

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНИ

Металургія
(код і назва спеціальності)

Кваліфікаційна робота (проект)

друків (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему Удосконалення технології виготовлення
моделей з відходів модельного виробництва

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1360-мч-д
спеціальності 136, Металургія
(код і назва спеціальності)

освітньої програми Металургія чорних металів
(код і назва освітньої програми)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

С. О. Панченко
(ініціали та прізвище)

Керівник друків, канд. техн. наук Кочеткіна О.С.
(підстава, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент друків, канд. техн. наук Нестеренко Т.М.
(підстава, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра Металургія
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 136 Металургія
(код та назва)
Освітня програма Металургія чорних металів
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

[Підпис]
« 25 » червня 2021 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Гончак Олександр
(прізвище, ім'я по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Удосконалення технології виготовлення моделей з відходів модельного виробництва

керівник роботи Воденнікова Оксана Євгенівна, канд. техн. наук, доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 30 » червня 2021 року № 344-с









2 Строк подання студентом роботи 06.12.2021

3 Вихідні дані до роботи наукова та науково-технічна література, патенти, ГОСТ, ДСТУ

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Анотація. Вступ. Розділ 1. Розділ 2. Розділ 3. Розділ 4. Загальні висновки. Перелік джерел посилань. Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Титульний лист - 1. Вступ - 2. Розділ 1 - 2. Розділ 2 - 0. Розділ 3 - 2. Розділ 4 - 7. Загальні висновки - 1

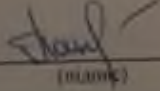
6 Консультанти розділів роботи

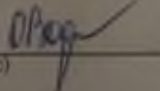
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1. Методичний комплекс: призначення, класифікація та основні принципи виготовлення зварних моделей	Воденнікова О.С., доцент	 30.06.21	 30.06.21
Розділ 2. Аналіз властивостей зварних моделей та пошук їх заміників	Воденнікова О.С., доцент	 30.06.21	 30.06.21
Розділ 3. Матеріали та методика досліджень	Воденнікова О.С., доцент	 30.06.21	 30.06.21
Розділ 4. Дослідження технології виготовлення зварних моделей з використанням робочого виробництва, як заміника державної моделі для енерго-та ресурсозбереження	Воденнікова О.С., доцент	 30.06.21	 30.06.21

7 Дата видачі завдання 30.06.2021

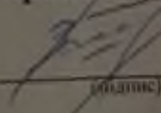
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Резерват. Анотація. Вступ	01.09.21 - 15.09.21	
2	Розділ 1	16.09.21 - 01.10.21	
3	Розділ 2	02.10.21 - 15.10.21	
4	Розділ 3	16.10.21 - 24.10.21	
5	Розділ 4	25.10.21 - 11.11.21	
6	Завдання висновки. Термік джерел ресурсів. Додатки	22.11.21 - 30.11.21	
7	Траєкторний матеріал	01.12.21 - 05.12.21	

Студент  (підпис) С.О. Панченко (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)  (підпис) О.С. Воденнікова (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  (підпис) Р.М. Воляр (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка: 77 с., 5 табл., 31 рис., 36 джерел.

ЛИВАРНА МОДЕЛЬ, МОДЕЛЬНИЙ КОМПЛЕКТ, ДЕРЕВ'ЯНА МОДЕЛЬ, ВИЛИВОК, ВІДХОДИ ДЕРЕВООБРОБНОГО ВИРОБНИЦТВА, ХАРАКТЕРИСТИКИ МІЦНОСТІ

Тема кваліфікаційної роботи – удосконалення технології виготовлення моделей з відходів модельного виробництва.

Мета роботи – пошук альтернативної технології виготовлення ливарної моделі з відходів деревообробного виробництва, як замітника дерев'яної моделі, для енерго-та ресурсозбереження.

У розділі 1 розглянуто основні вимоги до модельних комплектів, проведено порівняльний аналіз терміну використання модельних комплектів в умовах ливарного виробництва в залежності від виду моделі, що використовується.

У розділі 2 розглянуто основні властивості порід деревини для модельних комплектів та приведено фізико-механічні властивості деревини.

У розділі 3 описано матеріали та методику дослідження фізико-механічних властивостей, гранулометричного складу та вологості деревини та моделей з відходів деревообробного виробництва.

У розділі 4 запропоновано схему технологічного циклу виготовлення ливарних моделей з відходів деревообробного виробництва та приведено дослідження фізико-механічних властивостей та гранулометричного складу деревини та моделей з відходів деревообробного виробництва.

Результати лабораторних досліджень можуть бути використані в навчальному процесі при викладанні спеціальних дисциплін за спеціальністю 136 «Металургія», зокрема дисципліни «Ливарне виробництво».

АНОТАЦІЯ

Панченко С. О. Удосконалення технології виготовлення моделей з відходів модельного виробництва.

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 136 «Металургія», науковий керівник О. С. Воденнікова. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургії, 2021.

Розглянуто основні принципи виготовлення модельних комплектів. Приведено класифікацію ливарних моделей та особливості їх застосування. Приведено порівняльний аналіз терміну використання модельних комплектів в умовах ливарного виробництва в залежності від виду моделі, що використовується. Проаналізовано основні фізико-механічні властивості дерев'яних моделей. Запропонована схема технологічного циклу виготовлення ливарних моделей з відходів деревообробного виробництва (тирси). Приведено дослідження фізико-механічних властивостей деревини та моделей з відходів деревообробного виробництва. Показано вплив гранулометричного складу деревини та моделей з відходів деревообробного виробництва на характеристики міцності. Встановлено, що виготовлення моделей з відходів деревообробного виробництва дозволяє зменшити витрати на виготовлення моделей з первинної деревини; зменшити енергозатрати виробництва; зменшити трудомісткість виготовлення моделі; автоматизувати виробництво ливарних моделей.

Ключові слова: ЛИВАРНА МОДЕЛЬ, МОДЕЛЬНИЙ КОМПЛЕКТ, ДЕРЕВ'ЯНА МОДЕЛЬ, ВИЛИВОК, ВІДХОДИ ДЕРЕВООБРОБНОГО ВИРОБНИЦТВА, ХАРАКТЕРИСТИКИ МІЦНОСТІ

ABSTRACT

Panchenko S. A. Technological improvement of sample manufacturing out of wastes from production.

Qualification work for a master's degree in specialty 136 «Metallurgy», supervisor O.S. Vodennikova. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute, named after Yu. M. Potebnia, Department of Metallurgy, 2021.

The basic principles of model kit manufacturing are considered. The classification of foundry models and features of their application are given. A comparative analysis of the term of use of model kits in the conditions of foundry production depending on the type of model used is given. The main physical and mechanical properties of wooden models are analyzed. The scheme of technological cycle of production of foundry models from waste of woodworking production (sawdust) is offered. The study of physical and mechanical properties of wood and models of woodworking waste is presented. The influence of wood particle size distribution and models of wood processing wastes on strength characteristics is shown. It is established that the model production of wood processing wastes reduces the cost of model manufacturing of primary wood; it reduces energy consumption of production and the complexity of model production. It also automates the production of foundry models.

Key words: FOUNDRY MODEL, MODEL KIT, WOODEN MODEL, CASTING, WOODWORKING WASTES, STRENGTH CHARACTERISTICS.

АННОТАЦИЯ

Панченко С. А. Усовершенствование технологии изготовления моделей из отходов модельного производства.

Квалификационная работа на соискание высшего образования магистра по специальности 136 «Металлургия», научный руководитель О. С. Воденникова. Запорожский национальный университет, Инженерный учебно-научный институт им. Ю.М. Потебни, кафедра металлургии, 2021.

Рассмотрены основные принципы производства модельных комплектов. Приведена классификация литейных моделей и особенности их применения. Приведен сравнительный анализ срока использования модельных комплектов в условиях литейного производства в зависимости от вида используемой модели. Проанализированы основные физико-механические свойства деревянных моделей. Предложена схема технологического цикла изготовления литейных моделей из отходов деревообрабатывающего производства (опилки). Приведены исследования физико-механических свойств древесины и моделей из отходов деревообрабатывающего производства. Показано влияние гранулометрического состава древесины и моделей из отходов деревообрабатывающего производства на прочностные характеристики. Установлено, что изготовление моделей из отходов деревообрабатывающего производства позволяет снизить затраты на изготовление моделей из первичной древесины; уменьшить энергозатраты производства; уменьшить трудоемкость производства модели; автоматизировать производство литейных моделей.

Ключевые слова: ЛИТЕЙНАЯ МОДЕЛЬ, МОДЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКТ, ДЕРЕВЯННАЯ МОДЕЛЬ, ОТЛИВОК, ОТХОДЫ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА, ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЧНОСТИ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1 МОДЕЛЬНИЙ КОМПЛЕКТ: ПРИЗНАЧЕННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИВАРНИХ МОДЕЛЕЙ..	14
1.1 Модельні комплекти: основні поняття та характеристика.....	14
1.2 Класифікація ливарних моделей та особливості їх застосування.....	16
1.3 Модельно-стрижнIVE оснащення, опоки та інший інструмент та пристосування модельних комплектів	19
1.3.1 Дерев'яні моделі.....	19
1.3.2 Стрижневі ящики.....	21
1.3.3 Металеві та пластмасові моделі.....	22
1.3.4 Модельні плити.....	23
1.3.5 Опоки.....	25
1.3.6 Інший інструмент та пристосування модельно-опочного оснащення	28
1.4 Основні принципи виготовлення модельних комплектів.....	30
1.5 Висновки.....	34
2 АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВ'ЯНИХ МОДЕЛЕЙ ТА ПОШУК ЇХ ЗАМІННИКІВ.....	35
2.1 Властивості порід деревини для модельних комплектів.....	35
2.2 Фізико-механічні властивості деревини.....	37
2.3 Висновки.....	40
3 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	41
3.1 Матеріали дослідження.....	41
3.2 Методика дослідження фізико-механічних властивостей деревини та моделей з відходів деревообробного виробництва.....	42
3.3 Методика дослідження гранулометричного складу деревини та моделей з відходів деревообробного виробництва.....	48
3.4 Методика дослідження вологості деревини та моделей з відходів	

деревообробного виробництва.....	49
3.5 Висновки.....	50
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИВАРНОЇ МОДЕЛІ З ВІДХОДІВ ДЕРЕВООБРОБНОГО ВИРОБНИЦТВА, ЯК ЗАМІННИКА ДЕРЕВ'ЯНОЇ МОДЕЛІ, ДЛЯ ЕНЕРГО-ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	51
4.1. Розробка схеми технологічного циклу виготовлення ливарних моделей з відходів деревообробного виробництва	51
4.2 Дослідження фізико-механічних властивостей деревини та моделей з відходів деревообробного виробництва.....	51
4.3 Дослідження гранулометричного складу деревини та моделей з відходів деревообробного виробництва.....	56
4.4 Висновки.....	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	62
ДОДАТКИ.....	66
ДАДАТОК А НАУКОВІ ПРАЦІ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА.....	66

ВСТУП

Актуальність роботи. Відомо, що конкуренція в ливарному виробництві зі швидким оновленням метапродукції замість масового виробництва зумовлює попит на малі та середні серії виливків з підвищеною розмірно-ваговою точністю. Так розвиток ливарного виробництва супроводжується укрупненням ливарних цехів (за інвестиційними вимогами) з використанням гнучких технологій отримання виливків з високою точністю та складністю конструкції, зокрема за разовими моделями, а також і в металеві форми [1]. В залежності від складових виливка та режимів його охолодження можна отримати продукт різної якості та структури [2].

На сьогодні в галузі ливарного виробництва потрібні досить великі інвестиції для оновлення морально-та технологічно застарілого обладнання та технологій. Так серед основних напрямків розвитку ливарного виробництва України слід відмітити:

- повне оновлення устаткування і технології, яке б відповідало світовим стандартам;
- розширення випуску виливків з перспективних ливарних сплавів;
- розширення застосування спеціальних способів лиття;
- раціональне використання матеріальних та енергетичних ресурсів;
- вирішення екологічних проблем за захист навколишнього середовища;

Основні перспективи розвитку ливарного виробництва України в галузі застосування нових ливарних сплавів є розширення випуску виливків з високоміцного чавуну, низьколегованих марок сталей, виливків зі сплавів високої чистоти та виливків з кольорових сплавів.

Серед основних перспектив розвитку ливарного виробництва України в галузі технології виготовлення ливарних форм також слід зазначити:

- докорінне оновлення парку формувального та сумішоприготувального устаткування;
- розширення застосування автоматичних і, особливо, гнучких

автоматичних ліній;

– значне розширення масштабів регенерації піску з відпрацьованих формувальних сумішей;

– широке запровадження сучасних комп'ютерних методів розробки технології виготовлення виливків [3].

Тому розв'язання вище зазначених проблем є необхідною задачею ливарників, а зокрема пошук альтернативної технології виготовлення ливарної моделі з відходів деревообробного виробництва, як замітника дерев'яної моделі, є актуальним напрямком досліджень та розглядається як перспективна енерго-та ресурсозберігаюча технологія металургійного виробництва.

Мета та задачі роботи. Мета роботи – пошук альтернативної технології виготовлення ливарної моделі з відходів деревообробного виробництва, як замітника дерев'яної моделі, для енерго-та ресурсозбереження.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні теоретичні та прикладні завдання:

1. Розглянути основні вимоги до модельних комплектів, їх класифікацію та визначити шляхи удосконалення технології виготовлення ливарних моделей.

2. Запропонувати технологію виготовлення ливарних моделей з відходів деревообробного виробництва.

3. Проаналізувати вплив співвідношення компонентів сумішей з відходів деревообробного виробництва для виготовлення ливарних моделей на їх фізико-технологічні властивості.

4. Проаналізувати вплив гранулометричного складу суміші рідке скло та тирса, як замітника деревини для виготовлення ливарних моделей, на їх фізико-технологічні властивості.

Об'єкт дослідження: процес пресування зразків з відходів деревообробного виробництва (тирси); вплив хімічного та гранулометричного складу шихти для виготовлення ливарних моделей з деревини та відходів деревообробного виробництва на їх фізико-технологічні властивості.

Предмет дослідження: технологія виготовлення ливарних моделей з

відходів деревообробного виробництва.

Методи дослідження: при узагальненні та аналізі науково-технічної літератури з напрямку дослідження технології виготовлення ливарних моделей з відходів деревообробного виробництва використовувався комплексний підхід; обробку експериментальних даних проводили з використанням персонального комп'ютера.

Наукова новизна одержаних результатів. Запропонована технологія виготовлення ливарних моделей з відходів деревообробного виробництва, яка дозволяє зменшити витрати на виготовлення моделей з первинної деревини; зменшити енергозатрати виробництва; зменшити трудомісткість виготовлення моделі; автоматизувати виробництво ливарних моделей.

Практичне значення одержаних результатів. Результати лабораторних досліджень можуть бути використані в навчальному процесі при викладанні спеціальних дисциплін за спеціальністю 136 «Металургія», зокрема дисципліни «Ливарне виробництво».

Особистий внесок дослідника. Основні результати, наведені в кваліфікаційній роботі магістра, отримані автором особисто. Ним виконано постановку завдань дослідження, обрано методику лабораторних досліджень, проаналізовано та узагальнено основні результати досліджень, сформульовано загальні висновки.

У роботах, опублікованих у співавторстві, автором розглянуті можливості виготовлення ливарних моделей з відходів деревообробного виробництва [1, 2].

Апробація результатів роботи. Основні висновки та результати кваліфікаційної роботи магістра доповідалися та обговорювалися на:

– всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (м. Запоріжжя, 19–21 жовтня 2021 р.);

– всеукраїнській науково-практичній конференції «Теоретичні та практичні засади розвитку економіки, обліку, фінансів, менеджменту та права»

(м. Запоріжжя, 23–24 листопада 2021 р.);

– наукових семінарах кафедри металургії Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю. М. Потебні Запорізького національного університету (м. Запоріжжя, 2021 р.).

Публікації. Основні результати кваліфікаційної роботи магістра знайшли відображення у двох тезах доповідей на всеукраїнських конференціях.

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку джерел посилання та додатку. Загальний обсяг роботи становить 77 сторінок, з них 5-ть таблиць, 31 рисунок, 36 джерел посилання.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

1. Панченко С. О., Воденнікова О. С. Дослідження можливості виготовлення ливарних моделей з відходів модельного виробництва. *Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України* : всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти, аспірантів, аспірантів та молодив вчених (м. Запоріжжя, 19–21 жовтня 2021 р.). Запоріжжя : ЗНУ, 2021. С. 225–227.

2. Воденнікова О. С., Панченко С. О. Можливості виготовлення дерев'яних моделей з відходів деревообробного виробництва. *Теоретичні та практичні засади розвитку економіки, обліку, фінансів, менеджменту та права* : всеукр. наук.-практ. конф. (м. Запоріжжя, 23–24 листопада 2021 р.). Запоріжжя : ЗНУ, 2021. С. 152–154.

1 МОДЕЛЬНИЙ КОМПЛЕКТ: ПРИЗНАЧЕННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИВАРНИХ МОДЕЛЕЙ

1.1 Модельні комплекти: основні поняття та характеристика

Модельним комплектом називають частину ливарного оснащення, що представляє сукупність технологічних пристосувань, необхідних для отримання у формі робочої порожнини.

Модельний комплект складається з наступного устаткування:

- моделей вилівка;
- моделей елементів ливникової системи;
- модельних плит;
- стрижневих ящиків.

В окремих випадках в модельний комплект входять формувальні шаблони, скребкові шаблони, кондуктори для зачистки стрижнів, контрольні шаблони – пристосування для контролю розмірів робочої порожнини форм і розмірів стрижнів.

Модель вилівка служить для утворення відбитка в ливарній формі. Ця робоча порожнину після заливки і затвердіння металу оформляє вилівок.

Ливарні моделі класифікують за родом матеріалу, способом формування, точності виготовлення, показником міцності, розмірами, складності виготовлення, виду сплаву вилівка.

Для ручного формування застосовують дерев'яні, пластмасові та гіпсові моделі. Найбільш широко поширеним матеріалом для моделей є дерево, в даний час застосовують і пінополістирол.

Спосіб формування ливарної форми також впливає на конструкцію моделі. У промисловості використовують три способи формування: ручний, машинний, автоматизований. Моделі, призначені для ручного формування, не застосовують для машинної і автоматизованої. При ручному формуванні застосовують нероз'ємні і роз'ємні моделі, моделі з від'ємними частинами,

скелетні, шаблони та інші.

За своєю міцністю дерев'яні модельні комплекти поділяють на три класи:
– моделі I-го класу.

Це моделі та стрижневі ящики, призначені для тривалого використання при ручної та машинної формуванню, а також для виготовлення одиничних особливо складних виливків. Модель виконують з деревини I і II сорту (наприклад, вільхи, сосни, бука та інших порід), а окремі частини моделей з березової і букової фанери. Частини моделей міцно з'єднують цвяхами, шурупами, болтами, нагелями, а також склеюванням. Відокремлені і виступаючі швидко зношуються частини виготовляють з твердих порід деревини, деревного шаруватого пластику ДСП-8 або з металу і пластмаси. Поверхня моделі повинна бути гладкою, після ґрунтовки і шпаклівки її двічі фарбують модельним лаком. Підйоми для видалення моделі з форми встановлюють врівень з поверхнею моделі і зміцнюють шурупами. Підстави моделей скріплюють болтами.

– моделі II-го класу.

Їх виготовляють з тих же порід дерева. Деревина, як і у моделей I класу, повинна вживатися з переклеювання шарів для зменшення викривлення. Нерухомі з'єднання склеюють, додатково зміцнюючи їх шурупами, цвяхами, нагелями. Модель практично повністю виконують з Деревини, іноді її армують. Відокремлені частини моделі роблять з твердої деревини. Жолобники виконують з деревини, замазки або пластмаси. Поверхня моделі обробляють і фарбують модельним лаком.

– моделі III-го класу.

Виконують моделі для одиничного використання при ручному формуванні, коли необхідно виготовити від 1 до 5 форм. У цьому випадку застосовують деревину будь-якої породи. Частини моделі з'єднують клеєм або цвяхами. Відокремлені частини кріплять шпильками і шпильками. Моделі фарбують лаком один раз.

За розмірами розрізняють дрібні моделі з габаритними розмірами до 500

мм, середні – від 501 до 1500, великі – від 1501 до 5000 і великі від 5001 мм і більше.

За складністю конструкції модельні комплекти поділяться на

прості (це моделі нероз'ємні або моделі з роз'ємом по площині. Вони не мають окремих частин і стрижневих знаків. Прикладом можуть служити моделі для плити, фланця, втулки);

– середні (це моделі простої конфігурації, моделі середнього і великого розмірів в комплекті зі стрижневими ящиками (шестерні з литими зубами, вихлопної патрубков двигуна));

– складні (це моделі блоку циліндра двигуна внутрішнього згорання, станини металорізальних верстатів та інші).

За своєю конструкцією ливарні моделі поділяться на:

– на нероз'ємні (після формування цілком витягають з форми; такі моделі утворюють в ній практично повний відбиток зовнішнього контуру моделі; можуть мати відокремлені частини);

– роз'ємні (складаються завжди з двох або більше частин; . Вони розділені на частини по площині роз'єму або рідше по складній поверхні);

– спеціальні (до них відносять формувальні шаблони, скелетні моделі. Шаблони застосовують при виготовленні одиничних виливків. Основна перевага шаблонів – їх низька вартість в порівнянні з вартістю моделей) [4].

1.2 Класифікація ливарних моделей та особливості їх застосування

Моделлю називають пристосування для отримання в ливарній формі відбитка, відповідної конфігурації і розміра відливаемого виробу. Залежно від матеріалу з якого виготовляється модель, моделі поділяються на (табл. 1.1):

- дерев'яні;
- металеві;
- гіпсові;
- воскові і парафіностеаріні;

- пінополістиролові;
- пластмасові;
- крижані.

Таблиця 1.1 – Термін використання модельних комплектів

Вид моделі	Термін використання модельних комплектів, разів
Дерев'яна модель (з сосни, ялинки, ялицю, вільхи, липи, буку, клену, берези та інших порід дерев)	150–250
Металева модель (з чавуну, бронзи, латуні, алюмінієвих сплавів)	380–480
Гіпсова модель	30–70
Воскова та парафіностеарінова модель	1
Пінополістеролова модель	1
Пластмасова модель	350–500
Крижана модель	1

Дерев'яні моделі. Деревина є одним з основних матеріалів, застосовуваних для виготовлення модельних комплектів. Вона відрізняється малою щільністю, хорошою оброблюваністю ріжучими інструментами, невисокою вартістю.

Металеві моделі. При виготовленні великої кількості ливарних форм зручніше і вигідніше застосовувати металеві моделі, які виготовляють з чавуну, бронзи, латуні, алюмінієвих сплавів. Металеві моделі в порівнянні з дерев'яними мають ряд переваг: не коробляться, добре зберігають свою форму, мають міцну, чисту поверхню і значно більшу довговічність.

Гіпсові моделі. Початковим етапом виготовлення вилівка художнього виробу є, як правило, ліплення скульптором його оригіналу. В якості основного матеріалу для виготовлення оригіналу скульптури використовують пластилін, віск або глину. Ці матеріали найбільш зручні при ліпленні. Однак пластилін, віск і глина недостатньо міцні і не можуть бути хорошим матеріалом для моделей.

Значно зручніше, якщо модель виконана з гіпсу. Перевага гіпсових

моделей у виробництві художнього литва полягає в тому, що їх можна швидко і легко виготовити. Крім того, вони легкі, мають чисту і гладку поверхню і в порівнянні з іншими видами моделей художніх виливків - дешеві. Недоліки гіпсових моделей – мала, в порівнянні з металевими моделями, міцність, низька твердість поверхні, що обмежує їх застосування при кусковій формовці.

Воскові та парафіностеарінові моделі. Застосування воскових моделей спрощує процес виготовлення ливарної форми для отримання скульптур, покращує якість поверхні виливки. Крім того, скорочується процес складання відливання, так як скульптура відливається у формі цілком.

До недоліків воскових моделей відноситься висока вартість відливаємих по них виливків за великої тривалості процесу виготовлення ливарної форми. У серійному виробництві кабінетних художніх виливків застосовують виплавлені моделі з парафіностеарінових складів, що виготовляються в прес-формах.

Пінополістиролові моделі. У сучасних ливарних цехах застосовують моделі, які видаляються з форми шляхом плавлення та газифікації їх при контакті з рідким металом або випалювання при 350–400 °С. Застосування моделей з пінополістиролу спрощує процес виготовлення ливарної форми, скорочує витрату металу на прибиля, збільшує точність виливки в результаті відсутності роз'єму ливарної форми і ливарних ухилів на моделі. Використання таких моделей дозволяє отримувати з чавуну і кольорових сплавів складні і великі виливки масою від декількох кілограмів до 30 т.

Пластмасові моделі. У сучасних умовах ливарного виробництва для виготовлення моделей широке застосування отримали пластичні маси. В якості матеріалів для виготовлення пластмасових моделей використовують спеціальні склади, звані компаундами, що складаються з епоксидної смоли, поліетиленполіамін, дибутилфталата з добавкою в якості наповнювача маршалліта. Моделі із пластмас міцні, не коробляться, перебуваючи у вологому середовищі, не розбухають, мають чисту, гладку поверхню, легко

ремонтуються.

Крижані моделі. Розробка нових видів кріотехнології для ливарного виробництва дає можливість підвищити його екологічну чистоту шляхом заміни традиційних полімерних модельно-формувальних матеріалів замороженою водою. Для виробництва зразків крижаних моделей застосовують чисту водопровідну воду, а також водну композицію з технологічними добавками до 25 % матеріалу, по пов'язує, з метою подальшого часткового просочення піску утвореного навколо крижаної моделі ливарної форми при таненні моделі. У деяких варіантах в матеріал моделі або її облицювання вводили мілкодисперсний бентоніт або вогнетривкий наповнювач – дістен-силіманіт з метою створення протипригарних властивостей поверхні цієї піщаної форми. Крижані моделі – це один з перспективних напрямків розвитку модельного виробництва, але на сьогоднішній день мало вивчений [6, 7].

1.3 Модельно-стрижнive оснащення, опоки та інший інструмент та пристосування модельних комплектів

1.3.1 Дерев'яні моделі

Дерев'яні моделі (рис. 1.1) виготовляють із сосни, ялини, модрини, складні стрижневі ящики – з липи. Для облицювання моделей використовують бук, ясен, клен. Частина, що найбільш піддається зношуванню, виготовляють із металу або облицюють листовим залізом.

Для виготовлення модельного оснащення деревина повинна містити не менш 8 % і не більше 11 % вологи. Слід також урахувати можливість викривлення дощок у результаті усушки. Зміна їх розмірів у процесі усушки виявляється найменшим за довжиною стовбура – 0,1–0,3 %, у радіальному напрямку зміна розмірів – 3–6 %, у тангенціальному – 6–12 %.

За міцності виготовлення дерев'яні моделі підрозділяють на три класи:

– *Перший клас дерев'яних моделей.* Виготовляються моделі, призначені

для серійного виробництва та для одержання промислових моделей (наприклад, металевих моделей). Для промислових моделей необхідно враховувати подвійну усадку – сплавів моделі та вилівка. Матеріалом для моделей першого класу служить витримане дерево твердих порід: бук, клен або дрібношарова сосна. У більших моделях усю основну частину виконують із сосни, а гострі кути моделі і виступаючі її частини (припливи, ребра та інші) – з бука, клена, а в окремих випадках з кольорового металу (латуні, алюмінію).

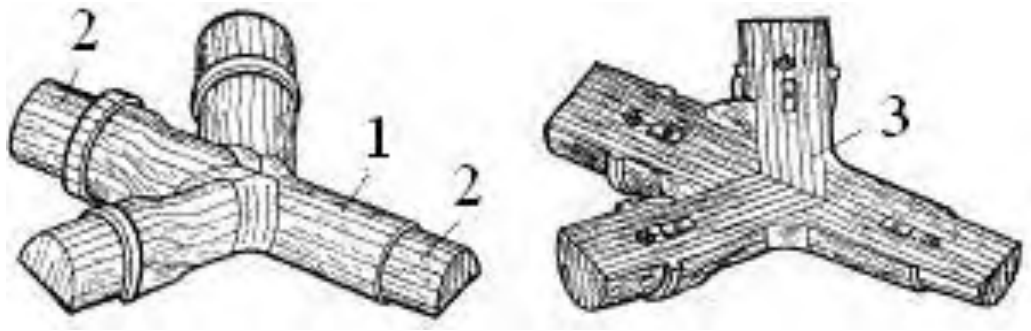
– *Другий клас дерев'яних моделей.* За другим класом виготовляються моделі для обмеженого числа формувань. У цьому випадку використовують матеріал зниженої якості та більш м'яких, чим в попередньому випадку, порід дерева (вільхи, липи, сосни).

– *Третій клас дерев'яних моделей.* Виготовляють моделі для разових виливків. Матеріалом служить сосна, іноді ялина. До цього класу відносять і кістякові моделі. Моделі третього класу в більшості випадків по закінченню формування знищують.

Процес виготовлення дерев'яної моделі або стрижневого ящика складається з наступних операцій:

1. Виконання в натуральну величину креслення моделі зі знаковими частинами та інше.
2. Виготовлення заготовок, їх механічна обробка.
3. Складання частин моделі.
4. Контроль, приймання та фарбування моделі.

Моделі красять олійною фарбою, потім покривають лужним лаком з метою одержання гладкої робочої поверхні та запобігання її від впливу вологи атмосфери і формувальної суміші. Для чавунного лиття використовують моделі червоного кольору, для сталевого – сірого, для кольорового – жовтого. Стрижневі знаки та інші недотичні з металом частини офарблюють у чорний колір.

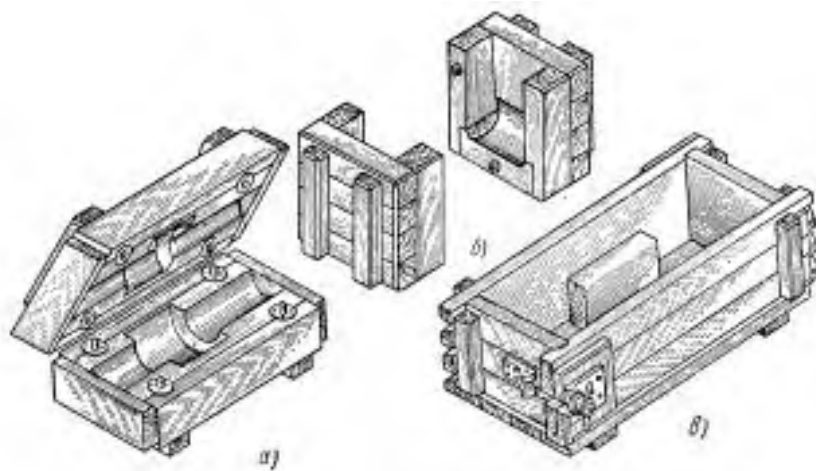


1 – верхня половина моделі; 2 – знакові частини; 3 – нижня половина моделі
Рисунок 1.1 – Дерев'яна роз'ємна модель

1.3.2 Стрижневі ящики

За конструкцією стрижневі ящики підрозділяють на нероз'ємні (які витрушують) і роз'ємні, які для видалення з них стрижня розбираються на дві або більше частин.

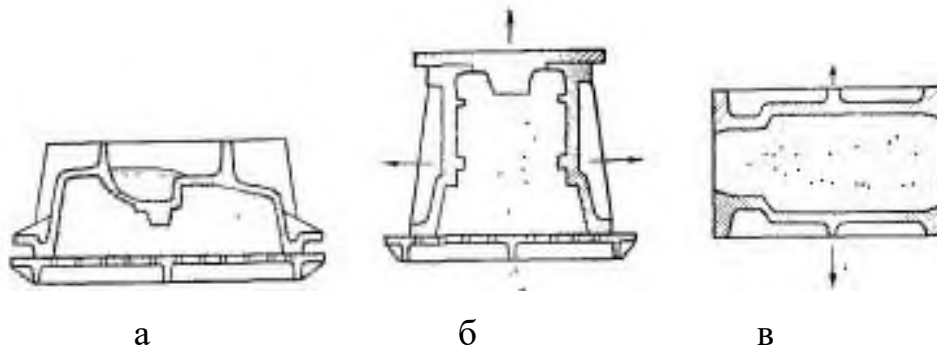
Дерев'яні ящики, що витрушують, та роз'ємні ящики використовують переважно в одиничному та дрібносерійному виробництві. Виготовляють із тих же порід деревини, що і моделі. Роз'ємні стрижневі ящики виконуються з горизонтальними (рис. 1.2, а), вертикальними (рис. 1.2, б) або збірним роз'ємами (рис. 1.2, в). Частини роз'ємного ящика скріплюють за допомогою клинів, гачків, стяжок.



а – горизонтальний роз'єм; б – вертикальний роз'єм; в – збірний ящик

Рисунок 1.2 – Дерев'яні стрижневі ящики

Металеві стрижневі ящики застосовують у масовому та багатосерійному виробництві. Їх виконують переважно з алюмінієвих сплавів. Металеві стрижневі ящики роблять такими, які треба витрушувати (рис. 1.3, а), з роз'ємними вертикальними (рис. 1.3, б) та роз'ємними горизонтальними (рис. 1.3, в) роз'ємами.



а – ящик, що витрушують; б – роз'ємний вертикальний; в – роз'ємний горизонтальний

Рисунок 1.3 – Металеві стрижневі ящики

1.3.3 Металеві та пластмасові моделі

Металеве модельне оснащення застосовується тільки в умовах багатосерійного та масового виробництва. У цьому випадку витрати на виготовлення металевого модельного оснащення повністю окупаються, різко зростають геометрична точність виливків і точність їх розмірів.

Металеві моделі. Матеріалом для виготовлення моделей і стрижневих ящиків служать алюмінієві сплави, сірий чавун марки СЧ15, СЧ20, ливарні латунь і бронза, сталь.

У сирих піщано-глинистих формах відливають дві половинки моделі, які обробляють за роз'ємом, збирають між собою, крім зсуву, затискають струбциною та просвердлюють наскрізні отвори (діаметром 5-6 мм) переважно в знакових частинах моделі. У ці отвори заганяють штифти, а струбцини знімають. У такому виді модель піддають механічній обробці на верстатах, потім штифти видаляють, половинки моделей роз'єднують і приступають до їх

монтажу на модельних плитах верху та низу.

Пластмасові моделі. Усе більш широке застосування знаходить у цей час модельне та стрижневе оснащення із пластичних мас.

Подібне оснащення, поєднуючи переваги дерев'яної та металевої, має малу масу, високу точність і міцність, не піддається жолобленню, розбуханню, корозії при зберіганні та експлуатації і дозволяє точно відтворювати контури моделі при формуванні.

Для виготовлення оснащення застосовують термореактивні пластичні маси на основі епоксидних або фенолформальдегідних смол, стіракрил ТШ або акрилат АСТ-Т.

Моделі стояків, лійок і чаш. При ручному формуванні використовуються моделі стояків, як правило, дерев'яні. Вони розширюються за рахунок ухилу догори. При машинному та автоматичному формуванні моделі стояків виготовляються з металу, мають зворотний ухил і кріпляться до модельної плити.

При ручному формуванні лійку вирізують, не виймаючи модель дерев'яного стояка. У деяких випадках вирізують невелику чашу-лійку. При машинному формуванні моделі лійок і чаш із отвором під стояк кріплять до пресової плити. При цьому у формі в місці переходу від лійки до стояка обов'язковий невеликий уступ, тому що модель лійки з отвором під зворотний стояк зробити «на ні» неможливо. При більших витратах металу, тобто для великих виливків, використовують “чаші-нарошчалки”, які виготовляють у спеціальних стрижневих ящиках зі стрижневої суміші.

1.3.4 Модельні плити

Для машинного формування моделі монтують на спеціальних плитах, які називають *модельними плитами*. Кожна модельна плита складається із плити та розташованих на ній моделей виливків, ливникової системи, штирів та інші.

Вибір модельної плити визначається типом машини, а також розмірами та

числом моделей, які необхідно на ній розмістити. Надмірна завантаженість модельної плити моделями та розвиненою ливниковою системою може привести при формуванні до підриву форми, а при недостатній завантаженості модельної плити знижується такий виробничий показник, як знімання виливків з готової форми. Практика показує, що середня завантаженість моделями на модельних плитах опочного формування становить 40 %.

Верхня площа плити утворює площину рознімання форми. Плита прикріплюється до стола формувальної машини болтами.

Конструкція та розміщення елементів кріплення плити до стола машини залежать від типу стола. Габарити плит призначаються відповідно до габаритів опок, для яких вони призначені.

Модельні плити виготовляються зі сталі марок від 15Л до 45Л або із чавуну марки СЧ 20, невеликі плити – з алюмінієвих сплавів.

По способу установки й закріплення моделей модельні плити діляться на два типи:

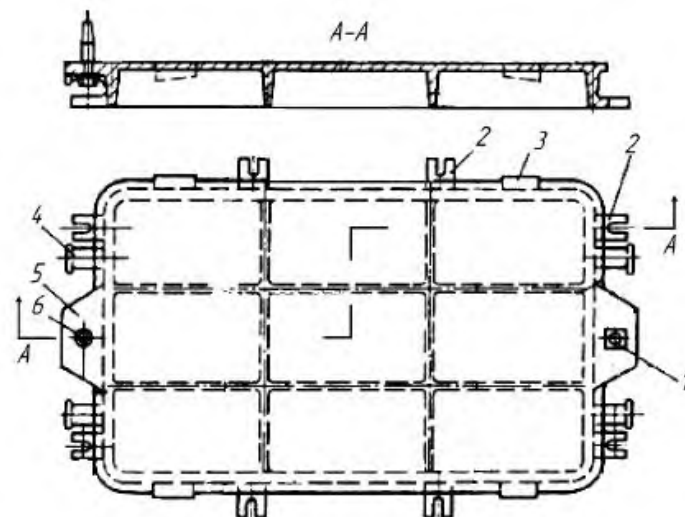
1. Плоскі плити (рис. 1.4), на яких моделі закріплюються болтами; такі плити застосовуються головним чином у серійному та масовому виробництві;
2. Координатні плити (рис. 1.5), що мають сітку отворів, просвердлених з великою точністю; такі плити застосовуються в дрібносерійному виробництві, при якому проводиться часта зміна моделей.

Плоскі модельні плити із закріпленими на них моделями - найпоширеніший вид модельних плит у масовому та багатосерійному виробництві. Монтаж моделей на таких плитах проводиться в модельному цеху; моделі зберігаються на складі разом із плитою в зібраному виді.

Модельні плити мають наступні елементи:

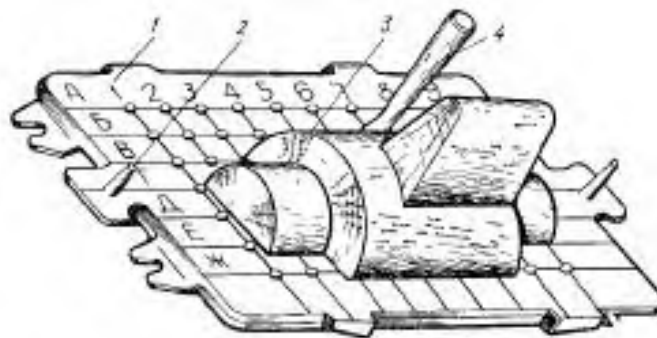
- настановні штирі (центруючі та напрямні) під втулки в опоках;
- вушка під настановні штирі;
- лабети для прикріплення плит до стола машини;
- ручки або цапфи для транспортування (у чавунних і алюмінієвих плитах застосовуються залиті цапфи);

– платики під скріпні скоби або вушка під скріпні штирі (рис 1.4).



1 – штир, який направляє; 2 – лапи для прикріплення плит до столу машини; 3 – платик під скріплюючі скоби; 4 – цапфи; 5 – вушко під штирі; 6 – штир, який центрує

Рисунок 1.4 – Модельна плата



1 – плата; 2 – штир; 3 – верхня половина моделі відливки; 4 – модель стояка

Рисунок 1.5 – Координатна плата

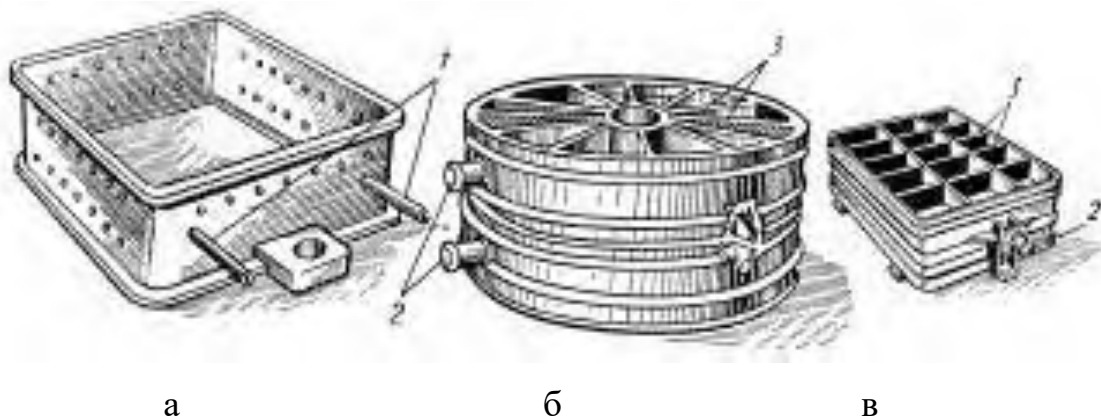
1.3.5 Опои

Опои звичайно виготовляють із сірого чавуну, сталі, алюмінієвих і магнієвих сплавів. Сталеві опои більш міцні та довговічні, чим чавунні. Алюмінієві опои значно легше чавунних і сталевих, дуже зручні в роботі, але

менш тверді. Опоки з магнієвих сплавів є найбільш легкими і досить міцними, але дорогими.

За конфігурацією опоки бувають прямокутними (рис. 1.6, а), круглими (рис. 1.6, б) і рідше фасонними (рис. 1.6, в).

Залежно від розмірів і ваги опоки діляться на ручні й кранові. До ручних опок відносять опоки, вага яких разом з ущільненою формувальною сумішшю не перевищують 50 кг. Для транспортування опоки постачають двома або чотирма ручками.



а – прямокутні; б – круглі; в – фасонні;

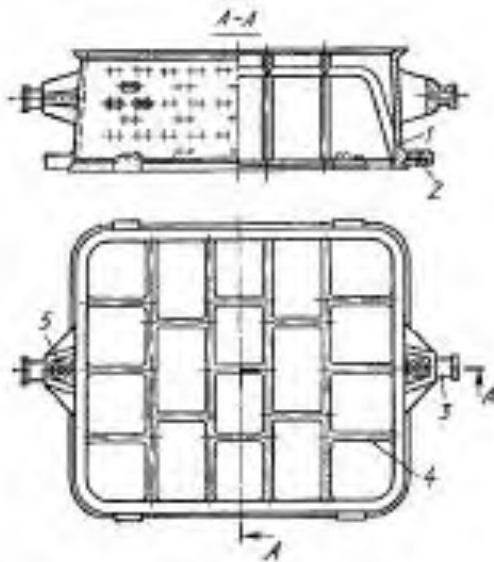
1 – ручки; 2 – цапфи; 3 – ребра жорсткості

Рисунок 1.6 – Опоки

Кранові опоки (рис. 1.7) обслуговуються піднімальними механізмами. Для транспортування вони оснащені цапфами.

Для полегшення виходу газів і парів води в стінках опоки виконують спеціальні отвори, які називаються вентиляційними. Для втримання ущільненої суміші в опоці та збільшення твердості конструкції середні і великі виливки постачають внутрішніми ребрами. З'єднуються опоки за допомогою втулок та штирів, що центрують. Опоки мають вушка, призначені для установки в них втулок, які центрують та дають напрям.

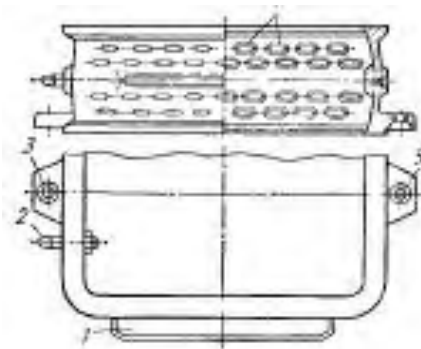
Щоб уникнути підняття верхньої напівформи гідростатичним тиском рідкого металу її навантажують або скріплюють верхню і нижню напівформи.



1—стінка; 2—втулка напрямної; 3—цапфа; 4 – ребро жорсткості; 5 – центруюча втулка

Рисунок 1.7 – Прямокутна опока крану

Виробництво виливків на автоматичних формувальних лініях вимагає уніфікації модельно-опочного оснащення. На кожній лінії застосовують модельні плити і опоки певних розмірів, що є необхідною умовою автоматизації транспорту опок і модельних плит, установки опок на плиту. У багатьох автоматів передача опок до машини і від машини здійснюється по спеціальних рольгангах, на які опирається опока ребрами, розташованими уздовж бічних стінок (рис. 1.8).



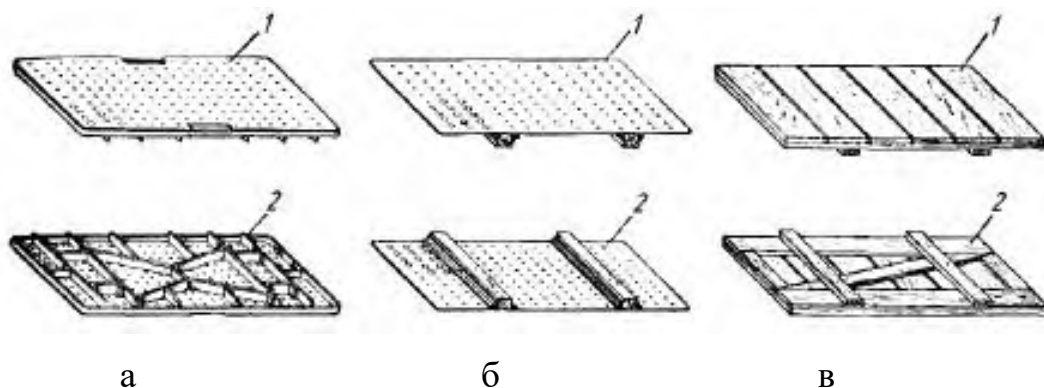
1 – планка, що дає напрям; 2 – штир для кантівки; 3 – центруюча втулка;
4 – вентиляційні отвори; 5 – втулка, що дає напрям

Рисунок 1.8 – Опока для формувального автомата

1.3.6 Інший інструмент та пристосування модельно-опочного оснащення

У комплект модельно-опочного оснащення, крім моделей, модельних плит, стрижневих ящиків і опок входять підпочні плити, сушильні плити, наповнювальні рамки, шаблони та інші пристосування.

На підпочні плити (рис. 1.9) встановлюють форми. Їх виготовляють максимально легкими і досить твердими. Для скріплення з опокою (при необхідності) у підпочних плит передбачають конічні платики для скоб. Для відводу газів у плиті виконують наскрізні отвори. Більшу частину підпочних плит роблять із алюмінієвих сплавів.



а – зварна металева; б – металева з дерев'яними полозами; в – дерев'яна (щиток);

1 – вигляд зверху; 2 – вигляд знизу

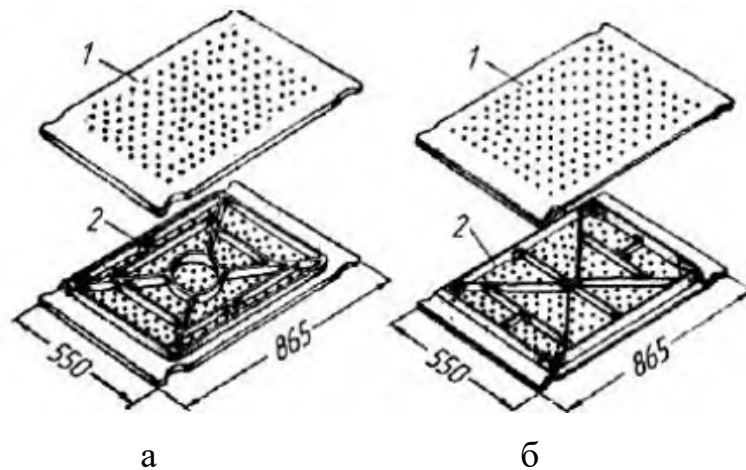
Рисунок 1.9 – Підпочні плити

Сушильні плити (рис. 1.10) бувають двох видів:

1. Спеціальні з фасонною опорною поверхнею для стрижня (драйери).
2. Плити з рівною поверхнею.

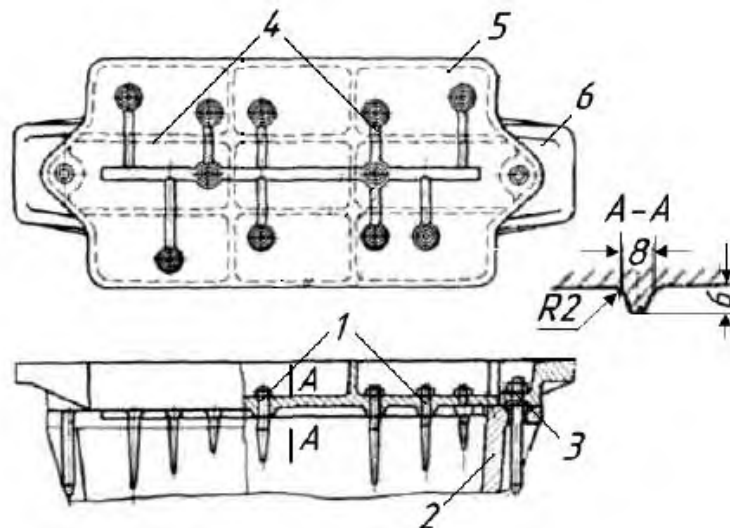
Основна вимога до сушильної плити – максимальна твердість конструкції при найменшій масі. Для виходу газу зі стрижнів у плитах передбачена система отворів. Виготовляють сушильні плити з алюмінієвих сплавів.

Вентиляційна плита (рис. 1.11) застосовується для виконання в стрижні вентиляційних каналів. Вентиляційні канали в стрижні завжди повинні бути розташовані цілком виразно, особливо, якщо вони є частиною загальної вентиляційної системи. Розбіжність каналів одного стрижня з каналами інших стрижнів або форми порушує дію всієї вентиляційної системи форми.



а – лита; б – зварна; 1 – вигляд зверху; 2 – вигляд знизу.

Рисунок 1.10 – Сушільні плити.



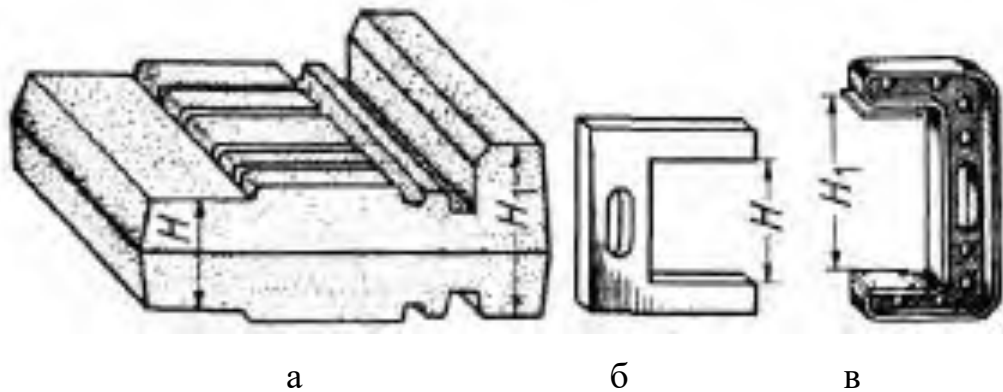
1 – душникові голки; 2 – стрижневий ящик; 3 – втулка зі штирем, що дає напрям; 4 – ребра на плиті, що виконують вентиляційні канали;

5 – вентиляційна плита; 6 – вушко

Рисунок 1.11 – Сушарні плити

Тому кожна вентиляційна плита повинна відповідним чином центруватися на стрижневому ящику за допомогою втулок, запресованих у стрижневому ящику, і штирів, закріплених у плиті.

Шаблони (рис. 1.12) призначені для контролю розмірів стрижнів і форм, попереднього складання декількох стрижнів в один загальний вузол, перевірки установки стрижнів у форму та інші [7].



а – спарований стержень; б – дерев'яний шаблон; в – шаблон, відлитий з алюмінію

Рисунок 1.12 – Шаблони

1.4 Основні принципи виготовлення модельних комплектів

Конструкція моделі повинна забезпечити витяг її з форми. Поверхня моделі повинна бути гладкою, чистою, щоб при виїмці її з форми вона легко відокремлювалася від формувальної суміші. Ливарна модель повинна бути міцною, не змінюватися в розмірах, протистояти впливу вологи формувальної суміші.

При виготовленні моделей і стрижневих ящиків ураховують технологію формування й виготовлення стрижнів, ливарні властивості металу й наступну механічну обробку деталі.

По кресленню деталі виготовляють модель і стрижневий ящик.

Попередньо всі розміри деталі по кресленню збільшують на величину ливарної усадки сплаву, з якого виготовляють вилівок. Для цього в

модельних цехах є спеціальні лінійки з урахуванням усадки. Для чавунного й кольорового лиття усадка становить 1–2 %, для сталевого – 1,5–2 %.

Креслення виливка робиться по кресленню деталі, на який наносять:

- припуск на мех. обробку;
- технологічний припуск;
- технологічні вказівки на виготовлення виливка;
- інші спеціальні вимоги до виливка.

Припуск на механічну обробку – додатковий шар металу на сторону, що видаляють при мех. обробці для одержання заданої точності і якості поверхні деталі.

На кресленні припуск штрихують або обводять червоним олівцем.

Технологічний припуск спрощує та, в свою чергу, полегшує процес виготовлення виливка, при цьому до нього відноситься:

- ливарні ухили – для зручності витягу моделі з форми без руйнування й вільного видалення стрижня з ящика (1° – 3° та 1–8 мм);
 - напуски – для спрощення виготовлення, напр. отворів малих діаметрів які можна просвердлити;
 - припливи – для зручності кріплення деталі при мех. обробці або транспортуванні, які видаляються при механічній обробці.
 - ребра та стяжки – для запобігання виливка від жолоблення при остиганні або термообробці, які видаляються при механічній обробці.
 - галтелі – закруглення внутрішнього кута для плавного переходу стінок, що сполучають. Запобігають концентрації напруг, утворення тріщин у кутах, зменшення опадання формувальної суміші при витягу моделі.
- Матеріалом для моделей і стрижневих ящиків в індивідуальному й дрібносерійному виробництві в більшості випадків є деревина, іноді гіпс і цемент, у масовому виробництві – алюмінієві сплави й пластмаси.

Дерев'яні моделі виготовляють із порівняно сухого (до 10 % вологи) щільного матеріалу для того, щоб уникнути жолоблення та повідці їх від втрати власної вологи.

Для створення земляної форми застосовують опоки. Опоки призначені для втримання піщаної суміші, додання земляній формі достатньої твердості й міцності при виготовленні, транспортуванні й заливанні металом. Опоки виготовляють зі сталі, чавуну, сплавів алюмінію. Залежно від розмірів і обрису виливків опоки мають круглу, квадратну й прямокутну форму.

Для виготовлення земляних форм і піщаних стрижнів застосовують формувальні інструменти, які можна розділити на три групи:

1. Інструменти, що використовуються для наповнення та зміцнення формувальної суміші в опоці (наприклад, лопати, ручні й пневматичні трамбування);

2. Інструменти призначені для витягу моделі із земляної форми (наприклад, гачки, підйоми та інші);

3. Інструменти для обробки поверхні форми, виправлення пошкоджень, прорізання ливникових каналів (наприклад, гладилки, ложечки, пульверизатори) [8].

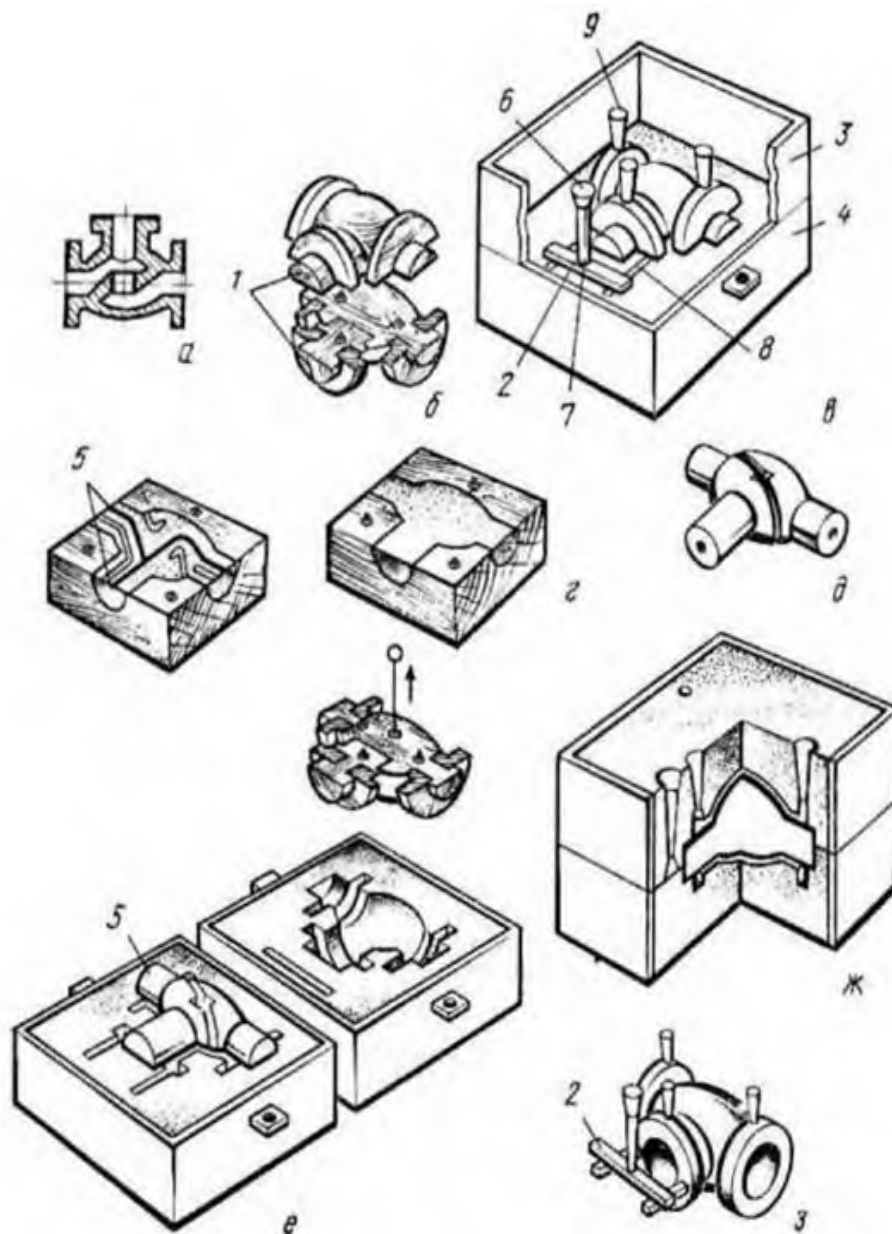
Сема виготовлення виливка приведена на рис. 1.13.

Найголовніше в ливарній технології полягає в тому, щоб, по-перше, виплавити цілком якісний розплав, що володіє необхідними властивостями, і, по-друге, приготувати надійну, стійку, міцну і газопроникну ливарну форму. Тому етапи плавки та формування є домінуючими у ливарній технології [9].

Більше 70 % виливків по масі виготовляють у разових піщаних формах. Цей спосіб дозволяє виготовляти виливки різної форми і розмірів з чавуну, сталі, кольорових металів. Він не вимагає застосування дорогого технологічного оснащення, універсальний і найпростіший при освоєнні нових виробів. Недоліками способу є низька точність виливків та висока трудомісткість.

Для усунення цих недоліків розроблено та впроваджено у промисловість спеціальні способи лиття. Для усунення ручної праці та підвищення точності виливків ливарні форми виготовляють із рідких самотвердіючих сумішей, застосовують оболонкові форми, виготовлені з кварцового піску та

термореактивних смол, використовують багаторазові металеві форми – кокілі.



а – креслення виливка; б – дерев'яна модель виливку; в – модель виливка, яка заформована в нижню опоку; г – роз'ємний стрижневий ящик; д – виготовлений стрижень; е – дві напівформи із витягнутими напівмоделями та встановленим стрижнем; ж – форма у зібраному стані; з – виливок

1 – верхня та нижня половинки моделі; 2 – шлакоуловлювач; 3 – верхня опока;
4 – нижня опока; 5 – формування стрижня; 6 – ливникова чаша; 7 – стояк;
8 – живильник; 9 – випар

Рисунок 1.13 – Схема виготовлення виливка [9]

Для виготовлення точних дрібних виливків складної форми застосовують лиття за моделями, що виплавляються. У масовому виробництві дрібні точні виливки із кольорових сплавів виготовляють литтям під тиском [10].

1.5 Висновки

1. Розглянуто основні вимоги до модельних комплектів, проведено порівняльний аналіз терміну використання модельних комплектів в умовах ливарного виробництва в залежності від виду моделі, що використовується.

2 АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВ'ЯНИХ МОДЕЛЕЙ ТА ПОШУК ЇХ ЗАМІННИКІВ

2.1 Властивості порід деревини для модельних комплектів

Деревні породи діляться на дві групи: хвойні та листяні. До хвойних належать сосна, ялина, модрина, ялиця, кедр та інші. Вони мають листя голчатої форми, у цих порід добре помітні в поперечному розрізі річні кільця. Листяними породами є вільха, липа, бук, граб, клен, береза та інші. Щоб визначити породу деревини, потрібно знати ознаки кожної породи і мати навик в їх розпізнаванні, особливо текстури (природний малюнок пайових волокон).

У модельному виробництві найбільш поширеними породами дерева є сосна, ялина, ялиця, вільха, липа, бук, клен, береза тощо.

Сосна. Деревина смолиста, м'яка, жовтуватого або білого кольору з більш темним кольором забарвлення ядрового частини, з яскраво вираженими річними шарами. Сосна легко обробляється, мало деформується, стійка проти загнивання. Сосну використовують для виготовлення великих, середніх і навіть дрібних моделей і стрижневих ящиків всіх класів міцності, а також для шаблонів, за допомогою яких виготовляють ливарні форми і стрижні. Найкращим матеріалом є сосна у віці 100–150 років.

Ялина. Деревина білого кольору з жовтим відтінком або темно коричнюватого, без'ядрова, м'яка, смолиста, прямошаруватої, але обробляється значно важче сосни, так як в ній багато дрібних, дуже твердих сучків, розташованих майже перпендикулярно осі стовбура і нерідко випадають з пиломатеріалу після сушіння; сильно деформується. Ялина застосовують для виготовлення найбільш простих моделей одиничного виробництва і допоміжних заготовок великих і середніх модельних комплектів.

Модрина. Деревина за зовнішнім виглядом схожа на сосну, але менш смолиста і більш тверда. Володіє малою схильністю до деформації; обробляється чисто; стійка проти загнивання; застосовується порівняно рідко в

основному для виготовлення дрібних моделей і окремих частин великих моделей і стрижневих ящиків, а також для облицювання їх. Найкращий матеріал – модрина у віці 100–150 років.

Кедр. Деревина світло-рожевого жовтого кольору, м'яка, смоляниста, добре обробляється струганням і точінням.

Ялиця. Деревина без'ядрова, яка не має смоли. Обробляється погано. Використовується, як і ялина, на допоміжні частини модельних комплектів.

Вільха. Деревина білого або жовтуватого кольору, м'яка, чисто обробляється як уздовж, так і впоперек волокон, сприйнятлива до вологи, мало деформується; застосовується для виготовлення дрібних і середніх модельних комплектів підвищеної точності. Найкращий матеріал - вільха у віці 50 років.

Липа. Деревина білого кольору з рожевим відтінком, м'яка, легко обробляється, деформується незначно; застосовується для виготовлення дрібних і середніх моделей 2-го і 3-го класів міцності, а також моделей для художніх виливків. Кращий матеріал-липа у віці 50 років.

Бук. Деревина рожевого кольору, тверда. Обробляється важко, але чисто; деформується значно. З бука роблять дрібні моделі нескладних конфігурацій 1-го і 2-го класів міцності. Бук також використовують для облицювання середніх і великих моделей і стрижневих ящиків.

Граб. Деревина білого кольору. По твердості вище бука, обробляється важко, але чисто. Може бути використана для невеликих моделей 1-го класу міцності, для машинного формування при серійному виробництві.

Клен. Деревина біла з жовтим або червонуватим відтінком, тверда, обробляється важко, але чисто; деформується незначно; застосовується для виготовлення відповідальних малогабаритних моделей 1-го класу міцності, а також окремих частин середніх і великих модельних комплектів і облицювання їх. Кращий матеріал – клен у віці 50 років.

Береза. Деревина білого кольору з жовтуватим відтінком. Твердість має приблизно таку ж, як і модрина. Легко обробляється на токарному верстаті, поверхня виходить дуже гладкою, гігроскопічна, у вологих умовах легко

піддається загнивання; використовується для виготовлення дрібних моделей 1-го класу міцності, а також частин моделей, що мають форму тіл обертання (стрижневі знаки, бобишки та інші), для облицювання середніх і великих моделей і стрижневих ящиків. Найкращий матеріал – береза у віці 50–70 років.

Фанера. У модельному виробництві застосовують березову, вільхову і букову фанеру у вигляді листів товщиною 3-18 мм, склеєну з декількох листів лущеного шпону (ГОСТ 3916-69 [11]). Обробляється добре, поверхня виходить гладкою і чистою, деформація незначна. Вологість її не більше 10 %. Застосовується для виготовлення площинних тонкостінних моделей, модельних плит, рамок, модельних щитків та інших частин модельного комплекту [12, 13].

2.2 Фізико-механічні властивості деревини

Міцність – здатність деревини чинити опір проникненню тіла певної форми. Твердість торцьової поверхні вища за твердість бічної поверхні (тангентальної і радіальної) на 30% у листових порід і на 40% у хвойних. За ступенем твердості всі породи деревини можна поділити на три групи: м'які – торцьова твердість 40 МПа і менше (сосна, ялина, кедр, піхта, можевельник, тополя, липа, осика, вільха, каштан); тверді – торцьова твердість 40,1 – 80 МПа (лиственниця сибірська, береза, бук, дуб, в'яз, ільм, карагач, платан, горобина, клен, ліщина, горіх грецький, хурма, яблуня, ясен); дуже тверді – торцьова твердість більше 80 МПа (акація біла, береза залізна, граб, кизил, самшит, фісташки, хмелеграб, тис).

Ударна в'язкість – здатність деревини поглинати роботу без руйнування.

Розколювання деревини має практичне значення, оскільки деякі її види заготовляють розколюванням (клепка, обід, спиці, дрань). Опір розколюванню за радіальною площиною у деревини листяних порід менший, ніж за тангентальною. Це пояснюється впливом серцевинних променів (у дуба, бука, граба). У хвойних, навпаки, розколювання за тангентальною площиною менше, ніж за радіальною.

Здатність деревини утримувати металеві кріплення – важлива її властивість. При вбиванні в деревину волокна частково перерізають чи розсувають і, таким чином, спричиняють на бічну поверхню цвяха тиск, який називають тертям, що утримує цвях у деревині. Опір деревини витягуванню шурупів приблизно у 2 рази більший, ніж опір витягуванню цвяхів.

Здатність деревини вигинатися і дозволяти гнути її. Краще піддаються процесу вигинання листяні кільцесудинні (дуб, ясен та інші) і розсіяно судинні (береза) породи. У хвойних порід здатність до вигину невисока. У вологої деревини ця здатність вища, ніж у сухої [14].

Розтягнення. Деревина з прямими волокнами і без сучків витримує розтяг краще, ніж інші механічні дії. Межа міцності деревини при розтягуванні вздовж волокон в середньому для всіх порід становить близько 1200 кгс/см^2 , а поперек волокон в 20–30 разів менше, ніж уздовж волокон.

Стиснення. Деревина стисненню пручається слабкіше, ніж розтягуванню вздовж волокон. Опір дерева стисненню вздовж волокон в 2–3 рази менше, ніж опір розтягуванню в тому ж напрямку. Опір поперечному стиску (в радіальному і тангенціальному напрямках) менше опору подовжньому стиску в 3–5 і більше разів.

Вигин. При вигині, як відомо, спостерігається комплекс напруг: стиснення і розтягування. Величина границі міцності деревини при згині в середньому в 1,5–2 рази вище межі міцності при стисненні вздовж волокон. З приводу вигину слід зауважити, що якщо дерево гнеться легко – його називають гнучким, при цьому відзначають пружність і в'язкість. Пружністю називають здатність деревини повертатися після зняття навантаження до попередньої форми. В'язкістю називають здатність деревини отримувати відносно велику залишкову деформацію при вигині, не виявляючи при цьому ознак руйнування. З підвищенням вологості пружність зменшується, а в'язкість збільшується.

Твердість. Під твердістю деревини розуміється опір матеріалу проникненню в нього іншого тіла. Твердість деревини має велике практичне значення при обробці її ріжучими інструментами, кути загострення яких

заточують з урахуванням твердості деревини.

До фізичних властивостей деревини відносяться вологість, колір, запах, щільність, текстура та інші, що визначаються за зовнішнім виглядом і за допомогою зважування, вимірювання, висушування та інші. Найбільш істотне значення для деревини має вологість.

Вологість. Вологістю деревини називається загальна кількість води (сік-вода і мінеральні речовини, що надходять в дерево з ґрунту), що знаходиться в деревині, виражене у відсотках до маси абсолютно сухої деревини, висушеної за температури 105 °С.

Деревину пиломатеріалів розрізняють за ступенем вологості: з наявністю вологи 8–12% вважають кімнатно-сухою; деревину з вологістю 12–18 % – повітряно-сухою; з вологістю 18–23% – напівсухою; з вологістю більше 24 % – сирюю. Вологість повітряної деревини близько 15 % прийнято вважати за умовну стандартну вологість, тому різні випробування деревини виконують при цій вологості.

Усушка деревини. Усиханням деревини називається її здатність зменшувати свій об'єм. Деревина різних порід і в різних напрямках всихає неоднаково: вздовж волокон - близько 0,1%, в радіальному напрямку – 3–8% і в тангенціальному – 5–12%. Усушка по довжині волокон при практичних розрахунках не береться до уваги.

Усушка деревини за напрямом річних шарів більше, ніж по радіусу, це особливо відбивається на дошках, які піддаються викривленню.

Зовнішня пласт дошки як більш тангенціальний всихає більше внутрішнього і, стискаючись, тягне внутрішній пласт який менш всихає, утворюючи на зовнішньому пласті увігнуту поверхню.

Колір. Колір здорової деревини, властивий кожній породі, залежить від наявності різних речовин-смола, жирів, масел, дубильних, фарбувальних та інших складових. Колір деревини – один з відмінних ознак породи дерева. Кожна порода має свій колір. Наприклад, сосна, модрина, дуб відрізняються яскраво вираженим забарвленням ядрової частини. З іншого боку, деревина

хвойних порід володіє в основному простою текстурою, а листяні-більш складною. Текстура залежить не тільки від будови річних шарів, напрямку волокон, а й від площини розрізу (радіальна, тангенціальна, поперечна).

Блиск. Блиск – характеристика властивості поверхні тіла, що відображає світло. Блиск деревини залежить від її щільності та кількості серцевинних променів. Чим щільніше деревина, тим вона більше блищить.

Запах. Запах – це відчуття, що виникає при впливі пахучих речовин на рецептори (чутливі нерви) слизової оболонки носа. Запах деревини залежить від породи дерева. Деревина хвойних порід має смолистий запах; дубова - кислуватий. Деревина, уражена гниллю, видає затхлий запах.

Звук. Звук – поширення механічних коливань, що сприймаються вухом. Деревина є хорошим провідником звуку, особливо в сухому стані. Іноді практично по звуку при ударі судять про якість деревини. Чистий дзвінкий звук є ознакою здорової деревини, глухий – свідчить про загнивання її [15, 16].

2.3 Висновки

1. Визначено шляхи удосконалення технології виготовлення ливарних моделей та запропоновано з метою енерго-та ресурсозбереження використовувати як замітник дерев'яних моделей ливарні моделі з відходів деревообробного виробництва.

3 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Матеріали дослідження

Виготовлення дерев'яних моделей супроводжується отриманням значної кількості відходів, а саме тирси. Значна кількість відходів деревообробного виробництва не має подальшого використання в технологічному процесі, і не може бути використана для виготовлення нових моделей. Виходячи з цього тирса використовується здебільшого як паливо для опалення модельного цеху або як паливо для сушки деревини.

Саме тому у роботі запропоновано з метою енерго-та ресурсозбереження використовувати як замітник дерев'яних моделей ливарні моделі з відходів деревообробного виробництва.

З метою зменшення собівартості вилівка у роботі пропонується удосконалити технологію виготовлення ливарних моделей шляхом використання відходів деревообробного виробництва. Вихідним зразком для виготовлення моделей є деревина (сосна (табл. 3.1)), а в якості відходів деревообробного виробництва використовували [17]:

- зразок 1 – рідке скло та тирса у співвідношенні 2:1;
- зразок 2 – рідке скло та тирса у співвідношенні 1,75:1;
- зразок 3 – рідке скло, тирса та гіпс у співвідношенні 2:1:0,25;
- зразок 4 – смола та тирса у співвідношенні 0,65:1;
- зразок 5 – смола та тирса у співвідношенні 1,25:1.

Для виготовлення моделей використовували у якості матеріалу, що пов'язує, синтетичну смолу БС-40 (каталізатор - ортофосфорна кислота) та рідке скло.

Для підготовки формувальних сумішей, а також для дроблення і подрібнення керамічних матеріалів, твердістю менше 5 за шкалою Мооса використовували змішувач чашковий катковий (бігуни) LM-2e (рис. 3.1). Змішувач LM-2e ідеально підходить для короткого, але ретельного змішування

первинного або вторинного формувального піску, а також для приготування синтетичних лабораторних сумішей [18].



Рисунок 3.1 – Змішувач катковий «Бігуни»

Слід зазначити, що усі моделі проходять обов'язкову перевірку на вміст формальдегіду.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика сосни [19]

Технічна характеристика сосни	Значення
Щільність, кг/м ³	520
Твердість за Бріннеллем, кгс/мм ²	2,5
Твердість за шкалою Янка фут, фунт-сила	380 –1240

3.2 Методика дослідження фізико-механічних властивостей деревини та моделей з відходів деревообробного виробництва

Випробування межі міцності зразків з деревини та відходів деревообробного виробництв проводилися згідно ГОСТ 16483.23-73 [20]. Для дослідження фізико-механічних властивостей моделей були виготовлені зразки у вигляді циліндра діаметром 50 мм та висотою 40 мм (рис. 3.2) шляхом пресування «дерев'яно-смоляної» суміші в прес-форму на лабораторному копрі (ГОСТ 10708-82 [21]) (рис. 3.3). Копер призначений для виготовлення стандартних зразків формувальних і стрижневих сумішей.

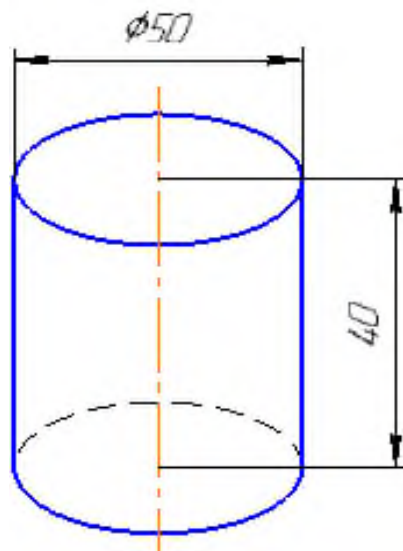
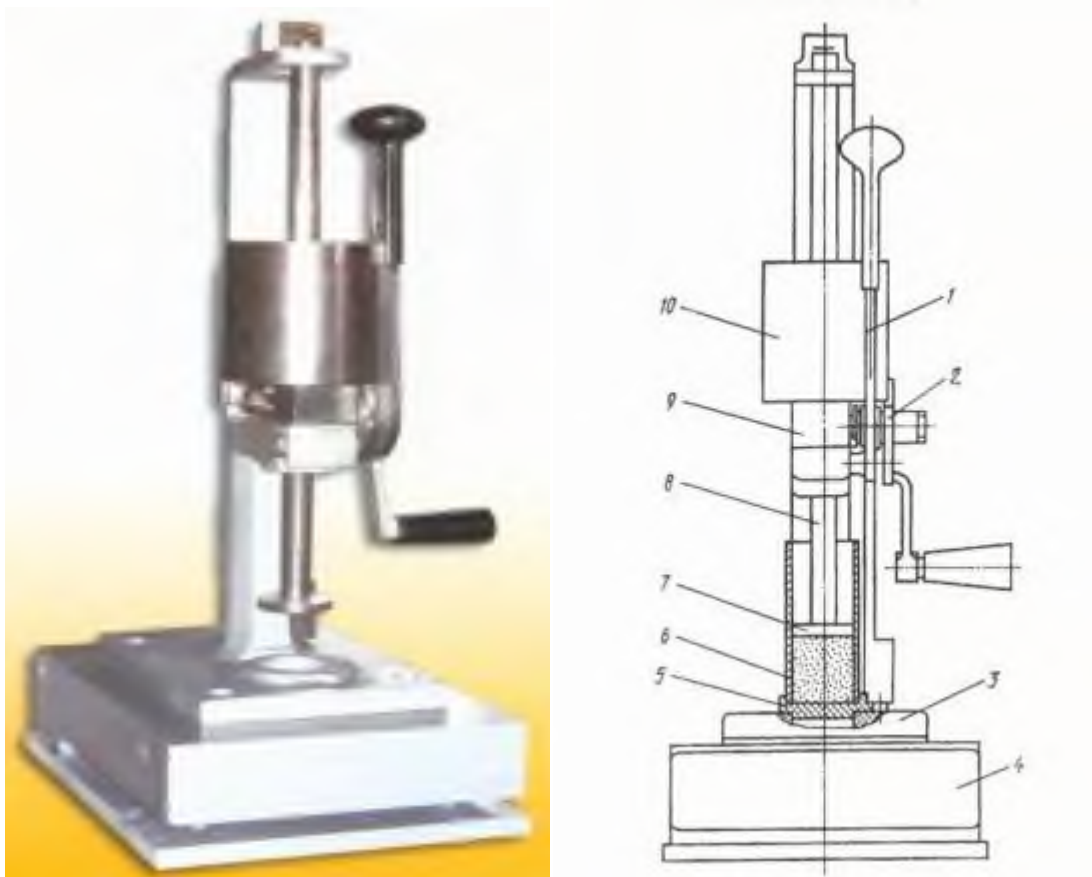


Рисунок 3.2 – Схема зразка у вигляді циліндра



а

б

1 – ричаг, 2 – кулачок, 3 – станина, 4 – камерна основа, 5 – піддон, 6 – отвір для установки гільзи, 7 – бойок, 8 – шток, 9 – сухар, 10 – вантаж

Рисунок 3.3 – Загальний вигляд (а) та схема (б) лабораторного копра моделі 5033А

Принцип дії копра полягає в ущільненні наважки суміші трьома ударами вантажу заданої маси ($6,35 \pm 0,015$) кг, що скидається з висоти ($50 \pm 0,25$) мм. У напрямних отворах станини 3 переміщається шток 8. На штоку закріплені сухар 9 і бойок 7. На сухарі змонтований кулачок 2, використовуваний для підйому і скидання вантажу 10, вільно переміщається по штоку. На станині закріплений важіль 1 для підйому та опускання всіх рухомих частин копра.

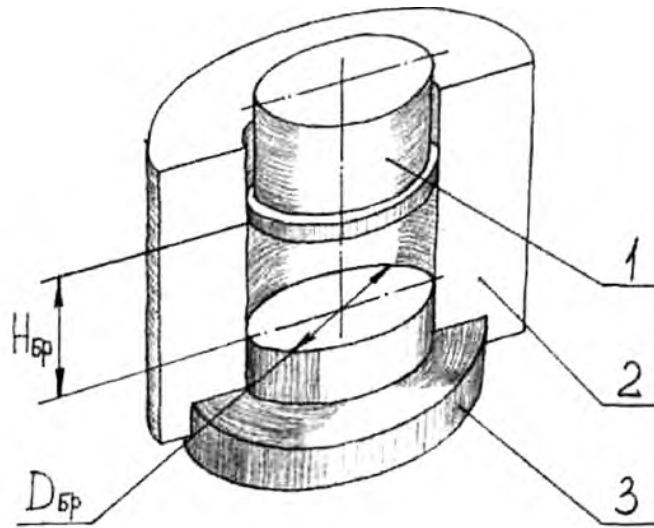
У нижній частині станини є отвір для установки гільзи 6 з піддоном 5 наважкою суміші. Станина копра кріпиться на камерній підставі (основі) 4, що необхідна для гасіння вібрацій, що виникають при роботі копра. У верхній частині станини копра нанесені риски, що дозволяють визначати висоту ущільненого зразка. Шток виконаний з порожниною, заповненою дробом, для регулювання маси рухливих частин копра. В табл. 3.2 наведена технічна характеристика копра моделі 5033А.

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика копра моделі 5033А [22]

Маса падаючого вантажу, кг	$6,35 \pm 0,015$
Висота падіння вантажу, мм:	$50 \pm 0,25$
Маса рухомих частин (без вантажу,) кг	$2,5 + 0,050$
Тривалість циклу, секунд	60
Строк служби, років	6
Габарит копра, мм	285 x 225 x 530
Маса, кг	23
Маса копра в комплекті з основою, кг	77

Приготована дерев'яно-смоляна суміш запресовується в порожнину прес форми. Конструкція прес-форми визначається такими факторами, як характер програми тиску при пресуванні – одностороннє або двосторонній-не; застосовується спосіб отримання виробів з прес-форми – виштовхування або

розбирання прес-форми; кількість одночасно пресуємих виробів – одне або багатомісне прес-форми, і, нарешті, метод роботи – індивідуальне пресування з ручною складанням прес-форми і ручний розпресовкою або застосування повністю автоматизованого процесу. Для виготовлення брикету застосовується проста прес-форма з одностороннім пресуванні – це, представлена на рис. 3.4.



1 – верхній пуансон; 2 – матриця; 3 – нижній пуансон

Рисунок 3.4 – Вид прес-форми

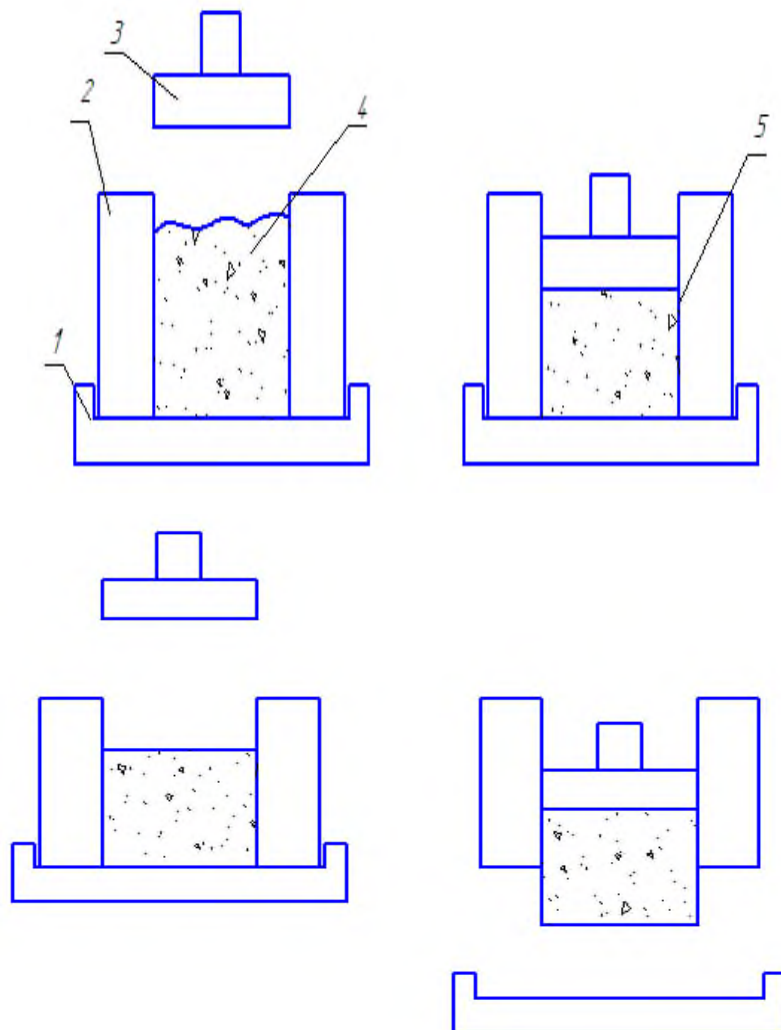
Сутність процесу пресування полягає в деформуванні певного обсягу, при якому відбувається зменшення первинного об'єму і формування заготовки заданих форми, розмірів і властивостей. Обсяг порошкового тіла при пресуванні змінюється в результаті зсуву окремих частинок, що заповнюють порожнечі між ними, і деформації частинок.

Схема процесу виготовлення брикету представлена на рис. 3.5.

При вільному засипання в замкнутому обсязі порожнини матриці прес-форми між частинками зберігаються значні порожнечі, обумовлені "арочним ефектом". Під впливом прикладених зовнішніх сил порожнечі заповнюються, в результаті чого досягається найбільш щільна кладка часток суміші. Подальше ущільнення суміші відбувається в основному внаслідок деформації пластичних часток матеріалу. У початковий період часу деформаційні процеси

обмежуються при контактним і ділянками, а потім поширюються в глиб частинок. Після цього з верхнього пуансона знімається тиск, і він піднімається вгору. Потім нижній пуансон виштовхує готовий виріб з матриці і цикл повторюється.

Суміш під тиском пуансона веде себе дещо схоже з рідиною – вона прагне розтікатися в сторони, що обумовлює виникнення тиску на стінки прес - форми – бічний тиск. В процесі пресування між зовнішнім шаром порошку і стінками прес-форми виникають сили тертя, величина яких зростає із збільшенням тиску.



1 – нижня плита гільзи, 2 – матриця, 3 – пуансон верхній, 4 – суміш,
5 – брикет (зразок)

Рисунок 3.5 – Схема процесу пресування зразків

При пресуванні спочатку ущільнюються верхні шари суміші, а лише потім зусилля передається верствам більш віддаленим від пресуючої поверхні пуансона. Тертя між частинками суміші поступово гасить зусилля, що передається від частинки до частинки і величина зусилля пресування поступово знижується. Частина зусилля пресування гаситься тертям порошкового тіла об стінки матриці. Тому довга пресовка ущільнюється нерівномірно: шари, прилеглі до преса пуансона ущільнюються до максимального ступеня ущільнення, а в міру віддалення від пресуючого пуансона ущільнення матеріалу знижується. В цілому картина ущільнення порошкового тіла виглядає так, як це показано на рис. 3.6. Помітне зменшення зусилля пресування спостерігається, якщо відношення так званого характеристичного розміру поперечного перерізу заготовки до її висоти стає більше 2-х.

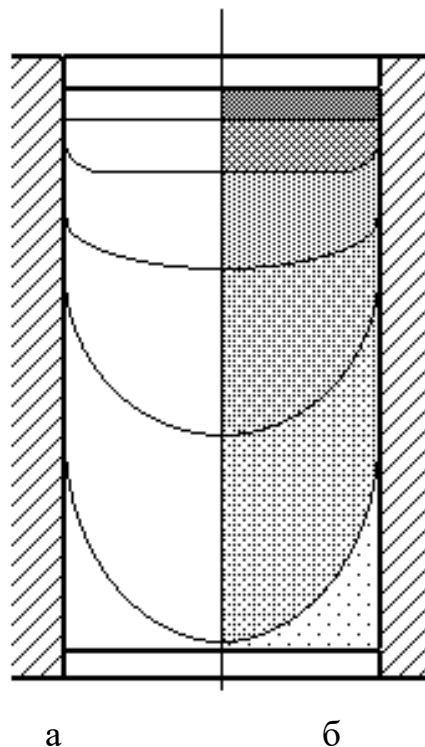


Рисунок 3.6 – Розподіл напружень у заготівлі при односторонньому пресуванні (а) і зміна щільності по висоті заготовки (б)

Випробування зразків на міцність при стисненні проводилися на гідравлічному пресі (рис. 3.7) згідно ГОСТ 25.503-97 [23].

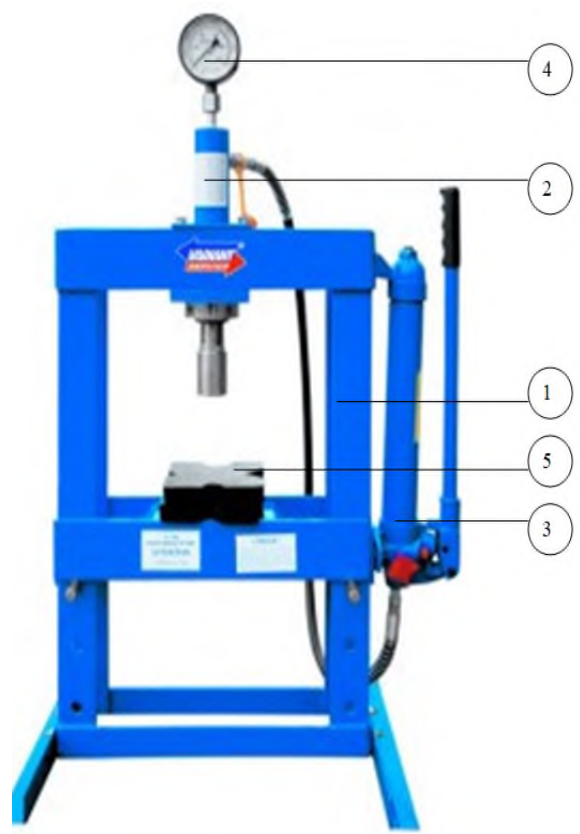


Рисунок 3.7 – Схема лабораторного гідравлічного преса

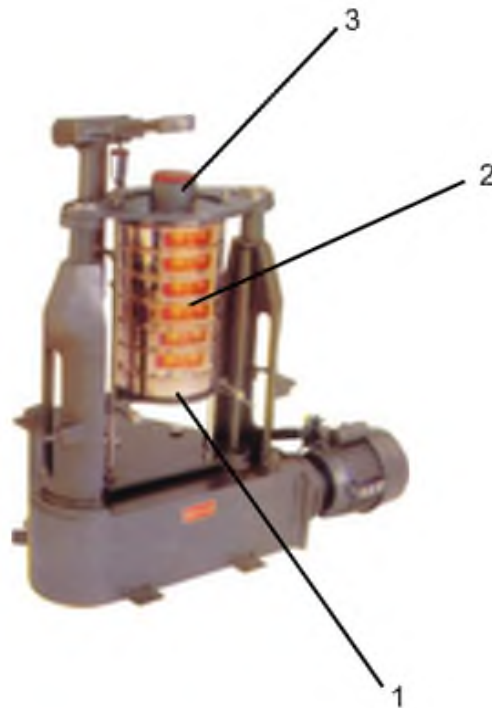
3.3 Методика дослідження гранулометричного складу деревини та моделей з відходів деревообробного виробництва

Деревина повинна відповідати ГОСТ 23246-78 [24]

Зерновий склад тирси визначався за допомогою гранулометричного аналізу. Навіска $50 \pm 0,01$ г піддавалася розсіюванню на спеціальному приладі – ротапі (рис 3.8) технічна характеристика ротапа відповідала [25].

Спочатку перевіряється чистота сит і збирається комплект за номерами сит. Під саме нижнє сито 004 ставиться тазик. На верхнє сито 1 насипаються випробовувана тирса стопка сит 2 накривається кришкою 3, встановлюється і закріплюється на піддоні 1 приладу. Включається електродвигун і виконується розсіювання протягом 15 хв. Потім прилад зупиняють, знімаються сита з піддону, знімається кришка. Залишки тирси на кожному з сит роздільно висипають на глянцеий папір; при цьому ретельно прочищають дно і стінки

сита м'яким пензликом. Кожен із залишків зважують з точністю до 0,01 г.



1 – піддон, 2 – стопка сит, 3 – кришка

Рисунок 3.8 – Схема ротата

3.4 Методика дослідження вологості деревини та моделей з відходів деревообробного виробництва

Вологість тирси перевіряють стандартною методикою. Метод найбільш простий, добре відтворений і досить точний для більшості випадків, однак певною мірою умовний. Аналіз звичайно проводять висушуванням наважки деревини (близько 1 г або більше) у бюксі (скляному або алюмінієвому) до постійної маси при температурі 100–105 °С. При температурі нижче 100 °С видалення води може бути неповним, а при температурі вище 105 °С може спостерігатися деградація компонентів деревини, що призводить до втрати маси.

Чистий порожній бюкс (разом з кришкою у відкритому вигляді) висушують в сушильній шафі при $(103 \pm 2) ^\circ \text{C}$ до постійної маси. У бюкс

поміщають наважку тирси масою близько 1 г і сушать протягом 15 хв. Перед витяганням із сушильної шафи бюкс закривають кришкою, а потім поміщають в ексікатор і після охолодження зважують. Час охолодження має бути суворо постійним. Перед зважуванням кришку бюкса на короткий час відкривають, щоб зрівняти тиск повітря. Повторюють сушку по 1 год. (з подальшим охолодженням і зважуванням) до постійної маси. Для сушки використовували муфельну лабораторну шафу типу СНОЛ-7,2/1300 (рис. 3.9) [26].

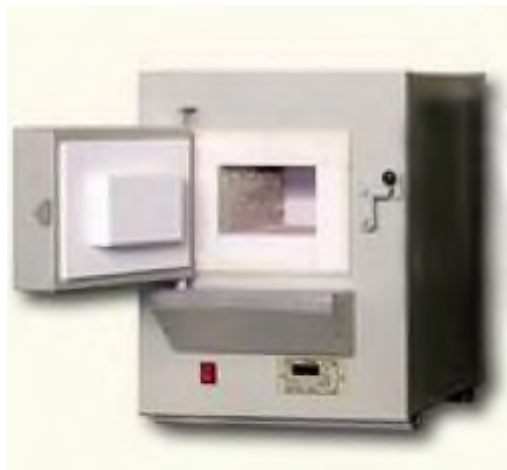


Рисунок 3.9 – Муфельна лабораторна шафа

3.5 Висновки

1. З метою зменшення собівартості вилівка запропоновано удосконалення технології виготовлення ливарних моделей шляхом використання відходів деревообробного виробництва. Вихідним зразком для виготовлення ливарних моделей є деревина (сосна), а в якості відходів деревообробного виробництва використовується тирса, а також матеріал, що пов'язує (синтетична смола БС-40 (каталізатор – ортофосфорна кислота) та рідке скло).

2. Показано методику дослідження фізико-механічних властивостей, гранулометричного складу та вологості деревини та моделей з відходів деревообробного виробництва.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИВАРНОЇ МОДЕЛІ З ВІДХОДІВ ДЕРЕВООБРОБНОГО ВИРОБНИЦТВА, ЯК ЗАМІННИКА ДЕРЕВ'ЯНОЇ МОДЕЛІ, ДЛЯ ЕНЕРГО-ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

4.1. Розробка схеми технологічного циклу виготовлення ливарних моделей з відходів деревообробного

Враховуючи теоретичні основи ливарного виробництва [27–35], у роботі розроблена схема технологічного циклу виготовлення ливарних моделей з відходів деревообробного виробництва представлена на рис. 4.1. Вона починається від підготовки шихти (тирси та матеріалу, що пов'язує) та закінчується отриманням готової моделі. Ретельна робота і початковий контроль всіх застосовуваних вихідних матеріалів (рис. 4.2) є обов'язковими для отримання форм, що забезпечують високоточні та якісні виливки.

4.2 Дослідження фізико-механічних властивостей деревини та моделей з відходів деревообробного виробництва

Після отримання зразків, вони піддавалися випробуванню на міцність (рис 4.3) при стисненні на лабораторному гідравлічному пресі (рис. 3.6).

Руйнування зразків відбувається не однаково (рис. 4.3). Це зумовлено насамперед співвідношенням кількості тирси до кількості матеріалу, що пов'язує. Зі збільшення кількості рідкого скла в суміші – збільшується міцність зразка, а також здатність до меншого трішиноутворення (рис. 4.4). При використанні смоли в якості матеріалу, що пов'язує, зусилля на стискання та міцність зростає і становить до 30 кгс/см^2 та $0,0153 \text{ кгс/см}^2$ відповідно (табл. 4.1, рис. 4.5 та рис. 4.6). Це обумовлено тим, що в результаті використання смоли, утворюється більш міцний каркас моделі, що майже не поступається по міцності дереву.

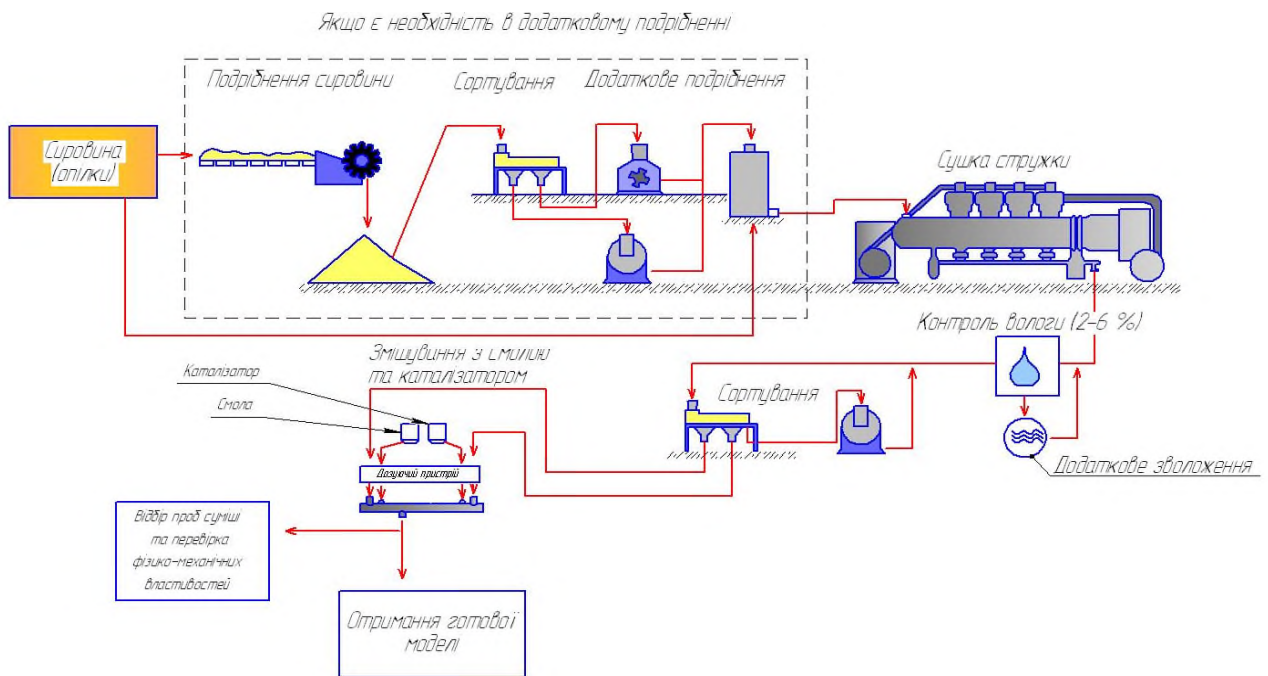


Рисунок 4.1 – Схема технологічного циклу виготовлення ливарних моделей з відходів деревообробного виробництва

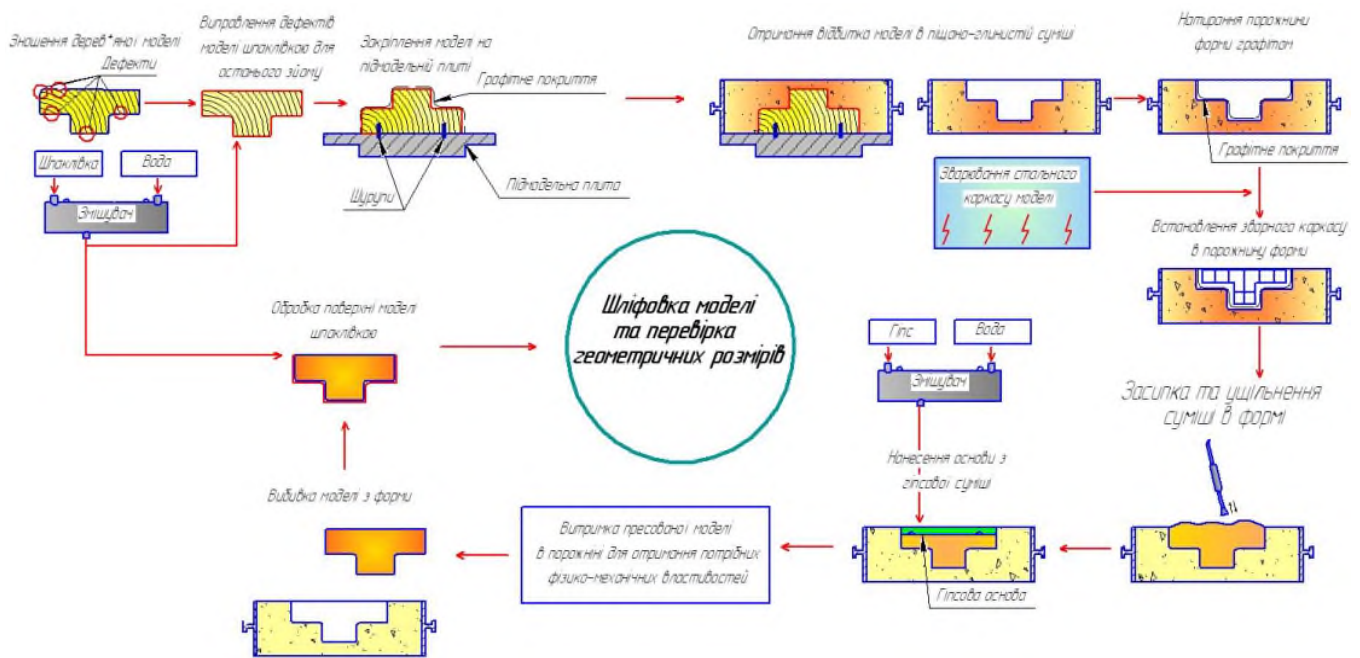


Рисунок 4.2 – Схема отримання готової моделі для ливарного виробництва

Для виробництва моделей використовують дерев'яні частки різної форми і розмірів. Міцність моделей із спеціально виготовленої (різаною) стружки дещо вище, ніж моделей зі стружки-відходів від стругальних верстатів і тирси при одній і тій же щільності і однаковій кількості доданого матеріалу, що пов'язує.



Рисунок 4.3 – Технологічний процес випробувань зразків з відходів деревообробного виробництва на міцність



Рисунок 4.4 – Загальний вигляд зруйнованих зразків з відходів деревообробного виробництва [36]

Зі збільшенням довжини стружки до 30–50 мм міцність моделі збільшується, при подальшому збільшенні довжини інтенсивність підвищення міцності різко падає. Однак довга стружка викликає труднощі при транспортуванні, змішуванні з матеріалом, що пов'язує, тому при виробництві

моделей довжина стружки, як правило, не перевищує 2–4 мм. Із збільшенням ширини стружки міцність моделі падає, тому в практиці використовують стружку шириною до 5 мм. Ширина стружки має велике значення для отримання необхідного класу шорсткості поверхні моделі.

Таблиця 4.1 – Технологічні показники зразків з відходів деревообробного виробництва

№ зразка	Співвідношення компонентів в суміші	Зусилля на стиснення, кгс/см ²	Межа міцності, кгс/см ²
Вихідний	сосна	49,8	0,0253
1	рідке скло:тирса – 2:1	11,0	0,0056
2	рідке скло:тирса – 1,75:1	6,5	0,0033
3	рідке скло:тирса:гіпс – 2:1:0,25	4,3	0,0022
4	смола:тирса – 0,65:1	20,0	0,0102
5	смола:тирса – 1,25:1	30,1	0,0153

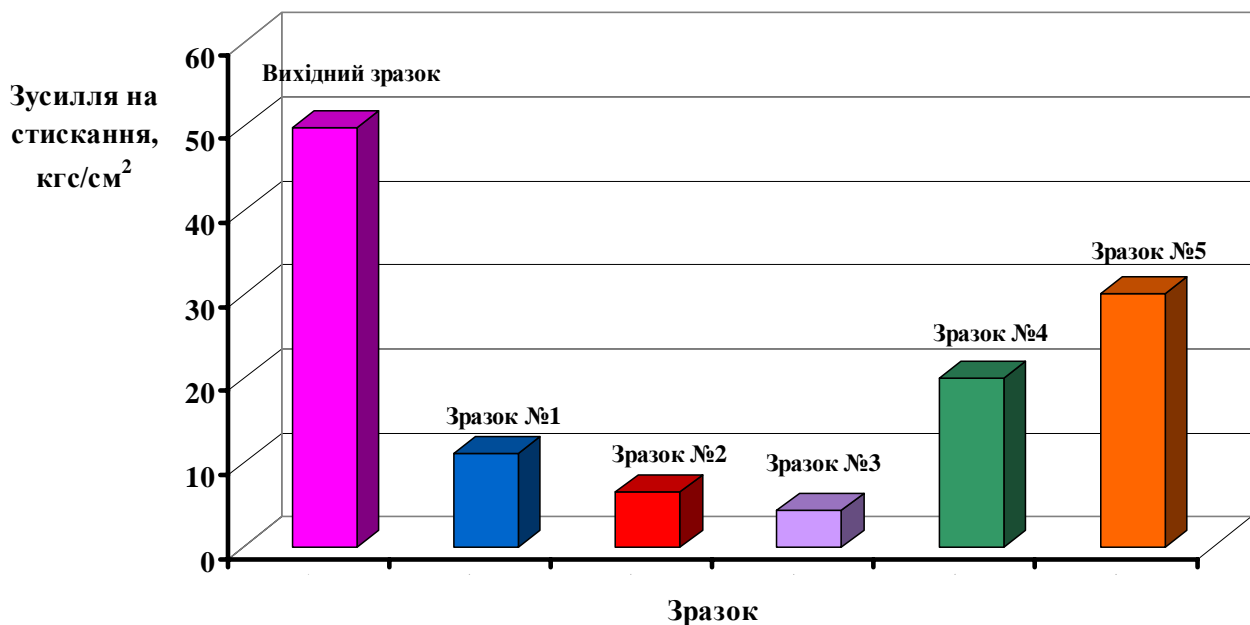


Рисунок 4.5 – Порівняння зусилля на стиснення зразків з відходів деревообробного виробництва

Таким чином, порівняльний аналіз межі міцності зразків з деревини та зразків з відходів деревообробного виробництва показали, що останні мають

межу міцності в 1,65 – 4,5 рази нижче, ніж у вихідному зразку з деревини.

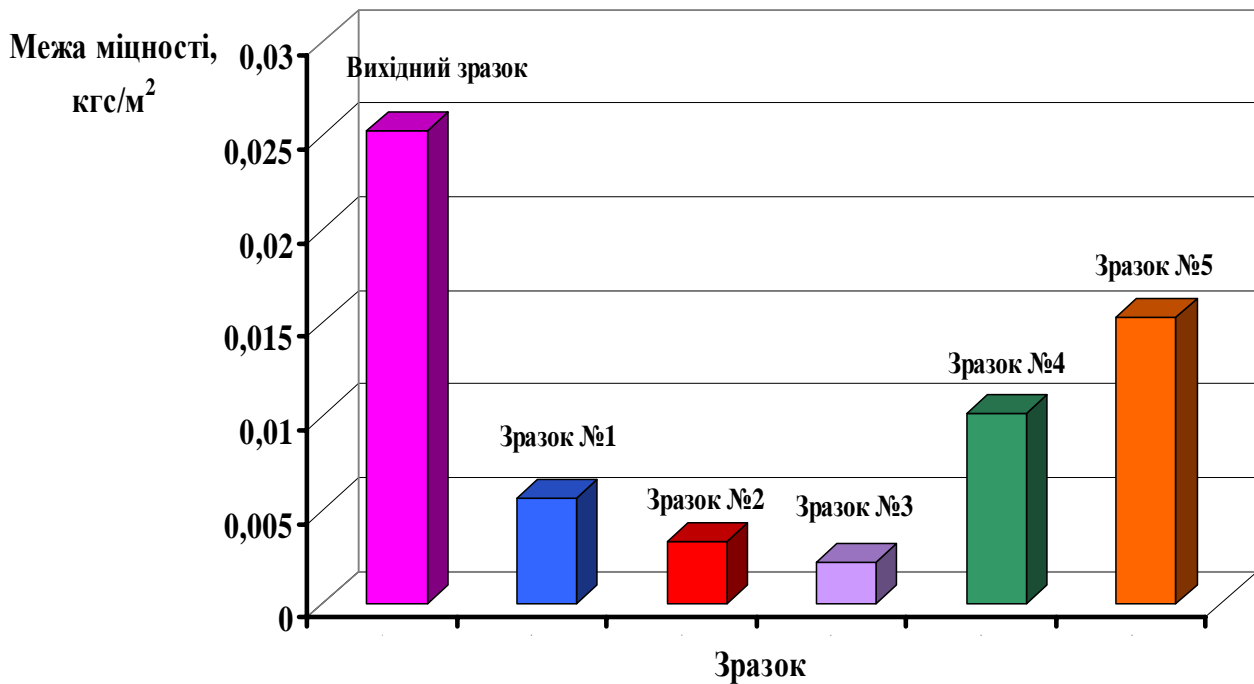


Рисунок 4.6 – Порівняння межі міцності зразків з відходів деревообробного виробництва

4.3 Дослідження гранулометричного складу деревини та моделей з відходів деревообробного виробництва

У роботі були проведені дослідження гранулометричного складу (табл. 4.2) деревини та моделей з відходів деревообробного виробництва згідно методики, описаній в розділі 3.3.

Як видно з рис. 4.7 основна маса тирси складається зі фракції $-1+0,5$ мм та $-0,5+0,25$ мм. Це становить відповідно 35,03 % та 40,45 % від загальної маси зразка. Збільшення фракції тирси з 0,25 до 2 мм призводить до збільшення межі міцності до 3-х разів.

Аналіз впливу гранулометричного складу суміші рідке скло та тирса, як заміника деревини для виготовлення ливарних моделей, на їх фізико-технологічні властивості та показав, що збільшення фракції суміші з 0,25 до

2 мм збільшує зусилля на стискання та межу міцності в 3 рази (рис. 4.8 та рис. 4.9).

Таблиця 4.2 – Гранулометричний склад тирси

Фракція тирси, мм	Маса тирси, г	Кількість тирси, %	(+)	(-)
+1,0	2,915	5,83	5,83	100
-1,0+0,5	17,515	35,03	40,86	94,17
-0,5+0,25	20,225	40,45	81,31	59,14
-0,25+0,16	5,84	11,68	92,99	18,69
-0,16+0,1	1,93	3,86	96,85	7,01
-0,1+0,071	1,005	2,01	98,86	3,15
-0,071+0,04	0,485	0,97	99,83	1,14
-0,04+0	0,085	0,17	100	0,17
Всього :	50	100		

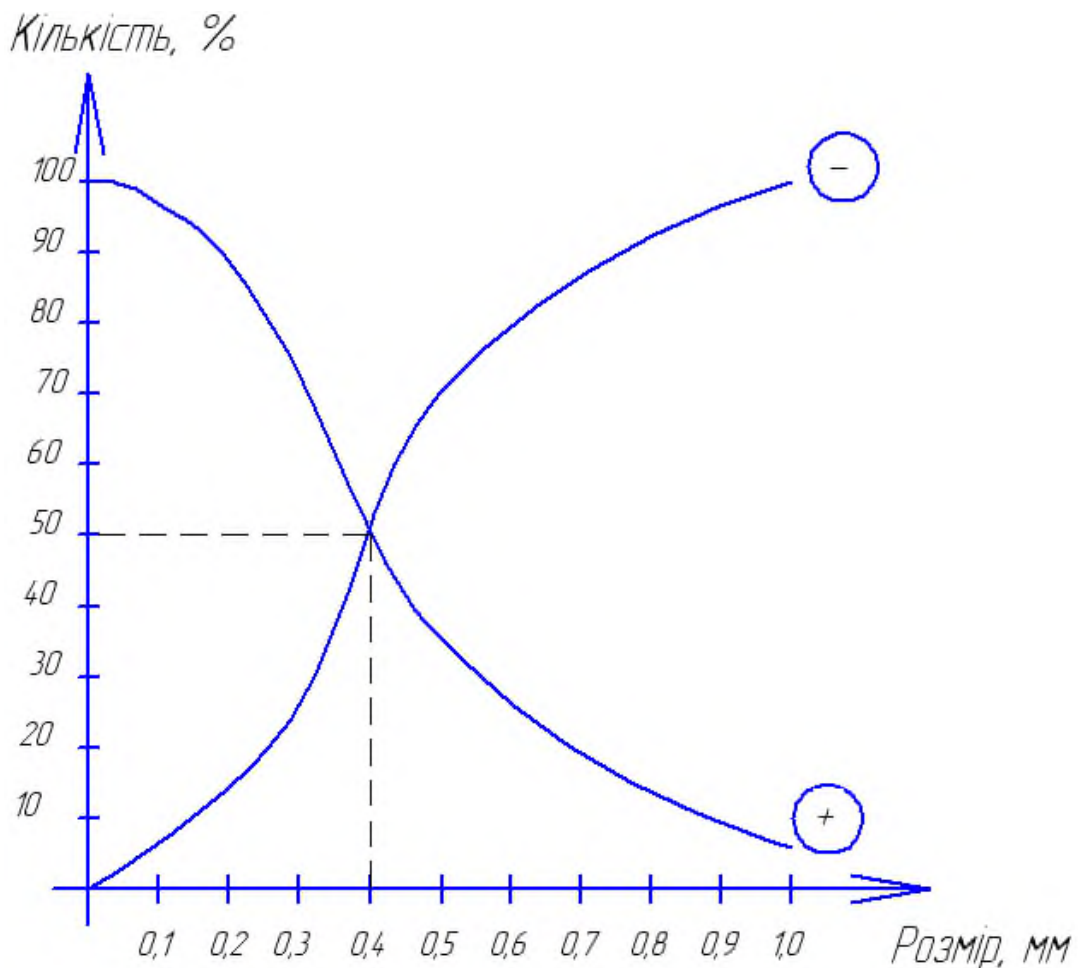


Рисунок 4.7 – Залежність кількості дрібниці від її фракції

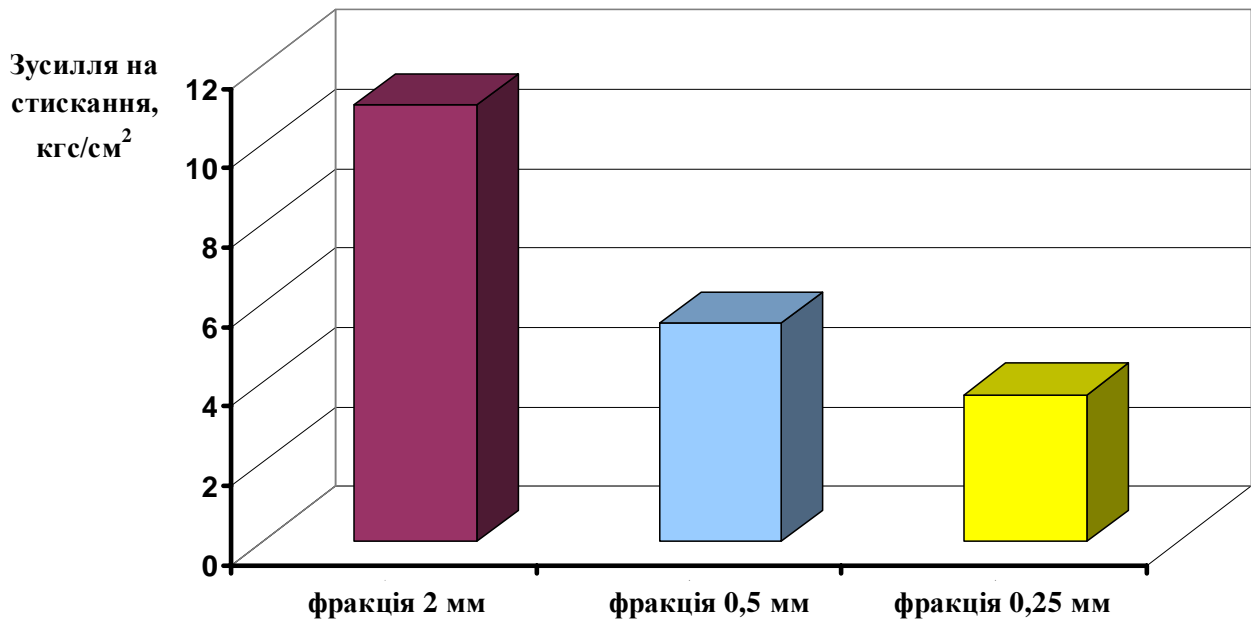


Рисунок 4.8 – Порівняння межі міцності суміші рідке скло та тирса (у співвідношенні 2:1) від фракції суміші

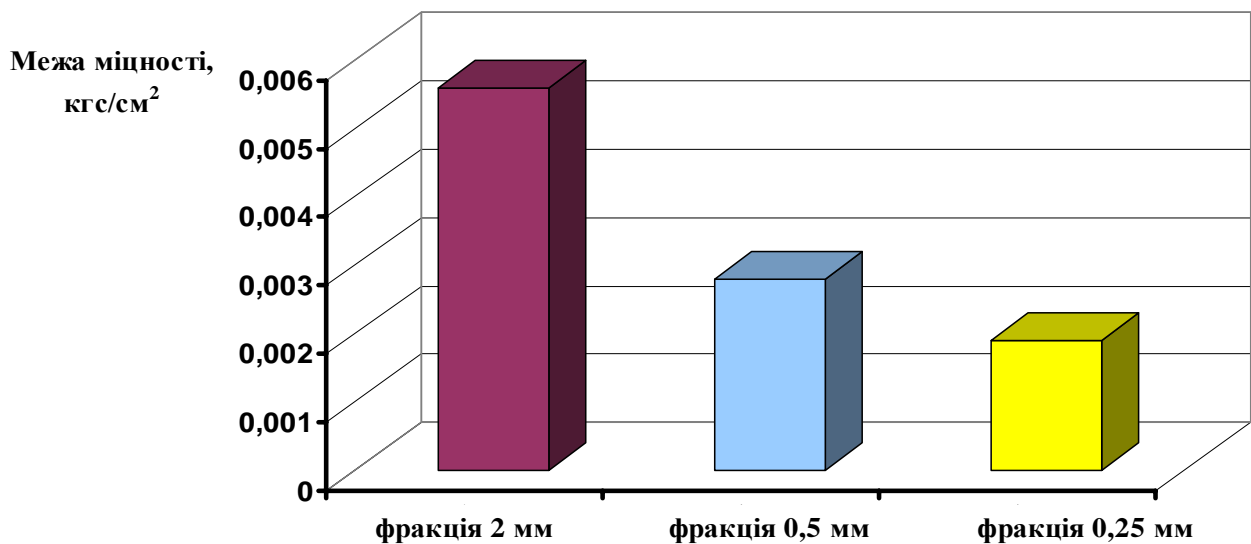


Рисунок 4.9 – Порівняння межі міцності суміші рідке скло та тирса (у співвідношенні 2:1) від фракції суміші

4.4 Висновки

1. Проаналізовано вплив співвідношення компонентів сумішей з відходів деревообробного виробництва (тирси) для виготовлення ливарних моделей на

їх фізико-технологічні властивості та показано, що межа міцності зразків з відходів деревообробного виробництва в 1,65–4,5 разів нижче, ніж у вихідному зразку з деревини (сосни).

2. Проаналізовано вплив гранулометричного складу суміші рідке скло та тирса, як заміника деревини для виготовлення ливарних моделей, на їх фізико-технологічні властивості та показано, що збільшення фракції суміші з 0,25 до 2 мм збільшує межу міцності в 3 рази.

3. Встановлено, що виготовлення моделей з відходів деревообробного виробництва дозволяє зменшити витрати на виготовлення моделей з первинної деревини; зменшити енергозатрати виробництва; зменшити трудомісткість виготовлення моделі; автоматизувати виробництво ливарних моделей.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розглянуто основні вимоги до модельних комплектів, проведено порівняльний аналіз терміну використання модельних комплектів в умовах ливарного виробництва в залежності від виду моделі, що використовується.

2. Визначено шляхи удосконалення технології виготовлення ливарних моделей та запропоновано з метою енерго-та ресурсозбереження використовувати як замітник дерев'яних моделей ливарні моделі з відходів деревообробного виробництва.

3. З метою зменшення собівартості вилівка запропоновано удосконалення технології виготовлення ливарних моделей шляхом використання відходів деревообробного виробництва. Вихідним зразком для виготовлення ливарних моделей є деревина (сосна), а в якості відходів деревообробного виробництва використовується тирса, а також матеріал, що пов'язує (синтетична смола БС-40 (каталізатор - ортофосфорна кислота) та рідке скло).

4. Показано методику дослідження фізико-механічних властивостей, гранулометричного складу та вологості деревини та моделей з відходів деревообробного виробництва.

5. Проаналізовано вплив співвідношення компонентів сумішей з відходів деревообробного виробництва (тирси) для виготовлення ливарних моделей на їх фізико-технологічні властивості та показано, що межа міцності зразків з відходів деревообробного виробництва в 1,65–4,5 разів нижче, ніж у вихідному зразку з деревини (сосни).

6. Проаналізовано вплив гранулометричного складу суміші рідке скло та тирса, як замітника деревини для виготовлення ливарних моделей, на їх фізико-технологічні властивості та показано, що збільшення фракції суміші з 0,25 до 2 мм збільшує межу міцності в 3 рази.

7. Встановлено, що виготовлення моделей з відходів деревообробного виробництва дозволяє зменшити витрати на виготовлення моделей з первинної

деревини; зменшити енергозатрати виробництва; зменшити трудомісткість виготовлення моделі; автоматизувати виробництво ливарних моделей.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Дорошенко В. Ресурсоощадне виробництво металевих виливків для спеціальної техніки та боєприпасів. *Світосгляд*. 2019. №1(75). С. 8–15.
2. Токова О. В. Задача побудови комп'ютерної технології моделювання термічних процесів ливарного виробництва. *Управляющие системы и машины*. 2018. № 4. С. 84–95. DOI: <http://doi.org/10.15407/usim.2018.04084>
3. Могілевцев О. О. Історія та перспективи розвитку ливарного виробництва : конспект лекцій для студентів напряму 6.050402 – Ливарне виробництво. Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2011. 45 с.
4. Модельний кромплект. URL: <https://jak.koshachek.com/articles/modelnij-komplekt.html> (дата звернення: 08.11.2021).
5. Призначення і класифікація модельних комплектів. URL: <http://um.co.ua/12/12-9/12-93942.html> (дата звернення: 08.11.2021).
6. Модельні комплекти із неметалевих матеріалів. URL: https://studopedia.su/2_39314_modelni-komplekti-iz-nemetalevih-materialiv.html (дата звернення: 08.11.2021).
7. Безпалов Р. І., Воденнікова О. С. Ливарне виробництво : навч.-метод. посібн. для студ. спеціальності 6.050401 «Металургія чорних металів» денної та заочної форми навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2013. 153 с.
8. Модельний комплект і принципи його виготовлення. URL: <https://studfile.net/preview/5775158/page:2/> (дата звернення: 08.11.2021).
9. Литейная технология. URL: <http://www.stroitelstvo-new.ru/litye/liteynaya-tehnologiya.shtml> (дата звернення: 08.11.2021).
10. Технологическая схема изготовления отливок. URL: <https://helpiks.org/3-90284.html> (дата звернення: 08.11.2021).
11. ГОСТ 3916.1-96. Фанера общего назначения с наружным слоем из шпоне листовых пород. Технические условия [Действительный от 1998-01-01]. Москва : ИПК Издательство стандартов, 1999.

12. Деревні породи, їх характеристика, властивості. Частина I Дуб. URL: <https://skrynua.ua/article/1984114> (дата звернення: 08.11.2021).
13. Породи деревини і її властивості. URL: <https://korysniporady.com.ua/porodi-derevini-i-%D1%97x-vlastivosti/> (дата звернення: 08.11.2021).
14. Довідничок природи деревини та їх властивості. URL: <https://fs01.vseosvita.ua/01009i41-afe8.pdf> (дата звернення: 08.11.2021).
15. Фізико-механічні властивості деревини. URL: <http://ua.textreferat.com/referat-1239-1.html> (дата звернення: 08.11.2021).
16. Матеріал – деревина. Що слід знати про деревину. URL: <https://www.derevo.info/content/detail/72> (дата звернення: 08.11.2021).
17. Панченко С. О., Воденнікова О. С. Дослідження можливості виготовлення ливарних моделей з відходів модельного виробництва. Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України : всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти, аспірантів, аспірантів та молодив вчених (м. Запоріжжя, 19–21 жовтня 2021 р.). Запоріжжя : ЗНУ, 2021. С. 225–227.
18. Змішувач чашковий катковий (бігуни) LM-2e. URL: https://labdepo.com.ua/zmishuvach-chashkovij-katkovij-biguni-lm-2e_ua (дата звернення: 08.11.2021).
19. Древесина сосны. URL: <https://lesoteka.com/obrabotka/drevesina-sosny> (дата звернення: 08.11.2021).
20. ГОСТ 16483.23-73. Древесина. Метод определения предела прочности при растяжении вдоль волокон [Действительный от 1974-07-01]. Москва : ИПК Издательство стандартов, 1999.
21. ГОСТ 10708-82. Копры мятниковык. Технические условия [Действительный от 1983-07-01]. Москва : ИПК Издательство стандартов, 1999.
22. Копер лабораторный модель 5033А. URL: <http://proflab.com.ua/produkt/product-details/2303-koper-laboratornyj-model->

5033a.html (дата звернення: 08.11.2021).

23. ГОСТ 25.503-97. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Метод испытания на сжатие [Действительный от 1999-07-11]. Москва : Стандартинформ, 2005.

24. ГОСТ 23246-78. Древесина измельченная. Термины и определения [Действительный от 1978-07-11]. Москва : ИПК Издательство стандартов, 1978.

25. Просеивающая машина TYLER Ro-Tap RX-29/30 HAVER&BOECKER. URL: <http://www.ssci-ltd.ru/proseivayushhaya-mashina-tyler-ro-tap-rx-2930-haverandboecker> (дата звернення: 08.11.2021).

26. Муфельная лабораторная печь СНОЛ-7,2/1300. Термическое оборудование. URL: <https://labzona.com.ua/p387085355-mufelnaya-laboratornaya-pech.html> <https://labzona.com.ua/p387085355-mufelnaya-laboratornaya-pech.html> (дата звернення: 08.11.2021).

27. Теоретичні основи ливарного виробництва : навч. посіб. для студ. спец. «Обладнання ливарного виробництва» і «Ливарне виробництво чорних та кольорових металів» / В. Г. Могилатенко та ін. Харків : НТУ «ХП», 2011. 287 с.

28. Теоретичні основи формування виливків : навч. посіб. для студентів вищ. техн. навч. закл., які навчаються за спец. «Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів та «Обладнання та технології ливарного виробництва» / Т. В. Лисенко та ін. Харків : НТУ «ХП», 2014. 191 с.

29. Дан Л. О., Трофімова Л. О. Ливарне виробництво: навчальний посібник для студентів металургійних спеціальностей. Маріуполь : ПДТУ, 2013. 207 с.

30. Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В., Дусанюк С. В. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2009. 199 с.

31. Чернышов Е. А., Евстигнеев А. И. Теоретические основы литейного производства. Теория формирования отливки : учебн. Москва :

Машиностроение, 2015. 480 с.

32. Теоретичні основи ливарного виробництва : Теорія формування виливки. 2015. 480 с.

33. Sahoo M., Sahu S. Principles of Metal Casting. *Third Edition 3rd Edition*, MsGraw-Hill Education. 2014. 795 p.

34. Chakrabarti A. K. Casting technology and cast alloys. *PHI Learning Pvt. Ltd.*, 2005. 288p.

35. Технология литейного производства. Литье в песчаные формы : учебн. / А. П. Трухов, Ю. А. Сорокин, М. Ю. Ершов и др. Москва : Академия, 2005. 528 с.

36. Воденнікова О. С., Панченко С. О. Можливості виготовлення дерев'яних моделей з відходів деревообробного виробництва. *Теоретичні та практичні засади розвитку економіки, обліку, фінансів, менеджменту та права* : всеукр. наук.-практ. конф. (м. Запоріжжя, 23–24 листопада 2021 р.). Запоріжжя : ЗНУ, 2021. С. 152–154.

ДАДАТКИ

ДОДАТОК А

**НАУКОВІ ПРАЦІ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
МАГІСТРА**

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут



МАТЕРІАЛИ

**І ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ, АСПІРАНТІВ ТА МОЛОДИХ
ВЧЕНИХ «АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО НАУКОВО-
ТЕХНІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ
РЕГІОНІВ УКРАЇНИ»**



м. Запоріжжя

2021

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут
Дніпропетровський науково-дослідний інститут судових експертиз
Запорізька міська рада
Запорізька обласна державна адміністрація
Інститут вугільних енерготехнологій НАН України
Національний університет «Львівська політехніка»
Національний університет «Кієво-Могилянська Академія»
Національний університет кораблебудування імені Адмірала Макарова
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

МАТЕРІАЛИ

**І ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ, АСПІРАНТІВ ТА МОЛОДИХ
ВЧЕНИХ «АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО НАУКОВО-
ТЕХНІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ
РЕГІОНІВ УКРАЇНИ»**

19-21 жовтня 2021 року

м. Запоріжжя

2021

Яблуновська О.С., Ажажа М.А. Методи оцінювання управлінської діяльності на підприємстві.....	188
Яценко А.В., Венгер О.М. Сталий розвиток промислового підприємства в умовах нестабільності.....	190

**СЕКЦІЯ «МЕТАЛУРГІЯ, ОБРОБКА МЕТАЛІВ ТИСКОМ,
АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ
ТЕХНОЛОГІЇ»**

Бабак А.О., Дорошенко П.О., Кириченко О.Г. Використання конвертерного шлаку в конвертерному виробництві та обробці чавуну.....	193
Бадулка В.В., Норченко В.В., Кириченко О.Г. Використання гарячих відновлювальних газів в доменному процесі.....	194
Герніченко П.А., Лічконенко Н.В. Про ефективність десульфурації сталі за рахунок використання флюїдизованого вапна.....	196
Головков П.В., Воденнікова О.С. Позадоменна десульфурація чавуну: вибір реагент-десульфуратору та методу його введення.....	197
Грибок Н.О., Батюк Д.Р., Гулієва Н.М. Прогресивні опозитні поршневі компресори.....	199
Гриценко С.В., Соболева О.С., Кириченко О.Г. Використання технічного лігніну у брикетуванні залізовмісних відходів.....	200
Жолобка Б.О., Явтушенко А.В. Ковка на молоті.....	203
Захарченко В.В., Лічконенко Н.В. Аналіз шляхів зменшення енергоспоживання в чорній металургії України.....	204
Калашник С.М., Сагулякін О.Є., Воденнікова О.С. Енерго- та ресурсозберігаючі технології металургійної промисловості.....	206
Калашнік С.М., Кругляк Д.О. Пресування важкотопких матеріалів для отримання керметів високих експлуатаційних характеристик.....	208
Клименко М.Д., Бабак А.О., Воденнікова О.С. Стратегічні напрямки розвитку металургійної промисловості України.....	210
Козлов Д.П., Явтушенко А.В. Вплив зазору на якість бокової поверхні деталі при розділових операціях.....	212
Крохмаль П.О., Міняйло Н.О. Web-додаток до системи управління процесом екструзії полімерних матеріалів.....	214
Лисенко Є.І., Вінник І.І., Воденнікова О.С. Соляно-кислотне травлення металу.....	216
Макаренко О.В., Овчинникова І.А. Вдосконалення системи управління проміжного перемотувального пристрою прокатного стану 1680.....	218
Мартинішин Д.В., Кругляк Д.О. Розробка режиму деформації на станах гарячої прокатки.....	220
Моїсєєв М.М., Лічконенко Н.В. Аналіз джерел викидів CO ₂ на металургійних підприємствах.....	221

Панченко С.О., Воденнікова О.С. Дослідження можливості виготовлення ливарних моделей з відходів модельного виробництва.....	223
Омельченко Я.В., Воденнікова О.С. Дефекти сталевого зливу: основні види та методи боротьби з ними.....	225
Подвойський Ю.О., Костюк С.С., Кириченко О.Г. Нові розробки технології виробництва корозійностійкої сталі.....	227
Подвойський Ю.О., Лічконенко Н.В. Аналіз впливу температури газу-енергоносія на розмір частинок при газовому розпилюванні.....	229
Поляков А.І., Кругляк Д.О. Вдосконалення режиму холодної прокатки низьковуглецевих сталей.....	231
Рачун Б.П., Єлисеєв О.Є. Кириченко О.Г. Ефективність впровадження підвищення тиску газів на колошнику доменних печей.....	233
Фолькіна О.М., Нестеренко Т.М. Напрями підвищення якості титану губчастого і зниження вмісту домішкових елементів.....	235
Харченко А.Ю., Корнієнко В.В., Кириченко О.Г. Використання комбінованої продувки для збільшення частки брухту в металевій шихті...	236
Чернишов М.А., Ардаб'єва В.О., Пругцьков Д.В. Дослідження процесу вакуумування сталей типу ШХ.....	238
Шингур В.В., Ніколаєнко А.М. Дослідження та керування температурним режимом протягом прокатки алюмінієвої катанки.....	240
Якушевич І.В., Міняйло Н.О. Сучасні підходи до побудови комп'ютерних тренажерів для підвищення кваліфікації операторів-технологів.....	242
Яценко А.В., Калиновський М.С., Кириченко О.Г. Способи видалення настилів в доменній печі.....	245

СЕКЦІЯ «МІКРОЕЛЕКТРОННІ ТА ЕЛЕКТРОННІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ»

Кісельов В.Є., Кісельов Є.М. Візуально-блочна модель системи визначення концентрації озону з джерелами випромінювання постійної інтенсивності.....	248
Коротич Г.І., Алексієвський Д.Г. Візуально-блочна модель трифазного інвертора напруги.....	250
Кулькін Ю.О., Кісельов Є.М. Концепція побудови терміналів контролю електрообладнання на основі байєсовських мереж довіри.....	252
Ласвський М.Д., Кісельов Є.М. Розробка датчика озону у повітрі.....	254
Манасєв К.В., Алексієвський Д.Г. Візуально-блочна модель трансформатора з дискретним керуванням коефіцієнта трансформації.....	255
Михайловський Д.Ю., Тупіков В.А., Москаленко А.Ю., Світанько М.В. Резонатори із нелінійним резонансним середовищем.....	257
Панченко Т.П., Шмалій С.Л. Методи запобігання атак для користувачів систем «розумний будинок».....	259

рідкої сталі). Тобто конвертерна технологія не має значного потенціалу зниження викидів.

За даними *IEA* [1], для досягнення цілей вуглецевої нейтральності до 2070 року металургійна галузь до 2050 року має досягти зниження викидів на 55%. А інжинірингова компанія *Primetals* стверджує, що використання існуючих кращих практик дозволить знизити викиди не більше ніж на 25-30%. Цього недостатньо, тому для безвуглецевого виробництва потрібні нові технології, які поки знаходяться тільки на етапі розробки і їхнє перше впровадження в промислових масштабах очікується не раніше 2035 року.

Таким чином, досягнення вуглецевої нейтральності – це складне завдання, вирішення якого потребує повної перебудови виробничих процесів.

Список використаних джерел

1. CO₂ Emissions from Fuel Combustion Highlights. Data and statistics. International energy agency. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics> (дата звернення 5.10.2021).
2. Glushchenko A. M. Decarbonization of the Steel Industry: the Role of State Economic Policy. Проблеми економіки. 2020. № 1 (43). С.340-347.

УДК 621.7.019: 669.14]:621.746.393

Панченко С.О., магістрант 2-го курсу
Науковий керівник – к.т.н., доцент Воденнікова О.С.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИВАРНИХ МОДЕЛЕЙ З ВІДХОДІВ МОДЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

*Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного
університету, кафедра металургії*

Відомо, що ливарні форми виготовляються по моделях, що відтворюють зовнішні контури виливку [1]. Ливарні форми класифікуються залежно від матеріалу, з якого вони виготовлені, та стану при заливці [2].

На сьогодні зазвичай моделі виготовляють з металу та деревини. Кращими породами деревини для виготовлення моделей є тверді породи (дуб), однак дерев'яні моделі та стрижневі ящики недовговічні. Вони застосовуються при індивідуальному, дрібносерійному та великому литтях. Для запобігання дії вологи на моделі їх фарбують. Металеві моделі ж довговічні в роботі, але коштують дорого, тому їх застосовують при масовому литті. Їх виготовляють з чавуну, сплавів міді та алюмінію. Також застосовують і пластмасові моделі, які відрізняються високою міцністю, антикорозійністю, легкістю та не коробляться в процесі експлуатації [3].

При виготовленні моделей і стрижневих ящиків враховуються технологія формування та виготовлення стрижнів, ливарні властивості металу і подальша механічна обробка виливку [1]. Так величина припусків на обробку чавунних

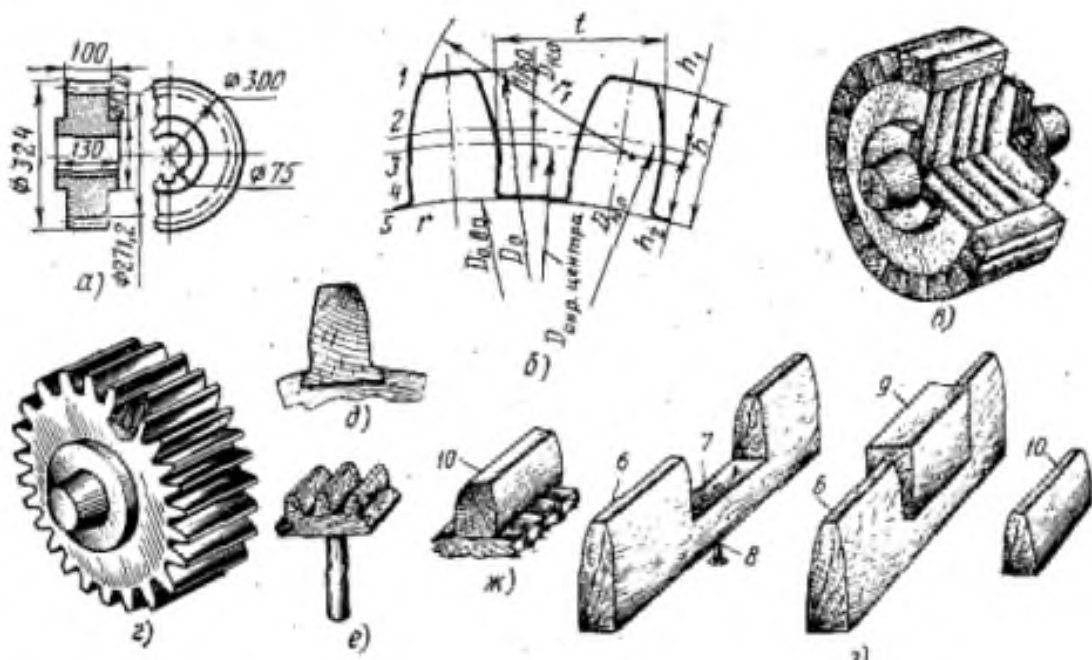
випливає від 2 до 20 мм, сталевих - від 4 до 28 мм, в залежності від розмірів вилівку та від характеру виробництва (масове, серійне чи індивідуальне). Так як всі метали при охолодженні зменшують свої лінійні розміри, моделі робляться більше вилівку на величину усадки. Для різних металів і сплавів величина усадки становить від 1 до 2,5 % [4].

Приклад виготовлення дерев'яної моделі циліндрового зубчастого колеса представлений на рис. [5].

З метою зменшення собівартості вилівку у роботі пропонується удосконалити технологію виготовлення моделей шляхом використання відходів модельного виробництва. Вихідним зразком для виготовлення моделей була деревина (сосна), а у якості відходів використовували:

- зразок 1 – рідке скло та тирса у співвідношенні 2:1;
- зразок 2 – рідке скло та тирса у співвідношенні 1,75:1;
- зразок 3 – рідке скло, тирса та гипс у співвідношенні 2:1:0,25;
- зразок 4 – смола та тирса у співвідношенні 0,65:1;
- зразок 5 – смола та тирса у співвідношенні 1,25:1.

Порівняння межі міцності зразків з деревини та зразків з відходів деревини показали, що останні мають межу міцності в 1,65–4,5 разів нижче, ніж у вихідному зразку з деревини.



а – креслення деталі; б – побудова профілю зуба на модельному щитку; в – заготівка моделі після обробки на токарному верстаті; г – модель; д – кріплення зуба на ободі врізанням; е – шаблон для виправлення зубів у формі; ж – кріплення зуба на ободі приклеюванням; з – колодочка для виготовлення зубів

Рисунок – Схема виготовлення дерев'яної моделі циліндрового зубчастого колеса [5]

Показано, що виготовлення моделей з відходів модельного виробництва дає можливість:

- зменшити витрати на виготовлення моделей з первинної деревини;
- зменшити енергозатрати виробництва;
- зменшити трудомісткість виготовлення моделі;
- автоматизувати виробництво ливарних моделей.

Список використаних джерел

1. Технологія виготовлення моделей і стрижневих ящиків. URL: https://ferrum.at.ua/publ/tehnologija_metaliiv/11_tekhnologija_vigotovlennja_model_ej_i_strizhnevikh_jashhikiv/1-1-0-11 (дата звернення: 11.10.2021).
2. Технологія виготовлення ливарних форм. URL: <http://obrobka.pp.ua/1858-tehnology-vigotovlennya-livarnih-form.html> (дата звернення: 11.10.2021).
3. Ливарний модельний комплект. URL: <http://um.co.ua/8/8-2/8-237978.html> (дата звернення: 11.10.2021).
4. Сутність ливарного виробництва. URL: <https://jak.bono.odessa.ua/articles/sutnist-livarnogo-virobnictva.php> (дата звернення: 11.10.2021).
5. Хричиков В. Е., Меняйло О. В. Ливарне виробництво чорних і кольорових металів : навч. посіб.; 2-ге вид., допр. Дніпропетровськ : НМетАУ, 2015. 89 с.

УДК 621.744.3

Омельченко Я.В., магістрант 2-го курсу
Науковий керівник – к.т.н., доцент Воденнікова О.С.

ДЕФЕКТИ СТАЛЕВОГО ЗЛИВКУ: ОСНОВНІ ВИДИ ТА МЕТОДИ БОРОТЬБИ З НИМИ

*Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного
університету, кафедра металургії*

Відомо, що дефекти сталевих зливків поділяють на природні або неминучі, які виникають при затвердінні і охолодженні зливка, і технологічні, які виникають через недосконалість технології виплавки та розливки металу. До природних дефектів відносяться: усадкова раковина, осьова рихлість, хімічна і структурна неоднорідність, стільникові бульбашки, ендогенні неметалеві включення. До технологічних дефектів відносяться: тріщини, полон, заворот кірки, підкіркові бульбашки в зливках спокійної сталі, «халяви» або рослість зливків киплячої сталі, мала товщина щільної кірки зливка та інше [1].

Слід зазначити, що якість поверхні зливка, отриманого при розливці сталі у виливниці, в значній мірі залежить від стану внутрішньої поверхні виливниці. Крім того, незадовільно очищені та змащені виливниці служать причиною

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут
ім. Ю.В. Потебні ЗНУ



МАТЕРІАЛИ

Всеукраїнської науково-практичної конференції

**«Теоретичні та практичні засади розвитку
економіки, обліку,**

фінансів, менеджменту та права»

23-24 листопада 2021 року

м. Запоріжжя

Лемеш В.Н., Ипатенко Е.Э. Особенности информационно-аналитического обеспечения учетной политики цифровых знаков (токенов)	141
Черненко К.В. Основи IT-інфраструктури бухгалтерських програмних продуктів	143
Секція «Сучасні напрямки розвитку інженерії, науки та техніки»	
Власов А. О., Ткач О. М., Сергеев Д. В. Аналіз способів підготовки виливниць до розливки металу.	146
Воденнікова О.С., Омельченко Я.В. Основні методи боротьби з дефектами сталевого зливка.	148
Кісельов Є.М., Лаєвський М.Д. Дослідження системи вимірювання концентрації озону у повітрі.	150
Воденнікова О.С., Скідін І.Є., Панченко О.С. Можливості виготовлення дерев'яних моделей з відходів деревообробного виробництва.	152
Данкевич Н.О., Триодял М.С. Обґрунтування доцільності реконструкції житлового фонду.	154
Добровольська О.Г., Бука Є.Р. Вирішення проблеми якості водопостачання шляхом оптимізації роботи водопровідної мережі.	156
Шевченко І. А., Ткачов М. Є. Прогнозування часу робоздатності робочого інструменту молоткових дробарок.	158
Добровольська О.Г., Понкратов О.В. Про шляхи зниження енерговитрат у водопровідних мережах.	160
Манідіна Є.А., Бут К.О., Авраменко А.Т. Розробка економічно-доцільних технологій знешкодження сульфур (IV) оксиду.	162
Добровольська О.Г., Геддаш Ю.А. Про вплив водорозбору на гідравлічні режими роботи водопровідної мережі.	164
Терещенко М.М., Міхайлуца О.М. Аналіз методів оптимізації процесу фотолітографії.	166
Харченко О.В., Лічконенко Н.В. Використання програми «Excalibur» в процесі навчання здобувачів освіти металургійного напрямку.	168
Гречаний О. М. Фіялов С. Е. Використання формальної логіки при діагностуванні робоздатних станів металургійного обладнання.	171
Тарасов В.К., Румянцев В.Р., Матяшева О.Б. Зменшення теплових викидів при охолодженні гарячекатаних рулонів	173
Бєлоконь К.В., Шуст Я.І., Коваль В.В., Морозова Д.М. Екологічна оцінка автотранспорту міста Запоріжжя за показниками кількості викидів шкідливих речовин	175

2. Лаєвський М. Д., Кісельов Є. М. Аналіз конструктивних особливостей датчика вимірювача концентрації озону у повітрі. Збірник наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2021» : у 5 т. Запоріжжя: ЗНУ, 2021. Т. 5 С. 23–25.

3. Алексієвський Д. Г., Кісельов Є. М., Панков О. Ю., Туришев К. О. Концепція побудови багатофазного озонатору великої потужності. Біоекономіка як ключовий фактор розвитку виробництва та екологізації промислового регіону : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Запоріжжя: ЗНУ Інженерний навчально-науковий інститут, 2020. С. 373–375.

УДК 621.744.3

Воденнікова О.С., к.т.н., доцент кафедри металургії Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю. М. Потебні ЗНУ, м. Запоріжжя

Скідін І.Є., к.т.н., старший викладач кафедри металургії чорних металів та ливарного виробництва Криворізького національного університету, м. Кривий Ріг

Панченко С.О., магістрант 2-го курсу спеціальності 136 «Металургія» Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю. М. Потебні ЗНУ, м. Запоріжжя

МОЖЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ МОДЕЛЕЙ З ВІДХОДІВ ДЕРЕВООБРОБНОГО ВИРОБНИЦТВА

Відомо, що ливарні форми виготовляються по моделях, що відтворюють зовнішні контури виливка [1] та класифікуються залежно від матеріалу, з якого вони виготовлені, та стану при заливці [2]. Близько 60 % ливарних деталей, що йдуть на виготовлення машин, верстатів, різних механізмів та пристроїв, отримують за допомогою дерев'яних моделей [3]. Розміри ливарної моделі повинні бути більше відповідних розмірів виливка на величину ливарної усадки сплаву, при цьому розміри виливка визначають, виходячи також з припусків на його подальшу механічну обробку [4].

Так на сьогодні одним з найбільш відповідальних етапів у ливарному виробництві є точне виконання оснащення для виготовлення ливарної моделі (зокрема, дерев'яної) з метою скорочення тривалості виготовлення модельних комплектів, зменшення трудомісткості виготовлення та ремонту моделей, зменшення енергозатрат та відповідно зменшення собівартості виливку. Тому з метою зменшення собівартості виливку у роботі пропонується удосконалити технологію виготовлення ливарних моделей шляхом використання відходів деревообробного виробництва.

Вихідним зразком для виготовлення моделей була деревина, представлена сосною. Для виробництва моделей з відходів деревообробного виробництва використовували тирсу, а в якості еднального матеріалу рідке скло та гіпс (табл. 1). Технологічний цикл включає підготовку шихти

(подрібнення, сортування, очищення від домішок), сушка тирси в муфельній печі до вологості 2–6 % (контроль вологості проводиться згідно ГОСТ 18320-78), пресування на лабораторному гідравлічному пресі.

Для визначення максимального зусилля на стиснення (табл. 1), яке може витримати зразок, після його повного затвердіння він піддавався процесу пресування. Для виготовлення брикету застосовувалася проста прес-форма з одностороннім пресуванням. Слід зазначити, що усі моделі проходять обов'язкову перевірку на вміст формальдегіду.

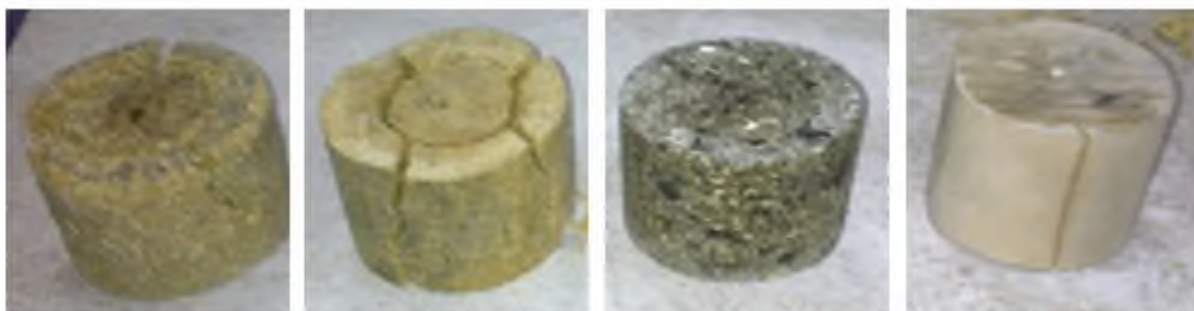
Випробування зразків на міцність (зразок у вигляді циліндру діаметром 50 мм та висотою 40 мм (рис. 1)) проводили згідно ГОСТ 16483.23-73. Встановлено, що зі збільшення кількості рідкого скла в суміші збільшується міцність зразка, а також здатність до меншого тріщиноутворення. Значний вплив на міцність також має фракційний склад суміші та габаритні розміри тирси (довжина, ширина, товщина). Так використання суміші рідке скло та тирса у співвідношенні 2:1 (зразок 1) фракцій 2–0,5 мм; 0,5 мм; 0,25 мм показали на зменшення межі міцності відповідно до значень 0,0056 кгс/см², 0,0028 кгс/см та 0,0019 кгс/см.

Таким чином, порівняльний аналіз межі міцності зразків з деревини та зразків з відходів деревообробного виробництва показали, що останні мають межу міцності в 1,65 – 4,5 рази нижче, ніж у вихідному зразку з деревини.

Таблиця 1

⊕ Технологічні показники зразків з відходів деревообробного виробництва

№ зразка	Співвідношення компонентів в суміші	Зусилля на стиснення, кгс/см ²	Межа міцності, кгс/см ²
Вихідний	сосна	49,8	0,0253
1	рідке скло:тирса – 2:1	11,0	0,0056
2	рідке скло:тирса – 1,75:1	6,5	0,0033
3	рідке скло:тирса:гіпс – 2:1:0,25	4,3	0,0022
4	смола:тирса – 0,65:1	20,0	0,0102
5	смола:тирса – 1,25:1	30,1	0,0153



зразок 1

зразок 2

зразок 5

вихідний зразок

Рисунок 1 – Загальний вигляд зруйнованих зразків з відходів деревообробного виробництва

Література

1. Технологія виготовлення моделей і стрижневих ящиків. URL: https://ferrum.at.ua/publ/tehnologija_metaliv/11_tekhnologija_vigotovlennja_modelej_i_strizhnevikh_jashhikiv/1-1-0-11 (дата звернення: 11.11.2021).
2. Технологія виготовлення ливарних форм. URL: <http://obrobka.pp.ua/1858-tehnology-vigotovlennya-livarnih-form.html> (дата звернення: 11.11.2021).
3. Изготовление деревянных модельных комплектов в литейном производстве. URL: <http://www.stroitelstvo-new.ru/drevesina/model/> (дата звернення: 11.11.2021).
4. Проектування і виготовлення ливарного оснащення. URL: https://stud.com.ua/173351/tehnika/proektuvannya_vigotovlennya_livarnogo_osnaschennya (дата звернення: 11.11.2021).

УДК69.059.7

Данкевич Н.О., к.т.н., доцент кафедри промислового та цивільного будівництва Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, м. Запоріжжя

Триодял М.С., студентка спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, м. Запоріжжя

ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РЕКОНСТРУКЦІ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ

В умовах кардинальних перетворень в економіці, соціальній політиці значно загострюються проблеми комплексного розвитку міст, використання землі, підвищення рівня планування, забудови, якості архітектурних рішень та благоустрою населених пунктів України. На сьогодні все більш актуальним стає питання реконструкції житлового фонду в Україні, оскільки близько 70% Українського житла є застарілим та не задовольняє нормативним вимогам. За даними Державної служби статистики [1], в Україні налічується 46,5 тис старих й 16,7 тис. аварійних будівель. Серед яких більша частина 3 - 4 поверхові будівлі, що виготовлені з панелей або з цегли, та будувалися і післявоєнні роки у великих містах аж до середини 70-х років минулого століття і сьогодні знаходяться в критичному стані. Тому з кожним роком зростає потреба в реконструкції та відновленні житлового фонду країни, оскільки де морального зносу будівель додається ще і фізичний знос конструктивних елементів та інженерних систем, що прискорює загальний процес старіння.

Реконструкція вирішує багато питань в тому числі і усунення недоліків згідно нормативних вимог та збільшення комфортності проживання. Наприклад, розширення простору, улаштування новітнього інженерного