температурі 28 °С випаровується і створює в об'ємі гранул тиск. При досягненні 80 °С полістирол розм'якшується, переходить в еластичний стан і під дією пару ізопентана розтягується, що призводить до збільшення об'єму кожної гранули полістиролу.

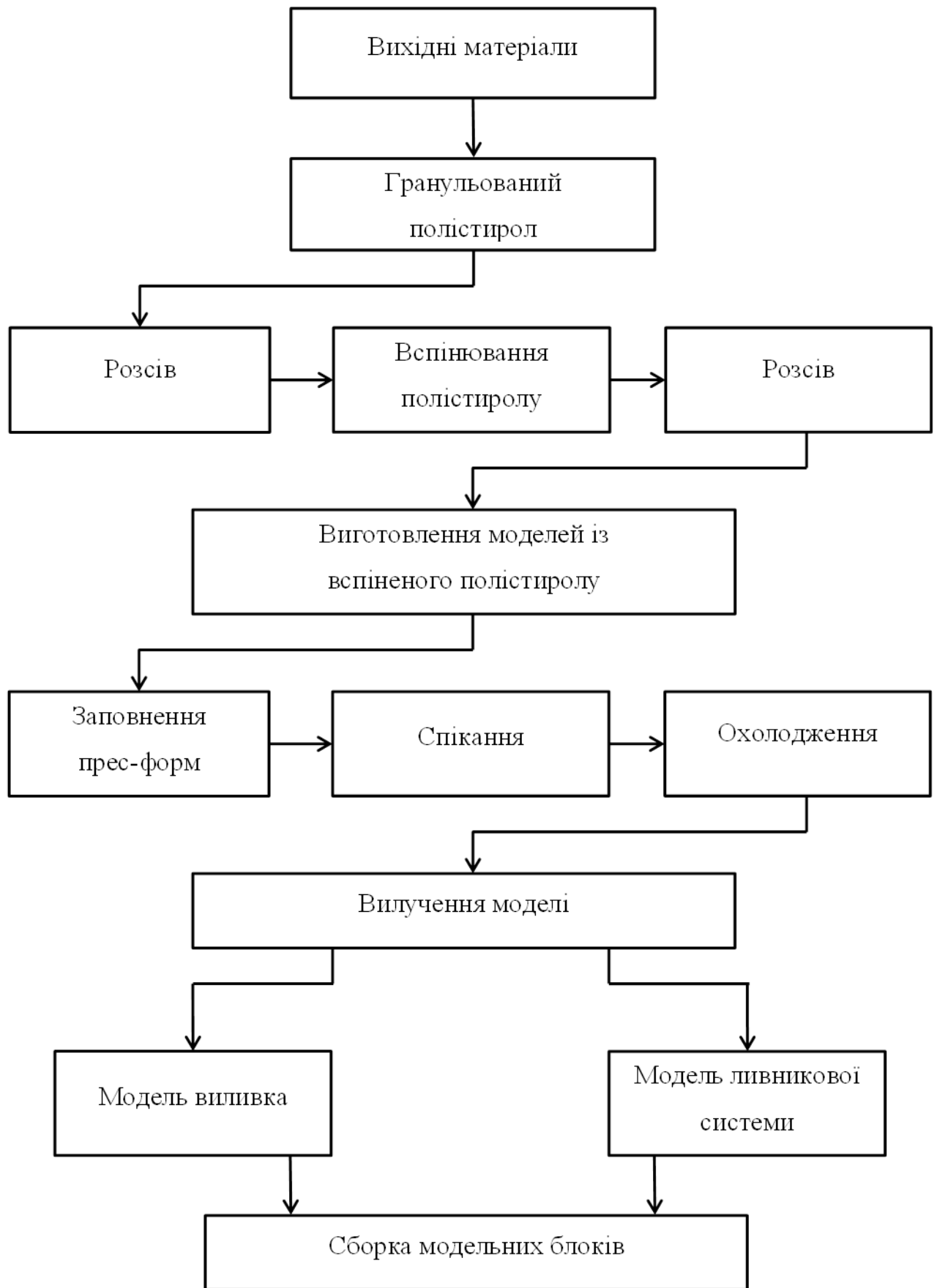


Рисунок 1.6 – Технологічна схема процесу виготовлення газифікованих моделей методом оброблення гранул полістиролу

Перегріта пара частіш за все використовується в якості теплоносія для попереднього вспінання в умовах серійного і масового виробництва, яке здійснюється безперервним способом, якому відповідає установка безперервної дії.

Продуктивність підвспінювання (в залежності від насипної густини вспінених гранул) становить 30...180 кг/год. При якому коефіцієнт вспінання гранул можна варіювати в межах від 15 до 75.

Подача матеріалу для підвспінювання і вспінання здійснюється парою із тиском 0,12...0,18 МПа [28,29].

Для попереднього вспінання повітрям із температурою 100...110 °С запропонована установка, яка складається із бункера, приладу для подачі гранул, підігрівача повітря, ежектору, циклону, повітряного холодильника і збірника вспінених гранул. За допомогою цього приладу можна вспінювати гранули із насипною густиною 15...45 кг/м³.

Процес вилежування попередньо вспіненого полістиролу необхідний для того, щоб забезпечити його активність при формування конфігурації моделі. У процесі попереднього вспінання із гранул полістиролу видаляється повітря і частково пара ізопентану. Для відновлення активності пінополістиролу повинне відбутися вирівнювання тиску всередині гранул із атмосферним шляхом проникнення повітря всередину гранули.

В дрібносерійному і серійному виробництві після підвспінання гранули пінополістирола поміщають в ємності для вилежування, котрі встановлюються на стелажах на дільниці, де виготовляється попереднє вспінання. Операція вилежування гранул продовжується 12...14 годин. Це ускладнює контроль за залишковою вологою пінополістиролу, що призводить до збільшення браку при виготовленні моделей і як наслідок, виливків, а також значно збільшує цикли підготовки пінополістиролу.

Тому в крупносерійному і масовому виробництві рекомендується із метою отримання попередньо вспіненого полістиролу заданої вологи і автоматизації процесу його сушки використовувати установку для сушки попе-

редньо вспіненого полістиролу, у псевдорідкому шарі [30].

Як і при попередньому вспінюванні, водяна пара виявилась найбільш економічним і зручним теплоносієм при завершувальному вспінненні. У дрібносерійному і серійному виробництві використовується автоклавний метод, що враховує багатомономенклатурність у цих типах виробництва.

При автоклавному методі форми, що заповнені попередньо вспіненими гранулами, завантажують в автоклав і піддають тепловій обробці насиченою парою тиском 0,08...0,15 МПа при температурі 105...115 °С. Роз'ємні прес-форми, які використовуються при цьому способі і виготовляються зазвичай із алюмінієвих сплавів, повинні бути достатньо жорсткими і міцними із тим, щоб вони без значних деформацій могли б витримати тиск, що розвивається при вспінненні полістиролу, яке в залежності від об'ємної маси виробу коливається від 0,05 до 0,15 МПа.

Спосіб теплового удару, що використовується у масовому виробництві, володіє значними перевагами перед іншими способами вспінення пінополістиролу по якості поверхні і розмірній точності моделі: він достатньо простий в здійсненні, легко контролюється і автоматизується [31-33].

При вспінненні за методом теплового удару всі гранули, що приймають участь у формуванні, піддаються взаємодії потоку пари, що швидко витісняє повітря із між гранульованих проміжків і тому одночасно і рівномірно нагріваються, розширюються і сплавляються протягом дуже короткого часу. При цьому забезпечується однакові температурно-вологі умови формування, хороше сплавлення гранул і як наслідок отримується ГМ із більш високими фізико-механічними властивостями [33].

Моделі, отримані методом теплового удару, мають найбільш сприятливу для газифікації гадану густину (20...30 кг/м³) і низьку шорсткість поверхні. Тривалість теплової обробки гранул складає у середньому 0,25...1,5 хвилини.

У теперішній час для крупного і масового виробництва найбільш широко використовується (ФТІМС НАН України, НПСЛ, АТ «Камет», АЛФОР) виготовлення моделей на модельних напівавтоматах, що забезпечує виконання

технологічних операцій у цикловому, напівавтоматичному режимі: сборку прес-форм, нагрів прес-форм, вдування підспінених гранул полістиролу в прес-форму, вакуумування прес-форми, спікання виробу, охолодження прес-форми, розборка прес-форми, виштовхування виробу із прес-форми на транспортуючий пристрій напівавтомата і продувка прес-форми повітрям [34,35].

На рис. 1.7 зображено виливки і моделі, що були виготовлені в прес-формах: модель отримана методом «теплого удару» (а) та моделі, що виготовлялись спіканням в автоклаві (б, в, г).



а



б



в



г

а – впускний колектор двигуна внутрішнього згорання; б – статор гідромуфти; в – ротор гідромуфти; г – танковий трак

Рисунок 1.7 – Виливки і моделі, що виготовлені у прес-формах

У цехах із об'ємом виробництва до 500 т виливків на рік, де виробляють

виливки із чорних і кольорових металів невеликими серіями, рекомендується виготовляти моделі автоклавним способом. В цехах із об'ємом виробництва 1000 т і більше виливків на рік необхідно використовувати напівавтомати для виготовлення моделей [35].

Особливу роль в отриманні якісних і точних моделей відіграють правильно обрані режими попереднього і завершувального вспінання гранул пінополістиролу. Ці режими залежать від гранулометричного складу, вмісту пороутворювача (ізопентана), робочої температури, тиску теплоносія і товщини моделі. Однак ретельне вивчення впливу цих факторів на визначення оптимального робочого часу як в процесі попереднього вспінання, так і в процесі завершувального вспінання до цього часу не проводилося.

При виготовленні моделей в прес-формах можуть утворюватися специфічні дефекти, пов'язані як із недоліком конструкції прес-форм, так і з недотриманням оптимальних режимів попереднього і завершувального вспінювання гранул.

В спеціальній літературі представлені різні випадки виникнення дефектів пінополістиролових моделей.

У тому випадку, коли активність гранул із-за малого вмісту пороутворювача в них є низькою, а час завершувального вспінання або вище, або нижче необхідного, то поверхня моделей має коміркову структуру із незамкнутими комірками [32].

Якщо волога теплоносія вище допустимої, то підвищується вологість моделей.

В нормальному робочому режимі для кожного окремого сорту полістиролу (Styropor, Styromull, Vestopor, Lustrex, PSB, Esbrite, PEX та ін.) в залежності від хімічного складу існує певний інтервал зміни усадки моделі. У тих випадках, коли час попереднього вспінання або вспінання зростає, коли температура теплоносія занадто висока або коли температура води басейну занадто низька, тоді буде відбуватися або оплавлення, або усадка моделі [36].

Якщо процес охолодження прес-форми має недостатню тривалість, існує

можливість збільшення розмірів моделі, вспучення, жолоблення або появи тріщин на поверхні моделі.

Для кожного окремого випадку спеціалісти пропонують свої рішення, за допомогою яких можна усунути дефекти, як наприклад: підвищити активність гранул або знизити температуру теплоносія, або підвищити температуру води у басейні для охолодження, або провести підвспінення, вспінення і охолодження за оптимальний період часу, однак в усіх цих рішеннях не міститься ніяких конкретних рекомендацій.

Підвищення якості виливків є найважливішою вимогою розвитку ливарного виробництва. Про якість виливків судять в першу чергу по точності їх виготовлення і чистоті поверхні, визначальним ступенем шорсткості і відсутністю ливарних дефектів [31].

При литті за газифікованими моделями якість виливків, що отримуються багато в чому залежить від якості пінополістиролових моделей.

Враховуючи чистоту поверхні моделі, було встановлено, що чим менше її шорсткість, а також товщина розосередження і величина дефектів на поверхні моделі, тим краще якість моделі, а значить і якість виливка [37-39].

Густина моделі є однією із технологічних властивостей, що впливає на якість виливка. Результати експериментальних досліджень, проведених на сьогоднішній час, показали, що оптимальний інтервал, в якому може варіюватися густина пінополістиролової моделі, складає $20 \dots 35 \text{ кг/м}^3$ [40,41].

Також є більш простий і легкодоступний спосіб виготовлення моделі на простому устаткуванні – вирізання із блочного пінополістиролу нагрітим дротом (матеріалом дроту слугує ніхром).

При отриманні одиничного виливка, наприклад, виливка деталі для ремонту дорогої або унікальної машини, цей спосіб є майже єдиним прийнятним за економічними і технологічними міркуваннями, модель необхідної деталі з урахуванням усадки металу вагою від десятків грам до декількох тонн можна вирізати із пінополістиролових плит по шаблонах, якщо деталь просторово-об'ємна, то модель виготовляється із частин і збирається в

одне ціле.

Розроблено ряд прийомів для точного виготовлення моделі за шаблоном. Зборку частин здійснюють склеюванням або розплавленням стику тепловим ножом, контур деталі або її частин прорисовують на площинах пінополістиролової плити гелевою ручкою або фломастером. При необхідності виготовлення декількох моделей однієї і тієї ж деталі з метою повторюваності розмірів доцільне виготовлення шаблонів із щільного картону товщиною 1...1,5 мм, які зверху і знизу пінополістиролової плити закріплюють тонкими цвяхами або спеціальними кнопками. При виготовленні моделі деталі з елементами зубчастої передачі по картонним шаблонам необхідне їх точне взаємне орієнтування в різних площинах. Для цього шаблони можуть мати засоби суміщення типу шип-паз та ін.

Особливості отримання виливків за моделями, що виготовлені різанням дротом:

- невисока точність розмірів;
- шорсткість поверхні пінополістиролової моделі в точності переходить на поверхню виливка;
- складність отримання тонкостінних ребер (тонше 3 мм);
- вузькі межі вибору пінополістиролу по щільності (20...35 кг/м³), яка може відрізнятися для виливків з різних сплавів, тому що блоковий пінополістирол в основному випускається для будівельної галузі і має невелику щільність;
- складність суміщення в єдину конструкцію елементів моделі, що виготовляються по частинах, особливо великогабаритних і просторово-викривлених;
- можливість виготовлення виливків з товстими стінками і елементами (товщиною понад 40 мм), що часто важко отримати іншими способами.

На рис. 1.8 показані приклади виготовлення моделей вирізанням нагрітим дротом.

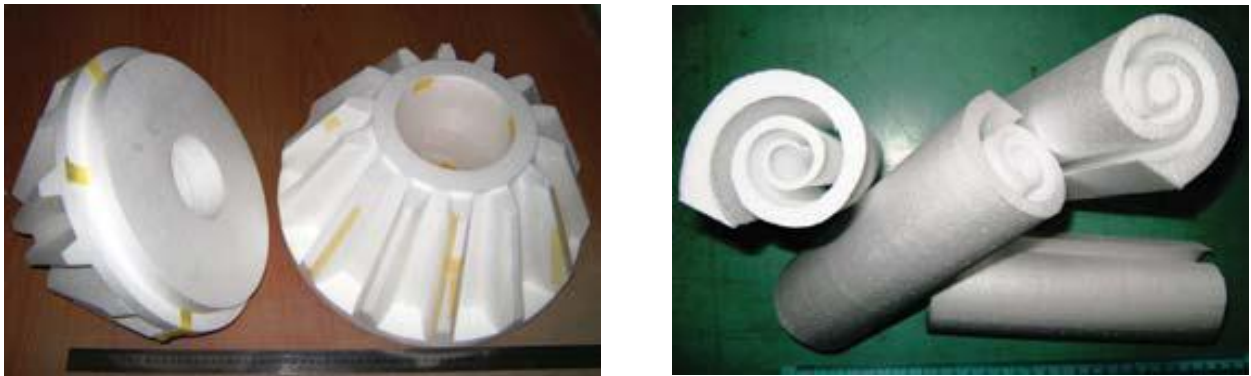


Рисунок 1.8 – Пінополістиролові моделі, що виготовляються різанням дротом

При виготовленні моделі або її частин, що мають різні товщини, необхідно стежити за швидкістю різання і температурою дроту, від яких залежить точність розмірів і чистота поверхні розрізу. Для усунення залипання місць розрізу необхідно попередньо габарити пінополістиролового блоку наблизити до контуру майбутнього виливка, особливо при виготовленні крупногабаритної моделі. Оптимальний діаметр застосовуваного ніхромового дроту 0,6...1,2 мм.

Для виготовлення тонкостінної моделі щільність пінополістиролової плити повинна бути більшою, ніж для товстостінної. Використання плити з дрібно-зернистою структурою, що дає екструзійний пінополістирол, дозволяє виготовити виливки з поверхнею низькою шорсткості. Також певною складністю є виконання дрібнорозмірних елементів поверхні моделі (до 2 мм), таких як отвори, пази, зуби, шліци та ін., в таких випадках використовують спеціальні інструменти.

Виготовлення моделей із пінополістиролової плити, із використанням трьохкоординатного фрезерного верстата із ЧПУ (3-D фрезера), є на сьогодні сучасним і універсальним способом отримання різанням моделей великогабаритних, складних і точних виливків як при одиничному, так і при дрібно-серійному виробництві. Моделі, що виготовлені фрезеруванням, забезпечують повторюваність розмірів, підвищену чистоту поверхні моделі, відповідно, і виливків. На рис. 1.9 показані приклади моделей, отриманих на 3-D фрезері.



Рисунок 1.9 – Моделі, що виготовлені на 3-D фрезері

Цим способом легко виконати об'ємні стиковочно-маркерні елементи при виготовленні складових моделей.

Виконання стикувальних елементів з можливістю центрування і замикання частин моделі різної конфігурації і розмірів дозволяє виготовити точні суцільні моделі із складових частин, зменшити використання клею і вірогідність утворення зазорів, що допомагає забезпечити якісне фарбування і знизити затікання протипригарної фарби в можливі зазори по стику під дією капілярного ефекту.

Оператор-конструктор при виготовленні великогабаритних моделей, на 3-D фрезері, визначає площини, що розділяють її на частини, і забезпечує при цьому можливість виготовлення елементів, наприклад, пазів, отворів, ребер жорсткості, площадок та ін., що розташовані на різних стиковочних площинах і в тілі моделі. Ще одна перевага, 3-D фрезерів є велика швидкість різання, що забезпечує гладкість поверхні різання, в тому числі із-за розплавлення тонкого шару поверхні пінополістиролу.

При проектуванні виготовлення складових моделей, для отримання якісного вилівка, необхідно мінімізувати кількість і довжину ліній стику, а також робити поверхні стикування в одній площині без заокруглення кромки краю, що виключає затікання захисної фарби в стики. Такої методики слід дотримуватися як для горизонтальних, так і для вертикальних стикувально-складальних місць, останні бажано розміщувати в шаховому порядку для надання жорст-

кості збірної моделі.

При виготовленні великогабаритних виливків з товстими стінками і елементами переважно їх робити складовими (із половинок) і в місцях потовщення моделі робити порожнини, залишаючи стінки товщиною не більше 10...15 мм. Це дає зменшення газотвірності при газифікації пінополістиролових моделей. Менший обсяг газів легше утилізувати (допалити), при цьому зменшується науглецьовування поверхні і кількість газових дефектів у виливках, а також при цьому економлюються час і енергія на відкачування газів.

Перевагу при цьому способі виготовлення моделей віддають застосуванню пінополістиролових плит із підвищеною щільністю і дрібною зернистістю, що відображається на поверхні моделі малою шорсткістю. Захисна фарба на модель, виготовлену з такого блочного пінополістиролу, легко наноситься рівним шаром [42].

1.3 Номенклатура двошарових чавунних виливків та матеріали для їх виготовлення

Експлуатаційна надійність, довговічність механізмів, машин і устаткування є найважливішими експлуатаційними характеристиками і мають велике економічне і народногосподарське значення. З їх підвищенням поліпшуються безпека, стабільність роботи обладнання, зменшуються витрати на технічне обслуговування, ремонтні роботи, зростають продуктивність праці і якість продукції, що випускається, економія енергоресурсів і матеріалів.

В умовах сьогодення використання деталей до них все більше пред'являється вимог щодо їх експлуатації, тому не всі деталі, що виготовлені із однорідного за хімічним складом сплаву, задовольняють пред'явленим до них характеристикам. На зміну таким деталям поступово приходять біметалеві виливки, в яких досягається найбільш повне поєднання експлуатаційних властивостей, диференційованих по об'єму і поверхні деталі, які зображено на рис 1.10.



а – біла молоткових дробарок; б – бронефутерувальні плити; в – втулки;
 г – гільзи; г – зубчасте колесо; д – зуб ковша екскаватора; е – мукомельні
 вальці; е – подрібнюючі тіла; ж – шнек; з – ножі для розрізання гуми та паперу;
 і – прокатні валки; і – прес-форма для виготовлення скляної тари; й – шестерні

Рисунок 1.10 – Номенклатура промислових біметалевих деталей із диференційованими структурою та властивостями

На сьогоднішній час в умовах прогресивного використання біметалевих матеріалів, що мають диференційовані структуру та властивості, широко застосовують у вигляді таких деталей: зубчасті колеса, шестерні, зірочки ланцюгових передач, тягові рогаці, канатотягові шківи, зуби розпушувачів, зуби ковшів екскаваторів, біла молоткових дробарок, валки прокатних станів, щоки дробарок, конуси дробарок, вагонні колеса, колеса відцентрових шламових насосів, шламо-провідні труби та втулки, гільзи двигунів, склизи та бункери для сипких матеріалів, броньфутерувальні плити, мукомельні вальці, шнеки, прес-форми для виготовлення скляної продукції, ножі для різання (гуми, паперу, овочів), корпуси, циліндри автомобільних та мотоциклетних двигунів, гальмівні барабани, гідравлічні розділювачі, різці для механо-оброблюваних верстатів та ін. [43].

Такі зносостійкі біметалеві (багатошарові) деталі (див. рис. 1.10) завдяки оптимальному поєднанню фізико-механічних, технологічних і експлуатаційних характеристик знайшли широке застосування в гірничо-металургійному виробництві, нафтохімічній, цементній, мукомельній промисловості, енергетичному і сільськогосподарському машинобудуванні, дорожньому будівництві та в інших галузях.

Головною вимогою до біметалевих деталей є наявність одного шару – твердого та зносостійкого, а іншого шару – матрично-монтажного, м'якого або в'язкого.

В якості зносостійких матеріалів для біметалевих виливків використовують білі нелеговані та леговані чавуни (хромисті, марганцевисті, ванадієві, хромонікелеві та ін.). М'який, в'язкий шар для таких виливків виготовляють із сірого чавуну із пластинчатим графітом або високоміцного чавуну із вермикулярним або кулястим графітом [44].

1.4 Висновки до розділу 1 та постановка завдання дослідження

1. Перспективним напрямком підвищення ефективності використання ме-

талу і збільшення ресурсу роботи деталей, економії дефіцитних конструкційних матеріалів є подальше розширення виробництва біметалевих, а також чавунних двошарових виливків.

2. Номенклатура таких виливків включає прокатні валки, мелючі тіла, броньфутерувальні плити, щоки дробарок, склизи бункерів сипких матеріалів, шківни, зубчасті колеса, блоки і та інші.

3. На сьогоднішній день розроблено та використовують ряд способів виготовлення біметалевих та двошарових виливків, кожний з яких має раціональну область застосування, переваги і недоліки. Загальним недоліком більшості розроблених способів є необхідність виплавляння різних розплавів у двох плавильних печах (агрегатах), що здорожує та ускладнює процеси їх виготовлення.

4. Усунути перелічені недоліки можливо використанням методів модифікування, серед яких найбільш ефективним є метод оброблення рідкого металу безпосередньо в процесі заливання ливарної форми - INMOLD-процес,

5. Особливо перспективні технологічні процеси виготовлення біметалевих та двошарових чавунних виливків з використанням методу внутрішньоформового модифікування у сукупності із способом виготовлення виливків підвищеної точності – литвом за газифікованими моделями (ЛГМ).

5. В огляді літературі розглянуті особливості процесу лиття за газифікованими моделями, матеріали та способи виготовлення моделей для ЛГМ.

6. Однак багато аспектів технологічних процесів виготовлення біметалевих та двошарових чавунних виливків не до кінця вивчені, що свою чергу потребує проведення необхідних досліджень.

Виходячи із вищевикладеного, в роботі поставлені такі завдання:

1. На основі аналізу літературного огляду обґрунтувати вибір хімічного складу вихідного чавуну, схильного до кристалізації за метастабільною системою з вибіленням та вибрати модифікатори для сфероїдизувального, а також графітизувального внутрішньоформового оброблення вихідного розпла-

ву, схильного до кристалізації за метастабільною системою з вибіленням.

2. Підтвердити реалізацію запропонованих технологічних варіантів процесу диференціації властивостей чавунних виливків, які виготовляються методом лиття за моделями, що газифікуються.

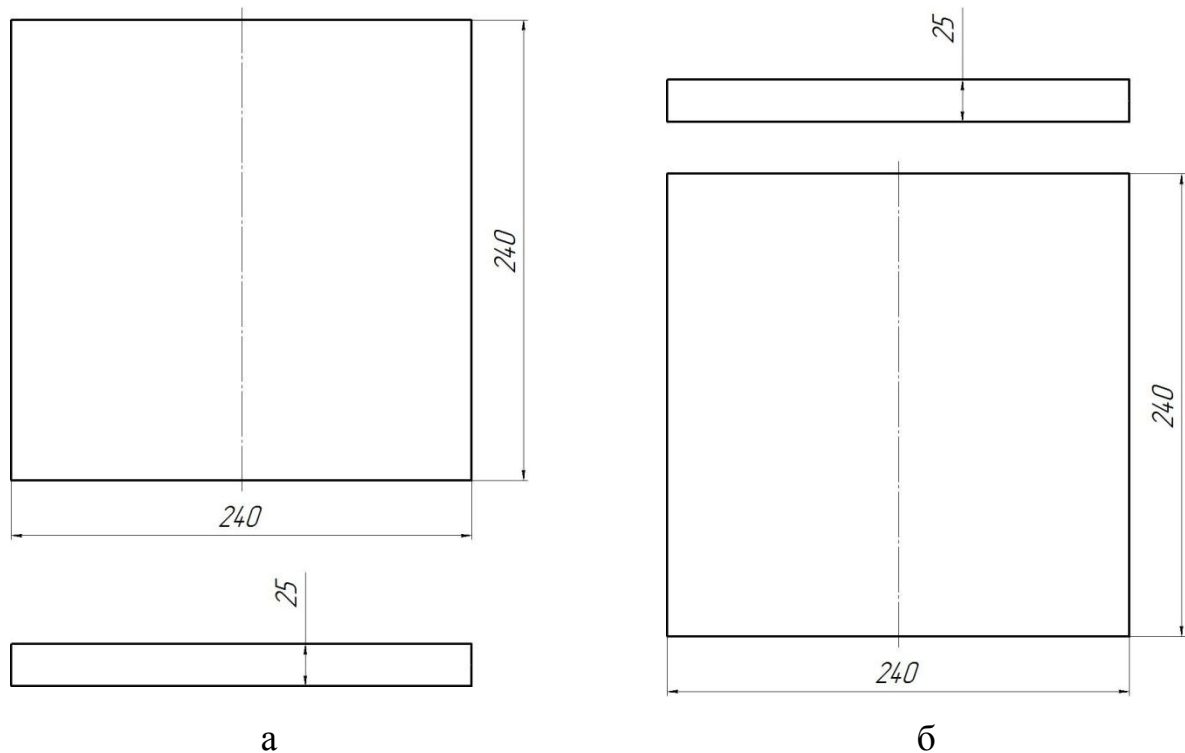
3. Установити закономірності структуроутворення та властивостей у виливках із зносостійкою робочою частиною з білого чавуну та монтажною частиною з високоміцного чавуну з кулястим графітом або сірого чавуну з пластинчастим графітом.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Об'єкти дослідження

Об'єктом дослідження для розроблення технологічного процесу виготовлення чавунних виливків з диференційованими властивостями обрали виливки «Вертикальна плита» та «Горизонтальна плита» розмірами $240 \times 240 \times 25$ мм і масою $10 \pm 0,2$ кг.

Схеми експериментальних виливків «Вертикальна плита» та «Горизонтальна плита» зображено на рис. 2.1.



а – «Вертикальна плита»; б – «Горизонтальна плита»

Рисунок 2.1 – Схеми експериментальних виливків

Для виробництва експериментальних виливків «Горизонтальна плита» обрали методи лиття за газифікованими моделями та у піщано-глинясті форми. При цьому виливки виготовляли за наступним варіантом:

- 1) шляхом підведення металу крізь загальну ливникову систему, в якій

розплав розділяється на два потоки. Один потік безпосередньо заповнює частину порожнини форми, а другий проходить внутрішньоформове оброблення у реакційній камері модифікатором і заповнює іншу частину порожнини (рис. 2.2);

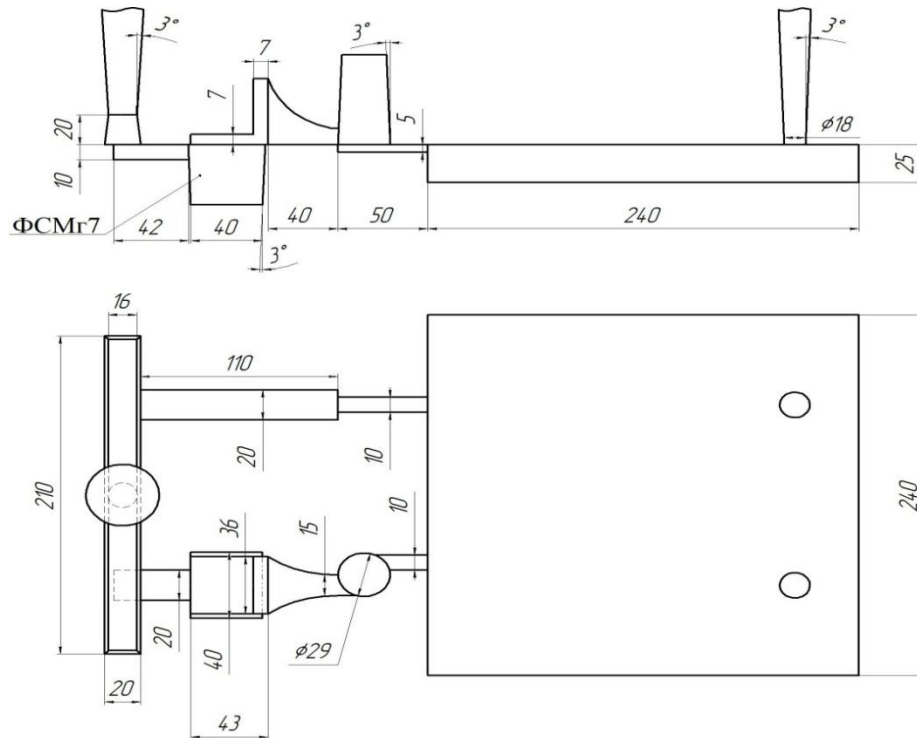


Рисунок 2.2 – Схема виливка «Горизонтальна плита» із елементами ливникової системи

2) вилівок «Вертикальна плита» методом лиття за моделями, що газифікуються здійснювали за такими технологічними варіантами:

– шляхом заливання розплаву чавуну крізь загальну ярусну ливникову систему у якій він поділявся на два потоки. Один потік безпосередньо заповнював нижню частину виливка, а інший потік у верхньому ярусі ливникової системи проходив внутрішньоформове оброблення у реакційній камері модифікатором і заповнював іншу частину виливка (рис. 2.3);

– шляхом заливання рідкого металу крізь загальну ливникову систему із нижнім його підведенням до виливка. Для отримання виливка із диференційованими властивостями у верхній частині пінополістиролової моде-

лі передбачали заповнення її модифікатором у заданій кількості (рис. 2.4).

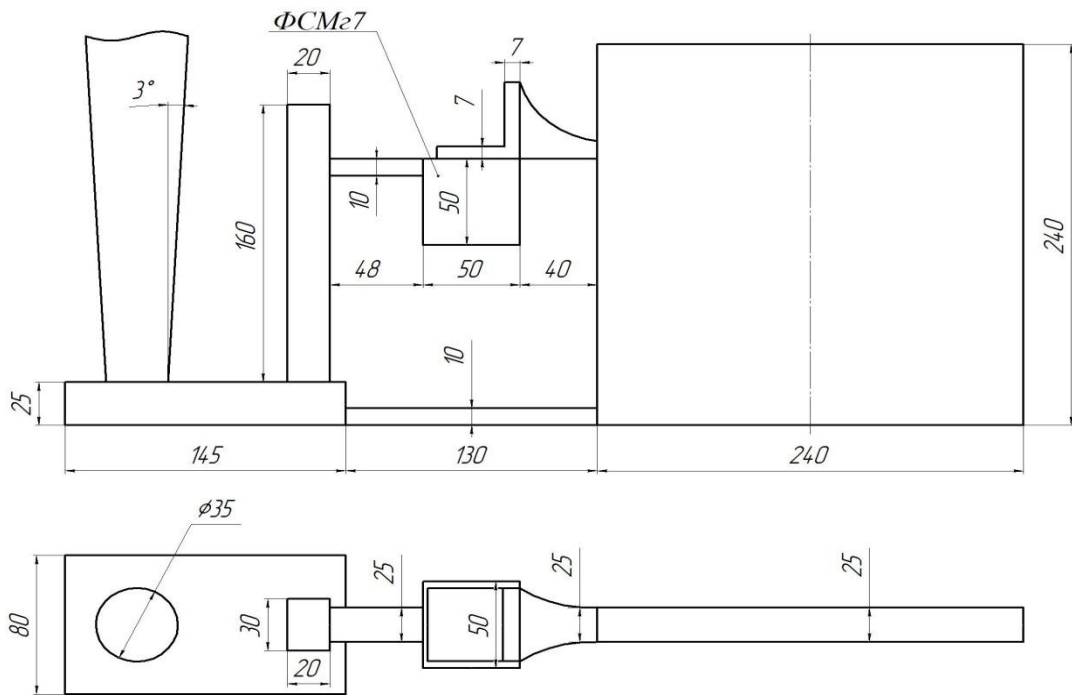


Рисунок 2.3 – Схема виливка «Вертикальна плита» із ярусною ливниковою системою

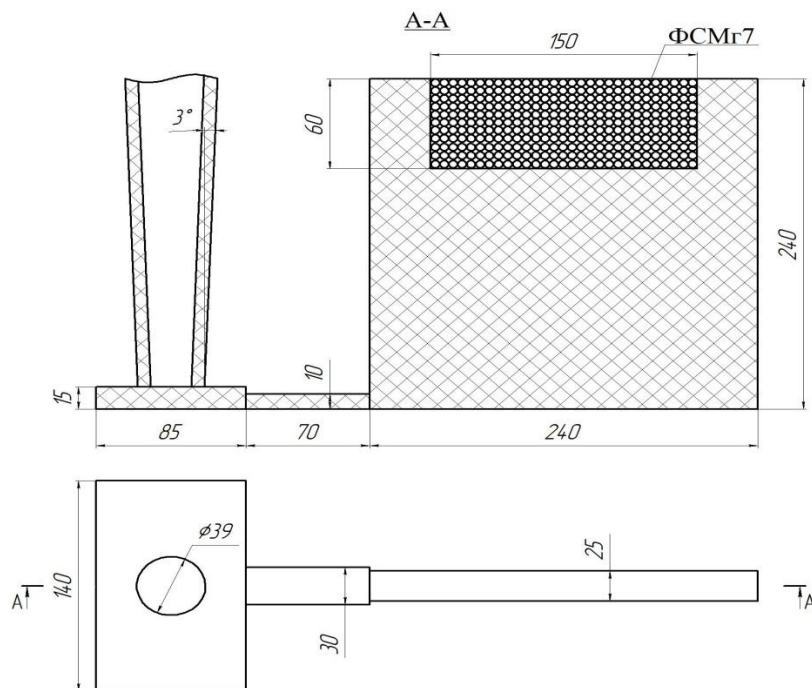


Рисунок 2.4 – Схема виливка «Вертикальна плита» із нижнім підведенням ливникової системи та модифікатором у верхній частині виливка

2.2 Виплавляння вихідного розплаву чавуну схильного до кристалізації за метастабільною системою

Вихідний чавун схильний до кристалізації за метастабільною системою виплавляли в індукційній тигельній електропечі марки ІЧТ-006, ємністю 60 кг з кислою футерівкою (рис. 2.5).

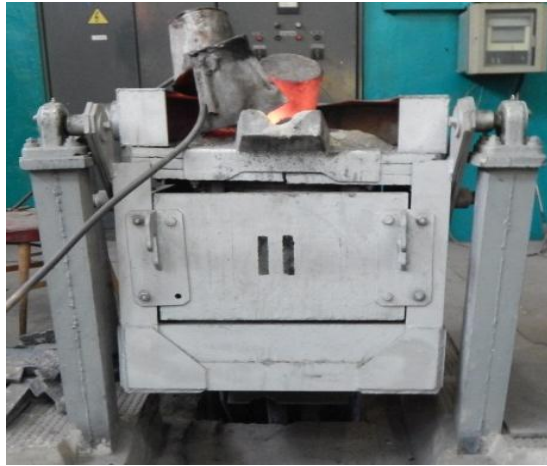
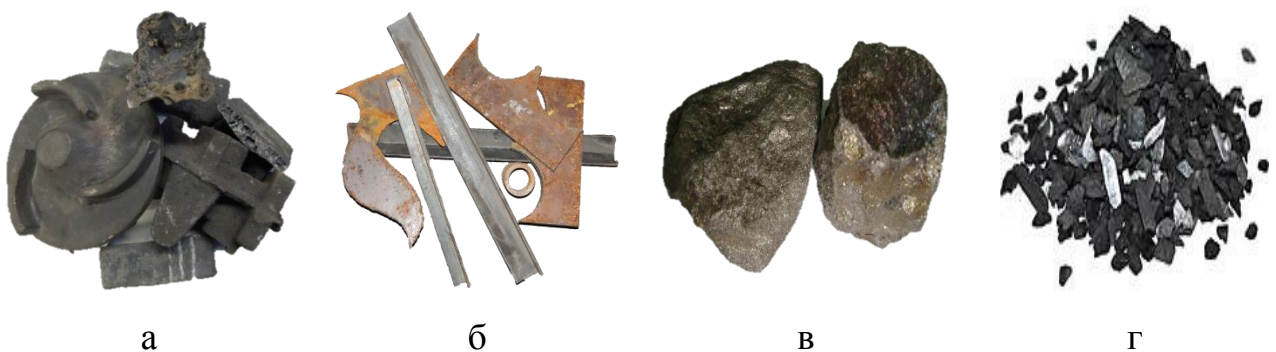


Рисунок 2.5 – Індукційна тигельна електропечі марки ІЧТ-006

В якості шихтових матеріалів використовували: зворот власного виробництва кількості у 65% та сталевий брухт у кількості 35%. Для доведення чавуну за вмістом Mn і C використовували високовуглецевий феромарганець марки ФМн75 та електродний бій марки Б (рис. 2.6).



а – зворот власного виробництва; б – сталевий брухт; в – феромарганець; г – електродний бій

Рисунок 2.6 – Загальний вигляд шихтових матеріалів для виплавляння чавуну

Хімічний склад вихідних шихтових матеріалів наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад шихтових матеріалів

Матеріал	Вміст елемента, %				
	C	Si	Mn	P	S
Зворот власного виробництва (ЗВВ)	4,35	0,65	0,7	0,08	0,05
Сталевий брухт (сталь 3)	0,22	0,3	0,5	0,05	0,04
Електродний бій (марка Б)	95,0	–	–	–	–
Феромарганець (ФМн75)	7,0	2,0	75,0	0,04	0,03

Розрахунок шихтових матеріалів для виплавляння вихідного білого чавуну в індукційній печі представлений в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Шихтова карта для виплавляння вихідного білого чавуну

Матеріал	Вміст хімічних елементів, % мас.									
	C		Si		Mn		P		S	
	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вихідний чавун	3,05	3,05	0,5	0,5	0,5	0,8	0,1	0,1	0,05	0,05
Вигар	10	0,305	5	0,025	10	0,08	-	-	-	-
Шихта	3,355	3,355	0,53	0,525	0,88	0,88	0,1	0,1	0,05	0,05
Зворот власного виробництва, 65%	4,35	2,83	0,65	0,455	0,7	0,46	0,08	0,052	0,05	0,032
Сталевий брухт, 35%	0,22	0,08	0,3	0,11	0,5	0,18	0,05	0,018	0,04	0,014
Всього внесено	-	2,91	-	0,53	-	0,64	-	0,07	-	0,046

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Необхідно ввести	-	0,445	-	-	-	0,24	-	0,03	-	-
Електродний бій, 0,45%	95,0	0,43	-	-	-	-	-	-	-	-
ФМн75, 0,32%	7,0	0,02	2,0	0,0064	75	0,26	0,04	0,0014	0,03	0,0001
Всього на металозавалку	-	3,35	-	0,57	-	0,88	-	0,0071	-	0,0461

При плавленні чавуну в індукційній печі технологічний процес мав такі послідовні операції: завантаження шихтових матеріалів, нагрівання і перегрів металу, та доведення його за хімічним складом.

Завантаження шихтових матеріалів до тигля плавильного агрегату проводили у наступній послідовності: спочатку завантажували зворот власного виробництва із сталевим брухтом та електродним боєм. Після нагрівання та розплавлення чавун доводили за хімічним складом шляхом додавання феромарганцю.

Після доведення та перегрівання рідкого металу до 1500...1520 °С, його випускали із тигля печі у ручний ківш, що попередньо був підігрітий до температури 450...500 °С. Плавлення вихідного чавуну в індукційній печі здійснювали протягом 1,0 години. Температуру вихідного рідкого чавуну до моменту заливання форм визначали вольфрам-ренієвою термопарою марки ВР5/20, із захисним кварцовим наконечником, із подальшою реєстрацією температури цифровим мультиметром марки Digital Tech DT838. Цифровий мультиметр разом із вольфрам-ренієвою термопарою зображено на рис. 2.7.

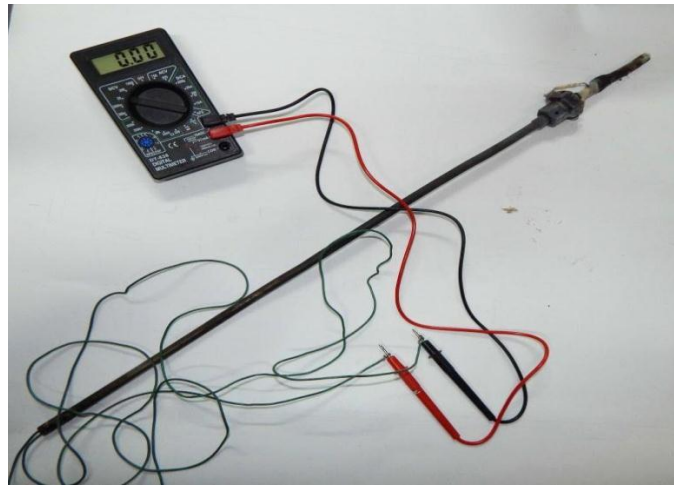


Рисунок 2.7 – Цифровий мультиметр марки Digital Tech DT838 із вольфрам-ренієвою термопарою

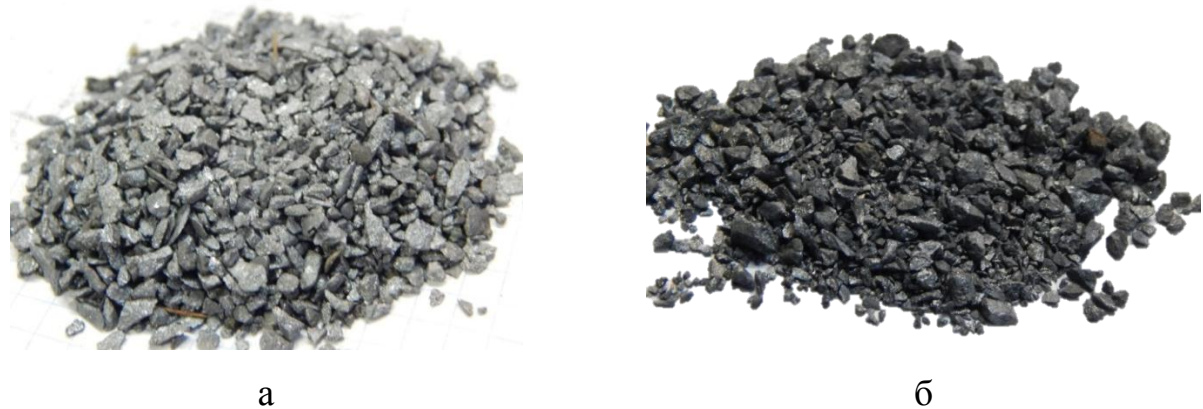
2.3 Вибір модифікатора для внутрішньоформового оброблення вихідного розплаву чавуну

Під час дослідження розплав вихідного чавуну схильного до кристалізації за метастабільною системою піддавали внутрішньоформовому сфероїдизувальному та графітузувальному обробленню. Для отримання у виливках структури та властивостей високоміцного чавуну із кулястим графітом використовували феросиліцій-магнієвий сплав марки VL63M, а для сірого чавуну – феросиліцій-магнієвий сплав марки ФС75. Хімічний склад феросиліцій-магнієвого та феросиліцій-магнієвого сплавів для внутрішньоформового оброблення наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Хімічний склад графітузувального та сфероїдизувального модифікаторів

Марка	Масова частка елементу, %								
	Mn	P	S	Mg	Ca	PЗМ	Si	Al	Fe
ФС75	0,4	до 0,05	до 0,02	–	–	–	74,0...80,0	–	зал.
VL63M	–	–	–	5,6...6,5	2,0	0,7	45,0	до 0,5	зал.

З метою отримання модифікувальних домішок заданого гранулометричного складу перед їх використанням подрібнювали та просіювали крізь набір сит із подальшим відбором часток розмірами 1,0...5,0 мм. Зовнішній вигляд підготовлених феросиліцій-магнієвого та феросиліцієвого модифікаторів, що використовували у дослідженнях зображено на рис. 2.8.



а – феросиліцієвий сплав марки ФС75; б – феросиліцій-магнієвий сплав марки VL63M

Рисунок 2.8 – Зовнішній вигляд підготовлених феросиліцій-магнієвих модифікаторів

Кількість модифікатора складала 2,0% від маси розплаву чавуну, що оброблюється. Реакційні камери заповнювали модифікувальними домішками на $2/3$ їх висоти.

2.4 Виготовлення моделей, що газифікуються (пінополістиролових)

Моделі виготовляли із пінополістиролових плит марки ПС-Б із розмірами 1000×700×100 мм. Із пінополістиролових плит за допомогою ніхромового дроту, що має температуру 300...450 °С, вирізали моделі виливків та елементи ливникової системи, які склеювали в одну цілу модель за допомогою клею марки БФ-2. Склеєні моделі із елементами ливникової системи залишали сушитися на повітрі протягом 24 годин. Загальний вигляд пінополістиролової

моделі із елементами ливникової системи зображено на рис. 2.9.

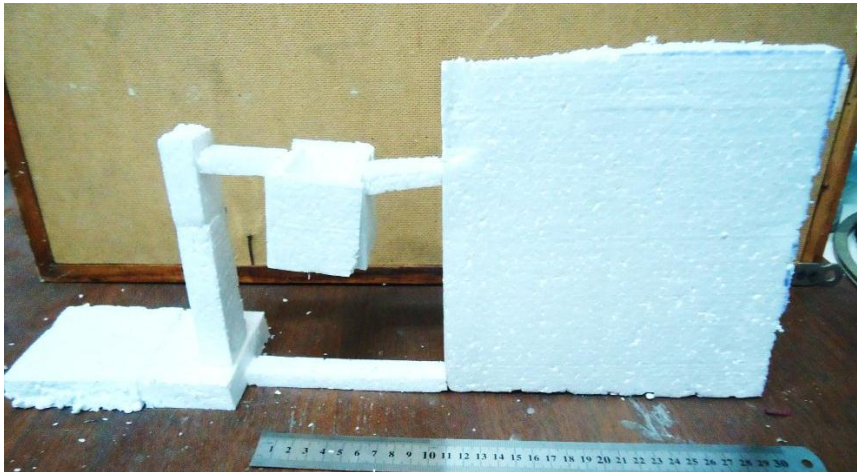


Рисунок 2.9 – Загальний вигляд пінополістиролової моделі із елементами ливникової системи

У реакційну камеру засипали модифікатор та заклеювали її (рис. 2.10).

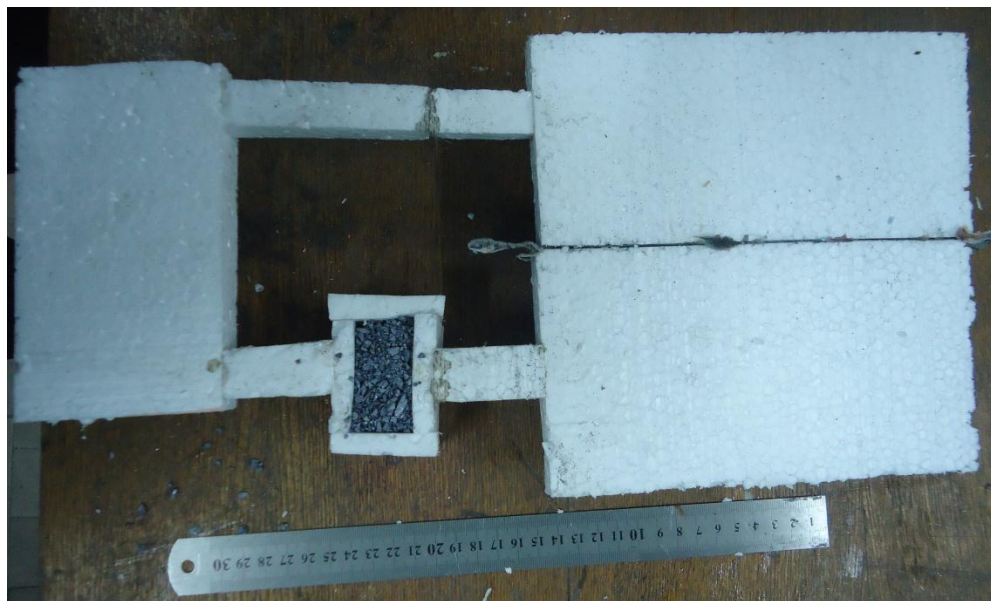


Рисунок 2.10 – Загальний вигляд пінополістиролової моделі із елементами ливникової системи та модифікатором у реакційній камері

Після висихання клею для попередження утворення пригару на тілі виливків та надання міцності та жорсткості пінополістироловим моделям їх фарбували протипригарними фарбами. В якості протипригарних покриттів

використовували фарби двох марок – Polytop FS 6 та Polytop FS 68 фірми ASKChemicals (Німеччина).

Фізичні властивості протипригарних фарб Polytop FS 6 та Polytop FS 68 наведено в табл. 2.4...2.5.

Таблиця 2.4 – Фізичні властивості протипригарної фарби Polytop FS 6

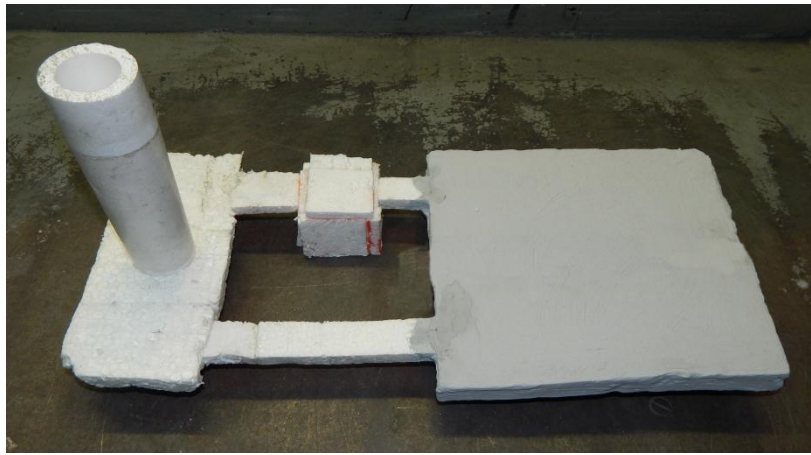
Властивість	Значення
Колір	світло сірий
Жароміцність	до 1650 °С
Газопроникність (при товщині шару 1 мм)	30 одиниць
В'язкість за ВЗМ-6	13...18 с
Робоча температура	18...23 °С

Таблиця 2.5 – Фізичні властивості протипригарної фарби Polytop FS 68

Властивість	Значення
Колір	світло зелений
Жароміцність	до 1550 °С
Газопроникність (при товщині шару 1 мм)	70 одиниць
В'язкість за ВЗМ-6	13...18 с
Робоча температура	18...23 °С

Моделі фарбували протипригарними покриттями за допомогою пензля, наносячи фарбу на поверхню моделі. На моделі наносили три шари протипригарного покриття. Пофарбовані моделі протягом 24 годин проходили сушку на повітрі.

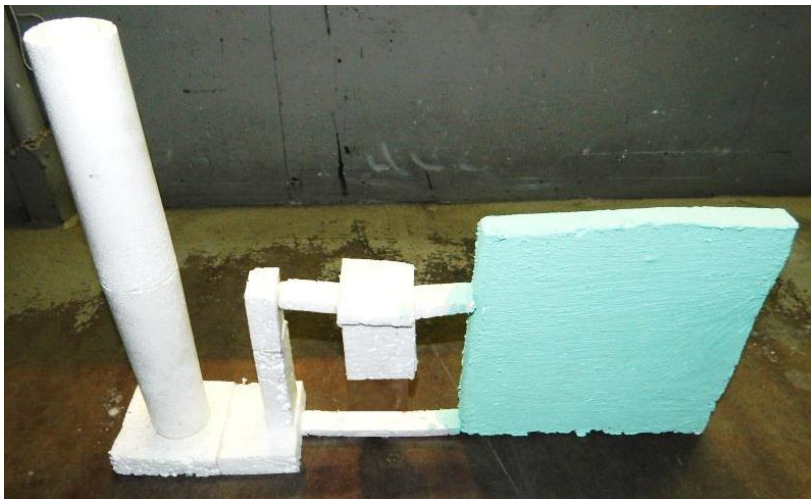
Загальний вигляд пофарбованих пінополістиролових моделей протипригарними фарбами зображено на рис. 2.11.



а



б



в

а, б – пінополістиролові моделі, що пофарбовані протипригарною фарбою марки Polytop FS 6; в – пінополістиролові моделі, що пофарбовані протипригарною фарбою марки Polytop FS 68

Рисунок 2.11 – Загальний вигляд пофарбованих пінополістиролових моделей

2.5 Формоутворення для виготовлення виливків методами лиття за моделями, що газифікуються та у піщано-глинясті форми

Процес формування пінополістиролових моделей здійснювали наступним чином. На дно опоки-контейнера насипали шар наповнювача, в якості якого була суха оборотна формувальна суміш, товщиною 40...60 мм та ущільнювали його вібрацією на вібростолі. Потім встановлювали модель та заповнювали опоку-контейнер наповнювачем при одночасній вібрації. Процес формоутворення за моделями, що газифікуються зображено на рис. 2.12.

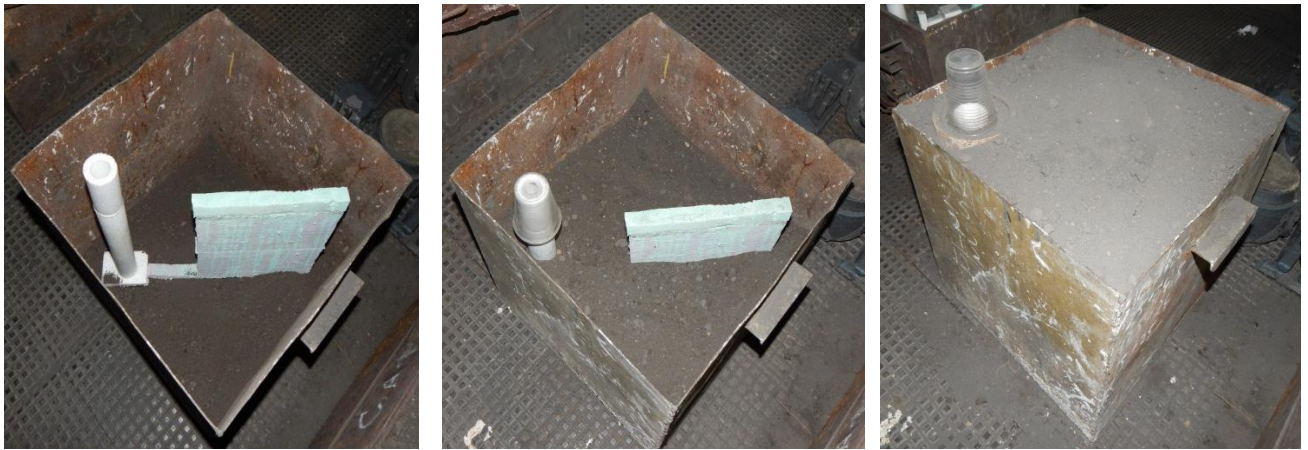


Рисунок 2.12 – Процес формоутворення за моделями, що газифікуються

Надалі на виготовлену форму встановлювали вантаж (рис. 2.13).



Рисунок 2.13 – Загальний вигляд форм із встановленими на них вантажами

Процес формування виливків «Горизонтальна плита» методом лиття у піщано-глинясті форми здійснювали наступним чином.

Для виготовлення піщано-глинястих форм використовували дерев'яний модельний комплект загальний вигляд якого наведено на рис. 2.14.



Рисунок 2.14 – Дерев'яний модельний комплект для виготовлення виливка «Горизонтальна плита»

Для цього на дерев'яну модельну плиту встановлювали моделі виливка та елементів ливникової системи (живильники та реакційна камера) зверху встановлювали нижню опоку, потім моделі покривали сріблястим графітом для попередження прилипання формувальної суміші. Далі у опоку насипали формувальну суміш та ущільнювали її ручною трамбівкою. Залишки суміші зрізали лінійкою, за допомогою голки наколювали канали для відводу газів із порожнини форми, потім зверху встановлювали підпочну плиту разом із якою перевертали ущільнену напівформу. Після цього послідовно встановлювали верхню опоку та моделі елементів ливникової системи (стояк, шлаковловач), площину роз'єму посипали сріблястим графітом для попередження прилипання формувальної суміші. Як і при формуванні нижньої напівформи проводили операції насипання і ущільнення суміші, зрізання її залишків та наколювання вентиляційних каналів. Потім вирізали ливникову воронку, витягували модель стояка, знімали верхню напівформу та кантували на 180° верхню напівформу, а далі витягували із обох напівформ модель виливка та моделі елементів

ливникової системи. Після виготовлення форми її просушували у сушильній шафі (рис. 2.15) при температурі 100...105 °С протягом 4 годин.



Рисунок 2.15 – Сушильна шафа

Перед збиранням напівформ у реакційну камеру засипали сфероїдизувальний модифікатор (рис. 2.16). Обидві напівформи збирали за допомогою напрямних та центрувальних штирів. Для попередження піднімання верхньої напівформи, у результаті дії металостатичного зусилля розплаву, яке виникає при заливанні форми, на неї встановлювали вантаж (2.17).

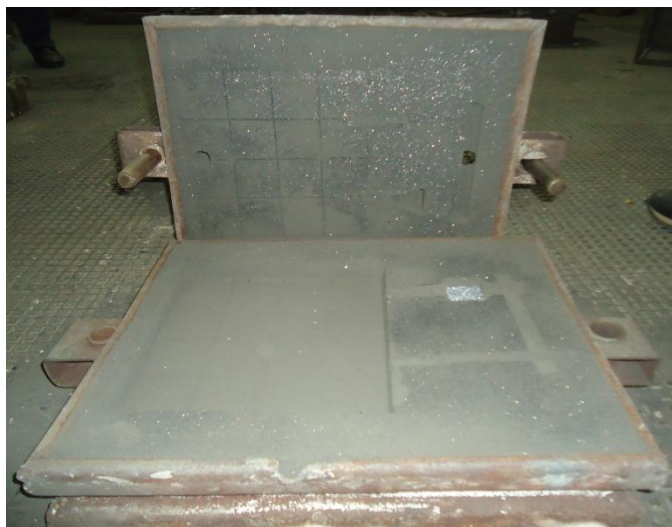


Рисунок 2.16 – Ливарна форма перед збиранням для виготовлення виливка «Горизонтальна плита»

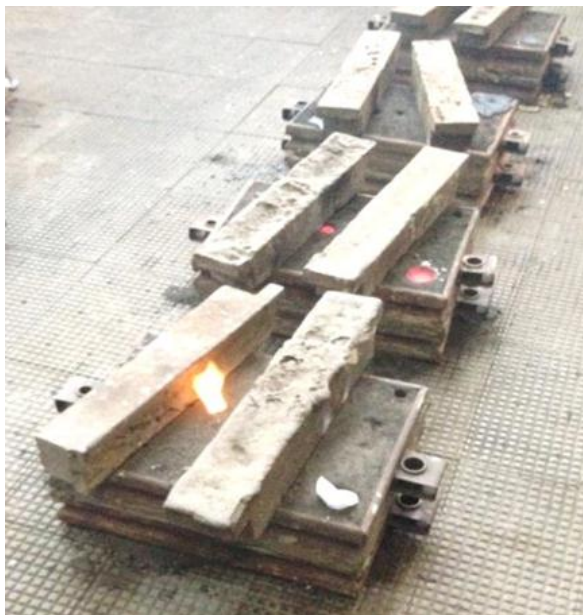


Рисунок 2.17 – Загальний вигляд навантажених ливарних форм із піщано-глинястої суміші

Ливарна форма виготовлялась із піщано-глинястої суміші. Склад суміші наведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Склад формувальної суміші

Компоненти	Вміст компонента, %
Кварцовий пісок марки 1К ₁ О ₂ 016	97...99
Глина формувальна марки КП2Т1	1...3
Вологість	2,4...3,0

2.6 Заливання опок-контейнерів та піщаних форм рідким чавуном

Для заливання опок-контейнерів та піщано-глинястих форм розплавлений рідкий чавун, що мав необхідний хімічний склад та температуру 1500...1520 °С, випускали із печі до ручного ковша чайникового типу місткістю 25 кг, що був попередньо підігрітий до температури 300...450 °С (рис. 2.18). Температура розплаву при заливанні форм знаходилась на рівні 1450...1480 °С. Час заливання форм складав $14,0 \pm 2,0$ с.



Рисунок 2.18 – Ручний ківш чайникового типу

Процес заливання опок-контейнерів та піщано-глинястих форм рідким чавуном показано на рис. 2.19.

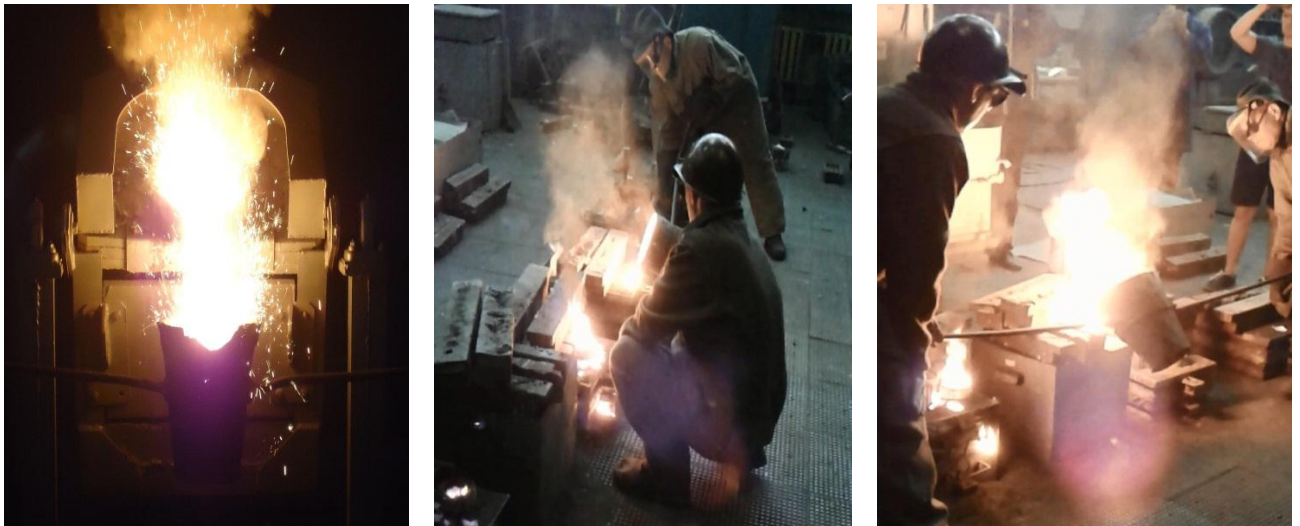


Рисунок 2.19 – Процес заливання опок-контейнерів та піщано-глинястих форм рідким чавуном

2.7 Металографічний аналіз чавунних зразків

Вивчення мікроструктури виконували на мікрошліфах (рис. 2.20). Мікрошліфи в даній дослідницькій роботі виготовляли в ручну на шліфувально-полірувальних верстатах моделі 3E881M (рис. 2.21).



Рисунок 2.20 – Мікрошліфи для металографічного аналізу



Рисунок 2.21 – Шліфувально-полірувальний верстат моделі 3E881M

Виготовлення металографічних шліфів виконували із вирізання зразків (рис. 2.22), шліфування та полірування. Поверхню вирізаних зразків вирівнювали шляхом оброблення на абразивному крузі, точно-шліфувально-го верстату моделі ТШ-400 (рис. 2.23), із періодичним їх охолодженням у воді.

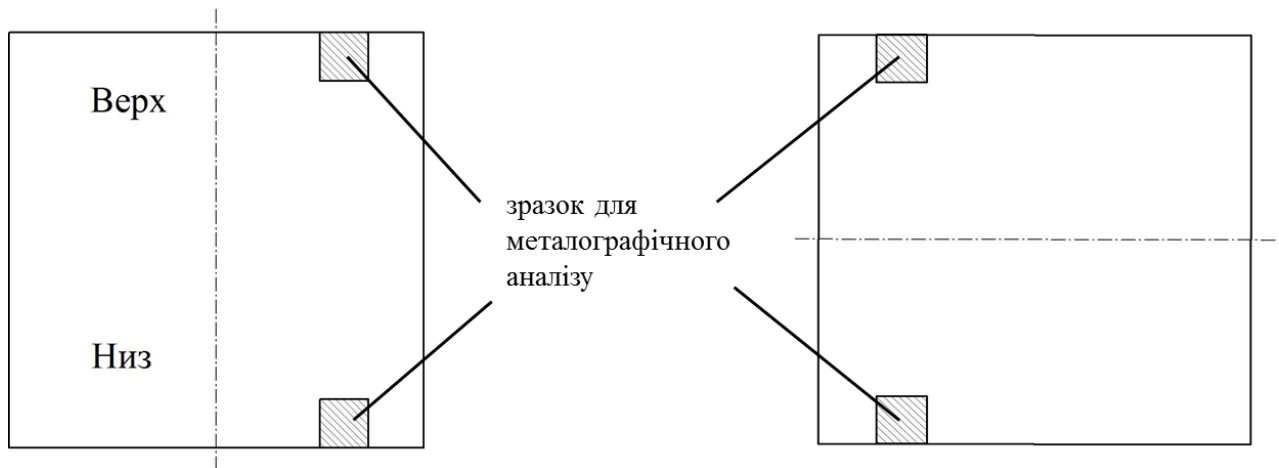


Рисунок 2.22 – Схема вирізки зразків для металографічного аналізу



Рисунок 2.23 – Точильно-шліфувальний верстат моделі ТШ-400

Спочатку поверхню обробляли на шліфувальному папері грубої зернистості № 180 і № 240. Далі проводили тонке шліфування на папері № 600, 800, 1000. При кожній зміні шліфувального паперу з меншою зернистістю зразок повертали на 90 градусів.

Після тонкого шліфування виконували полірування зразків на войлоці із пастою ГОІ. Кінцеве полірування зразків проводили на фетрі з водною суспензією оксиду хрому.

Полірований зразок промивали проточною водою і ретельно висушували

фільтрувальним папером.

При оцінці графіту визначали форму, розподіл, кількість і розмір графітових включень за ГОСТ 3443 - 87.

Вивчення металевої матриці проводили на «травлених» зразках, із використанням лабораторного оптичного мікроскопа моделі ММР-4 при збільшенні 100 крат (рис. 2.24).

Перед травленням поверхню шліфа знежирювали спиртом. При хімічному травленні використовували 4% спиртовий розчин HNO_3 . Час травлення 5...20 с.



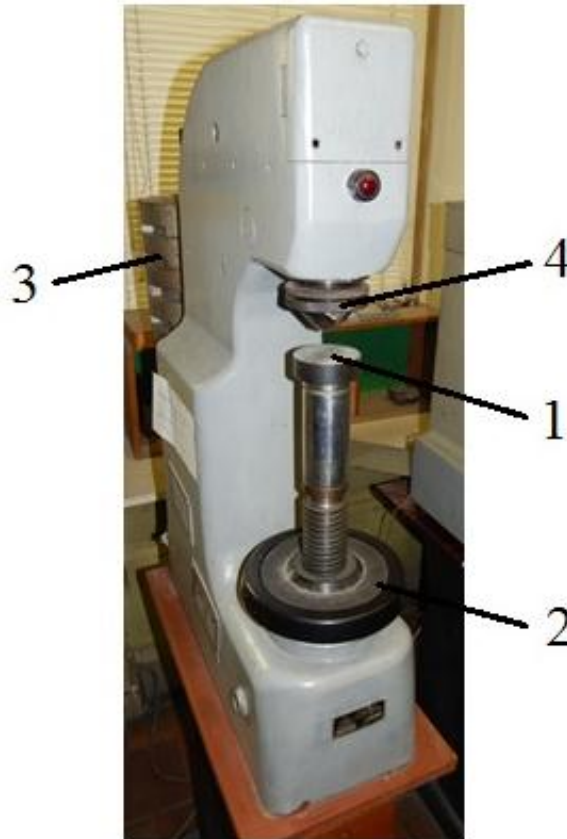
Рисунок 2.24 – Лабораторний оптичний мікроскоп моделі ММР-4

Для отримання електронного зображення мікроструктури використовували камеру марки SONY DCS-W5, яка дозволяла досить швидко отримувати цифровий знімок його на комп'ютері.

Камеру встановлювали замість окуляра мікроскопа. Цифровий запис знімка здійснювали із використанням пакета програм TSVIEW7 для оброблення графічної інформації.

2.8 Вимірювання твердості зразків

Твердість зразків вимірювали за методом Бринелля на приладі типу ТШ-2М, загальний вигляд якого наведено на рис. 2.25.

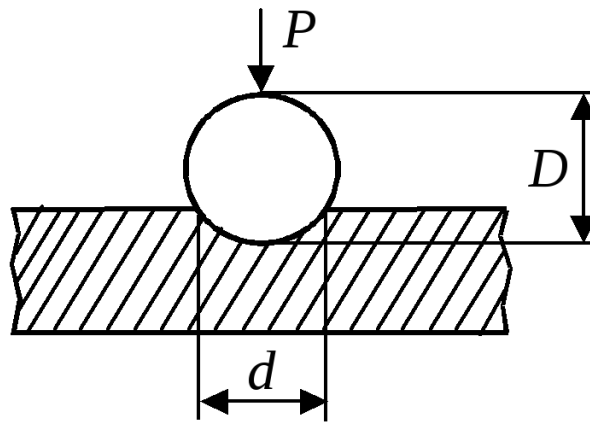


1 – опорний столик; 2 – маховик; 3 – вантаж; 4 – індентор

Рисунок 2.25 – Загальний вигляд приладу ТШ-2М для визначення твердості за Бринеллем

Випробування проводили наступним чином: спочатку встановлювали зразок на опорний столик та підводили зразок до індентора, потім вдавлювали індентор в зразок із плавним зростаючим навантаженням 3000 кгс протягом 2...8 с.

Схему визначення твердості за Бринеллем наведено на рис. 2.26.



P – навантаження; D – діаметр індентора; d – діаметр отриманого відбитка

Рисунок 2.26 – Схема визначення твердості за Бринелем

Діаметр відбитка (рис. 2.27) вимірювали за допомогою мікроскопа (лупи Бринелля) (рис. 2.28, а), на окулярі якого є шкала з поділками, відповідними десятим часткам міліметра (рис. 2.28, б). Вимірювання проводили з точністю до 0,05 мм у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Для визначення твердості приймають середнє значення.

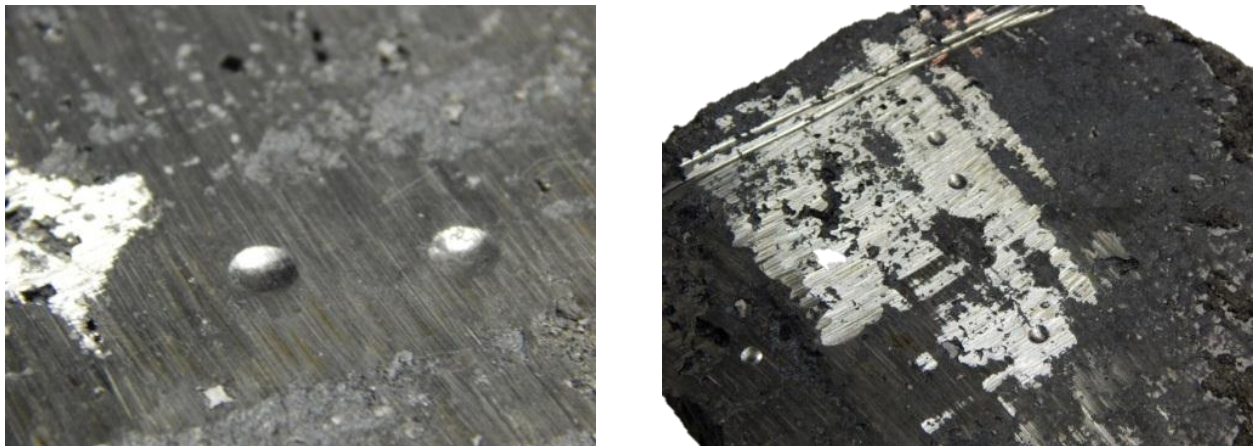
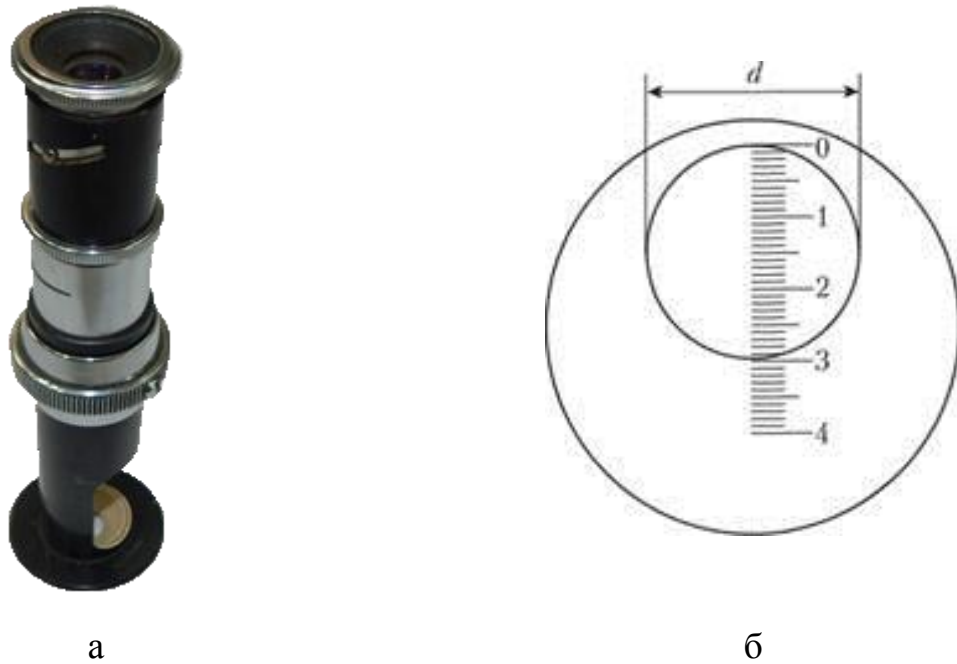


Рисунок 2.27 – Відбиток на тілі вилівка після вдавнення індентора



а – лупа Бринеля; б – шкала із поділками для вимірювання діаметра відбитка

Рисунок 2.28 – Вимірювання діаметру відбитка на тілі вилівка

2.9 Дослідження хімічного складу чавунів

Хімічний склад вихідного і модифікованого чавуну визначали на зразках вирізаних з вилівок двома способами: аналітичним хімічним і спектральним експрес-аналізом.

Вміст вуглецю й сірки визначали методом вакуум-плавлення на аналізаторах АН 7529 і АС 7932 (рис. 2.29), інші елементи (Si, Mn, P, Mg зал. ін.) - залишковий вміст магнію, вміст вуглецю, кремнію, фосфору, марганцю та сірки в чавуні до і після модифікування визначали за допомогою оптико-емісійного спектрометра фірми «BrukerMaterials» марки Q4 TASMAN (рис. 2.30).



Рисунок 2.29 – Експрес-аналізатори моделей АН 7529 (а) та АС 7932 (б)

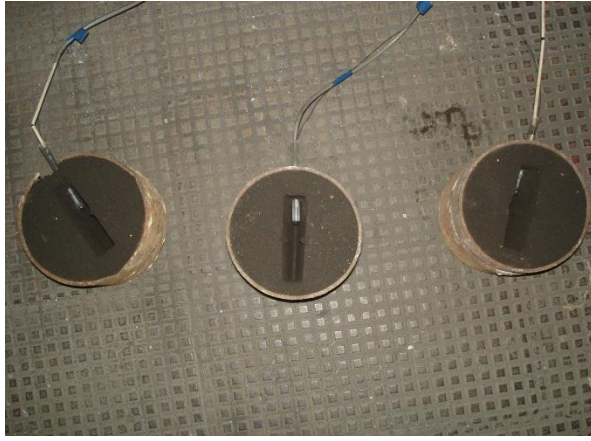


Рисунок 2.30 – Компактний багатовісівий іскровий оптико-емісійний спектрометр фірми «BrukerMaterials» марки Q4 TASMEN

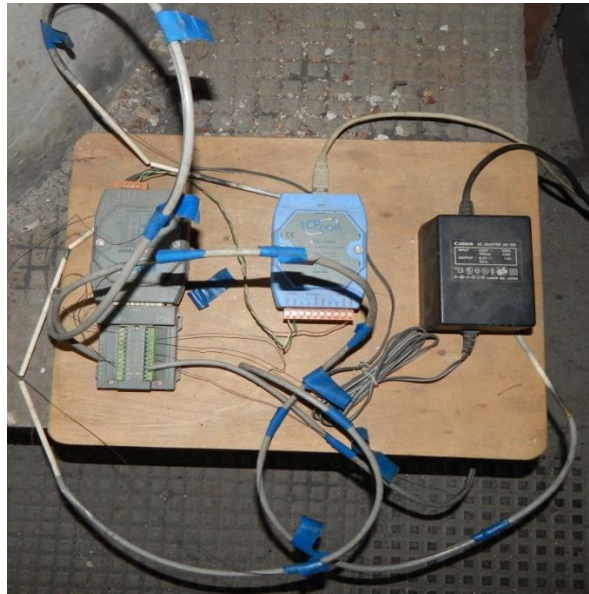
2.10 Термографічний аналіз

Для визначення вуглецевого еквіваленту порцію рідкого чавуну заливали до спеціальної клиновидної проби (рис. 2.31, а) у середині якої розміщувалися термопари, дані із термопар надходили до аналого-цифрового перетворювача моделі ICP.COM I-7018Z (рис. 2.31, б), а потім результати оброблені за допомогою пакету програм DCON Utility відображувалися на екрані комп'ютера у вигляді кривих охолодження в градусах Цельсія (рис. 2.31, в).

Пробниця була виконана із піщано-глинястої суміші. Робоча частина форми мала клиновидний вигляд і вміщувала 0,5 кг сплаву. Вимірювання температури проводили за допомогою стандартної вольфрам-ренієвої термопари марки ВР5/20, спай якої від прямого контакту з рідким чавуном захищали кварцовим наконечником.



а



б



в

а – клиновидна проба; б – аналого-цифровий перетворювач; в – загальний вигляд запису кривих охолодження на екрані комп'ютера

Рисунок 2.31 – Схема визначення вуглецевого еквіваленту рідкого чавуну термографічним аналізом

Залежність вуглецевого еквівалента від температури ліквідус визначали за формулою:

$$C_e = (12,87628 - 0,00736) \cdot t_l \pm 0,07, \quad (2.1)$$

де C_e – вуглецевий еквівалент, %;

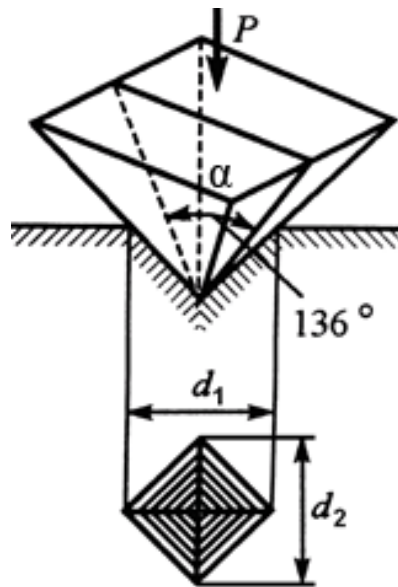
t_l – температура ліквідус чавуну, °С.

2.11 Визначення мікротвердості

Визначення мікротвердості зразків проводили за методом Віккерса, який регламентується державним стандартом ДСТУ ISO 6507-1:2007, на приладі ПМТ-3 (рис. 2.32). Індентором слугує алмазна правильна піраміда з квадратною основою, кут α між протилежними гранями біля вершини якої складає 136° (рис. 2.33). Випробування проводили при навантаженні $F=0,981$ Н. Час витримування зразка під навантаженням – 10 с.



Рисунок 2.32 – Прилад для визначення мікротвердості моделі ПМТ-3



α – кут між протилежними гранями біля вершини пірамідального індентора (136°); P – прикладене зусилля, Н; d_1 , d_2 – значення двох довжин діагоналей, мм

Рисунок 2.33 – Метод визначення мікротвердості за Віккерсом

Мікротвердість за Віккерсом пропорційна результату ділення числового значення величини зусилля F на числове значення площі похилої поверхні відбитка, яка є правильною пірамідою з квадратною основою.

Значення мікротвердості визначали за наступною формулою:

$$HV = 1,854F/d^2 \quad (2.2)$$

де F – зусилля, що прикладене до індентора під час випробувань, Н;

d – середнє арифметичне значення двох довжин діагоналей d_1 та d_2 , мм.

Відбиток індентора на тілі зразка після проведення дослідження зображено на рис. 2.34.



Рисунок 2.34 – Відбиток індентора на тілі зразка після проведення дослідження

2.12 Висновки до розділу 2

1. Спроектвані моделі експериментальних виливків «Горизонтальна плита» та «Вертикальна плита», а також змодельовані конструктивно-технологічні варіанти виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями.

2. Наведено технологічний процес виплавляння вихідного чавуну схильного до кристалізації за метастабільною системою рівноваги.

3. Вибрано добавки для внутрішньоформового сфероїдизувального модифікування розплаву вихідного чавуну.

4. Наведена методика виготовлення моделей, що газифікуються, а також процес формоутворення для виготовлення виливків методами лиття за моделями, що газифікуються та у піщано-глинясті форми.

5. Представлена методика стандартних методів хімічного та термічного аналізу, металографічних досліджень, а також визначення твердості та мікротвердості чавуну.

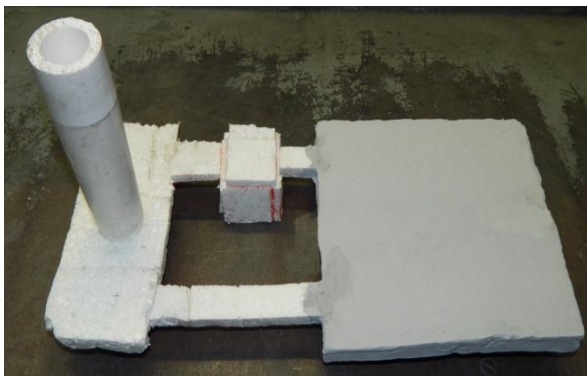
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Дослідження технологічного процесу виготовлення виливків «Горизонтальна плита» з диференційованою структурою

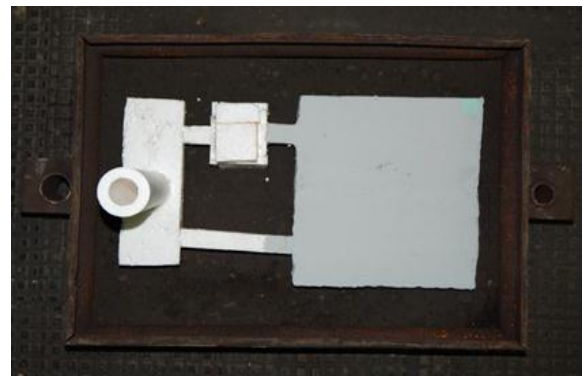
Експериментальний вилівок «Горизонтальна плита» виготовляли за наступними варіантами:

– шляхом заливання у ливарну форму розплаву схильного до кристалізації за метастабільною системою, в якій він розділяється на два потоки. Один потік безпосередньо заповнює частину форми, а другий проходить внутрішньоформове оброблення у реакційній камері сфероїдизувальним або графітизувальним модифікатором і заповнює іншу частину. В результаті за умов не змішування розплавів передбачається виготовлення виливків із поєднанням лівої та правої частин білий чавун-сірий чавун та білий чавун-високоміцний чавун (див. розділ 2.1; рис. 2.2).

Для виготовлення виливків за запропонованими варіантами використовували метод лиття за моделями, що газифікуються, при цьому формоутворення пінополістиролових моделей (рис. 3.1, а) здійснювали у контейнерах, які заповнювали просіяною сухою оборотною сумішшю при одночасному ущільненні вібрацією (рис. 3.1, б).



а



б

Рисунок 3.1 – Загальний вигляд пінополістиролової моделі «Горизонтальна плита» (а) та формоутворення за ЛГМ-процесом (б)

Для порівняльних досліджень паралельно виготовляли виливки «Горизонтальна плита» методом лиття у піщано-глинясті форми (рис. 3.2, б), формоутворення яких відбувалось за дерев'яним модельним комплектом (рис. 3.2, а).



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд дерев'яного модельного комплекту (а) та піщано-глиняста форма (б) для виготовлення виливка «Горизонтальна плита»

При проведенні досліджень умови експерименту були наступними:

1. З аналізу літературних даних вихідний розплав чавуну, що схильний до кристалізації за метастабільною системою обрано із наступним хімічним складом, який наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад вихідного чавуну схильного до кристалізації за метастабільною системою

Вихідний білий чавун	Масова частка елемента, %				
	C	Si	Mn	P	S
	3,0...3,1	0,4...0,6	0,4...0,6	до 0,1	до 0,01

2. В якості сфероїдизувального модифікатора обрали феросиліцій-магнієвий сплав марки VL63M, графітизувального – феросиліцій марки ФС75. Кількість модифікатора складала 2,0% від маси розплаву, що оброблюється.

Розмір часток модифікаторів обрано 1,0...5,0 мм, хімічний склад яких наведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Хімічний склад графітизувального та сфероїдизувального модифікаторів

Марка	Масова частка елементу, %								
	Mn	P	S	Mg	Ca	PЗМ	Si	Al	Fe
ФС75	0,4	до 0,05	до 0,02	–	–	–	74,0...80,0	–	зал.
VL63M	–	–	–	5,6...6,5	2,0	0,7	45,0	до 0,5	зал.

3. Температура при заливанні ливарних форм становила 1450...1470 °С.

4. Пінополістиролові моделі склеювали з ливниково-модифікувальною системою, яка виготовлялась з такого ж пінополістиролу (див. рис. 2.9, рис. 2.10). Після склеювання модель витримували на повітрі добу. Для попередження утворення пригару їх покривали протипригарними фарбами на водній основі (див. рис. 2.11).

Загальний вигляд виливків «Горизонтальна плита» виготовлених за ЛГМ-процесом та у піщано-глинясті форми зображено на рис. 3.3.

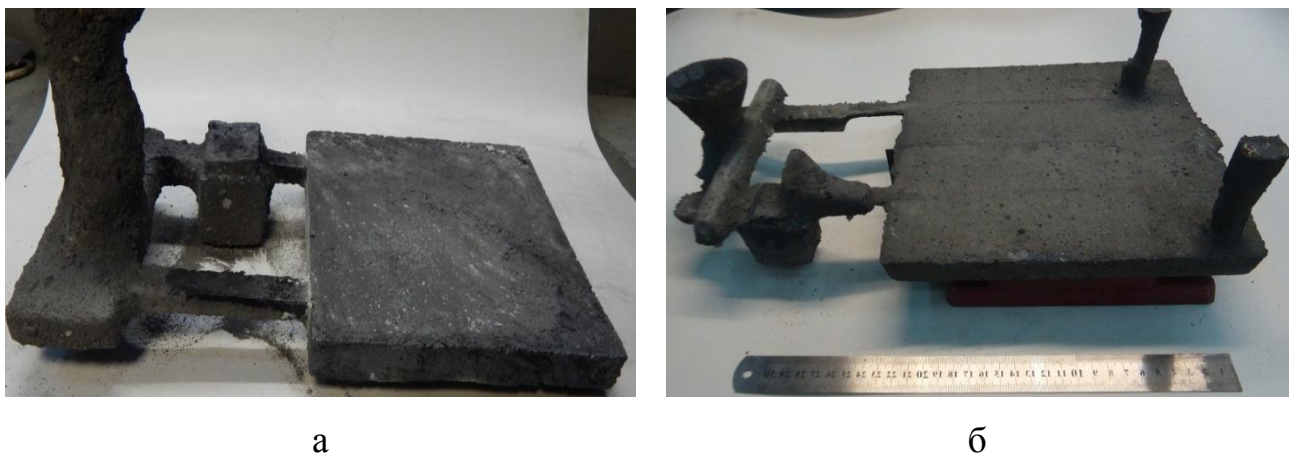


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд виливків «Горизонтальна плита» виготовлених за ЛГМ-процесом (а) та у піщано-глинясті форми (б)

Перші лабораторні випробування запропонованих технологічних варіантів виготовлення виливків «Горизонтальна плита» показали негативні результати. Замість очікуваних диференційованих структури та властивостей у виливках, як при литті за моделями, що газифікуються, так і при литті у піщано-глинясті форми всі експериментальні виливки кристалізувалися практично із однорідною структурою і властивостями по усьому перерізу (рис. 3.4).

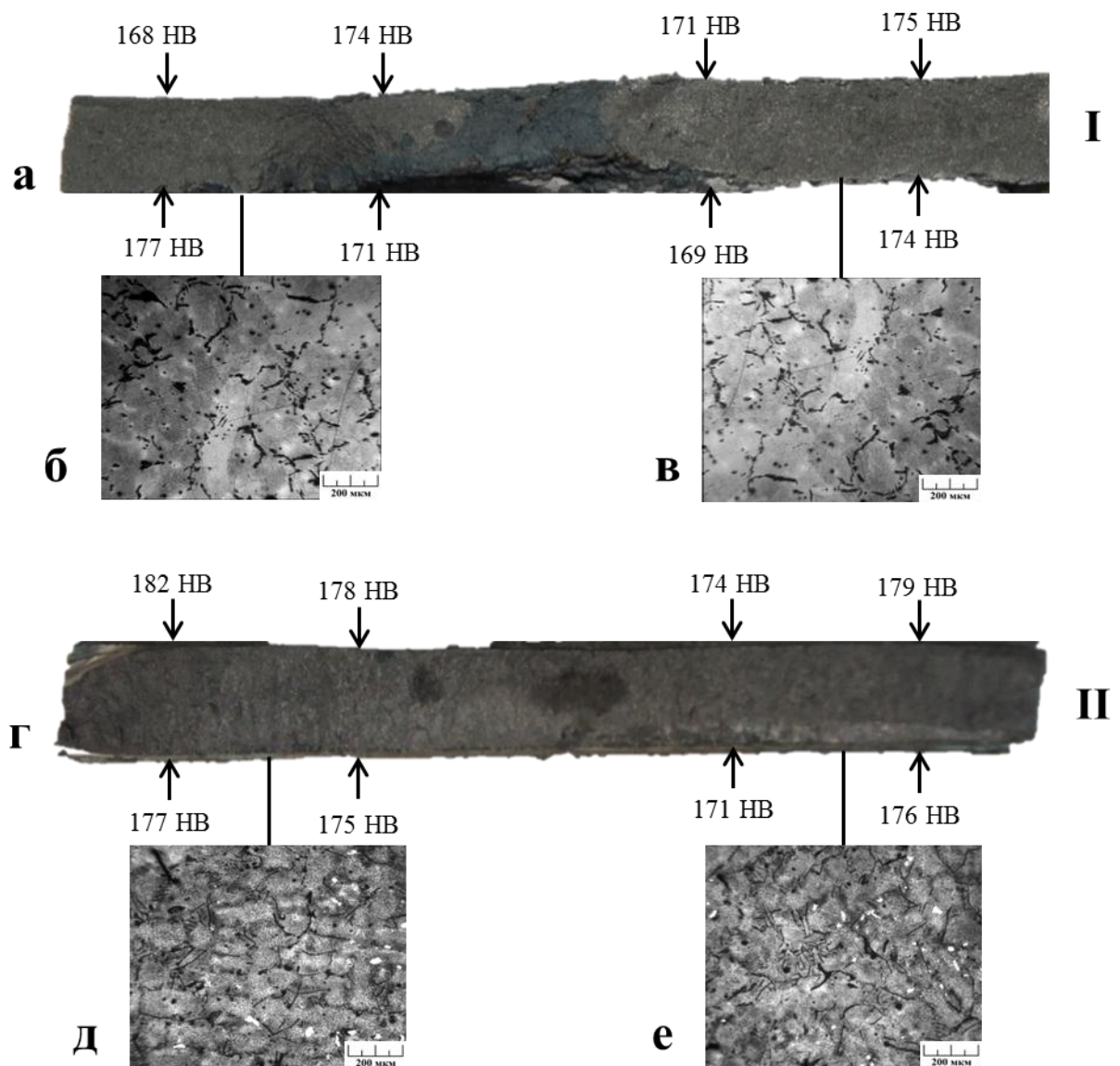


Рисунок 3.4 – Макроструктура зламу (а, г) та мікроструктура (б, в, д, е) виливків «Горизонтальна плита» виготовлені за ЛГМ-процесом (I) та у піщано-глинясті форми (II)

Твердість виливків знаходилась на рівні 165...185 НВ.

Причиною формування однорідної структури є гідродинамічне і конвективне перемішування потоків рідкого металу, які заповнюють різні частини форми. Інтенсивне перемішування розплаву, а також перерозподіл модифікувальних добавок, призводить до усереднення і вирівнювання хімічного складу по всьому об'єму виливків (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Хімічний склад виливків «Горизонтальна плита», що виготовлені за моделями, що газифікуються та у піщано-глинясті форми

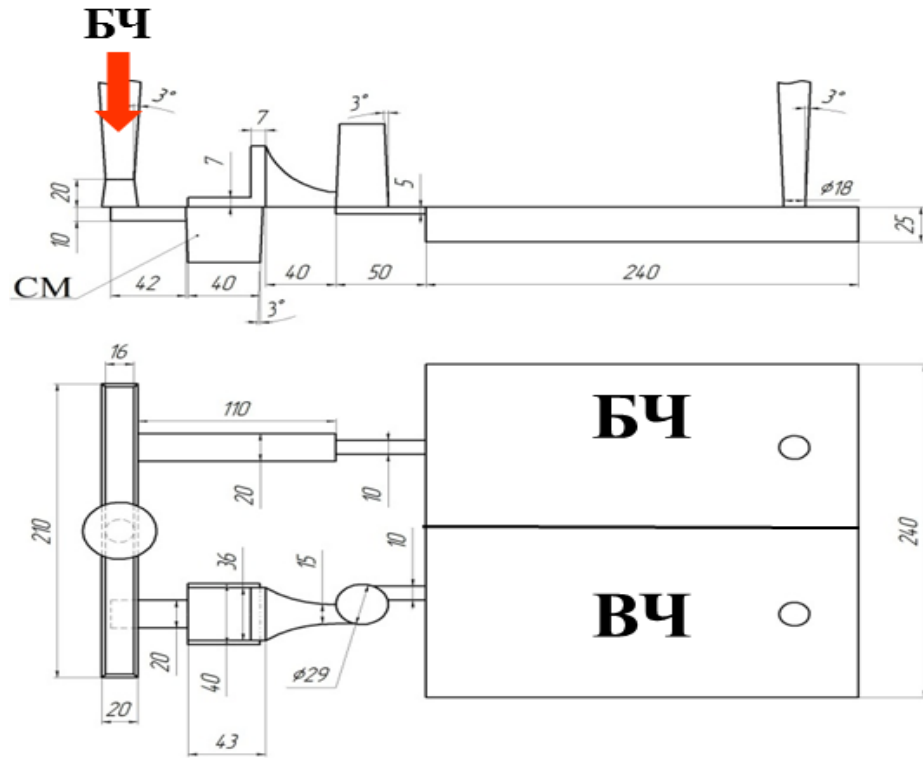
Метод лиття	Масова частка елемента, %				
	C	Si	Mn	P	S
ЛГМ-процес	3,1...3,15	0,8...0,9	0,3...0,5	до 0,1	до 0,019
Піщано-глинясті форми	3,0...3,05	0,75...0,9	0,3...0,5	до 0,1	до 0,017

Тому на наступному етапі дослідження для попередження взаємного гідродинамічного і конвективного перемішування розплаву чавуну у лівій та правій частині виливка вздовж базової вісі симетрії передбачали розділову механічну перегородку із оцинкованої листової сталі із товщиною 1,0...1,2 мм (рис. 3.5).

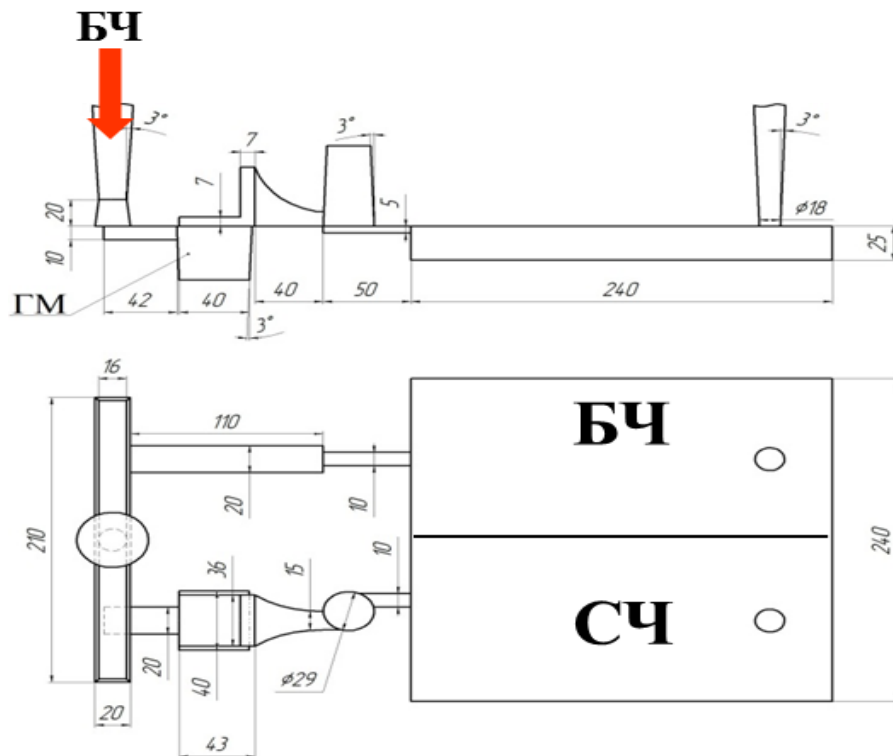
Схеми технологічних варіантів виготовлення чавунних виливків «Горизонтальна плита» із розділовою механічною перегородкою при використанні сфероїдизувального та графітизувального модифікатора зображено на рис. 3.6.



Рисунок 3.5 – Розділова механічна перегородка із оцинкованої листової сталі



а



б

БЧ – білий чавун; СЧ – сірий чавун; ВЧ – високоміцний чавун; ГМ – графітізувальний модифікатор; СМ – сфероїдувальний модифікатор

Рисунок 3.6 – Схеми технологічних варіантів виготовлення чавунних виливків «Горизонтальна плита» із розділовою механічною перегородкою

Загальний вигляд пінополістиролової моделі та піщано-глинястої форми із вставленою по вісі симетрії перегородкою наведено на рис. 3.7.

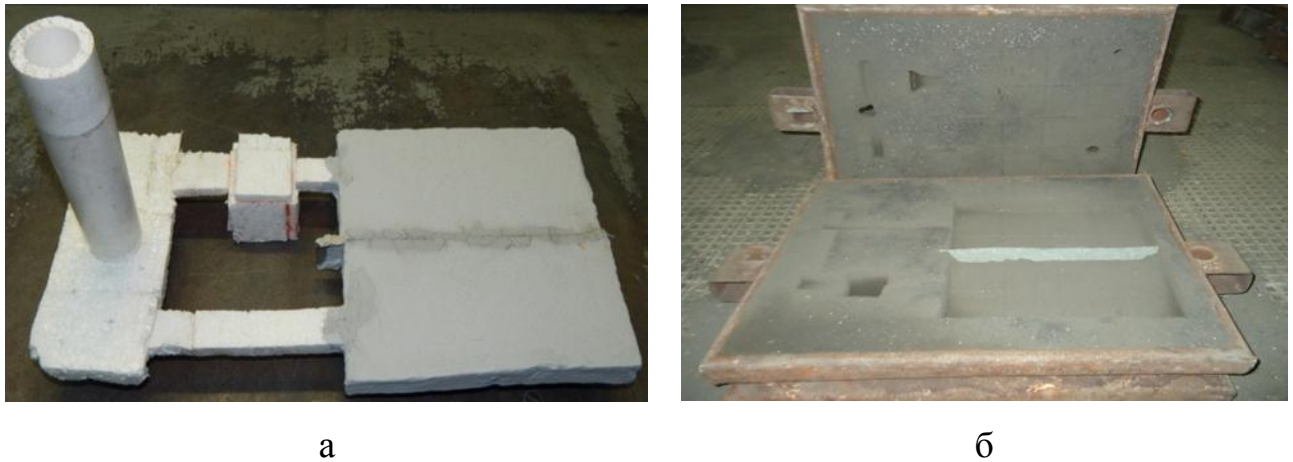


Рисунок 3.7 – Загальний вигляд пінополістиролової моделі (а) та піщано-глинястої форми (б) із вставленою по вісі симетрії розділовою перегородкою

Умови експерименту при проведенні даних досліджень були, як у попередньому випадку.

При аналізі виготовлених виливків по такому технологічному варіанту результати експериментів показали, що сталева перегородка забезпечує диференціацію структури в різних частинах виливків. За умови, що до кінця кристалізації виливків перегородка зберігає свою цілісність, але в той же час надійно зварюється із половинками виливка.

В результаті отримано виливки, які складаються в одній частині із білого чавуну із перліто-цементитної структури (рис. 3.8, б, ж), а у правій частині – із сірого чавуну з пластинчатим графітом (рис. 3.8, г), а також із високоміцного чавуну із кулястим графітом (рис. 3.8, е).

У центральній частині виливків формується перехідна зона із щільним з'єднанням чавунів та сталеву перегородкою.

При цьому у перехідній зоні спостерігається структура, яка складається із залишків сталевієї перегородки та проміжної зони між чавунними частинами виливка та перегородкою (рис. 3.8, в, є), а вихідна ферито-перлітна структура

перегородки (рис. 3.9) змінюється на перліто-цементитну структуру (рис. 3.8, в, є).

Диференціація структури лівої та правої частин представлених виливків підтверджується неоднорідністю хімічного складу (табл. 3.4). Різниця у твердості однієї та іншої частини виливків знаходилась у межах 100...170 НВ.

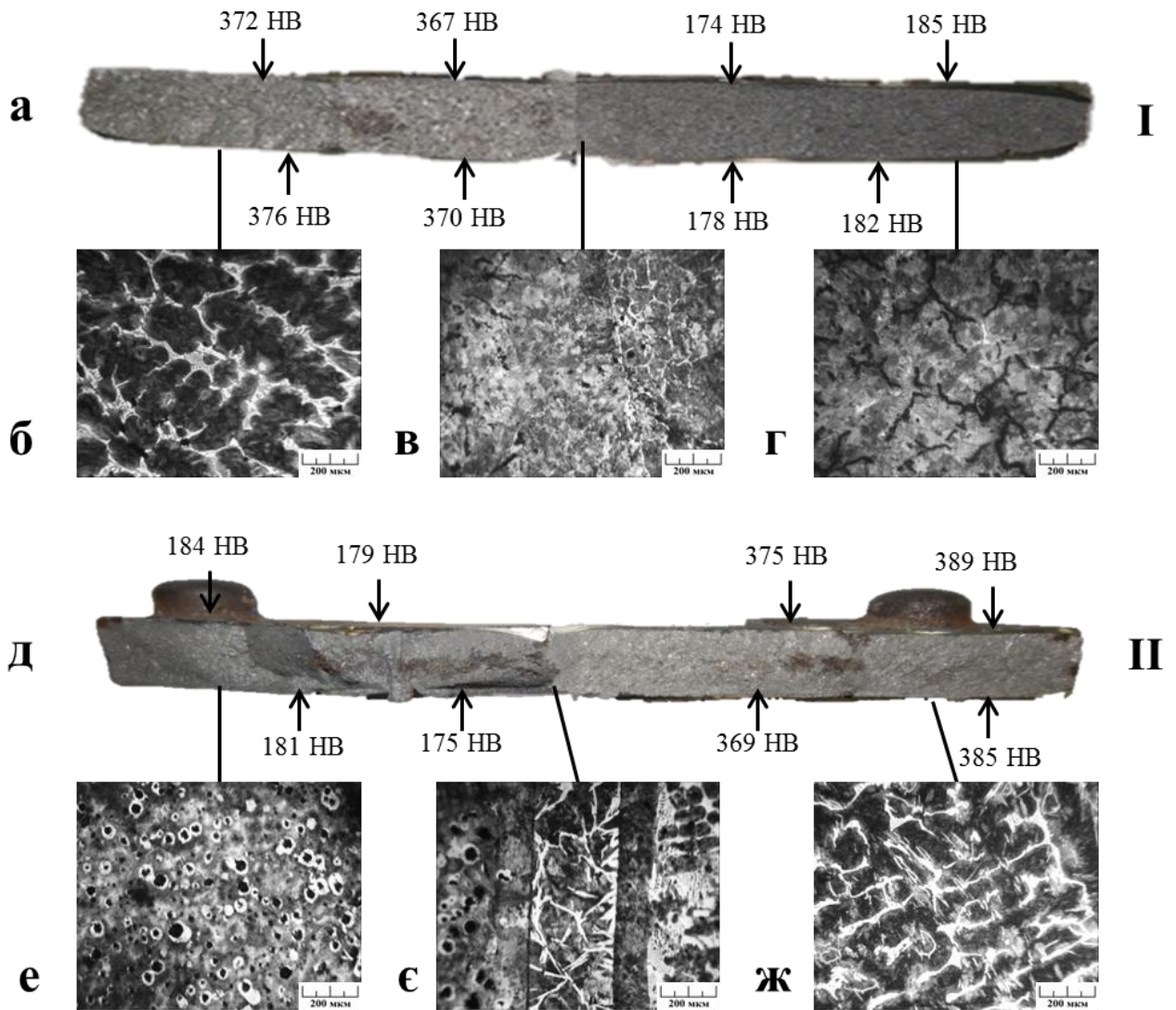


Рисунок 3.8 – Макроструктура зламу (а, д) та мікроструктура виливків (б, в, г, е, є, ж) «Горизонтальна плита» із розділовою перегородкою, що виготовлені за ЛГМ-процесом (I), а також у піщано-глинясті форми (II)

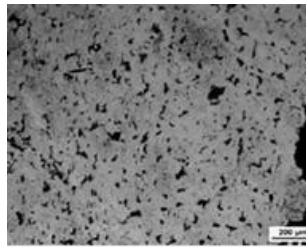


Рисунок 3.9 – Вихідна ферито-перлітна структура сталевій перегородки

Таблиця 3.4 – Хімічний склад виливків «Горизонтальна плита» із розділовою перегородкою, що виготовлені за ЛГМ-процесом та у піщано-глинясті форми

Метод лиття	Масова частка елементу, %					
	C	Si	Mn	P	S	Mg _{зал}
ЛГМ-процес	ліва частина виливка					
	3,0...3,1	0,45...0,55	0,42...0,45	до 0,07	до 0,015	–
	права частина виливка					
	3,05... 3,15	0,8...1,0	0,3...0,5	до 0,07	до 0,015	–
Піщано-глиняста форма	ліва частина виливка					
	3,05... 3,15	0,7...0,85	0,4...0,5	до 0,07	до 0,015	0,029... 0,032
	права частина виливка					
	3,0...3,1	0,45...0,55	0,42...0,45	до 0,07	до 0,015	–

3.2 Дослідження технологічного процесу виготовлення виливків «Вертикальна плита» з диференційованою структурою у нижній та верхній її частинах

Виготовлення виливків «Вертикальна плита» методом лиття за моделями, що газифікуються здійснювали за такими технологічними варіантами:

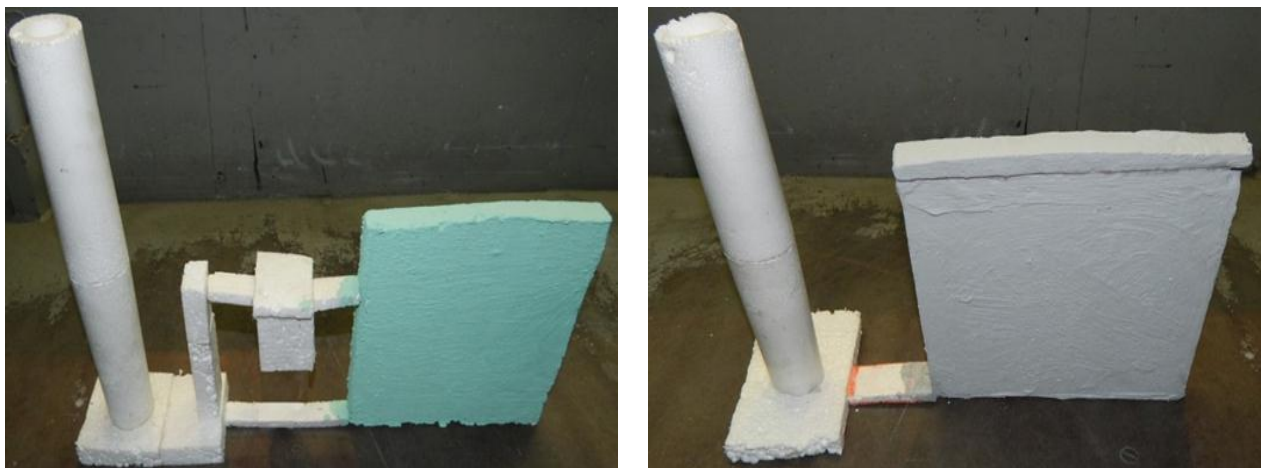
– шляхом заливання розплаву чавуну крізь загальну ярусну ливникову систему у якій він поділяється на два потоки. Один потік безпосередньо

заповнює нижню частину виливка, а другий потік у верхньому ярусі ливникової системи проходить внутрішньоформове оброблення у реакційній камері сфероїдизувальним або графітизувальним модифікатором і заповнює іншу частину виливка (див. розділ 2.1 рис. 2.3);

– наступний варіант полягає у заливанні розплаву чавуну крізь загальну ливникову систему із нижнім його підведенням до виливка. Для отримання виливка із диференційованими властивостями у верхній частині пінополістиролової моделі передбачали заповнення її графітизувальним або сфероїдизувальним модифікатором у заданій кількості (див. розділ 2.1, рис. 2.4).

Умови виготовлення моделей, процесу формоутворення та заливання розплаву копіювали, як у випадку виготовлення виливка «Вертикальна плита».

Загальний вигляд пінополістиролових моделей «Горизонтальна плита» із ярусною ливниковою системою та із нижнім підведенням металу зображено на рис. 3.10.



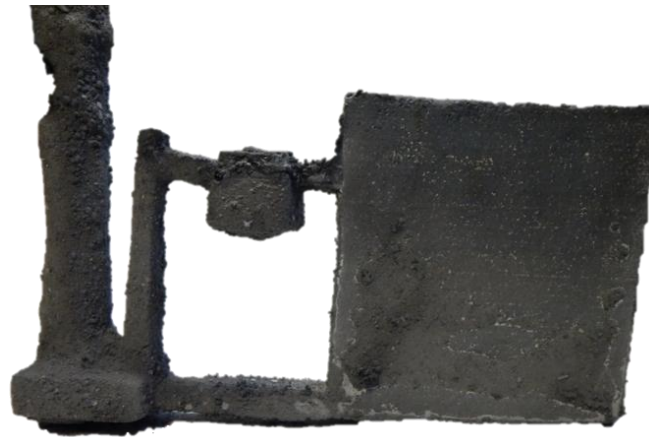
а

б

а – пінополістиролова модель із ярусною ливниковою системою;
б – пінополістиролова модель із нижнім підведенням металу

Рисунок 3.10 – Загальний вигляд пінополістиролових моделей «Вертикальна плита»

Загальний вигляд виливків «Вертикальна плита» із ярусною ливниковою системою та із нижнім підведенням металу, що виготовлені за ЛГМ-процесом зображено на рис. 3.11.



а



б

Рисунок 3.11 – Загальний вигляд виливків «Вертикальна плита» із ярусною ливниковою системою (а) та із нижнім підведенням металу (б), що виготовлені за ЛГМ-процесом

Результати експериментальних досліджень показали, що при заливанні ливарних форм вихідним розплавом, схильним до кристалізації за метастабільною системою з вибіленням, крізь ярусну ливникову систему, в якій він поділявся на два потоки з обробленням одного графітізуювальним або сфероїдизуювальним модифікатором у виливках формувалась однорідна структура (рис. 3.12, а, б).

У випадку при використанні графітізувального модифікатора структура складалася із сірого чавуну з пластинчатим графітом (рис. 3.12, в, г, д), а при використанні сфероїдизувального модифікатора утворюється структура із вермикулярним графітом (рис. 3.12, е, є). Мікроструктура у виливках переважно перлітна. Твердість чавуну у виливках знаходилась на рівні 175...190 НВ.

Формування однорідної структури у виливку за таким технологічним варіантом підтверджується хімічним аналізом, який наведено у табл. 3.5.

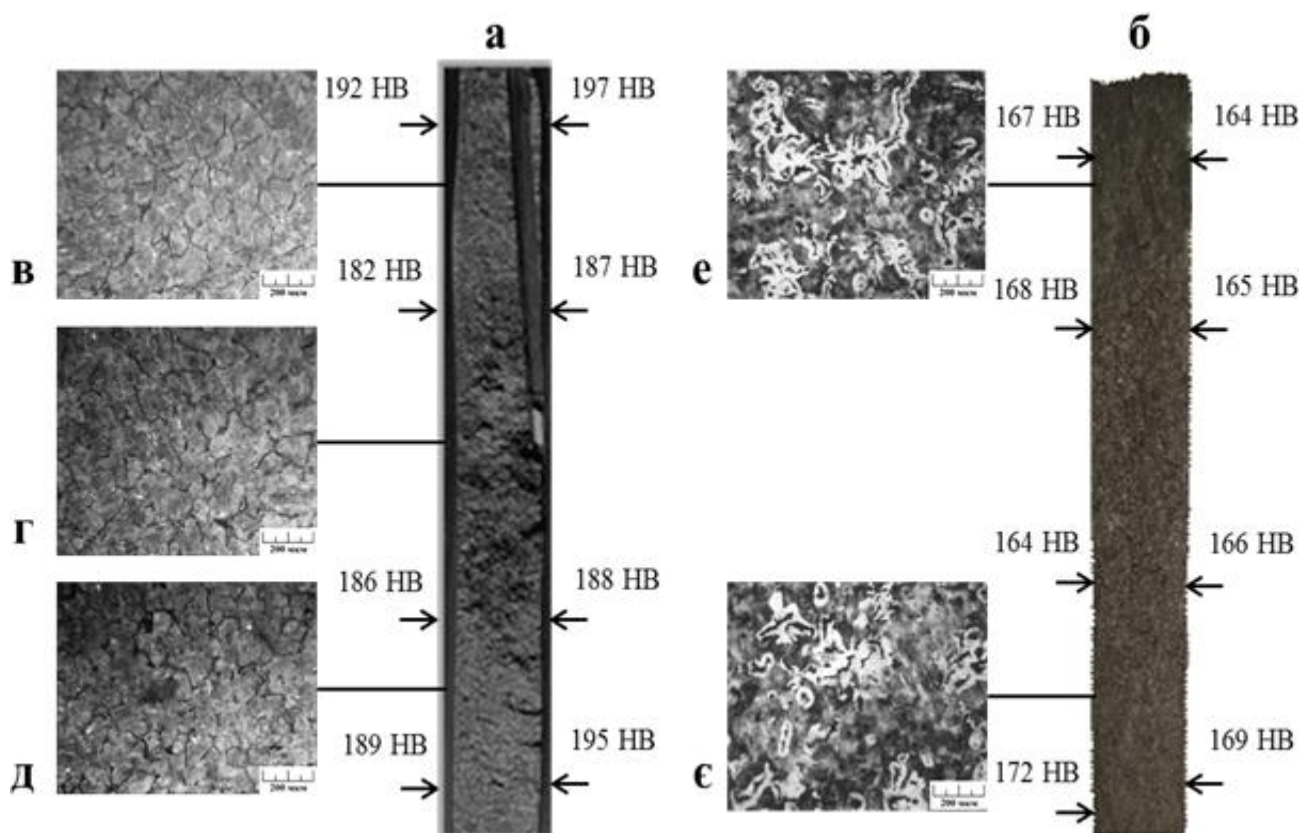


Рисунок 3.12 – Макроструктура зламу (а, б) та мікроструктура виливка (в...є) «Вертикальна плита» із ярусною ливниковою системою при використанні графітізувального модифікатора

Таблиця 3.5 – Хімічний склад виливка «Вертикальна плита» із ярусною ливниковою системою при використанні графітізувального модифікатора

Масова частка елемента, %				
C	Si	Mn	P	S
3,05...3,15	0,8...1,0	0,3...0,5	до 0,07	до 0,015

У випадку виготовлення виливка за варіантом, в якому вихідний розплав, що схильний до кристалізації за метастабільною системою із вибіленням заливали крізь загальну ливникову систему із нижнім підведенням його до виливка (див. рис. 2.4) та використанням сфероїдизувального модифікатора на макроструктурі зламу (рис. 3.13, а) передбачається формування у нижній частині сірого чавуну із пластинчатим графітом (рис. 3.13, г), а у середній та верхній частинах чавуну з кулястим графітом (рис. 3.13, б, в). Твердість у нижній частині становить 170...180 НВ, а у верхній та середній 230...250 НВ.

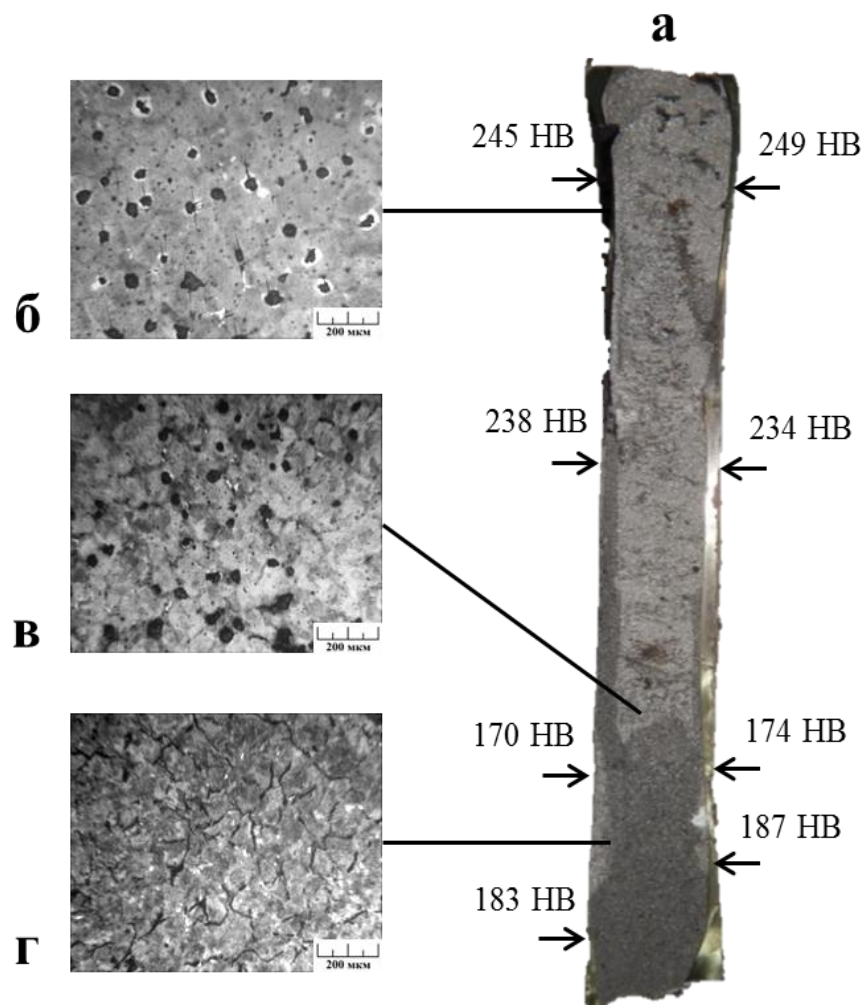


Рисунок 3.13 – Макроструктура зламу (а) та мікроструктура виливка (б...г) «Вертикальна плита» із нижнім підведенням розплаву при використанні сфероїдизувального модифікатора

Формування неоднорідної структури у виливку за другим варіантом підтверджується також хімічним аналізом, який наведено у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Хімічний склад виливка «Вертикальна плита» із нижнім підведенням розплаву при використанні сфероїдизувального модифікатора

Частина виливка	Масова частка елемента, %					
	C	Si	Mn	P	S	Mg _{зал}
Верхня та середня	3,05...3,15	0,7...0,85	0,4...0,5	до 0,07	до 0,015	0,029...0,032
Нижня	3,05...3,15	0,8...1,0	0,3...0,5	до 0,07	до 0,015	0,015...0,018

Тому в подальшому для забезпечення формування у виливку «Вертикальна плита» в нижній частині білого чавуну та у верхній частині сірого чавуну або високоміцного чавуну передбачили встановлення горизонтальної перегородки із оцинкованої сталі.

Схеми технологічних варіантів виготовлення чавунних виливків «Вертикальна плита» із ярусною ливниковою системою та нижнім підведенням розплаву з диференційованими властивостями із вставленою розділовою перегородкою зображено на рис. 3.14.

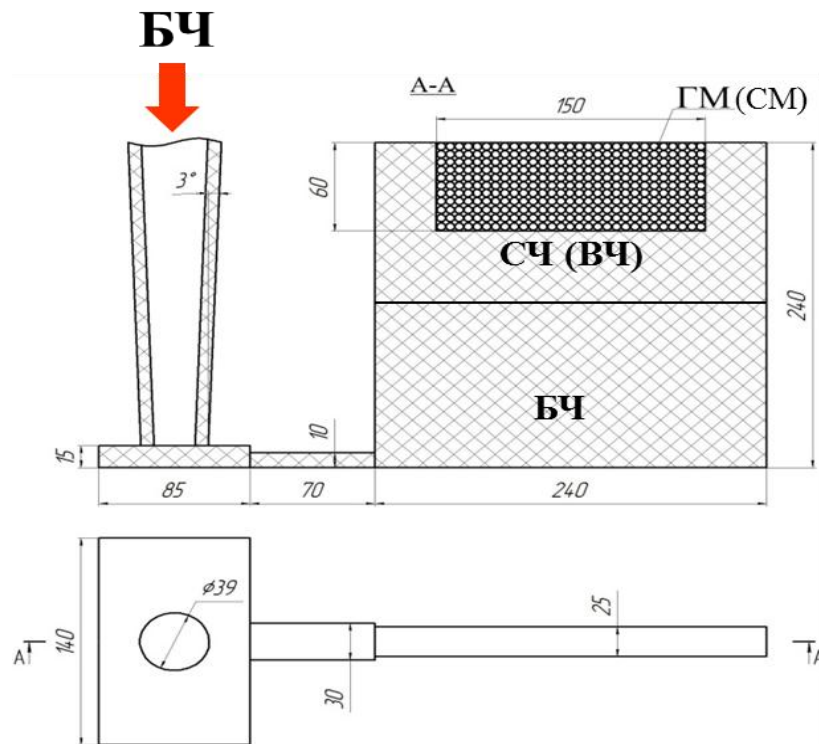
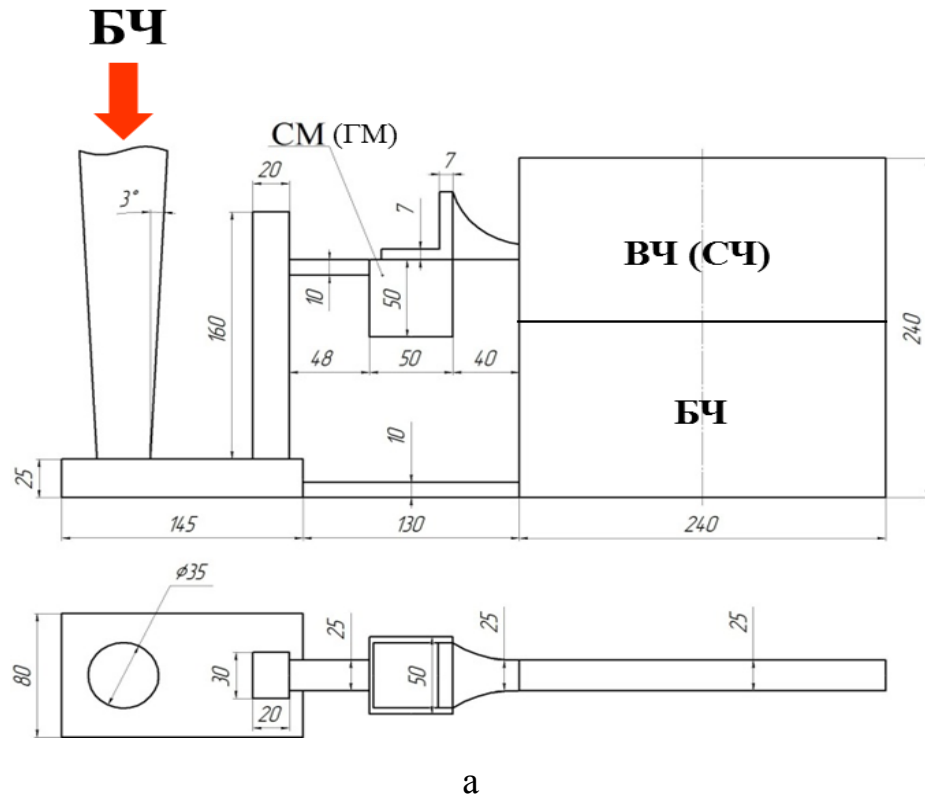
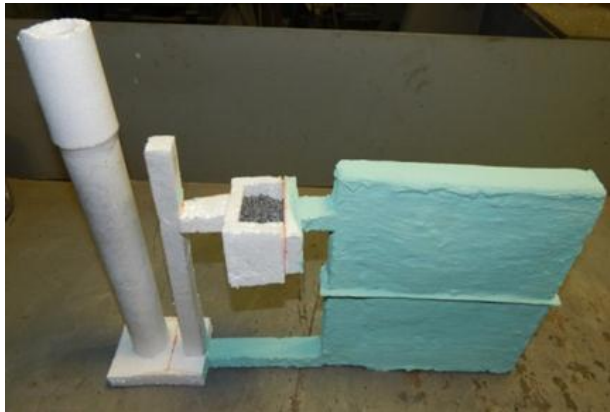
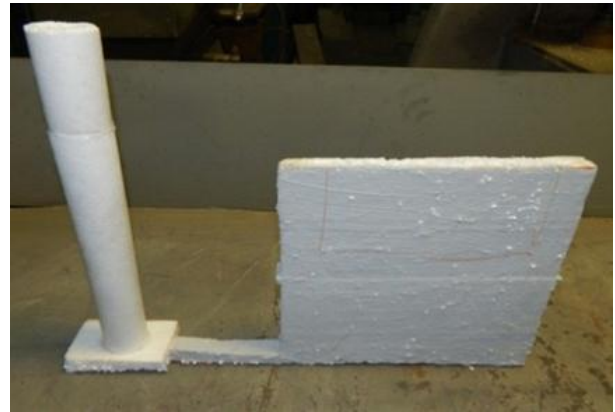


Рисунок 3.14 – Схеми технологічних варіантів виготовлення чавунних виливків «Вертикальна плита», які виготовляються шляхом заливання крізь ярусну ливникову систему (а), а також із нижнім підведенням металу з вставленою розділовою перегородкою по вісі симетрії

Загальний вигляд пінополістиролових моделей «Вертикальна плита» із ярусною ливниковою системою та із нижнім підведенням металу в яких наявна розділова перегородка зображено на рис. 3.15.



а



б

а – пінополістиролова модель із ярусною ливниковою системою;
б – пінополістиролова модель із нижнім підведенням металу

Рисунок 3.15 – Загальний вигляд пінополістиролових моделей «Вертикальна плита» із розділовою перегородкою

Загальний вигляд виливків «Вертикальна плита» із ярусною ливниковою системою та із нижнім підведенням розплаву та наявною розділовою перегородкою у виливках зображено на рис. 3.16.



а



б

Рисунок 3.16 – Загальний вигляд виливків «Вертикальна плита» із ярусною ливниковою системою (а) та із нижнім підведенням розплаву (б) та наявною розділовою перегородкою

При аналізі виготовлених виливків при такому технологічному варіанті результати експериментів показали, що нижня частина виливків кристалізується із білого чавуну (рис. 3.17, а, б) із перліто-цементитною структурою (рис. 3.17, д, ж), а у верхніх частинах виливка після оброблення сфероїдизувальним модифікатором утворюється високоміцний чавун із кулястим графітом (рис. 3.17, в), при використанні графітизувального модифікатора утворюється сірий чавун із пластинчатим графітом (рис. 3.17, е).

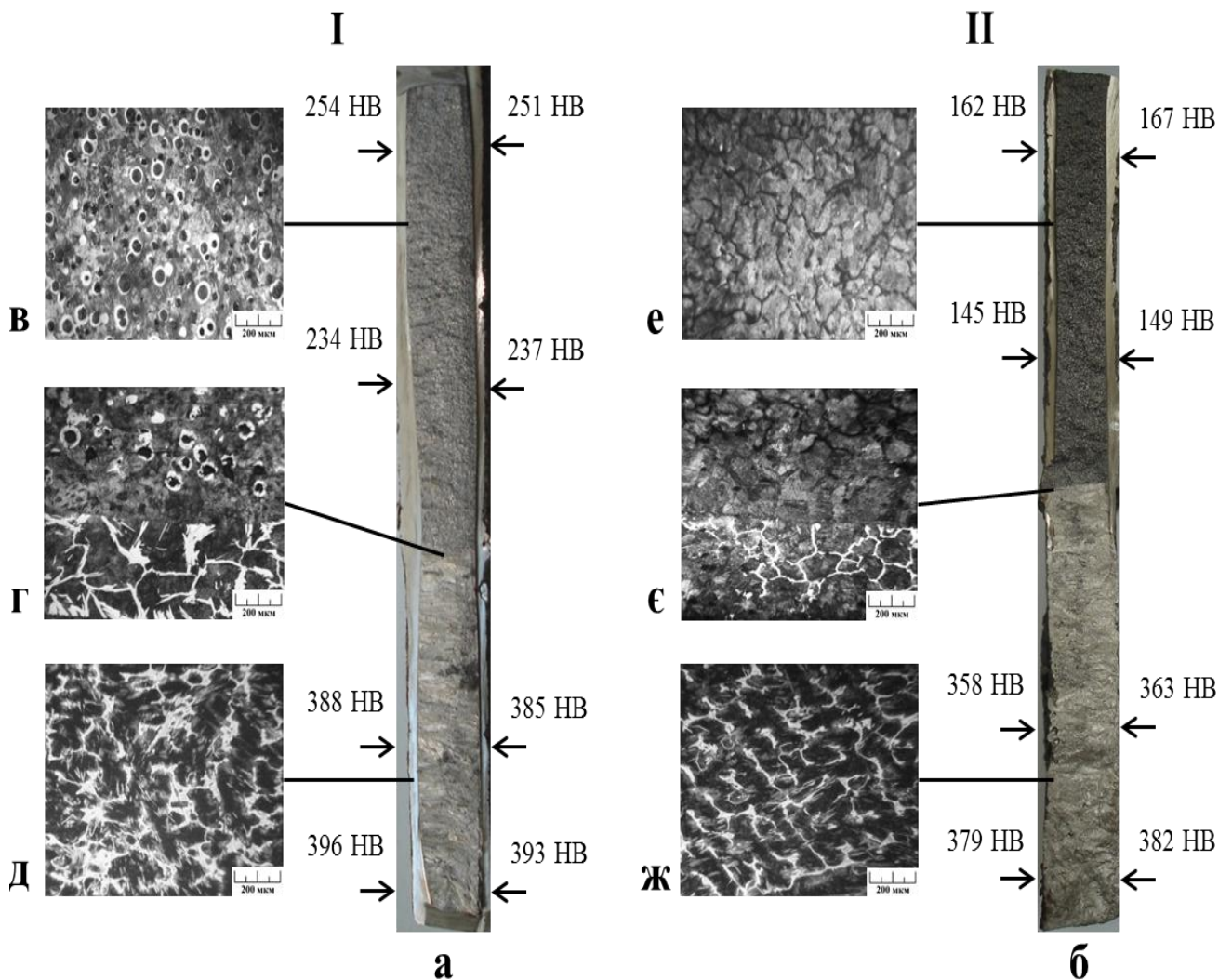


Рисунок 3.17 – Макроструктур зламу (а, б) та мікроструктура (в...ж) виливків «Вертикальна плита» із розділовою перегородкою та використанні сфероїдизувального (I) і графітизувального (II) модифікатора

У центральній частині таких виливків також утворюється перехідна зона

із щільним з'єднанням чавунних частин виливка та сталевую перегородкою (рис. 3.17, г, є).

Диференціація структури верхньої та нижньої частини представлених виливків також підтверджується неоднорідністю хімічного складу чавунів, який наведено у табл. 3.7-3.8.

Різниця твердості на поверхнях виливків у випадку поєднання білий чавун-сірий чавун становила 100...120 НВ, а при поєднанні білий чавун-високоміцний чавун – 100...190 НВ.

Таблиця 3.7 – Хімічний склад виливка «Вертикальна плита» із ярусною ливниковою системою та наявною розділовою перегородкою, при використанні сфероїдизувального модифікатора

Частина виливка	Масова частка елемента, %					
	C	Si	Mn	P	S	Mg _{зал}
Верхня	3,05...3,15	0,7...0,85	0,4...0,5	до 0,07	до 0,015	0,029...0,032
Нижня	3,0...3,05	0,45...0,55	0,42...0,45	до 0,07	до 0,015	–

Таблиця 3.8 – Хімічний склад виливка «Вертикальна плита» із нижнім підведенням металу та наявною розділовою перегородкою, при використанні графіти-зувального модифікатора

Частина виливка	Масова частка елемента, %					
	C	Si	Mn	P	S	Mg _{зал}
Верхня	3,05...3,15	0,8...1,0	0,3...0,5	до 0,07	до 0,015	–
Нижня	3,0...3,05	0,45...0,55	0,42...0,45	до 0,07	до 0,015	–

Під час проведення експериментів встановили, що на якість виливків виготовлених за ЛГМ-процесом впливають наступні параметри, а саме: використання наповнювача при формуванні, наявність протипригарного покриття, а також температурні параметри.

При виготовленні виливків за моделями, що газифікуються без використання протипригарних покриттів та не просіяної оборотної суміші утворюються не якісні виливки за невідповідністю їх конфігурації та розмірів, які зображено на рис. 3.18.



Рисунок 3.18 – Загальний вигляд виливків із дефектами за невідповідністю їх конфігурації та розмірів, що виготовлені без використання протипригарних покриттів та не просіяної оборотної суміші

При не дотримуванні температурного режиму при заливанні ливарних форм розплавом можливі такі дефекти як: не з'єднання сталевієї перегородки із чавунними частинами виливків внаслідок низької температури заливання ливарних форм, або її проплавлення у разі високої температури заливання. Загальний вигляд виливків із переліченими дефектами зображено на рис. 3.19-3.20.



Рисунок 3.19 – Загальний вигляд виливків, що мають дефекти в результаті не з'єднання сталевієї перегородки із чавунними частинами виливків



Рисунок 3.20 – Загальний вигляд виливків, що мають дефекти в результаті проплавлення сталеві перегородки між різними частинами чавуну

3.3 Рекомендації для виготовлення якісних чавунних виливків із диференційованими властивостями за моделями, що газифікуються

На основі проведених досліджень розроблені наступні рекомендації для виготовлення якісних чавунних виливків із диференційованими властивостями методом лиття за моделями, що газифікуються:

1. Вихідний чавун, що схильний до кристалізації за метастабільною системою із вибіленням має бути наступного хімічного складу, який наведено у табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Хімічний склад вихідного чавуну схильного до кристалізації за метастабільною системою із вибіленням

Вихідний білий чавун	Масова частка елементу, %				
	C	Si	Mn	P	S
	3,0...3,1	0,4...0,6	0,4...0,6	до 0,1	до 0,01

2. Температура заливання ливарних форм повинна становити 1450...1470 °С.

3. Пінополістиролові моделі необхідно обов'язково фарбувати проти-пригарними фарбами на водній основі.

4. Для отримання у одній із частин вилівка високоміцного чавуну рекомендовано використовувати сфероїдизувальний модифікатор марки VL63M, а для отримання сірого чавуну графітизувальний модифікатор марки ФС75. При чому кількість модифікатора повинно становити 2% від маси рідкого металу, що оброблюється.

5. Для отримання виливків за моделями, що газифікуються при формоутворенні в якості наповнювального матеріалу рекомендовано використовувати суху оборотну суміш.

За переліченими рекомендаціями та встановленими режимами лиття у роботі було розроблено та випробувано технологічний процес виготовлення промислового виливку «Зуб ковша екскаватора» із диференційованою структурою при литті за моделями, що газифікуються.

Загальний вигляд пінополістиролової моделі з ливниково-модифікувальною системою, вилівка та макроструктура зламу «Зуба ковша екскаватора» наведено на рис. 3.21.



а



б



в

а – пінополістиролова модель з ливниково-модифікувальною системою;
б – загальний вигляд виливка; г – макроструктура зламу

Рисунок 3.21 – Загальний вигляд пінополістиролової моделі з ливниково-модифікувальною системою, виливка та макроструктура зламу «Зуба ковша екскаватора»

3.4 Висновки до розділу 3

1. Запропоновані та досліджені технологічні процеси виробництва чавунних виливків із диференційованими властивостями методом лиття за моделями, що газифікуються. Сутність яких полягає у тому, що під час заливання ливарних форм вихідний розплав, схильний до кристалізації за метастабільною системою з вибіленням виплавлених в одному плавильному агрегаті заливається до ливарної форми, в якій він поділяється на два потоки, один із яких проходить безпосередньо до порожнини форми та заповнює її, а інший потік перед заповненням форми проходить внутрішньоформове сфероїдизувальне або графітизувальне оброблення та заповнює іншу частину форми.

2. Експериментальними дослідженнями встановлено, що для забезпечення диференціації структури та властивостей у виливках за запропонованими варіантами необхідно використовувати розділовий бар'єр між чавунами при одночасному заповненні ними порожнини ливарної форми. При цьому

розділення структури та властивостей досягається за наявності механічного бар'єра у вигляді розділової перегородки з оцинкованої сталі товщиною 1.0...1,2 мм при температурі заливання не вище 1500 ± 5 °С.

3. Установлено, що після заливання розплаву в процесі взаємодії сталевій розділової перегородки з чавуном відбувається формування перехідної зони у виливку з мікроструктурою, яка складається із залишків сталевій перегородки та проміжної зони між чавуном та перегородкою. Проміжна зона формується внаслідок дифузії вуглецю з прилеглих шарів чавуну в сталеву перегородку, який забезпечує формування карбідної сітки мікротвердістю 840 HV навкруги перлітної структури мікротвердістю 320 HV.

4. Різниця твердості між протилежними частинами виливків з поєднанням білий чавун – сірий чавун з пластинчастим графітом складає 140...160 HB, а з поєднанням білий чавун – високоміцний чавун з кулястим графітом 100...120 HB.

5. Розроблені рекомендації щодо технологічних процесів виготовлення виливків «Горизонтальна плита» та «Вертикальна плита» методом лиття за моделями, що газифікуються.

6. За розробленими режимами лиття було виготовлено промисловий виливок «Зуб ковша екскаватора».

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Вступ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності.

Мета охорони праці – формування в магістрів системи теоретичних та прикладних знань з правових, економічних, технологічних та організаційних питань про створення безпечних умов праці, захисту людей на виробництві.

Науково-дослідну роботу, на тему «Розроблення технологічного процесу виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями методом лиття за моделями, що газифікуються», виконували у ливарній лабораторії кафедри ливарного виробництва чорних і кольорових металів, ІФФ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Робота в ливарному цеху пов'язана із шкідливими та небезпечними виробничими факторами, тому метою розділу є розроблення заходів, спрямованих на забезпечення нешкідливих та здорових умов праці в цеху, розроблення заходів на ділянках ливарної лабораторії (на усунення та зниження травматизму працівників) [45].

4.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Аналіз умов праці виконувався у декілька етапів. На першому етапі були виконані наступні вимірювання:

- довжина лабораторії $a = 24$ м;
- ширина лабораторії $b = 12$ м;
- висота лабораторії $h = 6$ м.

За цими величинами були розраховано:

– площа лабораторії $S = a \times b = 288\text{м}^2$;

– загальний об'єм лабораторії $V = a \times b \times h = 1728 \text{ м}^3$.

Оскільки кількість працюючих у лабораторії не перевищує 8-х осіб, то площа та об'єм, що припадає на одну людину дорівнює:

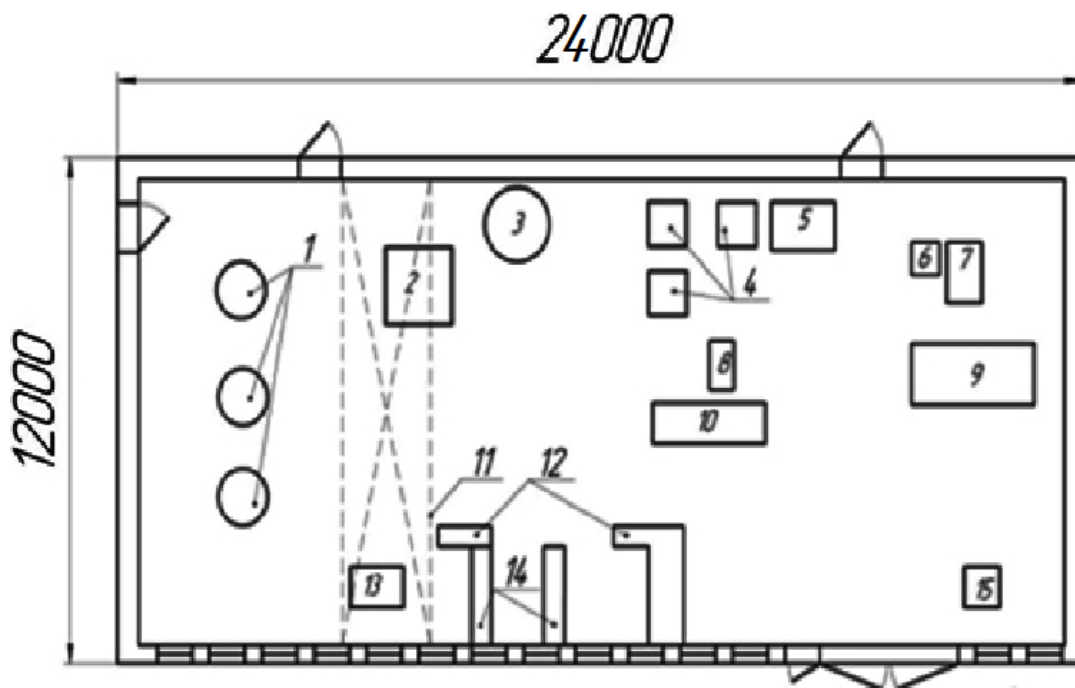
– площа лабораторії на одного працівника $S' = S/8 = 36 \text{ м}^2$;

– об'єм лабораторії на одного працівника $V' = V/8 = 216 \text{ м}^3$.

Згідно із нормами СНиП 2.09.02-85 площа і об'єм робочого приміщення на кожного працівника повинні бути не меншими $4,5 \text{ м}^2$ та 15 м^3 відповідно.

Таким чином, розміри приміщення по відношенню до кількості працюючих в ньому людей повністю відповідають вимогам СНиП 2.09.02-85.

Загальна схема ливарної лабораторії зображено на рис. 4.1.



1 – індукційні печі; 2 – сушарка; 3 – змішувач; 4 – формувальні машини; 5 – машина відцентрового лиття; 6 – зварювальний апарат; 7, 9 – печі опору; 8 – наждачний верстак; 10 – верстак; 11 – кран-балка; 12 – шафи; 13 – установка ЕШП; 14 – верстаки; 15 – контейнер для сміття

Рисунок 4.1 – Технологічний план ливарної лабораторії з устаткуванням

Шкідливий виробничий фактор – це фактор, вплив якого за певних умов

може призвести до захворювання, зниження працездатності або негативного впливу на здоров'я нащадків.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори (НШВФ), які мають місце при виконанні дипломної НДР це:

- запиленість;
- виділення газів та пару;
- виділення небезпечних речовин;
- надмірне виділення тепла;
- збільшений рівень шуму та вібрації;
- наявність рухомих машин, механізмів та частин виробничого устаткування (наприклад, кран-балка із вантажем);
- інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання;
- надмірні тепловиділення;
- електромагнітні поля.

4.3 Мікроклімат

Мікрокліматичні умови – це параметри температури, відносної вологості, швидкості руху повітря в робочій зоні або в зоні обслуговування та на постійних робочих місцях, встановлені відповідними нормами.

Оптимальними мікрокліматичними умовами вважаються такі умови, при яких має місце найвища працездатність та хороше самопочуття працівників, а також надійна робота приладів, які використовують у лабораторії [46].

Санітарно-гігієнічне нормування умов мікроклімату здійснюють згідно з ДСН 3.3.6.042-99, які встановлюють оптимальні і допустимі параметри мікроклімату залежно від загальних енерговитрат організму під час виконання робіт, як у холодний так і у теплий період року для людини, що знаходиться на постійному робочому місці.

Так як робота у ливарній лабораторії потребує помірних фізичних зусиль, виконується стоячи, пов'язана з ходінням, переміщенням вантажів, вага яких не

перевищує 10 кг, то можна вважати, що категорія робіт за ступенем важкості відноситься до Пб. Енерговитрати організму людини при цій категорії робіт становлять 232...290 Ккал/год.

При санітарно-гігієнічному нормуванні умов мікроклімату відповідно до вимог ДСН 3.3.6.042-99 використовують 2 періоди року: теплий (середньодобова температура зовнішнього середовища >10 °С) і холодний період року (середньодобова температура зовнішнього середовища <10 °С). Роботи здійснюють і в холодний і в теплий період року.

Інтенсивність теплового опромінення працівників від нагрітих поверхонь має не перевищувати $140,0$ Вт/м². Величина опромінюваної площі поверхні тіла має не перевищувати 25%, а також обов'язкове використання ЗІЗ. Для поновлення втрат вологи в організмі працівники можуть пити питну підсолену воду.

Допустимі та виміряні значення мікроклімату наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Допустимі та виміряні значення мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с		Інфрачервоне випромінювання, Вт/м ² , джерело: ІСТ-0,06		Примітки(система опалення та вентиляції)
		вим.	доп.	вим.	доп.	вим.	доп.	вим.	доп.	
Холодний	Пб	10	13...23	82	75	0,3	$<0,5$	1200	140	Природне водяне опалення
Теплий	Пб	31	15...27	65	55 при 24°C і нижче	0,4	0,5...0,4	1400	140	Місцева витяжна примусова вентиляція

Дані таблиці показують, що виміряні показники відносної вологості та швидкості руху повітря відповідають допустимим параметрам в усі періоди року згідно ДСН 3.3.6.042-99; щодо температури, то в теплий період року параметри не відповідають допустимим значенням, а також і холодний період не відповідає допустимим значенням, для непостійних робочих місць – робота проводилась протягом 1,5 астрономічних годин.

Висновок: умови праці в холодний і теплий період року за показниками температури та відносної вологості відносяться до III класу I ступеня, а з інфрачервоного випромінювання – до III класу II ступеня. Ця дія має тимчасовий характер.

Рекомендації: для поліпшення температури, в холодний період вологості потрібна організація припливної вентиляції з калорифером, а в теплий період скоротити кількість робочих днів.

4.4 Освітлення

Залежно від джерел світла освітлення може бути:

- природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу;
- штучним, що створюється електричними джерелами світла;
- суміщеним, при якому недостатнє за нормативами природне освітлення доповнюється штучним.

Природне освітлення поділяють на таке:

- бокове, що здійснюється через вікна в зовнішніх стінах;
- верхнє, здійснюється через ліхтарі в покрівлі;
- комбіноване – поєднання верхнього та бокового.

Штучне освітлення може бути зональним та комбінованим. Місцеве освітлення створюють світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

При тривалій роботі на погано освітленому робочому місці зорове сприй-

няття знижується, розвивається короткозорість, з'являються захворювання очей та головні болі. Внаслідок постійної напруги зору настає зорове стомлення та втрата уваги, що сприяє неточності виконання робіт і травматизму. Тривала робота при високому освітленні може призвести до світлобоязні – підвищеної чутливості очей до світла з характерними сльозотечіями, запаленням слизистої оболонки та роговиці ока.

Так як виплавляють метал і більшість робочого часу працівники витрачають на роботу із рідким металом, то можна вважати, що зорові роботи на ділянці відповідають VII розряду. Освітлення повинно бути достатнім для виконання робіт та відповідати ДБН В 2.5.28-2006.

Оскільки роботи виконуються у світлий та у темний час доби, тому існує штучне освітлення.

4.4.1 Розрахунок рівня природного освітлення

Значення коефіцієнта природної освітленості (КПО) для будівель, що розташовані в різних регіонах України, при розміщенні вікон з західної сторони, визначаємо за формулою:

$$e_N = e_n \cdot m \quad (4.1)$$

де: e_N – нормативне значення коефіцієнта природної освітленості КПО для будівель, що розташовані в різних регіонах України;

e_n – значення коефіцієнта природної освітленості (КПО) для робіт високої точності із боковим природним освітленням [табл. 1, 49];

$m = 0,85$ – коефіцієнт світлового клімату для розміщення вікон з західної сторони.

$$e_N = 1,5 \cdot 0,85 = 1,28$$

Розрахунок рівня природного освітлення здійснюється за формулою:

$$100 \cdot \frac{S_o}{S_n} = \frac{e \cdot K_3 \cdot \eta}{\tau \cdot r} \cdot K_{зз}; \quad (4.2)$$

$$e = \frac{100 \cdot S_o \cdot \tau \cdot r}{S_n \cdot K_3 \cdot \eta \cdot K_{зз}}, \quad (4.3)$$

де $S_n=288 \text{ м}^2$ – площа приміщення;

$K_3=1,2$ – коефіцієнт запасу, враховує зниження світло пропускання вікон і середовища у приміщенні;

$\eta = 15$ – світлова характеристика вікон, залежить від відношення розмірів приміщення (довжини до глибини та глибини до висоти від рівня робочої поверхні до верхнього краю вікна);

$S_o= 21 \text{ м}^2$ – площа вікна;

$K_{зз}= 1,1$ – коефіцієнт, що враховує затінення будівлями, які розташовані навпроти (залежить від відношення відстані між будівлями до висоти карнизу протилежного будинку над підвіконником);

τ_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання.

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 \quad (4.4)$$

де τ_1 – коефіцієнт світло пропускання матеріалу, який визначається в залежності від виду світлопропускаючого матеріалу (при подвійному склі 0,8);

τ_2 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконній рамі (вид рами спарений 0,7);

$\tau_3=1$ – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях (при боковому освітленні $\tau_3= 1,0$);

$\tau_4=1$ – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях;

$\tau_5=1$ – коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисній сітці, яка встанов-

люється під ліхтарями.

$$\tau_0 = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,56$$

$$e = \frac{100 \cdot 21 \cdot 0,56 \cdot 1,5}{288 \cdot 1,2 \cdot 15 \cdot 1,1} = 0,45$$

Таким чином коефіцієнт природного освітлення в нашому приміщенні становить 0,45, а нормативний КПО, при бічному освітленні має становити 1,28 (за ДБН В.2.5-28-2006). Отже, лабораторне приміщення не забезпечується необхідним природним освітленням, тому у денний період потрібно застосовувати сумісне освітлення.

4.4.2 Розрахунок штучного освітлення

Ливарна лабораторія має: довжину 24 м, ширину 12 м, висоту 6 м. В якості світлових пристроїв встановлені світильники ЛПО01. В кожному світильнику встановлено по 2 лампи ЛБ-40, світловий потік однієї такої лампи становить $\Phi = 3200$ лм. Світильники розміщені на висоті 12 см від стелі в 3 ряди по 10 світильників. Площа складає 288 м^2 .

Розрахунок проводимо по формулі:

$$E = \frac{N \cdot \Phi \cdot n \cdot \eta}{K \cdot S \cdot Z} \quad (4.5)$$

де Φ – світловий потік світильника, лм

K – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп. $K=1,5$ – для ливарних цехів при освітленні люмінесцентними лампами.

S – площа приміщення, що освітлюється.

$$S = A \cdot B = 12 \cdot 24 = 288 \text{ м}^2.$$

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z=1,1$ – при використанні люмінісцентних ламп;

N – кількість світильників;

n – це кількість ламп у світильнику;

η – коефіцієнт використання світлового потоку. Він визначається за світлотехнічними таблицями [табл. 3.26, 50] залежно від показника приміщення i , коефіцієнтів відбиття стін та стелі.

Показник приміщення i визнаємо як:

$$i = a \cdot b / h(a + b) \quad (4.6)$$

де a і b – довжина і ширина приміщення, м;

h – висота світильника над робочою поверхнею, м;

Для нашого приміщення: $a=24$ м; $b = 12$ м; $h = 6$ м.

$$i = 24 \cdot 12 / 6(24+12) = 1,35$$

Вибираємо значення $\eta = 0,55$ для ламп ЛП001; $\rho_{\text{стелі}} = 70\%$; $\rho_{\text{стін}} = 50\%$.

$$E = \frac{30 \cdot 3200 \cdot 2 \cdot 0,55}{1,5 \cdot 288 \cdot 1,1} = 222 \text{ лк.}$$

Штучне освітлення приміщення ливарної дільниці задовольняє норми штучного освітлення для VII розряду зорової роботи, яка становить 200 лк.

Схему розташування світильників у ливарній лабораторії наведено на рис. 4.2.

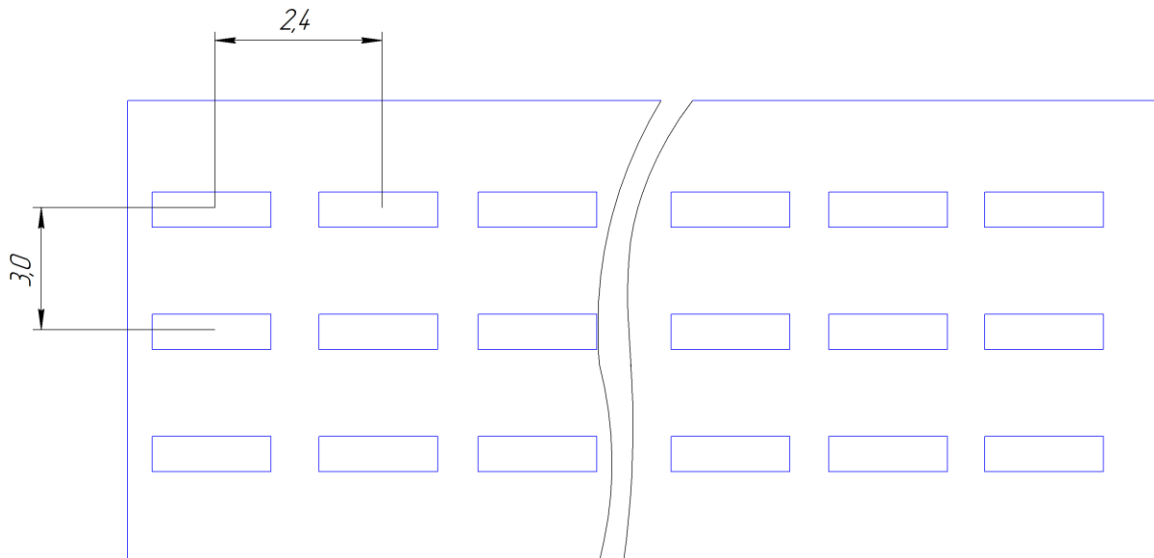


Рисунок 4.2 – Схема розташування світильників у ливарній лабораторії

4.5 Шум

Шум – це небажаний звук, який наносить шкоду здоров'ю людини, знижує працездатність, а також може сприяти отриманню травм через зниження сприйняття попереджувальних сигналів. Звукові хвилі виникають при порушенні стаціонарного стану середовища (механічні коливання конструкцій або їх частин, нестационарні явища в газоподібних або рідких середовищах), внаслідок впливу на них сили збудження та, поширюючись у ньому, утворюють звукове поле.

Шум може тимчасово активізувати або постійно пригнічувати психічні процеси організму людини. Фізіо- та біологічні наслідки можуть проявлятися у формі порушення функцій слуху та інших аналізаторів, зокрема вестибулярного апарату, координуючої функції кори головного мозку, нервової системи, систем травлення і кровообігу.

Шум погіршує самопочуття людини і знижує продуктивність праці на 10...15%, та може призвести до професійних захворювань. У зв'язку із цим боротьба з шумом має не лише санітарно-гігієнічне, але і велике техніко-економічне значення.

У ливарній лабораторії джерелами шуму є вентиляція, генераторний комплекс індукційних електропечей, кран-балка, котковий змішувач. Усі працівники лабораторії забезпечені ЗІЗ, що дає можливість знизити рівень звукового тиску на 7...45 дБ.

Шумові характеристики джерел шуму:

- вентиляція, L_v – 70 дБ;
- генераторний комплекс індукційних електропечей, L_T – 84 дБ;
- кран-балка, L_k – 86 дБ.

Рівень шуму відповідно до нормативного документу ДСН 3.3.6.037-99 має не перевищувати допустимі параметри, що складають 80 дБ.

Шум у цеху, непостійний широкополосний тональний, розраховують з урахуванням часу дії джерела шуму.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі рівні звукових тисків в октавних смугах нормативного діапазону

Вид трудової діяльності	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									Рівень звуку, дБ
	31,5	63	125	150	500	1000	2000	4000	8000	
Непостійні робочі місця у виробничих приміщеннях і на території підприємств	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Визначаємо поправки до вимірних значень рівней звуків в залежності від тривалості дії джерела шуму [табл. Д.2.1, 51]:

$$L_v = 70 - 6 = 64 \text{ дБ (враховуючи тривалість роботи 2 год за зміну);}$$

$L_T = 84 - 6 = 78$ дБ (враховуючи тривалість роботи 2 год за зміну);

$L_K = 80 - 12 = 68$ дБ (враховуючи тривалість роботи 30 хв за зміну).

Визначаємо рівень звуку для кожного із джерел шуму в залежності від тривалості їх роботи:

$$L_i = l_i \cdot t_i, \text{ дБ} \quad (4.7)$$

де l_i – рівень звуку відповідного джерела, дБ;

t_i – час дії джерела шуму.

$$L1 = 64 \cdot 2 = 128 \text{ дБ}$$

$$L2 = 78 \cdot 2 = 156 \text{ дБ}$$

$$L3 = 68 \cdot 2 = 136 \text{ дБ}$$

Далі визначаємо сумарний рівень звукової потужності всіх джерел шуму:

$$L^{\text{роз}}_{\Sigma} = 10 \lg(10^{L1/10} + 10^{L2/10} + 10^{L3/10}), \text{ дБ} \quad (4.8)$$

де $L^{\text{роз}}_{\Sigma}$ – сумарний розрахунковий шум, дБ;

$L1, L2, L3$ – джерела шуму, відповідно від вентиляції, змішувача та кран-балки.

$$L^{\text{роз}}_{\Sigma} = 10 \lg(10^{12,8} + 10^{15,6} + 10^{13,6}) = 78,4 \text{ дБ}$$

Висновок: сумарний розрахунковий шум в лабораторії не перевищує допустимі параметри шуму і складає 78,4 дБ. Допустима норма шуму для непостійних робочих місць відповідно до таблиці 4.3 складає 80 дБ, отже шум в межах норми.

Динамічні навантаження, які виникають в машинах, можуть бути знижені наступними шляхами:

- ретельним динамічним балансуванням обертових частин агрегатів;
- центруванням муфтових з'єднань вентилятора;
- ліквідацією перекосів та великих зазорів у підшипниках;
- надійним закріпленням рознімних частин обладнання.

Обладнання, яке створює значні динамічні навантаження, рекомендується встановлювати на окремих фундаментах, не пов'язаних з каркасами будівель або в підвальних поверхах.

Крім заходів технологічного і технічного характеру, коли не вдається знизити рівень шуму до допустимих значень, застосовуються ЗІЗ органів слуху:

- а) антифони у вигляді вкладишів із суміші волокон органічної бактерицидної вати і ультратонких полімерних волокон (знижують шум на 15...30 дБ);
- б) навушники (знижують шум на 30...40 дБ);
- в) шоломи - при дії шуму з рівнем більше 120 дБ.

4.6 Вібрація та її вплив на людину

Вібрація – це механічні коливання пружних тіл. Причини вібрації:

- неврівноважені силові дії (зубчасте зачеплення, кривошипно-шатунний механізм);
- неврівноважені елементи, що обертаються (вентиляторні системи, електродвигуни, компресори);
- технологічне обладнання, яке працює за принципом вібродії (вібросита, вібробункери, ущільнювачі і т.і.).

Вібрація характеризується такими параметрами, як частота, Гц, амплітуда, м, швидкість, м/с, і прискорення, м/с².

За способом передачі на тіло людини розрізняють вібрацію загальну та локальну. Загальна вібрація передається на тіло людини через будь-які опорні

поверхні при роботі сидячи або стоячи, а локальна – через руки.

Довготривалий вплив загальної вібрації на людину призводить до розладу вестибулярного апарату, центральної та периферичної нервових систем, захворювання органів травлення, а також серцево-судинної системи. Локальна вібрація викликає порушення периферичного кровообігу і нервової системи та м'язово-суглобного апарату.

При тривалій роботі в умовах вібрації виникає професійне захворювання – вібраційна хвороба, яка призводить до порушення функцій різних органів периферичної та центральної нервових систем, а у тяжких випадках – до незворотних органічних змін в організмі, які не виліковуються і призводять до інвалідності. Більш небезпечною вважається загальна вібрація.

Людина починає відчувати вібрацію при швидкості коливань 10...4 м/с. Коливання тіл із частотою нижче 16 Гц сприймаються організмом як вібрація, а коливання із частотою 16...20 Гц і більше – одночасно як вібрація і звук. Небезпечними є коливання робочих місць, які мають частоту резонансу з коливаннями окремих органів або частин тіла людини. Так, весь організм і більшість внутрішніх органів резонують при дії коливань із частотою 6...9 Гц, голова – 17...25 Гц, плечовий пояс – 4...6 Гц. Поява резонансу може призвести до розриву цих органів.

Основні заходи захисту від вібрації:

- зменшення вібрації у джерелі виникнення (заміна ударних процесів на безударні, використання деталей із пластмас, ремінних передач замість ланцюгових і т.ін.);

- зменшення вібрації на шляху поширення (віброізоляція, вібропоглинання або віброгасіння).

Віброізоляція ослаблює передачу коливань від джерела виникнення на основу, підлогу, сидіння тощо за рахунок встановлення між ними пружних елементів – віброізоляторів.

Вібропоглинання здійснюється шляхом нанесення на вібруючу поверхню шару пружнов'язких матеріалів (гуми, мастики, пластика).

Віброгасіння здійснюють шляхом встановлення вібруючого обладнання на жорсткі масивні віброгасячі фундаменти або залізобетонні плити, по їх периметру встановлюють акустичний шов, який заповнюють пружними легкими матеріалами і який призначений для ліквідації безпосередньої передачі коливань від фундаменту до будівельних конструкцій.

Застосування ЗІЗ: спеціальне взуття, наколінники, рукавиці, вібропоглиначі прокладки, налокітники, пояси, нагрудники, спеціальні костюми.

4.7 Інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання

Джерелом інфрачервоних і ультрафіолетових випромінювань є виплавлений метал, футеровка печі, ковша і метал . Особливо інтенсивному опроміненню піддається плавильник під час проведення таких технологічних операцій як підшихтовка, скачування шлаку, випускання металу.

Теплове (інфрачервоне) випромінювання виникає всюди де температура відмінна від абсолютного нуля.

За фізичною природою інфрачервоне випромінювання (ІЧВ) є різновидом електромагнітного випромінювання (ЕМВ). Це потік енергії, яка має як хвильові так і корпускулярні властивості. Довжина хвилі ІЧВ від 780 нм (0,78 мкм) до 540 мкм. ІЧВ проходить без втрат через вакуум, через сухе чисте повітря і нагріває тільки тіла які підпадають під випромінювання і поглинають його.

ІЧ випромінювання чинить на організм, в основному, тепловий вплив. Ефект дії ІЧВ залежить від довжини хвилі, що обумовлює глибину його проникнення.

У зв'язку із цим діапазон ІЧВ розбитий на три області А ($= 0,76 - 1,4$ мкм), В ($= 1,4 - 3,0$ мкм), і С (> 3 мкм). Перша область (А) має велику проникність через шкіру і позначається як короткохвильова. В і С відносять до довгохвильових.

ІЧ випромінювання впливає на функціональний стан нервової системи, приводить до змін у серцево-судинній системі, підвищується частота пульсу і дихання, підвищується температура тіла, підсилюється потовиділення.

ІЧ випромінювання діють на слизову оболонку очей, кришталік і можуть викликати патологічні зміни в очах: помутніння рогівки і кришталіка, опіку сітківки.

При тривалому перебуванні в зоні ІЧ випромінювань відбувається порушення теплового балансу в організмі. Порушується робота терморегулюючого апарату, посилюється діяльність серцево-судинної і дихальної систем, потовиділення, відбувається втрата потрібних організму солей. Порушення теплового балансу викликає захворювання, що називається гіпотермією. При систематичних перегріваннях підвищується сприйнятливність до застуд. Спостерігається зниження уваги, підвищується стомлюваність, знижується продуктивність праці.

За даними ДСН 3.3.6.042-99 при наявності відкритих джерел випромінювання (нагрітий метал, скло, відкрите полум'я) допускається інтенсивність опромінення до 140 Вт/м^2 . Величина опромінюваної площі не повинна перевищувати 25% поверхні тіла працюючого при обов'язковому використанні індивідуальних засобів захисту (спецодяг, окуляри, щитки).

Розрахуємо інтенсивність опромінення нагрітим металом:

$$q = E \cdot C_0 \cdot (T/100)^4 \quad (4.9)$$

де E – ступінь чорності матеріалу, для чавуну $E = 0,043 \dots 0,064$;

$C_0 = 5,67 \text{ Вт/м}^2$;

T – температура випромінюючої поверхні, К $T = 1373 \text{ К}$.

$$q = 0,055 \cdot 5,67 \cdot (1373/100)^4 = 25 \text{ Вт/м}^2$$

Інтенсивність опромінення не перевищує допустимої норми.

При веденні технологічного процесу в цеху на всіх стадіях обробки матеріалів можлива дія шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Тому для збереження здоров'я та життя людини використовують спеціальні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Індивідуальними засобами захисту робітників є спецодяг (повстяні костюми). Для захисту ніг від теплового випромінювання, іскор і бризок розплавленого металу використовують спеціальне шкіряне взуття з металевим носком для працюючих в гарячих цехах. Для захисту рук від опіків – брезентові рукавиці, комбіновані з надолонниками зі шкіри. Враховуючи специфіку роботи із чавуноплавильним комплексом для уникання опіків, потрапляння розплавленого металу на тіло та кінцівки спецодяг забороняється заправляти у чоботи, рукавиці та ін., а також працювати у незастебнутому чи порваному спецодязі. Спецодяг повинен мати захисні властивості, які виключають можливість нагріву його внутрішніх поверхонь на будь-якій ділянці до температури 40 °С у відповідності із спеціальними стандартами (ГОСТ 12.4.016 – 87 ССБТ. Одежда специальная. Номенклатура показателей качества).

Для захисту голови від теплових опромінь, іскор та бризок металу використовують повстяний капелюх, захисну каску з підшоломником. Для захисту очей та обличчя – щиток теплозахисний сталевара, з прикладними для нього захисними окулярами із світлофільтрами, маски захисні з прозорим екраном, окуляри захисні, козиркові із світлофільтрами.

4.8 Загазованість та запиленість

Головним показником, який характеризує стан забруднення повітря лабораторії шкідливими газами та пилом, є концентрація шкідливих речовин, яка не повинна перевищувати гранично допустиму концентрацію (ГДК), що встановлена ГОСТ 12.1.005 – 88 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования».

Неотруйні виробничі пари, гази і пил в основному подразнюють організм і, проникаючи всередину організму через органи дихання, можуть викликати хронічні захворювання легень і дихальних шляхів (сюди відносять пил різного походження).

До подразливого пилу відносять:

- мінеральний (азбестовий, кварцовий, вугільний, наждачний та ін.);
- металевий (залізний, чавунний, цинковий та ін.);
- деревний.

Подразливий (неотруйний) пил подразнює слизові оболонки дихальних шляхів, шкіру, очі і практично не потрапляє в кровообіг унаслідок поганої розчинності в біологічних середовищах. Проте тривала робота в умовах заповненого повітря може призвести до хронічних захворювань легенів. Ці захворювання призводять до обмеження дихальної поверхні легенів і змін у всьому організмі людини.

Стан повітряного середовища визначається в основному наявністю газів та запиленням і характеризується як III кл. 1-ступінь згідно постанови №442 К М України від серпня 1992 року.

Процес плавлення металу супроводжується виділенням газів.

Так як робота пов'язана із плавленням чавуну, то під час його плавлення виділяється газ, який є шкідливим для людини.

Джерелом виділення шкідливих газів є печі ІЧТ – 006, рідкий метал та формувальні і футерувальні матеріали.

Таблиця 4.3 – Загазованість та запиленість ливарної лабораторії

Технологічний процес	Назва речовини (формула)	ГДК, мг/м ³	Визначена концентрація, мг/м ³	Агрегатний стан
Сушка ковшів, заливання форм, плавка чавуну	Оксид вуглецю (CO)	20,0	12,2	Аерозоль

Продовження таблиці 4.3

Плавка чавуну, заливання форм	Оксид марганцю (MnO ₂)	0,05	0,03	аерозоль
Футерування ковшів та тиглів, пил формувальних матеріалів	Пил, який вміщує > 10% кварцу (SiO ₂)	1	0,65	аерозоль

Висновок: повітря робочої зони цеху відповідає санітарним нормам, оскільки робочі місця не постійні, а кількість шкідливих речовин у повітрі не перевищують гранично допустимі концентрації в робочій зоні.

Для зменшення шкідливого впливу пилу та газів використовують засоби індивідуального захисту: респіратори ШБ-1 «Пелюсток-200», «Пелюсток-40». Вони захищають від високодисперсних аерозолів (діаметр часток не більше 2 мкм) при концентраціях, що перевищують ГДК в 200 разів; грубодисперсних аерозолів і від високодисперсних аерозолів (діаметр часток не більше 2 мкм) при концентраціях, що перевищують ПДК в 40 разів відповідно. Використовуються в ливарних цехах при плавці й сублімації металів.

Фільтруючий протигазовий респіратор РПГ-67 захищає від пари органічних речовин (бензину, ацетону, спиртів, ефірів, бензолу й ін.).

Використовується в ливарному виробництві при виготовленні форм і стрижнів.

Найбільш дієвим заходом для забезпечення нормальних метеорологічних умов і чистоти повітря на робочих місцях є правильно організована система вентиляції.

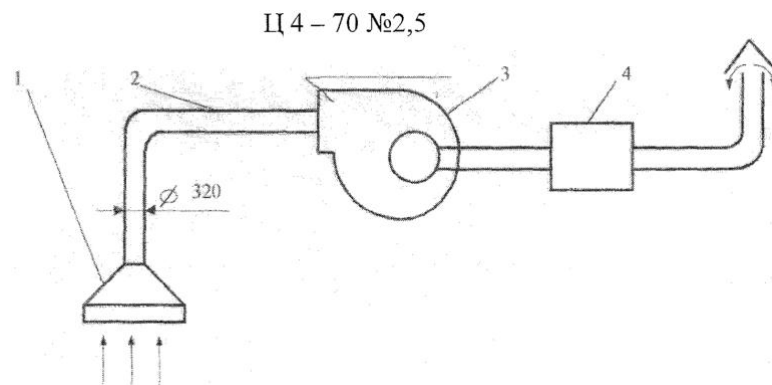
4.9 Вентиляція

Під вентиляцією розуміють сукупність заходів та способів, призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середо-

вища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам.

Основне завдання вентиляції – вилучити із приміщення забруднене або нагріте повітря та подати свіже, тобто забезпечити в приміщеннях метеорологічні умови, що відповідають нормативним вимогам, а також виключити можливість вмісту в повітрі шкідливих речовин, які перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК).

На ділянці передбачено місцеві витяжні зонти, для вловлювання потоків шкідливих газів та пилу та виведення із приміщення лабораторії. Їх доцільно використовувати у випадку, коли джерело утворення пилу, парів та газів переміщується по площі робочого місця, як в горизонтальній вертикальній площинах. Схему вентиляції показано на рис. 4.3.



1 – витяжний зонт; 2 – повітропровід; 3 – вентилятор; 4 – фільтр

Рисунок 4.3 – Схема вентиляції в ливарній лабораторії

4.10 Електробезпека

Приміщення ливарної лабораторії за ступенем ураження електричним струмом відноситься до приміщень з особливою небезпекою. Фактори, за якими визначаємо категорію приміщення такі:

- відсутня висока відносна вологість повітря (не перевищує 75 % протягом тривалого часу);
- температура в приміщенні перевищує 35 °С,

- є струмопровідна підлога.
- є можливість одночасного дотику до металевих корпусів електрообладнання та заземлених елементів.

Напруга електромережі складає 220 В. Для живлення обладнання та устаткування лабораторії використовують трифазний струм напругою 380 В. Для електромережі із напругою 220 В достатньо занулення, а для електромережі із напругою 380 В необхідно використовувати заземлення. Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения.» захисне заземлення – це електричне з'єднання із землею чи її еквівалентом металевих неструмовідних частин, які можуть опинитися під напругою. Захисна дія заземлювального пристрою заснована на зниженні до безпечної величини струму, що проходить через людину в момент торкання нею пошкодженої електроустановки та забезпечує паралельно можливому включенню людини в мережу струмопровідного малого опору (шунт), внаслідок чого зменшується струм, що проходить через людину.

Відповідно до чинних нормативних документів опір заземлювального пристрою для електрообладнання напругою до 1000 В має не перевищувати 4 Ом за сумарної потужності генераторів більшої за 100 кА. Існують штучні заземлювачі, призначені виключно для заземлення електрообладнання і природні струмопровідні предмети, які знаходяться в землі, і комунікації іншого призначення. Як штучні заземлювачі використовують сталеві труби діаметром 35...50 мм та кутову сталь 40×40...60×60 мм, з товщиною стінок не менше 3,5 мм і довжиною 2,5...3,0 м. Вертикальні заземлювачі з'єднують між собою сталеві стрічкою перерізом не менше 4×12 мм або круглого перерізу діаметром не менше 8 мм за допомогою зварювання.

Розраховуємо опір розтікання струму із одного заземлювача за формулою:

$$R = \left(\frac{\rho}{2 \cdot 3,14 \cdot l} \right) \cdot \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+1}{4t-1} \right) \quad (4.10)$$

де ρ – опір ґрунту в місці розташування пристрою, що заземлюється,

$$\rho = 2 \cdot 10^2 \text{ Ом};$$

l – довжина заземлювача, $l = 5 \text{ м};$

d – діаметр заземлювача, $d = 0,1 \text{ м};$

t – відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача,

$$t = h_b + l/2 \text{ м.}$$

$$t = 0,8 + 5/2 = 3,3 \text{ м.}$$

На рис. 4.4 показано l , d , t та h_b .

$$R = \left(\frac{2 \cdot 10^2}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \right) \cdot \left(\ln \frac{10}{0,1} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 5}{4 \cdot 3,3 - 5} \right) = 31,83 \text{ Ом}$$

Необхідну кількість заземлювачів визначаємо за формулою:

$$n = R \cdot \eta_c / R_{\text{доп}} \cdot \eta_{\text{екр}}, \quad (4.11)$$

де η_c – коефіцієнт сезонності, $\eta_c = 1,0;$

$\eta_{\text{екр}}$ – коефіцієнт екранування трубного заземлення, $\eta_{\text{екр}} = 0,7;$

$R_{\text{доп}}$ – допустимий опір заземлювального пристрою, $R_{\text{доп}} = 4 \text{ Ом}.$

$$n = 31,83 \cdot 1,0 / 4 \cdot 0,7 = 11,4$$

Приймаємо 12 заземлювачів. Довжину смуги, що їх з'єднує, визначаємо за формулою:

$$L = 1,05 \cdot l \cdot n, \quad (4.12)$$

$$L = 1,05 \cdot 5 \cdot 12 = 63 \text{ м}$$

Визначаємо опір розтікання струму з'єднувальної смуги, яка прокладена у

землі:

$$R_n = (\rho/2 \cdot L) \cdot (\ln 2L^2/b \cdot h_b) \quad (4.13)$$

$$R_n = (2 \cdot 10^2 / 2 \cdot 63) \cdot (\ln 2 \cdot 63^2 / 0,015 \cdot 5,8) = 18,13 \text{ Ом}$$

Визначаємо опір розтікання струму заземлювального пристрою за формулою:

$$R_3 = 1 / (\eta_{еп} / R_n + n \cdot \eta_{екр} / R) \quad (4.14)$$

де $\eta_{еп}$ – коефіцієнт екранування трубних заземлювачів, $\eta_{еп} = 0,49$;

$\eta_{екр}$ – коефіцієнт екранування заземлювачів, $\eta_{екр} = 0,7$.

$$R_3 = 1 / (0,49 / 18,3 + 12 \cdot 0,7 / 31,83) = 3,45 \text{ Ом}$$

Доторкання до металевої конструкції буде безпечним, оскільки загальний опір розтіканню струму менше $R_{доп} = 4 \text{ Ом}$.

Схему заземлення індукційних електропечей та трансформаторів показано на рис. 4.4.

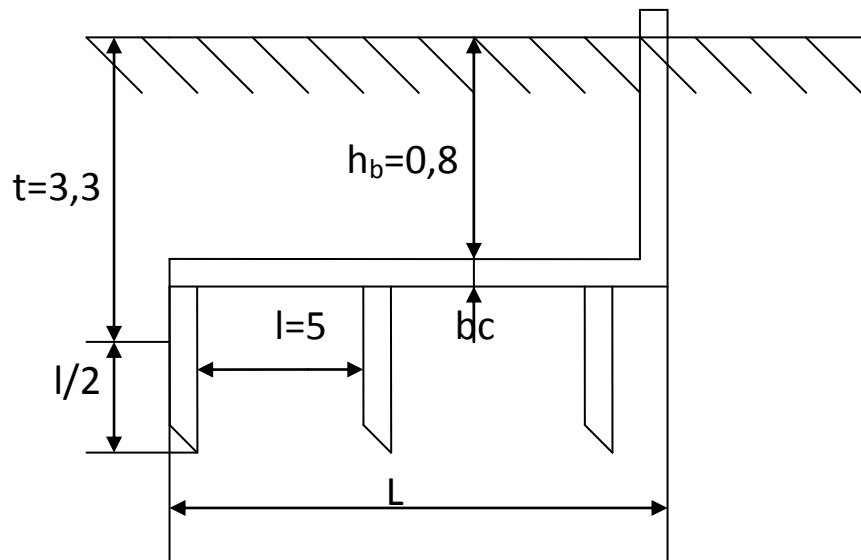


Рисунок 4.4 – Схема заземлення ливарного комплексу

4.11 Пожежна безпека

Пожежа – не контрольоване горіння поза спеціальним осередком, що розповсюджується в часі і просторі. Наслідки пожеж не обмежуються суто матеріальними втратами, пов'язаними із знищенням або пошкодженням основних виробничих та невиробничих фондів, товарно-матеріальних цінностей, особистого майна населення, витратами на ліквідацію пожежі та наслідків, на компенсації постраждалим тощо.

Приміщення ливарної лабораторії за вибухопожежною та пожежною небезпекою відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36-2016 відноситься до категорії «Г» – приміщення, в яких знаходяться негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному та розплавленому стані, процес оброблення яких супроводжується виокремленням променистого тепла, іскор, полум'я.

Можливі причини пожежі:

- порушення ізоляції електромережі або кабелів;
- несправність індукційних електропечей;
- замикання в шафі генераторної кімнати плавильного комплексу;
- проривання металу через тигель та порушення системи охолодження.

Для забезпечення пожежної безпеки ливарної лабораторії і безпечної роботи лабораторія обладнана відповідним пожежним устаткуванням: системою протидимного захисту, пожежною сигналізацією, засобами повідомлення про пожежу, ручним інструментом та інвентарем.

На дільниці обладнання електроустаткування (індукційні тигельні електропечі ІЧТ-0,06, шафи керування, формувальне та інше електроустаткування), для погашення можливої пожежі необхідно використовувати засоби пожежогасіння, в яких використовуються гази (вуглекислота, азот, гелій тощо), або порошкові склади (ПС, ПФ, МГС тощо).

Для забезпечення безпечної евакуації людей під час виникнення пожежі передбачено евакуаційні виходи. Видалення диму у випадку пожежі здійснюється через віконні і ліхтарні прорізи, а також через димові люки. Для

погашення великих вогнищ передбачені ручні вогнегасники: вуглекислотні (ОУ-2 і ОУ-8) і холодкові (ОАХ-0,5).

Лабораторія обладнана пожежним інвентарем (пожежний щит, ящики з піском, азбестове полотно), пожежним ручним інструментом – ломами, баграми, сокирами тощо.

Висновок: лабораторія за вибухопожежною та пожежною небезпекою відноситься до категорії Г, клас ІІ. Для забезпечення пожежної безпеки ливарної лабораторії її оснащують відповідним обладнанням: вогнегасниками, комбінованим оповісником, пожежним інвентарем тощо.

4.12 Безпека в надзвичайній ситуації

Надзвичайна ситуація – це порушення умов життєдіяльності людей викликані виробничими аваріями, катастрофами, стихійними лихами, епідеміями які привели або можуть привести до людських жертв і великих матеріальних збитків.

Залежно від характеру причин виникнення надзвичайної ситуації розділяють на такі:

- техногенного характеру;
- екологічного характеру;
- природного характеру;
- соціального характеру.

Принципи забезпечення безпеки в умовах НС за ознаками їх реалізації умовно ділять на три групи. Перша – це завчасна підготовка і накопичення засобів захисту (колективних та індивідуальних) від небезпечних і шкідливих чинників, забезпечення їхньої готовності для використання населенням, а також підготовка до проведення заходів щодо евакуації населення з небезпечних зон (зон ризику). Друга – диференційований підхід у забезпеченні повного обсягу захисних заходів залежно від виду джерел небезпечних і шкідливих чинників, а також від місцевих умов. Третя – комплексне ефективне застосування засобів і

способів, які забезпечують надійний захист від наслідків НС, узгоджене здійснення усіх заходів, що гарантують безпеку життєдіяльності в сучасному техносоціальному середовищі.

Ситуація в лабораторії при виникненні пожежі належить до об'єктивного рівня, тому що в лабораторії немає великої кількості горючого матеріалу. Згідно Класифікатора надзвичайних ситуацій в Україні надзвичайною ситуацією об'єктового рівня вважається така ситуація, що розгортається на території об'єкта або на самому об'єкті і наслідки якої не виходять за межі об'єкта або його санітарно-захисної зони. Для спрощення машинної обробки інформації класифікатор визначає оригінальний код кожної надзвичайної ситуації, що складається з 5-ти цифр, які вказують на клас, групу і вид надзвичайної ситуації (О – об'єктовий, М – місцевий, Р – регіональний, Д – державний).

Відповідно до ДБН В.1.1-7-2002 будівля відноситься до I ступеня вогнестійкості (будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів).

Основний засіб захисту населення в надзвичайних ситуаціях – це евакуація населення, його укриття в захисних спорудах, використання засобів індивідуального захисту і медичної профілактики, що зазначені у попередньому розділі. Захисні споруди – це інженерні об'єкти, спеціально призначені для захисту населення від фізичних, хімічних, біологічно небезпечних і шкідливих чинників.

Розглянемо таку надзвичайну ситуацію як пожежа (картка 10205 Класифікатора надзвичайних ситуацій – Пожежі (вибухи) в будівлях та спорудах громадського призначення).

Виникнення пожеж в лабораторії можливе з таких причин:

- порушення правил протипожежної безпеки;
- несправність електроустаткування;
- необережне поводження з вогнем та розплавленим металом;

- ремонт устаткування на ходу;
- конструктивні недоліки устаткування;
- неправильне користування устаткуванням.

У випадку виникнення надзвичайної ситуації, а саме закорочення кабельної електропроводки, що знаходиться під напругою та іскрить необхідно:

- відключити подачу струму до лабораторії;
- сповістити про пожежу за допомогою пожежної сигналізації;
- спробувати знешкодити подальше розповсюдження полум'я;
- гасити полум'я необхідно вогнегасниками типу ВВ-2, ВВ-8, а також піском;
- необхідно швидко евакуюватися в безпечні приміщення або на двір.

План евакуації з лабораторії, показано на рис. 4.5.

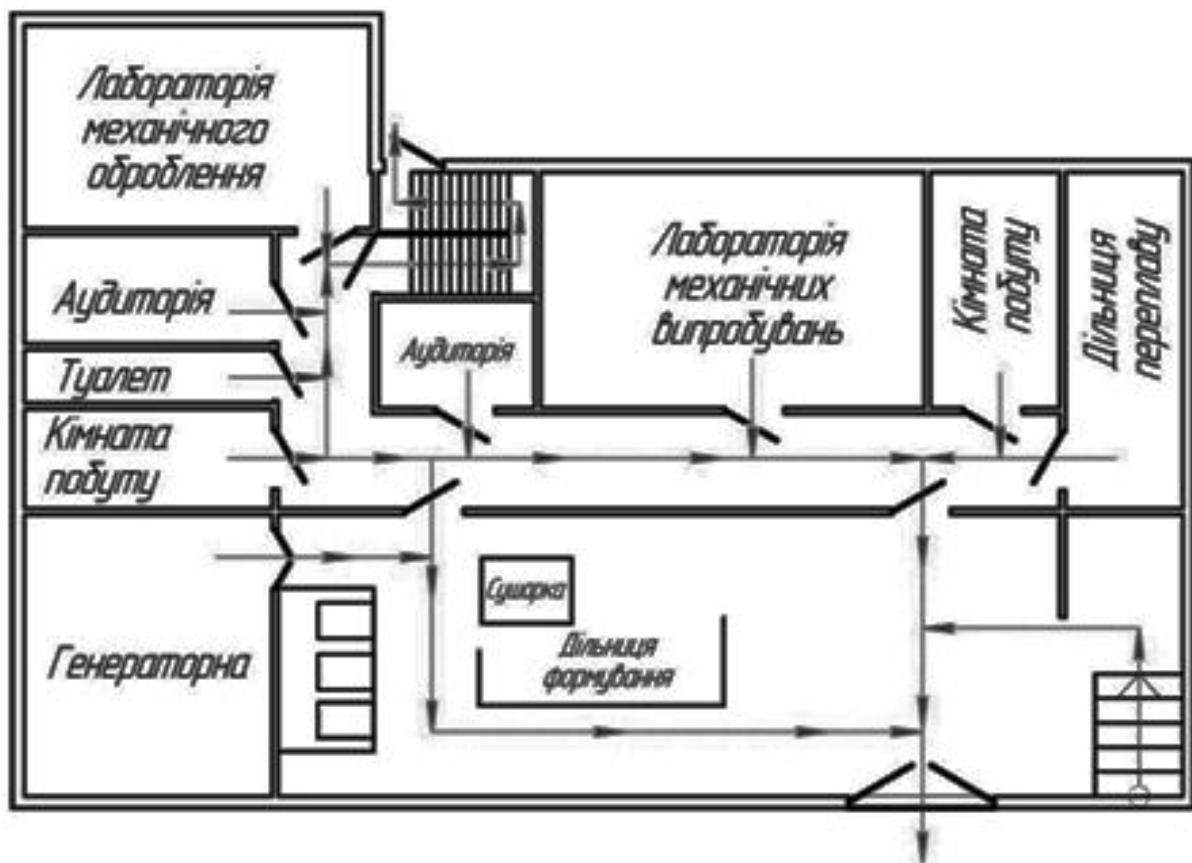


Рисунок 4.5 – План евакуації працівників із лабораторії

4.13 Висновки до розділу 4

1. Встановлено що організація робочих місць, освітлення, мікроклімат приміщення, рівень шуму та вібрації, електромагнітні та інфрачервоні випромінювання відповідають санітарним нормам і не перевищують допустимих норм.

2. Джерел випромінювань, таких як: лазерне, іонізуюче - немає.

3. Електробезпека забезпечує захист людей від впливу електричного струму.

4. Пожежна безпека містить комплекс заходів щодо попередження виникнення пожежі і міри боротьби з виникаючими пожежами.

5. Виявлено шкідливі і небезпечні виробничі фактори під час виконання робіт.

6. Проведено перевіірочні розрахунки природного та штучного освітлення, розраховано значення інтенсивності теплового опромінення та шуму.

7. Проведено аналіз надзвичайних ситуацій, які можуть виникнути у ливарному цеху.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Науково-технічна актуальність теми дослідження

Прискорений розвиток техніки вимагає розробки матеріалів із покращеними характеристиками. Підвищуються температурні умови експлуатації виробів, зростають питомі навантаження та агресивність робочого середовища. Гостро стоїть питання про збільшення міцності конструкцій, а також підвищення надійності, довговічності та стабілізації їх властивостей.

Однією з актуальних наукових і прикладних проблем сучасного матеріалознавства та лиття є розробка нових матеріалів, що інтенсивно зношуються. Переважно зношенню піддається не вся відповідна деталь машини, а тільки та її частина, яка безпосередньо контактує з абразивом, тобто робочий шар, або окремих виконавчих елементів, а інша частина деталі руйнується, хіба що, від непередбачуваних аварійних ударних навантажень і виконує функцію підкладки для робочої частини, серцевини, монтажної матриці для кріплення всієї деталі або механізму. У таких випадках до властивостей матеріалу в окремих локальних частинах монодеталі висуваються різні, іноді протилежні, несумісні вимоги. Частіше за все такі вимоги формують за популярним широковідомим принципом: «тверда зносостійка робоча поверхня – м'яка ударостійка серцевина». Тому таким вимогам відповідають двошарові деталі із диференційованими структурою та властивостями. Типовими представниками промислових двошарових деталей є: зубчасті колеса, шестерні, зірочки ланцюгових передач, тягові рогаці, канатотягові шківни, тощо.

Для роботи таких деталей в особливо жорстких умовах експлуатації для підвищення абразивної стійкості робочого шару застосовують білі леговані та не леговані чавуни. Типовим у цьому відношенні є хромонікелевий чавун «ніхард», що вміщує до 6,5% нікелю та до 9,0% хрому [2]. Такий чавун має високу твердість і міцність завдяки мартенситній структурі. Значне підвищення

механічних властивостей, особливо ударної в'язкості, дозволяє використовувати валки з серцевиною з високоміцного чавуну.

У наш час із різноманіття існуючих способів отримання двошарових виливків можливо виділити основні групи, що характеризуються спільністю технологічних прийомів, а саме:

- заливання одного чавуну в металеву форму або ливарну піщано-глинясту форму із вмонтованим у неї холодильником;
- виливання з форми рідкого залишку одного чавуну з доливанням серцевини іншим чавуном;
- промиванням рідкого залишку;
- напівпромиванням рідкого залишку;
- відцентрове литво з пошаровим заливанням обертової виливниці різнорідними чавунами;
- послідовне заливання ливарної форми різними чавунами крізь дві незалежні ливникові системи із паузою між заливаннями;
- заливання в загальну ливарну форму різних чавунів з розділовою перегородкою.

Метою даної роботи є дослідження щодо перевірення можливості практичної реалізації виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями методом лиття за моделями, що газифікуються різними технологічними способами.

5.2 Мета та завдання НДР

Метою даної роботи є розроблення технологічного процесу виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями методом лиття за моделями, що газифікуються.

Завданням даної роботи було:

- опрацювати фахові публікації та літературу із даного напрямку;
- розробити методику проведення досліджень;

- дослідити структуру та фазовий склад зразків;
- розробити технологічний процес виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями методом лиття за моделями, що газифікуються
- сформулювати висновки по роботі та надати відповідні рекомендації.

5.3 Розрахунок планової собівартості проведення дослідження

Робота виконувалася на кафедрі ливарного виробництва НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського».

Планова кошторисна вартість (собівартість) НДР розраховувалась по наступних статтях витрат:

- заробітна плата науково-дослідницького персоналу;
- єдиний соціальний внесок;
- вартість матеріалів, необхідних для виконання НДР;
- вартість спеціального обладнання для проведення експерименту;
- інші прямі невраховані витрати;
- накладні витрати.

5.3.1 Визначення заробітної плати науково-дослідницького персоналу

Розрахунок заробітної плати науково-дослідницького персоналу базується на визначенні трудомісткості робіт окремих виконавців та їхньої денної заробітної плати (враховуючи кількість виконавців, їхню кваліфікацію і завантаженість роботою на різних етапах НДР).

У виконанні нашої НДР приймали участь чотири виконавці доцент, кандидат технічних наук; асистент викладача, без наукового ступеню; інженер-дослідник (магістр) та технік 1 категорії. Для кафедри ливарного виробництва чорних та кольорових металів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» місячні посадові

оклади заробітної плати складають:

- доцент, кандидат технічних наук – 12052 грн.;
- асистент викладача, без наукового ступеню – 9832 грн.;
- інженер-дослідник (магістр) – 0 грн.;
- технік 1 категорії – 5209 грн.

Денна заробітна плата кожного з виконавців визначається як місячна заробітна плата, поділена на середню кількість днів у місяці, що при п'ятиденному робочому тижні становить 21,2. Таким чином, величина денної заробітної плати виконавців складає для:

- доцент, кандидат технічних наук – 568,49 грн.;
- асистент викладача, без наукового ступеню – 463,77 грн.;
- інженер-дослідник (магістр) – 0,00 грн.;
- технік 1 категорії – 245,71 грн.

Трудомісткість макроетапів виконання НДР наведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Трудомісткість макроетапів виконання НДР

Макроетапи дисертації	Трудомісткість, людино – дні			
	доцент, кандидат технічних наук	асистент викладача, без наукового ступеню	інженер- дослідник (магістр)	технік 1 категорії
1	2	3	4	5
1. Аналіз фахових публікацій за темою	6	7	28	–
2. Обґрунтування мети та напрямів	2	1	11	–
3. Розробка методики проведення досліджень	3	2	14	8
4. Дослідження шліфів	–	1	20	14

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5
5. Розробка технології	8	6	31	18
6. Обговорення отриманих результатів	5	2	12	–
Всього	24	18	116	30

У випадку відсутності відповідних розрахункових методик трудомісткість різних етапів виконання НДР встановлюється на базі експертних оцінок, які дають провідні фахівці. При цьому НДР розглядається як сукупність макроетапів, аналіз кожної окремої операції не проводиться. Результати експертної оцінки трудомісткості етапів НДР див. у табл. 5.1.

Величина заробітної плати виконавців (ЗП) обчислюється як сума добутків трудомісткості і денної заробітної плати кожного з них:

$$\text{ЗП} = 24 \cdot 568,49 + 18 \cdot 463,77 + 116 \cdot 0 + 30 \cdot 245,71 = 29362,92 \text{ грн.}$$

5.3.2 Визначення розміру єдиного соціального внеску

Згідно із діючим законодавством єдиний соціальний внесок (V_C) складає 22,0% від заробітної платні.

$$V_C = 0,22 \cdot 29362,92 = 6459,84 \text{ грн.}$$

5.3.3 Визначення вартості матеріалів і напівфабрикатів для виконання НДР

Для виготовлення експериментальних зразків були необхідні наступні матеріали: пінополістиролові плити ПС-Б, чавун Л2, протипригарна фарба для пінополістиролових моделей, модифікатори ФСМг7 та VL63М. Дані про вар-

тість перелічених матеріалів наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Вартість основних матеріалів

Найменування	Одиниця вимірювання	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Пінополістиролова плита ПС-Б	шт.	4	95	380
Чавун Л2	кг	150	31	4650
Протипригарна фарба POLYTOP FS 3	кг	5	215	1075
Модифікатор ФСМг7	кг	3	52	156
Модифікатор VL63M	кг	3	73	219
Всього:				6480

Транспортно-заготовні витрати приймаємо у розмірі 10% від вартості матеріалів, тоді загальна вартість використаних матеріалів (C_m) складає:

$$C_m = 6480 \cdot 1,1 = 7128 \text{ грн.}$$

5.3.4 Визначення вартості спеціального обладнання і приладів

При виконанні НДР усі роботи проводилися з використанням лише наявного обладнання на кафедрі ливарного виробництва НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського».

5.3.5 Визначення вартості робіт і послуг сторонніх організацій

У виконанні даної НДР сторонні організації участі не приймали.

5.3.6 Визначення витрат на службові відрядження

Усі роботи, пов'язані з виконанням НДР за даною темою, проведені на кафедрі ливарного виробництва НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». Окремі службові відрядження не планувались.

5.3.7 Визначення інших прямих неврахованих витрат

Інші прямі невраховані витрати ($C_{\text{інш}}$) плануються у розмірі 10% від врахованих.

$$C_{\text{інш}} = 0,1 \cdot (29362,92 + 6459,84 + 7128) = 4295,08 \text{ грн.}$$

5.3.8 Визначення накладних витрат

До накладних витрат (H_B) відносяться витрати на заробітну плату адміністративно-управлінського, господарчого та допоміжного персоналу (разом з єдиним соціальним внеском), витрати на допоміжні виробництва, видатки на охорону праці, техніку безпеки та екологію, фінансування підготовки кадрів, воєнізованої охорони і деякі інші.

Норматив відрахувань на накладні витрати на кафедрі ливарного виробництва НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського» встановлений в розмірі 20% планової суми прямих витрат по темі НДР. Розраховуємо величину накладних витрат наступним чином:

$$H_B = 0,2 \cdot (29362,92 + 6459,84 + 7128 + 4295,08) = 9449,17 \text{ грн.}$$

5.3.9 Визначення планової кошторисної вартості НДР

Таблиця 5.3 – Калькуляція планової кошторисної вартості НДР за темою

Найменування калькуляційних статей	Позначення	Сума	
		грн.	%
1. Загальна заробітна плата	ЗП	29362,92	51,79
2. Єдиний соціальний внесок	В _С	6459,84	11,39
3. Матеріали, необхідні для виконання НДР	С _М	7128	12,57
4. Спеціальне обладнання для наукових робіт	С _{об}	—	—
5. Робота і послуги сторонніх організацій	С _{стор}	—	—
6. Витрати на службові відрядження	С _{від}	—	—
7. Інші прямі невраховані витрати	С _{інш}	4295,08	7,58
8. Накладні витрати	Н _В	9449,17	16,67
Всього		56695,01	100

Планова кошторисна вартість НДР визначається як сума витрат за окремими статтями вартості. Результати визначення вартості див. у табл. 5.3.

Згідно із табл. 5.3 загальна планова кошторисна вартість НДР складає:

$$V_{\text{НДР}} = 56695,01 \text{ грн.}$$

5.4 Визначення очікуваних результатів НДР та розрахунок показників економічної ефективності

Дослідження, що проводяться в даній роботі, мають пошуковий та теоретичний характер. Відповідно з цим прямий розрахунок очікуваного

річного економічного ефекту надзвичайно складний, оскільки відсутні повні дані відносно сфери використання результатів роботи, а також вихідні дані для розрахунку одночасних та поточних витрат. У такому випадку слід використовувати бальну систему оцінки економічної ефективності за наступними показниками:

- важливість розробки;
- можливість використання результатів;
- теоретичне значення та рівень новизни дослідження;
- складність отриманої розробки.

Частку сумарного річного економічного ефекту, що утвориться за кожною з перелічених шкал, позначають умовно відповідним номеру шкали коефіцієнтом (K_1 , K_2 , K_3 , K_4). Наведемо докладніше систему оцінки за кожною шкалою. Першою розглянемо шкалу важливості розробки.

Коефіцієнт K_1 може приймати наступні значення:

- ініціативна робота, яка не входить до складу комплексної програми та не є завданням директивних органів – 1 бал;
- робота виконується за угодою про науково-технічне співробітництво – 3 бали;
- робота являє собою частину відомчої програми – 5 балів;
- робота являє собою частину комплексної міжвідомчої програми з елементами впровадження результатів – 7 балів;
- робота є частиною міжнародної комплексної програми – 8 балів.

Коефіцієнт K_2 може приймати такі значення:

- результати розробки можна використати тільки в даному підрозділі – 1 бал;
- результати розробки можуть бути використані тільки однією організацією – 3 бали;
- результати розробки можуть бути використані багатьма організаціями – 5 балів.

– результатами розробки можуть користуватися споживачі в межах однієї галузі – 8 балів;

– результатами розробки можуть користуватися споживачі в різних галузях – 10 балів.

Коефіцієнт K_3 може приймати такі значення:

– робота являє собою аналіз, узагальнення або класифікацію відомої інформації, подібні результати раніше були відомі в досліджуваній галузі – 2 бали;

– під час виконання роботи отримана нова інформація, яка доповнює уявлення про сутність досліджуваних процесів – 3 бали;

– внаслідок виконання роботи отримана нова інформація, яка частково змінює уявлення про природу досліджуваних процесів – 5 балів;

– внаслідок виконання НДР створені нові теорії, методики або що-небудь подібне – 6 балів;

– отримана інформація формує принципово нові уявлення, які не були відомі раніше – 8 балів.

Коефіцієнт K_4 може приймати такі значення:

– роботу виконує один підрозділ, витрати до 10000 гривень – 1 бал;

– роботу виконує один підрозділ, витрати від 10000 до 50000 гривень – 3 бали;

– роботу виконує один підрозділ, витрати від 50000 до 100000 гривень – 5 балів;

– робота виконується багатьма підрозділами, витрати від 100000 до 200000 гривень – 7 балів;

– робота виконується багатьма організаціями, витрати більше 200000 гривень – 9 балів.

Бальна оцінка економічної ефективності даної науково-дослідної роботи наведена у табл. 5.4.

В нашому випадку бальна оцінка ефективності (Б) (згідно табл. 5.4) становить:

$$B = 5 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 5 = 375$$

Таблиця 5.4 – Бальна оцінка ефективності НДР

Показники оцінки ефективності	Умовне позначення	Характеристика даної розробки	Кількість балів
1. Важливість розробки	K_1	Робота являє собою частину відомчої програми	5
2. Можливість використання результатів розробки	K_2	Результати розробки можуть бути використані багатьма організаціями	5
3. Теоретична значимість та рівень новизни розробки	K_3	Отримання нової інформації, яка доповнює уявлення про сутність досліджуваних процесів та була невідома раніше	3
4. Складність дослідження	K_4	Робота виконується одним підрозділом, витрати до 100000грн.	5

Умовний річний економічний ефект науково-дослідницької роботи ($E_{\text{ндр}}^y$) визначається:

$$E_{\text{ндр}}^y = 500 \cdot B - E_{\text{н}} \cdot V_{\text{ндр}} \quad (5.1)$$

де 500 – умовна вартість одного балу, грн.;

E_H – нормативний коефіцієнт економічної ефективності ($E_H = 0,15 \dots 0,50$, для нашого розрахунку обираємо $E_H = 0,25$);

$V_{\text{НДР}}$ – витрати на виконання НДР (планова річна кошторисна вартість виконання НДР, для нашого розрахунку $V_{\text{НДР}} = 56695,01$ грн.).

Таким чином, умовний економічний ефект відповідно (5.1) становить:

$$E_{\text{ндр}}^y = 500 \cdot 375 - 0,25 \cdot 56695,01 = 173326,25 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E_{\text{НДР}} = E_{\text{ндр}}^y / V_{\text{НДР}} \quad (5.2)$$

$$E_{\text{НДР}} = 173326,25 / 56695,01 = 3,06$$

Отримана розрахункова величина коефіцієнта економічної ефективності НДР ($E_{\text{НДР}} = 3,06$) свідчить про доцільність виконання даної роботи.

5.5 Висновки до розділу 5

1. Розрахована планова собівартість проведення дипломної роботи з урахуванням видів витрачених ресурсів.

2. Проведено економічний аналіз ефективності даної дипломної роботи та виявлено, що дане дослідження є раціональним для проведення з економічної точки зору, так як включає використання недорогих матеріалів, які широко використовуються у ливарному виробництві.

3. Обґрунтована актуальність та доцільність проведення роботи.

6 БІЗНЕС-ПРОЕКТ

6.1 Склад команди

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Інженерно-фізичний факультет. Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів.

Лідер команди:

Погребняк І.О. (студент)

Генератор ідей:

Фесенко М.А. (к.т.н., доцент)

Опонент:

Ямшинський М.М. (к.т.н., доцент)

Маркетолог:

Гриценко Р.Ю. (студент)

Технолог:

Кошіль А.В. (студент)

6.2 Назва проекту

«Розроблення технологічного процесу виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями методом лиття за моделями, що газифікуються»

6.3 Короткий опис проекту

Застосування розробленої технології виготовлення чавунних виливків з диференційованими властивостями методом лиття за газифікованими моделями, вирішує наступні задачі:

- підвищення зносостійкості та експлуатаційних характеристик чавунних двошарових виливків, що отримані за такою технологією;
- підвищення використання звороту власного виробництва;
- підвищення економічної ефективності використання нової технології .

Дана технологія дозволяє суттєво підвищити рівень виробництва виливків, збільшити розмірну точність виливків виготовлених за цією технологією, відкинути необхідність у деяких трудомістких технологічних операціях.

Основне застосування – виготовлення чавунних двошарових виливків із твердою зносостійкою робочою поверхнею та м'якою в'язкою ударостійкою основою: зубчасті колеса, шестерні, зуби розпушувачів, біла молоткових дробарок, валки прокатних станів та ін.

6.4 Бізнес-модель

6.4.1 Цінний продукт

- технологічний процес виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями методом лиття за моделями, що газифікуються;
- налагодження технологічного процесу;
- сервіс.

6.4.2 Сегмент споживачів

Працюючі компанії, що виготовляють чавунні виливки:

- ТОВ «Білоцерківський ливарний завод»;
- Філія «Дарницький вагоноремонтний завод» публічного акціонерного товариства «Українська залізниця»;
- ТОВ «Красилівський ливарний завод»;
- ПрАТ «Вишнівський ливарно-ковальський завод».

6.4.3 Канали збуту

Використовуються прямі канали збуту. Безпосередній контакт з потенційними покупцями через візити на підприємства та презентації товару. Контакт через тематичні та галузеві виставки та конференції. Збут через інтернет-ресурси (інтернет-магазин).

6.4.4 Взаємодія із споживачами

З конкретним споживачами – особисті контакти, по телефону, електронній пошті. Застосування програм лояльності.

Із потенційними споживачами – підтримка інформаційних інтернет-ресурсів: сайт проекту, блог новин проекту, виставки, конференції.

6.4.5 Прибуток (монетизація)

Отримання прибутку від продажу технології виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями методом лиття за моделями, що газифікуються та подальшого сервісу.

6.4.6 Ключові види діяльності

- 1) Наукова діяльність.
- 2) Розробка технології.
- 3) Маркетингова діяльність.

6.4.7 Ключові ресурси

Технологія виробництва. Охоронні документи (патенти). Науково-технічні працівники.

6.4.8 Ключові партнери

Партнери з надання логістичних послуг – Асоціація «Український логістичний альянс», ТОВ «Авангард логістик».

Партнери з надання маркетингових послуг – ТОВ «Kiev Leading Media», ТОВ «SEO – studio».

Підприємство, яке надає виробничу базу – ТОВ «Ливарні технології».

6.4.9 Витрати

Витрати на оренду промислових потужностей. Витрати на ресурсозабезпечення, логістику, маркетинг, підтримку інтернет-ресурсів.

6.5 Споживчі властивості товару

Використання даної технології дозволяє підвищити зносостійкість та експлуатаційні характеристики виливків, знизити потреби електроенергії на виготовлення партії виливків. Виробника робить більш конкурентно-спроможним на ринку з іншими підприємствами.

6.6 Дослідження ринку

За результатами аналізу існуючого ринку продукції аналогічного призначення можна зробити висновок, що:

- річний світовий обсяг виробництва виробів аналогічного призначення становить близько 170 млн. \$;
- основними матеріалами для виробництва виробів аналогічного призначення є композиційні сплави: легований чавун + не легований чавун, чавун + сталь;
- технології, які використовуються на сьогодні для виробництва виробів

аналогічного призначення програють за показниками економічності та експлуатаційними показниками розробленій технології.

6.7 Дослідження конкурентного оточення

Вироби аналогічного призначення виробляють підприємства як України так і закордону. Було проаналізовано продукцію підприємств України, країн СНД та КНР, як найбільш вірогідних конкурентів. Переваги нашого продукту за якістю та економічністю наразі дозволяють йому зайняти свою нішу на ринку аналогічних продуктів.

Ймовірні конкуренти:

- в Україні: ТОВ «Білоцерківський ливарний завод», ТОВ «Красилівський ливарний завод»; ПрАТ «Вишнівський ливарно-ковальський завод»;
- за кордоном: ТОВ «Техноліт Полоцьк» (Білорусь), ТОВ «Таганрозький ливарний завод» (Росія), ТОВ «Конецький ливарний завод» (Польща).

6.8 Маркетингова стратегія просування

Маркетингова стратегія просування проекту складатиметься з:

- просування проекту в мережі Internet;
- участі у галузевих виставках та конференціях;
- проведення презентацій для потенційних покупців;
- зустрічей безпосередньо на підприємствах, які користуються запропонованою продукцією;
- поступовим опануванням ринку України та виходом на міжнародний ринок.

6.9 Елементи фінансового плану

6.9.1 Опис бізнес-проекту

Мета проекту – отримання прибутку шляхом продажу технології виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями методом лиття за моделями, що газифікуються.

Актуальність проекту – оскільки у гірничо-металургійному виробництві, нафтохімічній, цементній, мукомельній промисловості, енергетичному і сільськогосподарському машинобудуванні, дорожньому будівництві та в інших галузях існує потреба деталей, які б мали підвищені зносостійкість та експлуатаційні характеристики, що в кінцеву результаті змогли б надати економічний ефект при їх використанні. З метою вирішення зазначених проблем розроблено дану технологію в основу якої покладено усунення вказаних недоліків і спрощення технологічних етапів виготовлення виливків із заданими диференційованими структурою і властивостями металу в їх різних частинах з використанням для заливання ливарної форми одного (базового) вихідного розплаву.

6.9.2 Опис товару/ послуги/ технології

Сутність технології полягає у виготовленні виливків з диференційованими властивостями в об'ємі, в різних їхніх частинах, зонах, перерізах або на різних поверхнях використовується метод лиття за газифікованими моделями. Розплав виплавлений в одному плавильному агрегаті безупинно (безперервно) заливається в ливарну форму через канали ливникової системи із загальним стояком та живильниками і іншими каналами, розташованими на різних рівнях по висоті виливка, що підводять розплав до різних частин виливка на різних рівнях по висоті.

6.9.3 Маркетинг та продаж

Цільовий сегмент – B2B. Виробники чавунних виливків із диференційованими властивостями загального та відповідального призначення на території України та СНД.

Маркетингова стратегія просування проекту включає в себе:

- просування проекту в мережі Internet;
- участь у галузевих виставках та конференціях;
- проведення презентацій для потенційних покупців.

Для продажу застосовуються прямі канали збуту:

- безпосередній контакт з потенційними покупцями;
- збут через інтернет-ресурси.

6.9.4 Фінансовий план

На поточному етапі існування проекту фінансовий план у необхідному обсязі не прораховувався. Однак, розраховано, що заплановані інвестиції для впровадження у виробництво та виробництва готових виробів в межах одного підприємства-виробника становлять:

- | | |
|--|-----------|
| – оренда промислових потужностей: | 12 000 \$ |
| – відпрацювання технології в умовах виробництва: | 4 000 \$ |
| – ресурсозабезпечення: | 3 000 \$ |
| – затрати на логістику, маркетинг, з/п: | 6 000 \$ |

Поточна ситуація по проекту:

– проект на стадії відпрацювання та удосконалення технології в лабораторних умовах;

- в наявності є дослідні зразки;
- отримані патенти на корисні моделі.

6.9.5 Резюме

Проект призначений для усунення вказаних недоліків і спрощення технологічних етапів виготовлення виливків із заданими диференційованими структурою і властивостями металу в їх різних частинах з використанням для заливання ливарної форми одного (базового) вихідного розплаву, з можливістю збільшення отримання бездефектних двошарових виливків із підвищеними зносостійкістю та експлуатаційними характеристиками за допомогою виготовлення виливків із диференційованими властивостями в об'ємі, в різних їхніх частинах, зонах, перерізах або на різних поверхнях використанням методу лиття за моделями, що газифікуються.

Заплановані інвестиції для впровадження технології виготовлення чавунних виливків з диференційованими властивостями методом лиття за газифікованими моделями у виробництво на одному підприємстві приблизно становлять 2000...2500 \$.

Бізнес-модель до даного проекту зображено на рис. 6.1.

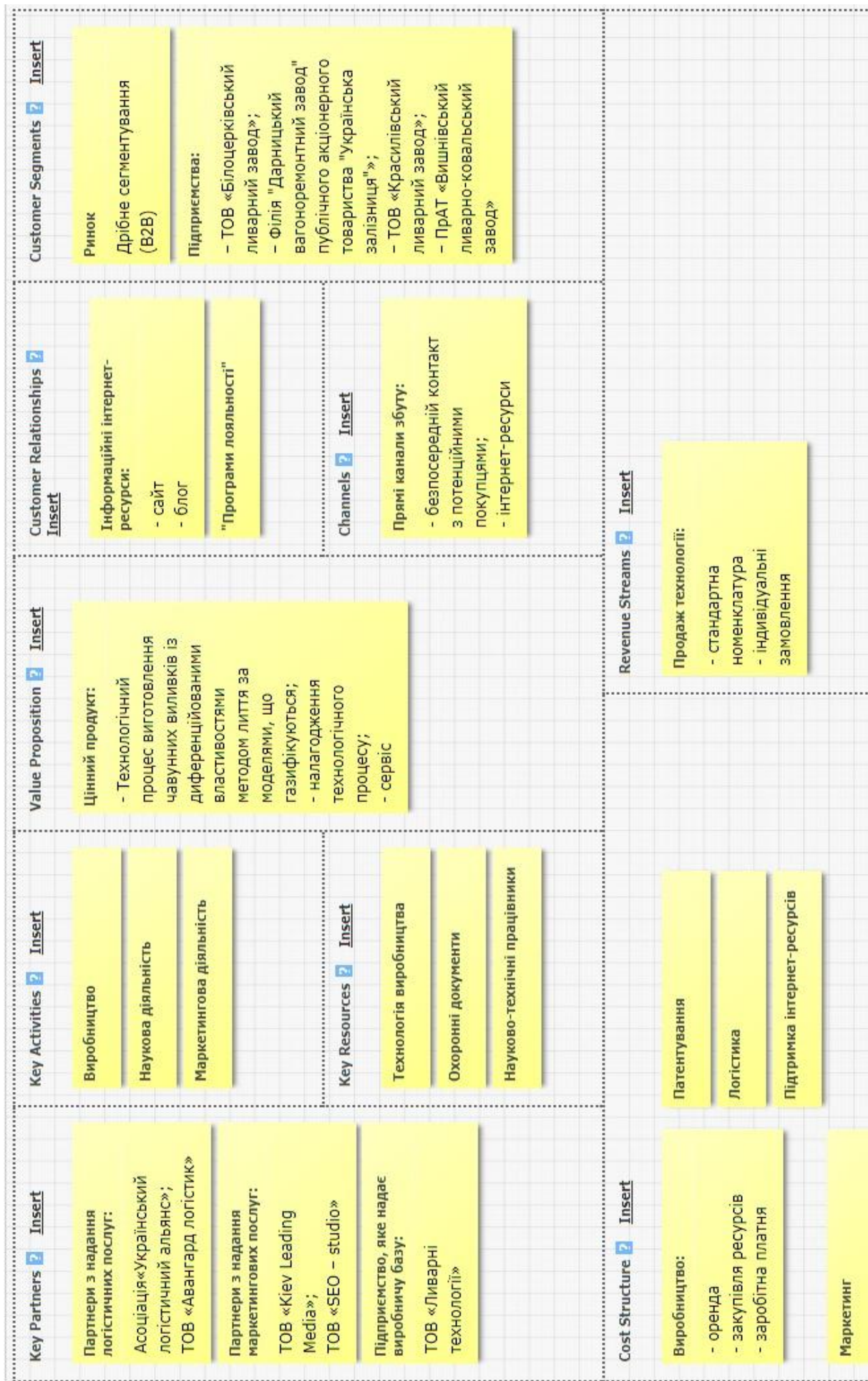


Рисунок 6.1 – Бізнес-модель

6.10 Висновки до розділу 6

1. В роботі досліджено можливість ринкової комерціалізації проекту.
2. Розроблена технологія є перспективною для впровадження у виробництво оскільки вона економічно вигідніша на відміну від технологій, які представлені на ринку.
3. Визначено загальні напрями використання та проаналізовано ринкові можливості щодо реалізації бізнес-проекту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОКИ

1. Перспективним напрямком підвищення ефективності використання металу і збільшення ресурсу роботи деталей, економії дефіцитних конструкційних матеріалів є подальше розширення виробництва виливків із диференційованими властивостями.

Номенклатура таких виливків включає прокатні валки, мелючі тіла, бронефутерувальні плити, щоки дробарок, склизи бункерів сипких матеріалів, шківни, зубчасті колеса, блоки і та інші.

2. На сьогоднішній день розроблено та використовують ряд способів виготовлення чавунних виливків з диференційованими властивостями, кожний з яких має раціональну область застосування, переваги і недоліки. Загальним недоліком більшості розроблених способів є необхідність виплавляння різних розплавів у двох плавильних печах (агрегатах), що здорожує та ускладнює процеси їх виготовлення.

3. Усунути перелічені недоліки можливо використанням методів модифікування, серед яких найбільш ефективним є метод оброблення рідкого металу безпосередньо в процесі заливання ливарної форми - INMOLD-процес,

Особливо перспективні технологічні процеси виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями з використанням методу внутрішньоформового модифікування у сукупності із способом виготовлення виливків підвищеної точності – литтям за моделями, що газифікуються.

Однак багато аспектів таких технологічних процесів виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями не до кінця вивчені, що свою чергу потребує проведення необхідних досліджень.

4. Обрані об'єкти дослідження, а саме виливки «Горизонтальна плита» та «Вертикальна плита», а також змодельовані конструктивно- технологічні варіанти виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями.

5. Запропоновані та досліджені технологічні процеси виробництва чавунних виливків із диференційованими властивостями методом лиття за моделями, що газифікуються. Сутність яких полягає у тому, що під час заливання ливарних форм вихідний розплав, схильний до кристалізації за метастабільною системою з вибіленням виплавлених в одному плавильному агрегаті заливається до ливарної форми, в якій він поділяється на два потоки, один із яких проходить безпосередньо до порожнини форми та заповнює її, а інший потік перед заповненням форми проходить внутрішньоформове сфероїдизувальне або графітизувальне оброблення та заповнює іншу частину форми.

Наведено технологічний процес виплавлення вихідного чавуну схильного до кристалізації за метастабільною системою рівноваги, обрано добавки для внутрішньоформового сфероїдизувального та графітизувального модифікування розплаву вихідного чавуну, а також процеси формоутворення для виготовлення виливків.

Представлена методика стандартних методів хімічного та термічного аналізу, металографічних досліджень, а також визначення твердості та мікротвердості чавуну.

6. Експериментальними дослідженнями встановлено, що для забезпечення диференціації структури та властивостей у виливках за запропонованими варіантами необхідно використовувати розділовий бар'єр між чавунами при одночасному заповненні ними порожнини ливарної форми. При цьому розділення структури та властивостей досягається за наявності механічного бар'єра у вигляді розділової перегородки з оцинкованої сталі товщиною 1.0...1,2 мм при температурі заливання не вище 1500 ± 5 °C.

Установлено, що після заливання розплаву в процесі взаємодії сталевий розділової перегородки з чавуном відбувається формування перехідної зони у виливку з мікроструктурою, яка складається із залишків сталевий перегородки та проміжної зони між чавуном та перегородкою. Проміжна зона формується внаслідок дифузії вуглецю з прилеглих шарів чавуну в сталеву перегородку,

який забезпечує формування карбідної сітки мікротвердістю 840 HV навкруги перлітної структури мікротвердістю 320 HV.

Різниця твердості між протилежними частинами виливків з поєднанням білий чавун – сірий чавун з пластинчастим графітом складає 140...160 HB, а з поєднанням білий чавун – високоміцний чавун з кулястим графітом 100...120 HB.

7. Розроблені рекомендації щодо технологічних процесів виготовлення виливків «Горизонтальна плита» та «Вертикальна плита» методом лиття за моделями, що газифікуються, за якими було виготовлено промисловий виливок «Зуб ковша екскаватора».

8. В розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайній ситуації» проаналізовано шкідливі та небезпечні виробничі фактори під час виконання роботи.

9. Проведено перевірочні розрахунки природного та штучного освітлення, розраховано значення інтенсивності теплового опромінення та шуму.

10. Проведено аналіз надзвичайних ситуацій, які можуть виникнути у ливарному цеху.

11. Розрахована планова собівартість проведення дипломної роботи з урахуванням видів витрачених ресурсів.

12. Проведено економічний аналіз ефективності даної дипломної роботи та виявлено, що дане дослідження є раціональним для проведення з економічної точки зору, так як включає використання недорогих матеріалів, які широко використовуються у ливарному виробництві.

13. Розроблена технологія є перспективною для впровадження у виробництво оскільки вона економічно вигідніша на відміну від технологій, які представлені на ринку. Визначено загальні напрями використання та проаналізовано ринкові можливості щодо реалізації бізнес-проекту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лакедемонский А.В. Биметаллические отливки. М. Машиностроение, 1964, с. 180.
2. Смеляков Н.В. Армированные отливки. М., Машгиз., 1958. – 187 с.
3. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика. М., Физматгиз, 1958. – 214 с.
4. Lipinski W.P. «Prz. odlewn», 1970, 20, №4.
5. Костенко Г.Д. Исследование и разработка технологического процесса получения биметаллических литых изделий методом заливки жидкого металла на твердую основу. Канд. диссертация, К., ИПЛ АН УССР, 1976. – 195 с.
6. Ефимов В.А. Разливка и кристаллизация стали. М., «Металлургия», 1976. – 246 с.
7. Куклин Л.Г. Повышение прочности и износостойкости твердо-сплавного инструмента. М., изд. «Машиностроение», 1968. – 319 с.
8. Милицин К.Н. Общие вопросы кристаллизации и затвердевания отливок. В кн: «Затвердевание металлов», М., Машгиз, 1958. – 348 с.
9. Шевчук А.С. и др. Сб. «Многослойное литье», К., ИПЛ АН УССР, 1970, с. 105...112.
10. Токарев В.А. и др. Сб. «Многослойное литье», К., ИПЛ АН УССР, 1970, с. 105...112.
11. Николин А.С. Поршневые буровые насосы. М., «Недра», 1973. – 234 с.
12. Шевченко А.И. и др. Сб. «Многослойное литье», К., ИПЛ АН УССР, 1970, с. 159...171.
13. «Metallwork Production», 1965, 109, №30, с. 50, РЖ. М., «Машиностроение», 1966, 2Г336.
14. Жукаев В.И., Соловьев Ю.Г. Сб. «Производство труб». Вып. 25, М., «Металлургия», 1971, с. 101...105.
15. Лившиц Л.С., Гринберг Н.А., Куркумели З.Г. Основы легирования наплавленного металла. М., «Машиностроение», 1969. – 305 с.

16. Герман Э. Непрерывное литье, М., Metallurgizdat, 1961.
17. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. М., «Металлургиздат», 1975. – 229 с.
18. Лузан, П.П. Отливка станочных деталей с дифференцированными свойствами / П.П. Лузан, И.А. Коновалов, В.П. Кураев, Ю.А. Степанов, А.А. Сухов, Н.З. Черненко// Литейное производство. – 1968. №2. – С. 3...4.
19. Ващенко К.И. и др. Биметаллические отливки железо-алюминий. М., «Машиностроение», 1966. – 180 с.
20. Рудаков Е.А. и др. Труды Краснодарского политехнического института. 1972, вып. 46, с. 44...55.
21. Власьевнина Л.К., Таланов Н.И. Сб. «Новые технологические процессы литейного производства», ч. I, М., 1967, с. 146...150.
22. Иванов В.Н. Способы получения чугуна с шаровидным графитом/ Иванов В.Н. // Библиотечка литейщика. – 2001. – №1 – 2. – С. 11...15.
23. Бубликов В.Б. Модифицирование чугуна в вертикально – проточной камере / В.Б. Бубликов // Процессы литья. – 2002. – №3. – С. 35...41.
24. Шуляк В.С. Литье по газифицируемым моделям, СПб.: «Профессионал», 2007. – 408 с.
25. Martha K. Evaporative pattern casting: The process and its potential/ K. Martha, L. Ezra / Modern Casting, January. 1986. – p. 31...34.
26. Kohler P. An economic study of evaporative pattern casting process/ / 86 – AFS Casting Congress, SUA, 1982.
27. Технология литейного производства: Специальные виды литья. Учебник для ВУЗов./Под ред. Гини Э.Ч., Зарубин А.М., Рыбкин В.А. М.: Издательский центр «Академия», 2005г. – 352 с.
28. Озеров В.А., Гаранин В.Ф. Литье повышенной точности по разовым моделям. М., «Высшая школа», 1988. – 88 с.
29. Павлов В.А. Пенополистирол: М., «Химия», 1973. – 240 с.

30. Прилуцкий М.И. Установка для сушки предварительно вспененного полистирола/ М.И. Прилуцкий, В.И. Лозенко, Е.Ф. Князев/ Литейное производство, 1991. – №1. – С. 30.

31. Озеров В.А., Шуляк В.С., Плотников Г.А. Литье по моделям из пенополистирола. М., «Машиностроение», 1970. – 184 с.

32. Шуляк В.С. Метод литья по газифицируемым моделям из пенополистирола. Киев, 1971. – 68 с.

33. Гайдучук С.И. Комплекс оборудования для изготовления пенополистироловых моделей/ С.И. Гайдучук, Г.А. Компанец, Л.М. Рог/ Литейное Производство, 1991. – №1. – С. 28...30.

34. Григорян К.А. Оборудование для массового и крупносерийного производства отливок/ К.А. Григорян, О.С. Лемешко, А.А. Маляренко/ Литейное производство, 1991. – №1. – С. 24...25.

35. Гнатуш В.А. Автоматизированная система проектирования технологии литья по газифицируемым моделям / В.А. Гнатуш, И.А. Михневич, Л.В. Морозова/ Литейное Производство, 1991. – №1. – С. 16.

36. Иванов В.Н. Технологические особенности процесса литья по газифицируемым моделям/ В.Н. Иванов, Г.И. Пленцов // Производство отливок по пенополистироловым моделям. М., – НИИМАШ, 1966. – С. 24...28.

37. Демидова А.А. Чистота поверхности и точность отливок, получаемых по пенополистироловым моделям методом литья по выплав-ляемым (растворимым) моделям/ А.А. Демидова, С.С. Дреер / Производство литья по пенополистироловым моделям. М., – НИИМАШ, 1968. – С. 42...52.

38. Кирпиченков В.П. Способы и режимы изготовления газифицируемых моделей из пенополистирола/ В.П. Кирпиченков, В.П. Кирсанов / Производство отливок по пенополистироловым моделям. М., – НИИМАШ, 1966. – С. 36...44.

39. Москалев В.Г. Влияние технологических факторов на качество чугунных отливок при литье по пенополистироловым газифицируемым моделям/ В.Г. Москалев, Ю.А. Степанов / Литье в формы с газифицируемыми моделями, М., – НИИМАШ, 1969. – С. 6...11.

40. Отработка технологических параметров изготовления газифицируемых моделей низких плотностей из пенополистирола марки ПСБ Горловского Химкомбината/ М.В. Алексеев, М.П. Трусов, В.Ю. Дизик, Р.Н. Бельская / Производство литья по пенополистироловым моделям. М., НИИМАШ, 1968. – С. 77...87.

41. Скаженик В.А. Улучшение качества отливок по газифицируемым моделям/ В.А. Скаженик, В.Ф. Антипенко, Л.А. Дягелец / Литье в формы с газифицируемыми моделями. М., – НИИМАШ, с. 26...28.

42. Дорошенко В.С. Изготовление литейных моделей из пенополистирола/ В.С. Дорошенко, К. Х. Бердыев// Литейное оборудование, 2010. – №4 (70). – С. 42...45.

43. Каричковский П.Н. Способы повышения технического ресурса, эксплуатационной надежности рабочих органов дробильно-размольного оборудования/ П.Н. Каричковский, И.О. Шинский, Л.М. Клименко // Металл и литье Украины, 2009. – №7–8. – С. 56...60.

44. Технологические особенности производства биметаллических (многослойных) отливок повышенной износостойкости/ В.В. Ширяев, О.А. Пеликан, И.О. Шинский, Д.В. Глушков, Ю.Н. Романенко // Металл и литье Украины, 2009. – №7–8. С. 52...56.

45. Ткачук К.Н., Халімовський О.М., Зацарний В.В. Основи охорони праці // Київ: Основа, 2006. – С. 448.

46. Основи охорони праці: Навчальний посібник /За ред. проф. В.В. Березуцького. – Харків: Факт, 2005. – 480 с.

47. СНиП 2.09.02-85. Строительные нормы и правила производственные здания.

48. ДСН 3.3.6.042-99. Санитарные нормы микроклимата производственных помещений.

49. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення.

50. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М., Туряб Л.В., Лико Х.В. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник / За ред. В.Ц. Жидецького.– Львів: Афіша, 2000.– 352с.

51. ДСН 3.3.6.037-99. Санитарные нормы производственного шума, ультразвука и инфразвука.

52. ГОСТ 12.4.016 – 87 ССБТ. Одежда специальная. Номенклатура показателей качества.

53. ГОСТ 12.1.005 – 88 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования».

54. ГОСТ 12.1.009-76 «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения».

55. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

56. ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

ДОДАТКИ