

«Пінополістирол»

«Розробка складів формувальних і стрижневих сумішей на основі спіненого полістиролу»

Галузь:

Металургія

Секція «Ливарне виробництво»

2017/2018

Анотація

До студентської роботи під шифром «ПІНОПОЛІСТИРОЛ»

Актуальність наукової роботи

Сьогодні у світовій практиці широке поширення отримали пінополістиролові матеріали. Полістирол і отриманий з нього пінополістирол є матеріалами, які не взаємодіють з водою і не підлягають біологічному розкладанню, а при спалюванні виділяють шкідливі (отруйні) газоподібні продукти. Тому відходи пінополістиролу прогресивно накопичуються у великих обсягах в різного роду сховищах, що створює певні екологічні проблеми в навколишньому середовищі.

Одним із методів використання цих відходів є застосування розчинів пінополістиролу у ливарному виробництві, як зв'язуючий матеріал формувальних і стрижневих сумішей. Полістирол має досить високу зв'язуючу здатність і адгезію до неметалевих (ливарні формувальні матеріали) і металевих (кокілі, прес-форми тощо) матеріалів і може бути ефективно використаний в якості зв'язуючого матеріалу в процесах лиття чорних і кольорових сплавів.

Це дозволить удосконалити та розробити нові більш ефективні процеси лиття, а також призведе до зменшення цих відходів, тобто буде спрямовано на поліпшення екологічних умов.

Тому використання формувальних і стрижневих сумішей на основі пінополістирольного зв'язуючого, що вирішує важливе завдання по переробці техногенних відходів та забезпечує ливарне виробництво України високоякісним зв'язуючим, є актуальною задачею ливарного виробництва.

Мета роботи

Метою роботи є визначення оптимального складу сумішей на основі пінополістеролу та режимів сушки.

Об'єктом дослідження в науковій роботі були розчини пінополістиролу в живичному скипидарі.

Методика дослідження

Дослідження фізико-механічних і технологічних параметрів проводилися по стандартних методиках.

В даній роботі основними параметрами, які визначалися, були міцність на стиснення, газопроникність і осипаємість.

Планується докласти роботу на конференції: XII Міжнародній науково-практичній конференції «магістрів та аспірантів, що відбудеться 17-20 квітня 2018 р.

Проведені лабораторні експерименти на кафедрі «Ливарне виробництво» НТУ «ХП».

Дані проведених досліджень використовуються при викладанні курсу лекцій з дисципліни «Формувальні матеріали та суміші».

Наукова робота складається з 33 сторінок, 7 таблиць, 10 рисунків, 11 джерел наукової інформації.

ПНОПОЛІСТИРОЛ, ПОЛІСТИРОЛ, РОЗЧИННИК, РОЗЧИН, ФОРМУВАЛЬНА І СТРИЖНЕВА СУМІШ, ЖИВИЧНИЙ СКИПИДАР

ЗМІСТ

Вступ	5
1. Аналіз літератури	7
1.1 Формувальні і стрижневі суміші	7
1.2 Сучасні уявлення про механізми розчинення високополімера в органічних низькомолекулярних вуглеводнях	7
1.3. Дослідження розчинності, розчинів і осадів пінополістиролу в органічних вуглеводневих розчинниках	9
1.4. Висновки та завдання досліджень	13
2. Методики дослідження	15
3. Дослідження розчинів пінополістиролу в живичному скипидарі в якості зв'язуючого матеріалу у формувальних і стрижневих сумішах	18
4. Оптимізація складів формувальних і стрижневих сумішей на основі спіненого полістиролу	22
Висновки	31
Список використаної літератури	33

ВСТУП

Ливарне виробництво є основною заготівельною базою машинобудування. Технологія виготовлення виливків з піщаних сумішей є домінуючою в ливарному виробництві. Основна маса виливків (75...80%) виробляється в разових піщаних формах, тому що цей спосіб найбільш економічний. На одну тонну придатних виливків витрачається близько 0,8...2 т формувальних матеріалів [1].

Підвищення якості виливків, економічності й ефективності їхнього виробництва в значній мірі залежить від складу та властивостей формувальних сумішей на різних стадіях їхнього готування і застосування. Формувальна суміш являє собою багатокомпонентну багатофазну гетерогенну систему, що містить, крім наповнювача та в'язучого, різні технологічні добавки, що надають сумішам специфічні властивості, наприклад, підвищену текучість, вибиваємість, непригорання і т.д.

Головним критерієм для вибору складу сумішей служать їхні властивості, які відповідають обраному технологічному процесу виготовлення форм і стрижнів.

Сьогодні у світовій практиці широке поширення отримали пінополістиролові матеріали. Їх застосовують для виготовлення технічної та побутової тари, а також тари для харчових продуктів. У ливарному виробництві є технологічний процес лиття по пінополістироловим моделям.

Полістирол і отриманий з нього пінополістирол є матеріалами, які не взаємодіють з водою і не підлягають біологічному розкладанню, а при спалюванні виділяють шкідливі (отруйні) газоподібні продукти [2,3]. Тому відходи пінополістиролу прогресивно накопичуються у великих обсягах в різного роду сховищах, що створює певні екологічні проблеми в навколишньому середовищі.

Одним із методів використання цих відходів є застосування розчинів пінополістиролу у ливарному виробництві, як зв'язуючий матеріал формувальних

і стрижневих сумішей [4]. За кордоном полістирол постачається споживачам у вигляді розчину в органічних розчинниках, який здатний затвердівати при кімнатній температурі.

На сьогодні існує небагато відомостей про використання відходів пінополістиролу у складі формувальних і стрижневих сумішей, їх властивостей. Однак відомо, що полістирол має досить високу зв'язуючу здатність і адгезію до неметалевих (ливарні формувальні матеріали) і металевих (кокілі, прес-форми тощо) матеріалів і може бути ефективно використаний в якості сполучного матеріалу в процесах лиття чорних і кольорових сплавів.

Це дозволить удосконалити та розробити нові більш ефективні процеси лиття, а також призведе до зменшення цих відходів, тобто буде спрямовано на поліпшення екологічних умов. Таким чином, буде вирішено важливе завдання по переробці техногенних відходів та забезпечення високоякісним зв'язуючим ливарне виробництво України.

1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Формувальні і стрижневі суміші

Лиття є самим універсальним способом отримання заготовок для деталей машин. Литтям можна одержувати виливки масою від декількох грамів до 600 тонн і більше.

В даний час відомо більше 100 різних способів лиття. Якість і вартість виливків в значній мірі залежать від правильного вибору складу і технологічних властивостей формувальних і стрижневих сумішей. Склад сумішей залежить від призначення, роду заливаємого сплаву, складності та відповідальності виливків, наявності необхідних вихідних матеріалів, серійності виробництва, технології виготовлення і збірки форм і стрижнів, планованої собівартості виливків [5].

За родом заливаємого сплаву розрізняють суміші для сталевого, чавунного і кольорового литва. Суміші для сталевого лиття повинні витримувати температуру заливання сплаву 1480...1540 ° С, для чавуну –1380...1420 ° С і кольорових сплавів – нижче 1200 ° С.

За призначенням суміші поділяють на формувальні і стрижневі, а також на єдині, облицювальні і наповнювальні. Стрижневі суміші на відміну від формувальних повинні мати більшу газопроникність, міцність, пластичність, вогнетривкість та ін. [6,7].

1.2. Сучасні уявлення про механізми розчинення високополімера в органічних низькомолекулярних вуглеводнях

Всередині рідини між молекулами є сили міжмолекулярної взаємодії. Вони зумовлюють тяжіння молекул один до одного. Для того, щоб відбувався процес розчинення, сили взаємодії між молекулами розчинника і розчиненої речовини повинні бути більше сил взаємного притягання молекул розчинника і розчиняється речовини або рівні їм.

В основному розчинення відбувається в результаті дифузії, тобто повільного проникнення молекул однієї речовини в іншу, при цьому основне значення набуває в'язкість змішуються речовин. Причини взаємної розчинності речовин – це один із самих складних питань фізичної хімії [8].

Здатність полімерів розчинятися або набухати обумовлена багатьма факторами: хімічною природою полімеру і розчинника, молекулярною масою полімеру, гнучкістю ланцюга полімеру, щільністю упаковки макромолекул, фазовим станом полімеру, неоднорідністю хімічного складу ланцюга, наявністю і частотою просторової сітки, температурою.

Взаємно розчиняються речовини, близькі за хімічною будовою, і не розчиняються речовини різні за хімічною будовою, тобто «подібне розчиняється в подібному». В якості ознаки «подібності» була прийнята близькість енергії міжмолекулярної взаємодії. Характер взаємодії полімерів з розчинниками крім того залежить від форми і розміру макромолекул полімеру [9].

Механізм розчинення полімерів полягає у відділенні ланцюгів друг від друга і їх дифузії в фазу розчинника. Цьому сприяє гнучкість ланцюга. Гнучкість ланцюга може переміщатися по частинах, її ланки здатні обмінюватися місцями з молекулами розчинника. Дифузія гнучкого ланцюга здійснюється послідовним переміщенням групи ланок, що не вимагає великих витрат енергії на подолання сил молекулярних взаємодій.

Широко застосовується в техніці атактичний полістирол, який являється аморфним полістиролом [5, 6]. Ізотактичний полістирол містить до 40...50% кристалічної фази, він володіє найгіршою розчинністю порівняно зі звичайним аморфним полістиролом.

Полістирол – неполярний полімер і він розчинний у багатьох неполярних розчинниках [10]. У аморфних полімерів ланцюги є гнучкими, тому вони, і зокрема полістирол, розчиняються в будь-якій неполярній рідині практично необмежено.

Під час набухання молекули низькомолекулярної рідини проникають між елементами структури полімеру (міжструктурні набухання) або всередині структури, розсовуючи макромолекули (внутрішньоструктурне набухання). У зв'язку з цим можна сказати, що процес набухання – це сорбція (поглинання) низькомолекулярних речовин полімером, що супроводжується збільшенням його маси, об'єму і зміною структури. Набухання – одностороннє змішання. При цьому полімер грає роль розчинника, а речовина, в якому він набухає, - розчиненої речовини.

Зміна складу фаз пов'язано з переходом молекул з однієї фази в іншу, тобто з дифузією молекул. Величезні макромолекули, в тисячі разів за своїми розмірами перевищують молекули звичайних речовин, дуже повільно просуваються, з великими труднощами повертаються. Тому процес розчинення високополімерів, пов'язаний з дифузією макромолекул, відбувається дуже повільно. Йому завжди передує набухання.

Час, що вимагає для досягнення рівноваги, залежить від концентрації розчину: чим розчин більш концентрований, тим більше часу, протягом якого в'язкість буде змінюватися. Тому вимірювання в'язкості розчину необхідно вести через певні проміжки часу до досягнення величини в'язкості, що не змінюється (практично). Це буде в'язкість розчину, який досяг рівноважного стану. Вона зростає зі збільшенням і концентрації і молекулярної ваги розчиненого полімеру.

1.3. Дослідження розчинності, розчинів і осадів пінополістиролу в органічних вуглеводневих розчинниках

1.3.1 Порівняльна характеристика властивостей ряду розчинників

Вуглеводневі розчинники відносяться до неполярних гідрофобних з'єднань. Вони широко застосовуються як розчинники неполярних і слабо полярних матеріалів [3, 5].

Вуглеводневі розчинники отримують з нафти різних родовищ, нафтового газу, при сухій переробці сланців, деревини, кам'яного вугілля. Є також вуглеводні рослинного походження, наприклад, різні види скипидару, одержаного у тому числі з соснової живиці [3].

В світі налічується понад 200 різних розчинників. Тому вибір розчинника для пінополістиролу, що відповідає вимогам економічності, доступності і виробничої санітарії, є нелегким завданням. Необхідний аналіз властивостей цих розчинників, в тому числі по розчинюючій здібності пінополістиролу.

Вибір і порівняльні характеристики ряду розчинників дані в таблиці 1.2 [3, 4]. Як відомо, полістирол, в тому числі і пінополістирол, добре розчиняється в багатьох розчинниках – в бензолі, толуолі, ксилолі, сольвенті [3]. Однак, ці розчинники мають дуже низьку граничнодопустиму концентрацію в атмосфері робочих приміщень (цехів, дільниць та ін.).

ГДК бензолу має всього 5 мг/м³, толуол, ксилол, сольвент – по 50 мг/м³. При цьому слід врахувати високу летючість цих розчинників, це значною мірою ускладнює їх застосування у виробництві. Ці властивості перерахованих розчинників полістиролу – низька ГДК і висока летючість – повністю виключають можливість застосування такого роду розчинів пінополістиролу в атмосфері робочих приміщень.

Існує інша група розчинників з вищим ГДК, що досягає 100...200 мг/м³. Це ацетон, етилацетат, бутилацетат, метилетилкетон, тетралін та ін. Однак у них за винятком дорогого і дефіцитного тетраліна, дуже висока летючість. Тому застосування цих розчинників для приготування розчинів пінополістиролу з метою їх використання в атмосфері відкритих робочих приміщень є дуже проблематичним.

Виходячи з цього, для розчинів з відходів пінополістиролу, як зв'язуючи формувальних і стрижневих стрижнів, покриттів ливарних форм, необхідні розчинники з вищим ГДК і низькою летючістю. Тільки в такому випадку з'явля-

ється можливість для створення малотоксичних сумішей і покриттів ливарних форм.

Таким розчинником пінополістиролу, який відповідає згаданим вище вимогам, є живичний скипидар [3]. Його отримують із соснової живиці, яку за допомогою пара дистилюють і розділяють на летючу фракцію - скипидар, і не летючий осад – каніфоль.

Скипидар містить в основному біциклічний монотерпеноїд пінен. Вуглеводень α -пінен з групи пінана-основна складова частина скипидару.

Живичний скипидар представляє собою прозору безбарвну або трохи забарвлену рідину з щільністю 0,855...0,863 г/см³. До появи уайт-спіриту скипидар був основним розчинником лаків і фарб.

ГДК живичного скипидару складає 300 мг/м³, тобто значно вище, ніж у згаданих вище групі розчинників з ГДК 200 мг/м³. Він добре розчиняє відходи пінополістиролу, має дуже низьку летючість. В сукупності це дає можливість готувати сучасні малотоксичні сполучні матеріали для формувальних і стрижневих сумішей і покриттів ливарної форми. У свою чергу це дозволяє удосконалити і розробляти нові більш ефективні процеси лиття, а також має важливе економічне значення щодо зменшення цих відходів і поліпшення екологічної обстановки в цілому.

1.3.2 Система пінополістирол - ацетон

При зануренні пінополістиролу в ацетон спостерігається інтенсивне бурління рідини у зв'язку з виділенням газу, укладеного в осередках пінополістиролу. Одночасно відбувається «розчинення», а точніше поглинання пінополістиролом частини ацетону з утворенням набряклого осаду. А так як стінки осередків пінополістиролу є дуже тонкими, то цей процес відбувається досить інтенсивно. Співвідношення полістирол : ацетон в отриманому осаді складає 1:1.

Набряклий осад композиції пінополістирол : ацетон представляє собою світлого кольору малотекучу, дуже в'язку і липку масу, яка через високу летю-

чість ацетону на повітрі швидко твердіє. Тому її важко дозувати і в такому стані слід визнати нетехнологічною для використання в формувальних сумішах.

1.3.3. Система пінополістирол - живичний скипидар

На сьогодні відомо, що живичний скипидар з ГДК = 300 мг/м³ і дуже низькою летючістю є хорошим розчинником відходів пінополістиролу [3,6]. Привабливість живичного скипидару пояснюється його властивостями. Вони дозволяють сподіватися, що полістирольне зв'язуюче для ливарних форм і стрижнів на основі застосування живичного скипидару, можливо, використовувати при дотриманні щадних заходів техніки безпеки в ливарних цехах.

Існують розчини пінополістиролу з живичним скипидаром практично будь-якої концентрації навіть до 50%. Оптимальним можна вважати розчин пінополістиролу в живичному скипидарі концентрацією 40%. Для полімерів це досить висока концентрація. Розчини більш високих концентрацій мало текучі і дуже в'язкі, що робить проблематичним їх застосування в формувальних і стрижневих сумішах.

1.3.4 Технологія отримання розчинів відходів пінополістиролу в живичному скипидарі, як зв'язуюче у ливарному виробництві

Спочатку шматки відходів пінополістиролу слід вручну очистити від забруднення і сторонніх матеріалів, які пристали до них. Потім шматки направляються в приймальний бункер. Далі шматки пінополістиролу направляються в пристрій для їх різання (подрібнення) до розмірів перетином 20x20 мм. В такому випадку прискорюються процеси розчинення, полегшуються етапи складування, транспортування, зважування. Після зважування подрібнені відходи пінополістиролу направляються в накопичувальну ємність, з якої відома по масі доза пінополістиролу через затвор в цій ємності і під впливом сили тяжіння потрапляє в реактор з відомим по масі кількістю живичного скипидару

[4, 6]. Реактор герметичний і забезпечений мішалкою для прискорення розчинення пінополістиролу і отримання однорідного по концентрації розчину.

На рис. 1.1. представлена технологічна схема отримання форм і стрижнів із сумішей на основі полістирольного пов'язує.

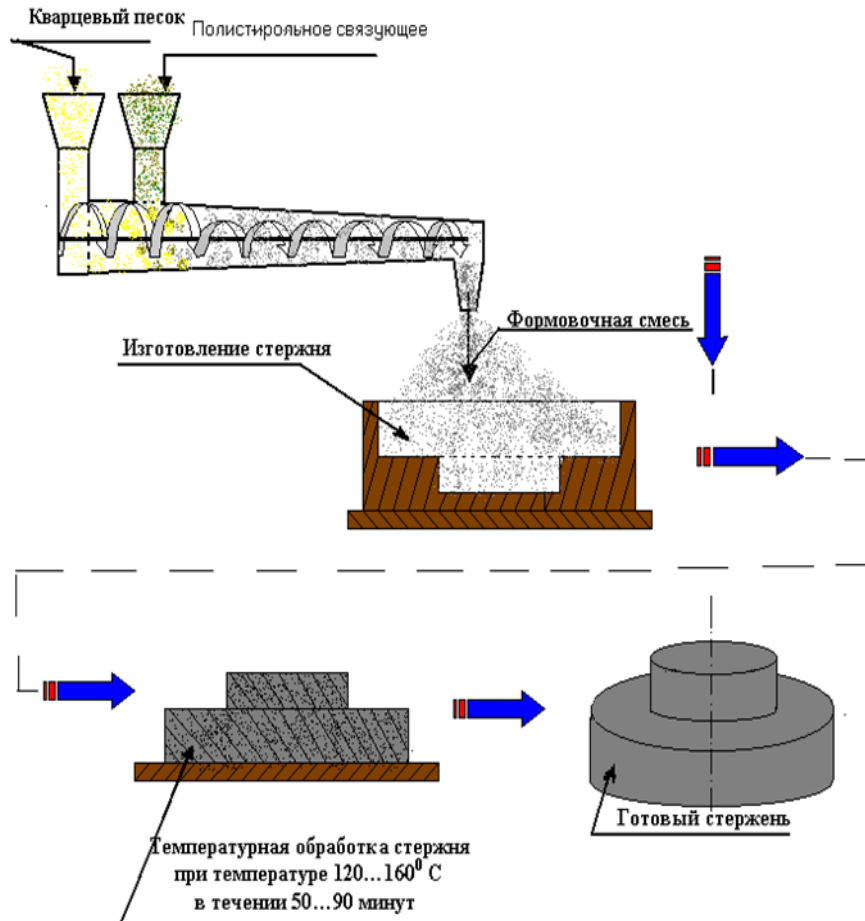


Рисунок 1.1 – Технологічна схема отримання форм і стрижнів із сумішей на основі полістирольного зв'язуючого

В розчинах пінополістиролу в живичному скипидарі незалежно від концентрації розчину спостерігається седиментація дрібних забруднень вихідного матеріалу пінополістиролу. Тому необхідно після виготовлення розчину заданої концентрації технологічна операція вистоювання для осадження цих забруднень та з метою їх подальшого видалення з розчину.

1.4. Висновки та завдання досліджень

1. В даний час знайшли широке застосування пінополістирол в якості технічної, побутової тари, а також тари для харчових продуктів.

2. Після використання пінополістирол не можна поводитися і не підлягає біологічному розкладанню. Як наслідок пінополістирол накопичується у великій кількості в навколишньому середовищі, створюючи екологічну проблему. Тому застосування сполучних матеріалів для їх використання в ливарному виробництві на основі відходів пінополістиролу дозволить удосконалювати процеси лиття і поліпшити екологічну обстановку.

3. Пінополістирол дуже добре розчиняється в живичний скипидарі, який має низьку летючість і гранично допустиму концентрацію шкідливих речовин, що дорівнює 300 мг / м^3 , що в 50 ... 60 разів менше багатьох відомих розчинників (толуол, бензол, ксилол).

Завданнями досліджень є:

1. Розробка оптимального складу суміші з вмістом звязуючого полістирола від 2% до 4%;
2. Проведення планованого експерименту;
3. Розробка математичної моделі;
4. Визначення оптимальної області необхідних властивостей до складу суміші та режимів сушки.

2. МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Методика визначення обсягу пінополістиролу для отримання одиниці об'єму розчину

У технології приготування розчинів пінополістиролу в органічних розчинниках багаторазовим зменшенням його початкового об'єму і помітним збільшенням об'єму розчину в порівнянні з обсягом розчинника представляють велику цікавість, тому що дозволяють орієнтуватися у виборі необхідних обсягів пінополістиролу для приготування одиниці об'єму розчину. Для отримання таких даних може бути застосований мірний циліндр на 100 мл з гумовою пробкою для запобігання випаровування розчинника. У такий циліндр наливається вихідний розчинник в зворотному, але фіксованому обсязі. Потім до розчинника необхідними порціями вводиться відомий обсяг пінополістиролу і після його розчинення спостерігається збільшення об'єму розчину в порівнянні з обсягом розчинника. І так багато разів можна вводити в мірний циліндр відомий обсяг пінополістиролу, спостерігаючи всякий раз збільшення обсягу розчину. За отриманими даними будується графік залежності збільшення обсягу розчину від об'єму пінополістиролу. З цих даних випливає, що для отримання збільшення об'єму розчину на 1 одиницю (см^3) потрібно розчинити багато десятків одиниць обсягу пінополістиролу.

2.2 Оцінка оптимальної кількості розчинника в системі «розчинник-розчинник»

Для приготування розчинів пінополістиролу дуже важливо в плані поліпшення санітарних умов праці знизити ГДК ($\text{мг}/\text{м}^3$) застосованого розчинника. Для цього треба, не зменшуючи розчинюючої здатності розчинника, знизити його утримання за рахунок введення відповідного розчинника. При цьому кількість вводимого розріджувача, що має в порівнянні з застосованим розчинни-

ком більш прийнятний ГДК, прагнуть ввести якомога більшу, не викликаючи при цьому коагуляцію розчиненого пінополістиролу.

Для оцінки оптимальної кількості розчинника поступово вводять його, при активному перемішуванні, в розчин пінополістиролу в розчиннику. При цьому ведеться спостереження за розчином на предмет фіксації його гелеутворення в залежності від кількості введеного розчинника. При появі перших пластівців полістиролу з розчину введення розріджувача припиняється, а його кількість фіксується в поєднанні з кількістю розчинника.

Згідно з наявними даними максимально можлива кількість вводимого розріджувача залежить від концентрації виготовленого розчину пінополістиролу і з її збільшенням зменшується.

2.3 Методика визначення кінетики обмеженого набухання пінополістиролу в ацетоні [5]

Спочатку в тару наливається ацетон, а потім вноситься окремими шматками пінополістирол. Так як цей матеріал є дуже пористим (його щільність $0,02...0,03 \text{ г/см}^3$), то «розчинення», а точніше поглинання ацетону пінополістиролом відбувається дуже активно і швидко. В результаті при надлишку ацетону утворюється осад обмежено набряклого полістиролу, який має здатність поглинати певну кількість ацетону. З великим ступенем ймовірності співвідношення полістирол: ацетон в цьому осаді дорівнює 1:1. Тому надмірний ацетон утворює в контакт з осадом другої прозорої рідинної фази. Плинність обох фаз різна: осад може досить повільно текти, а фаза ацетону тече дуже швидко. На цих властивостях обох фаз засновано вивчення кінетики обмеженого набухання пінополістиролу в ацетоні: через певні проміжки часу шляхом нахилу тари зливається надлишок ацетону, після чого шляхом зважування визначають кількість поглиненого пінополістиролом або емульсійним полістиролом ацетону.

2.4 Методика визначення міцності формувальних і стрижневих сумішей на стиск і осипаємість зі зв'язуючим полістиролом

Оцінку міцності формувальних і стрижневих сумішей на стиск, осипаємість проводили відповідно до ГОСТ 23409.7-7 і, ГОСТ 23409.9-78.

Для приготування сумішей застосовувався формувальний пісок Старовірівського кар'єра (Харківська область) марки 2К1О1025.

В якості зв'язуючого для всіх складів сумішей застосовувався 35% розчин відходів пінополістиролу в живичний скипидарі.

Приготування суміші масою 1...3 кг виконувалося вручну під витяжною шафою. Тривалість перемішування компонентів суміші – навішування і 35% розчинів пінополістиролу – витримувалася постійною і рівною 7 хв.

Міцність сумішей досягалася в результаті видалення з неї рідкої фази – живичного скипидару – шляхом висушування зразків в лабораторній камерній електропечі опору моделі СНОЛ-1, 6.2,5 / 11-И2. Після чого перевірялася міцність на стиск.

Поверхневу міцність (осипаємість) формувальних і стрижньових сумішей визначали на стандартних циліндричних зразках діаметром і висотою 50 мм. Зразки випробовували у сухому стані.

Прилад для визначення поверхневої міцності є барабаном діаметром 110 мм. Стінки барабана виготовляють з сітки з осередками 4×4 мм (діаметр дроту 0,9 мм).

Зразок поміщають у барабан так, щоб він не стикався з торцями барабана, після чого включають двигун приладу й барабан починає обертатися зі швидкістю 60 об/хв. При цьому бічна поверхня зразка треться об сітку барабана. Поверхнева міцність (осипаємість) характеризується втратою маси зразка в одиницю години й виражається у відсотках маси зразка.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗЧИНІВ ПІНОПОЛІСТИРОЛУ В ЖИВИЧНОМУ СКИПИДАРИ В ЯКОСТІ ЗВ'ЯЗУЮЧОГО МАТЕРІАЛУ У ФОРМУВАЛЬНИХ І СТРИЖНЕВИХ СУМІШАХ

Твердіння форм і стрижнів до технологічно необхідної міцності відбувається в результаті видалення з суміші рідкої композиції-живичного скипидару. Як уже зазначалося вище, цей вуглеводень рослинного походження в порівнянні з багатьма іншими розчинниками пінополістиролу має особливі переваги: у нього з точки зору санітарних умов праці прийнятна ГДК (300 мг/м³) і дуже низька летючість. На жаль, дані по летючості живичного скипидару, крім загальних відомостей про «низькою» летючості, дуже обмежені. Тим важливіше ці дані, наведені в роботі [3].

Таблиця 3.1 – Швидкість випаровування рідини в г/м² с в залежності від швидкості потоку повітря 0,25 м / с і температури 20 °С

Рідина	Швидкість випаровування, г/м ² с	Кратність збільшення швидкості випаровування по відношенню до скипидару
Ацетон	0,589	15,10
Бензин «Калоша»	0,385	9,87
Спирт етиловий	0,632	16,20
Етилацетат	0,299	7,66
Уайт-спирит	0,089	2,28
Скипидар	0,039	1

Виходячи з вимог санітарних умов праці низька летючість живичного скипидару є позитивним фактором, але з точки зору необхідності прискореного твердіння форм і стрижнів цей фактор є явно негативним, так як вимагає примусового видалення скипидару із суміші.

Існують різні способи видалення рідкої композиції з суміші:

- вакуумування;
- продувка суміші сухим повітрям;
- температурний вплив при сушці у печах.

В роботі викладені результати по використанню останнього варіанту, як найбільш доступного.

У таблиці 3.2-3.4 викладено цифрові дані про вплив температури і тривалості вистоювання зразків із суміші з 2 ... 4% полістиролу на суху міцність суміші на стиск, газопроникність і осипаємість.

Таблиця 3.2 – Вплив температури і тривалості сушіння зразків із суміші з 2% полістиролу на міцність суміші на стиск, газопроникність, осипаємість

Склад суміші	Час сушки, хв., $\tau_{\text{суш.}}$	Температура сушки, $^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{суш.}}$	Властивості суміші		
			$G_{\text{сж}}$, МПа	Газопроникність, од	Осипаємість, %
Пісок – 5292 г Зв'язуюче – 108 г	20	50	0,19	327	0,59
	20	190	3,55	257	0,86
	120	50	3,56	343	1,27
	120	190	3,66	300	1,7

Таблиця 3.3 – Вплив температури і тривалості сушіння зразків із суміші з 3% полістиролу на міцність суміші на стиск, газопроникність, осипаємість

Склад суміші	Час сушки, хв., $\tau_{\text{суш.}}$	Температура сушки, $^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{суш.}}$	Властивості суміші		
			$G_{\text{сж}}$, МПа	Газопроникність, од	Осипаємість, %
Пісок – 1455 г Зв'язуюче – 45 г	70	120	4,5	300	0,29
	70	120	4,9	295	0,34
	70	120	3,8	305	0,34

Як впливає з представлених даних, всі суміші на момент виготовлення зразка показали високу міцність на стиск після теплової обробки. Але вийняти з гільзи після трамбовки можна тільки через 30 хвилин вистоювання на повітрі. При цьому міцність суміші на стиск перебуває в інтервалі 0,44...5,47 МПа. Можна при цьому зазначити, що великим значенням міцності відповідають суміші з більш низьким вмістом зв'язуючого полістиролу і, відповідно, меншою кількістю рідкої композиції – скипидару.

Таблиця 3.4 – Вплив температури і тривалості сушіння зразків із суміші з 4% полістиролу на міцність суміші на стиск, газопроникність, осипаємість

Склад суміші	Час суш-ки, хв., $\tau_{\text{суш.}}$	Темпера-тура сушки, $^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{суш.}}$	Властивості суміші		
			$G_{\text{сж}}$, МПа	Газопроникність, од	Осипаємість, %
Пісок – 5292 г Зв’язуюче – 108 г	20	50	0,44	427	0,59
	20	190	0,56	320	1,76
	120	50	0,57	357	0,18
	120	190	5,47	340	0,4

Газопроникність сумішей зі збільшенням кількості сполучного в суміші вона закономірно збільшується. Тобто чим більше сполучного в суміші, тим газопроникність більше.

Звертає на себе увагу досить низька осипаємість суміші зі зв’язуючим розчином пінополістиролу в живичний скипидарі – всього 0,18 ... 0,76 %.

Тобто можна зазначити, що найкраща суміш отримується при використанні 3 % розчину пінополістиролу в живичному скипидарі.

На рис. 3.1 представлені стрижні виготовлені з суміші з полістирольним зв’язуючим.



Рисунок 3.1 – Стрижні виготовлені з суміші з полістирольним зв’язуючим

Існує спосіб вистоювання форм і стрижнів на повітрі з метою їх зміцнення, але не можна визнати його технологічним, бо живичний скипидар має малу летючість. Тому їх сушка в електродіях за спеціальним режимом є однією з основних технологічних операцій процесу виготовлення виробів.

4. ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДІВ ФОРМУВАЛЬНИХ І СТРИЖНЕВИХ СУМІШЕЙ НА ОСНОВІ СПІНЕНОГО ПОЛІСТИРОЛУ

4.1 Передумови розрахунку

Якість сумішей може бути оцінена середнім рівнем основних фізико-механічних показників. Одним з напрямків підвищення якості виливків і зниження рівня їхнього браку є підвищення ефективності управління властивостями сумішей з метою стабілізації їх властивостей. Вирішення цієї задачі може бути отримано на основі надійних кількісних залежностей між параметрами приготування суміші та її фізико-механічними властивостями, тобто на основі математичної моделі.

Для побудови математичних моделей зручніше всього використовувати методи математичної статистики, оскільки параметри процесу носять ймовірносний характер. Математична модель служить базою для оптимізації технологічних параметрів і розробки алгоритмів керування ливарними процесами [11].

Метою дослідження є побудова математичних моделей для різних складів формувальних і стрижневих сумішей на основі спіненого полістиролу та оптимізація їх складу, а також побудова номограм для оперативного управління властивостями суміші. Для цього необхідно провести планований експеримент.

У якості параметра оптимізації (y) були обрані основні фізико-механічні показники властивостей формувальної суміші: міцність на стиск, газопроникність і осіпаємість (y_1 , y_2 і y_3 відповідно). Вивчалися суміші з різним процентним вмістом зв'язуючого розчину пінополістиролу з живичним скипидаром від 2% до 4%.

Варіюваними факторами були: кількість уведеного в суміш зв'язуючого (x_1), температура сушки в електропечі (x_2) та час сушки (x_3).

Інтервали варіювання факторів і їх значення на основному, верхньому й нижньому рівнях наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Умови проведення експериментів для формувальних і стрижневих сумішей на основі спіненого полістиролу

Фактори	Кількість зв'язуючого, %	Температура сушки в електropечі, °С	Час сушки, хв
Код	x_1	x_2	x_3
Основний рівень	3	120	70
Інтервал варіювання	1	70	50
Верхній рівень	4	190	120
Нижній рівень	2	50	20

4.2 План експерименту

Фізико-механічні властивості визначалися як середні за трьома паралельно випробуванним зразкам. Щоб виключити вплив систематичних помилок, викликаних зовнішніми умовами, досліди задані матрицею планування проводилися в випадковій послідовності, тобто рандомізовано в часі. Порядок проведення дослідів був обраний за таблицею випадкових чисел.

Так як число рівнів кожного фактора дорівнює двом, то число експериментів (N) відповідно буде дорівнювати 2^k , де k – число факторів.

Далі складаємо план експерименту. Матриця планування для проведення експерименту 2^3 наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Матриця планування й показники вихідних параметрів

№ дослідження	Порядок реалізації	x_0	x_1	x_2	x_3	y_1	$y_{1сер}$	y_2	$y_{2сер}$	y_3	$y_{3сер}$
1	7	+	+	+	+	6,87	5,47	360	340	0,62	0,4
						5,38		340		0,32	
						4,15		320		0,26	
2	6	+	-	+	+	3,89	3,66	280	300	1,6	1,7
						3,83		300		1,8	
						3,25		320		1,7	
3	2	+	+	-	+	0,47	0,57	440	357	0	0,18
						0,69		280		0,31	
						0,56		350		0,24	

Закінчення таблиці

4	1	+	-	-	+	3,35 3,94 3,35	3,56	420 350 260	343	1,08 1,15 1,58	1,27
5	4	+	+	+	-	0,61 0,51 0,56	0,56	320 300 340	320	1,86 1,65 1,75	1,76
6	8	+	-	+	-	3,46 3,57 3,62	3,55	270 260 240	257	0,81 0,62 1,14	0,86
7	5	+	+	-	-	0,53 0,37 0,42	0,44	440 380 460	427	0,78 0,56 0,44	0,59
8	3	+	-	-	-	0,21 0,21 0,16	0,19	275 340 365	327	0,68 0,48 0,61	0,59

Лінійна модель у загальному випадку має вигляд:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^N b_i x_i \quad (4.1)$$

У випадку планування експерименту 2^3 лінійна модель буде мати вигляд:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 \quad (4.2)$$

Були розраховані коефіцієнти регресії по формулі:

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^N X_{iu} \cdot y_u}{N}, \quad (4.3)$$

i - номер фактора; x_{iu} – значення x_i в u -тому експерименті; u – номер експерименту; N – число експериментів в матриці планування; b_i – коефіцієнт цієї моделі.

Коефіцієнти регресії зведені до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Коефіцієнти регресії

$b_i \backslash y_i$	y_1	y_2	y_3
b_0	2,25	334	0,92
b_1	-0,49	27,13	-0,19
b_2	1,06	-29,63	0,26
b_3	1,07	1,13	-0,25

При проведенні експерименту враховуємо необхідність визначення помилки експерименту, тобто дисперсії відтворюваності. Відтворюваність оцінюємо по результатам паралельних досліджень.

Статистичну значимість коефіцієнтів для кожного досліджуваного параметра оптимізації перевіряємо за допомогою критерію Стюдента.

Після обчислення коефіцієнтів регресії й перевірки їх значущості, проводили статистичний аналіз отриманої моделі. Із цією метою перевіряли гіпотезу про адекватність даного рівняння. Гіпотезу про адекватність перевіряємо за допомогою критерію Фішера.

Таким чином, після реалізації експериментів одержуємо наступні лінійні рівняння регресії з урахуванням значимості коефіцієнтів:

$$y_1 = 2,25 - 0,49x_1 + 1,06x_2 + 1,07x_3;$$

$$y_2 = 334 + 27,13x_1 + 29,63x_2;$$

$$y_3 = 0,92 - 0,19x_1 + 0,26x_2 - 0,25x_3.$$

У дані рівняння підставляємо значення факторів у кодованому масштабі, які розраховуються з відповідних значень у натуральному масштабі по формулах:

$$x_1 = \frac{x_1 - 3}{1}; \quad x_2 = \frac{x_2 - 120}{70}; \quad x_3 = \frac{x_3 - 70}{50}$$

За допомогою рис. 4.1 та 4.2 можна простежити вплив кількості зв'язуючого та часу теплової обробки на міцність на стиск формувальної суміші при постійній температурі 50 °С та 190 °С.

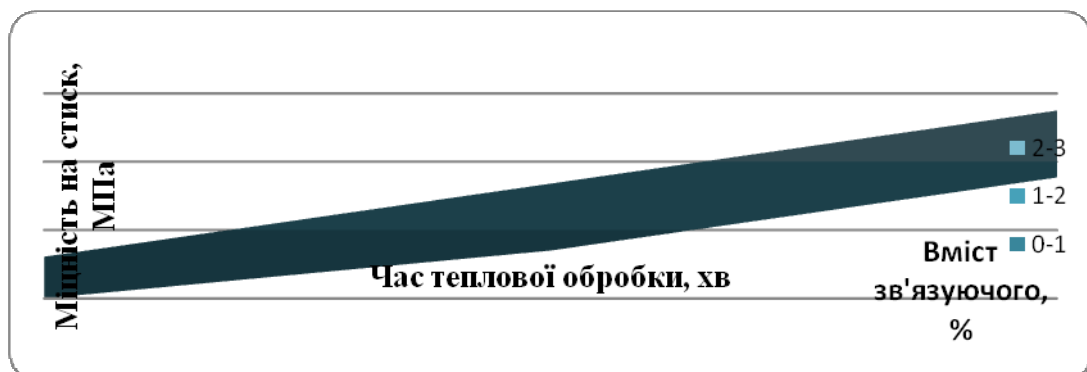


Рисунок 4.1 – Вплив кількості зв'язуючого та часу теплової обробки на міцність на стиск формувальної суміші при постійній температурі 50 °С

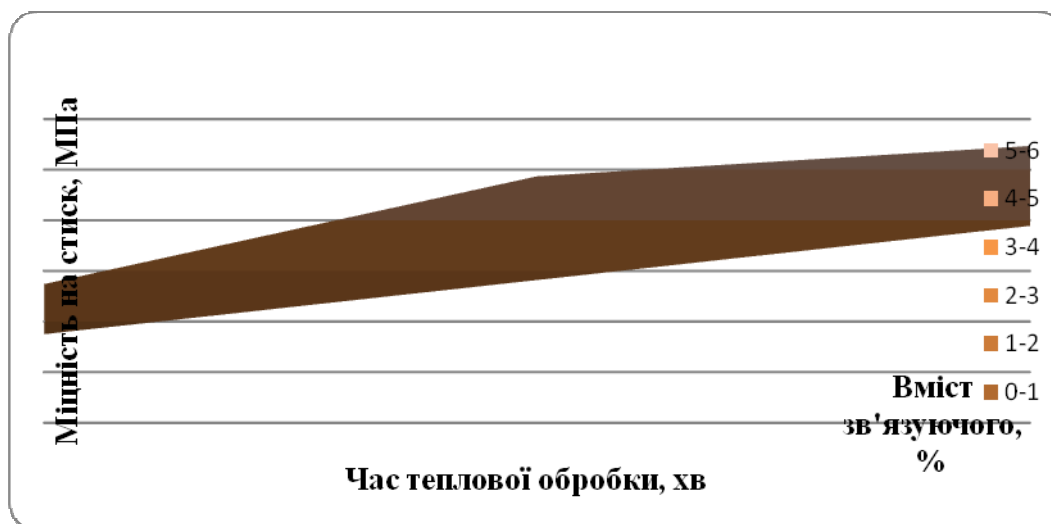


Рисунок 4.2 – Вплив кількості зв'язуючого та часу теплової обробки на міцність на стиск формувальної суміші при постійній температурі 190 °С

На рис. 4.3 та 4.4 бачимо вплив кількості зв'язуючого та часу теплової обробки на газопроникність сумішей при постійній температурі 50 °С 190 °С.

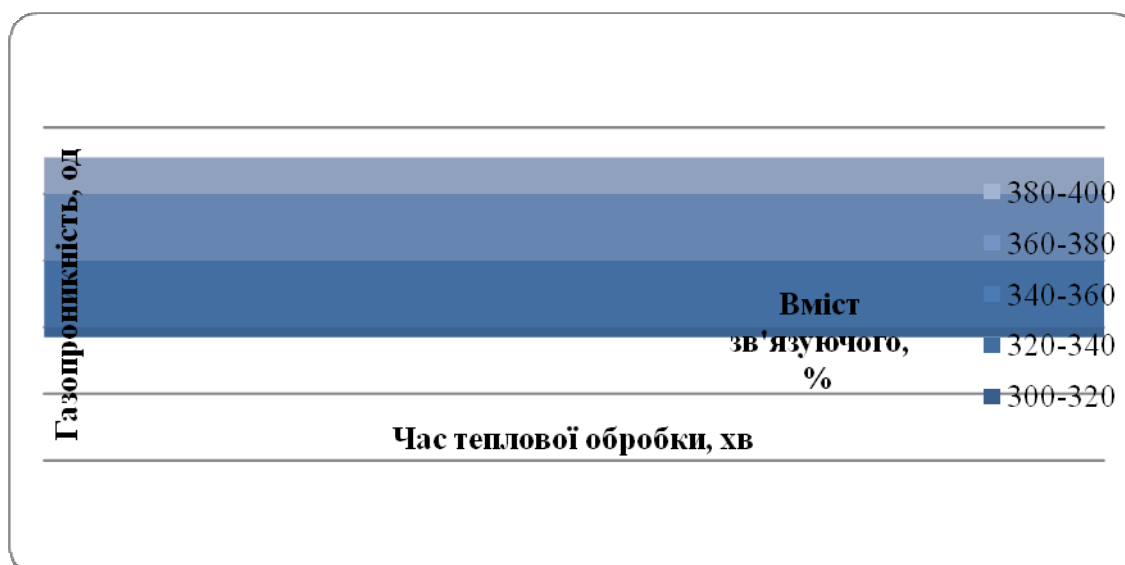


Рисунок 4.3 – Вплив кількості зв'язуючого та часу теплової обробки на газопроникність сумішей при постійній температурі 50 °С

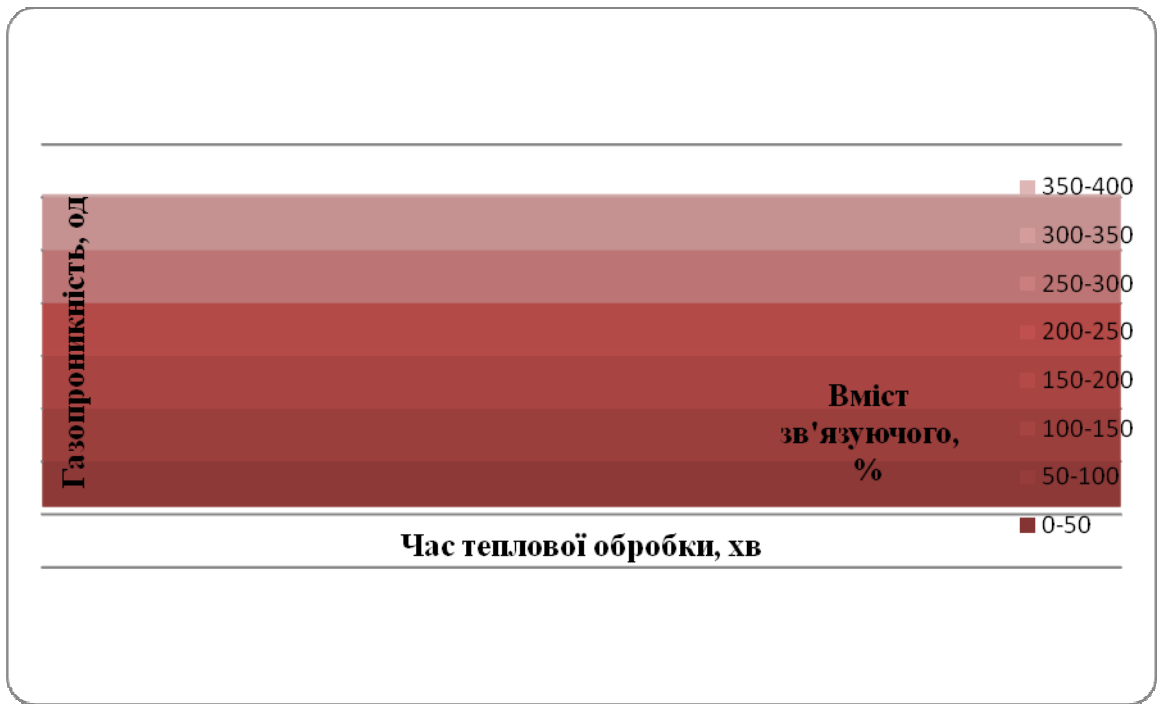


Рисунок 4.4 – Вплив кількості зв'язуючого та часу теплової обробки на газопроникність сумішей при постійній температурі 190 °С

На рис. 4.5 та 4.6 бачимо вплив кількості зв'язуючого та часу теплової обробки на осипаємість сумішей при постійній температурі 50 °С 190 °С.

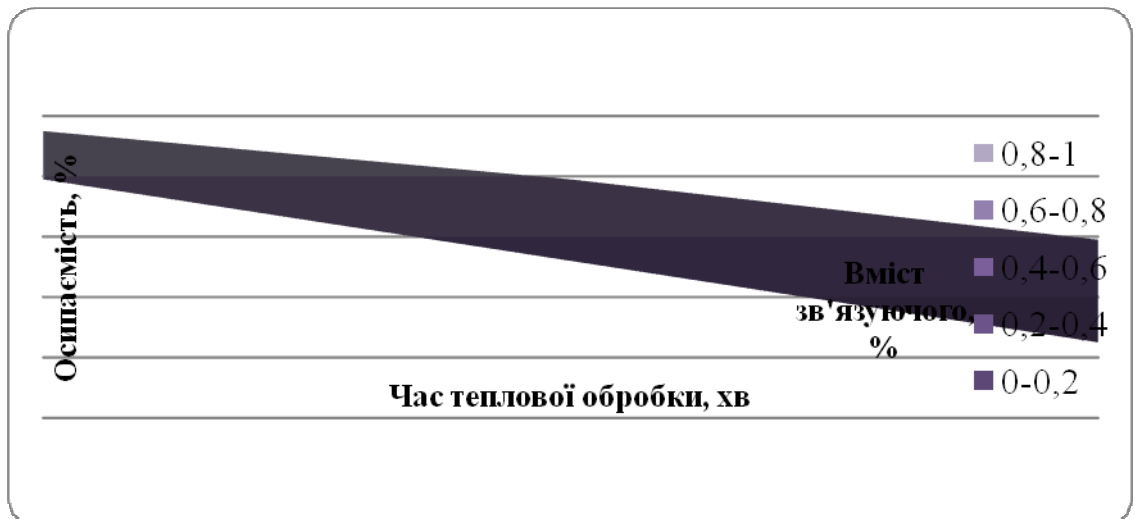


Рисунок 4.5 – Вплив кількості зв'язуючого та часу теплової обробки на осипаємість сумішей при постійній температурі 50 °С

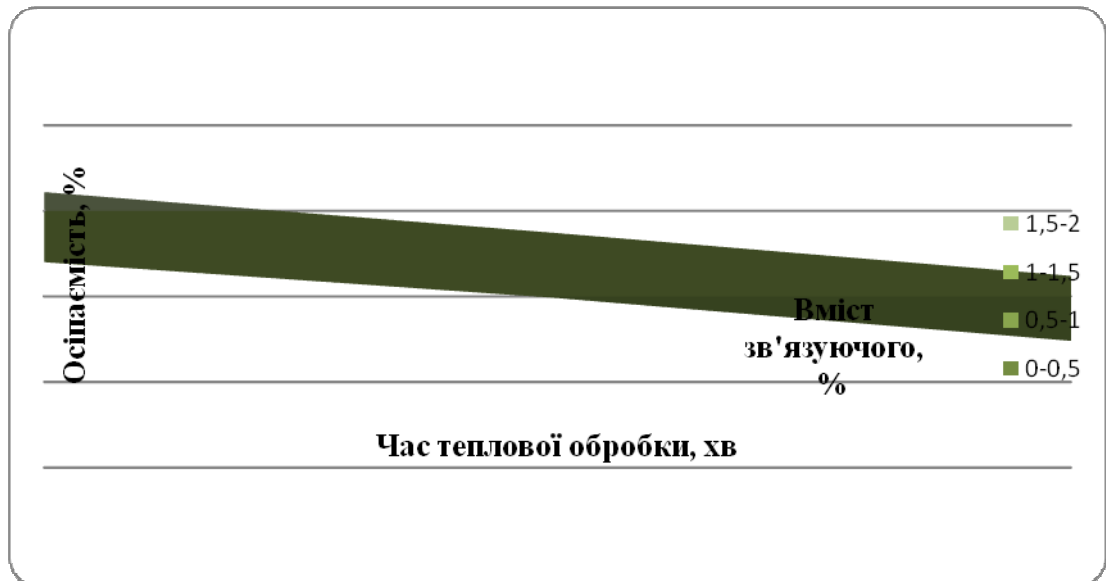


Рисунок 4.6 – Вплив кількості зв'язуючого та часу теплової обробки на осіпаємість сумішей при постійній температурі 190 °С

При аналізі отриманих даних можна відзначити наступне: вплив варіюваних факторів на параметри оптимізації відповідає теоретичним уявленням про формування властивостей суміші при її приготуванні.

Міцність суміші збільшується зі збільшенням часу теплової обробки і зменшенням зв'язуючого. Газопроникність суміші збільшується зі збільшенням кількості зв'язуючого. Осіпаємість зменшується зі збільшенням часу теплової обробки.

На параметри процесу сумішеутворення також впливають й парні взаємодії вихідних складових.

4.3 Визначення оптимального складу суміші

На основі розроблених математичних моделей створені номограми, що описують залежності між параметрами технології і властивостями формувальних сумішей. Вони представлені на рис.4.7 та 4.8, на їх основі можливе коригування параметрів процесу приготування зразків за рахунок зміни кількості зв'язуючого сумішей і їх часу теплової обробки, що може бути вико-

ристано для оперативного управління властивостями суміші. Номограми є засобом графічного рішення цієї задачі.

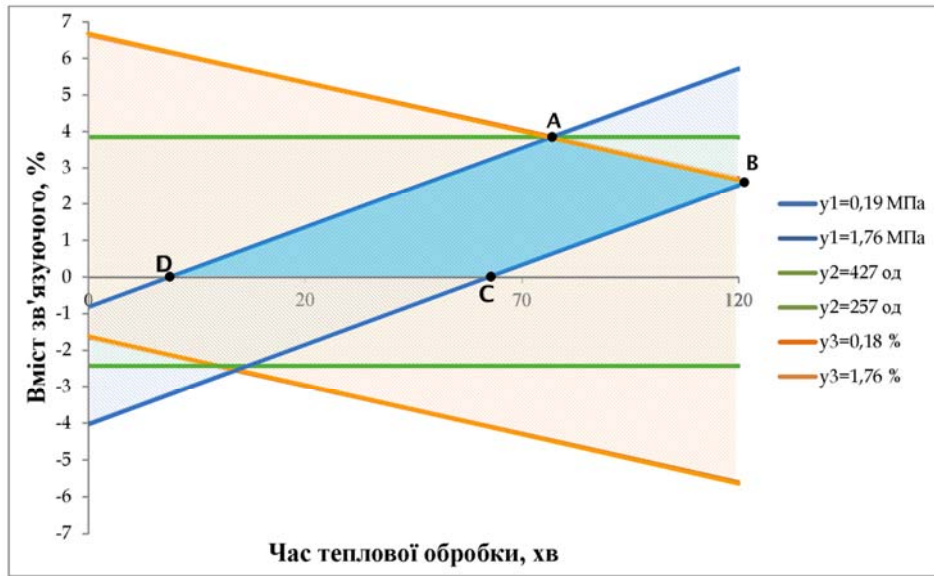


Рисунок 4.7 – Номограма для визначення оптимального складу суміші на основі розчину спіненого полістиролу при 50 °C

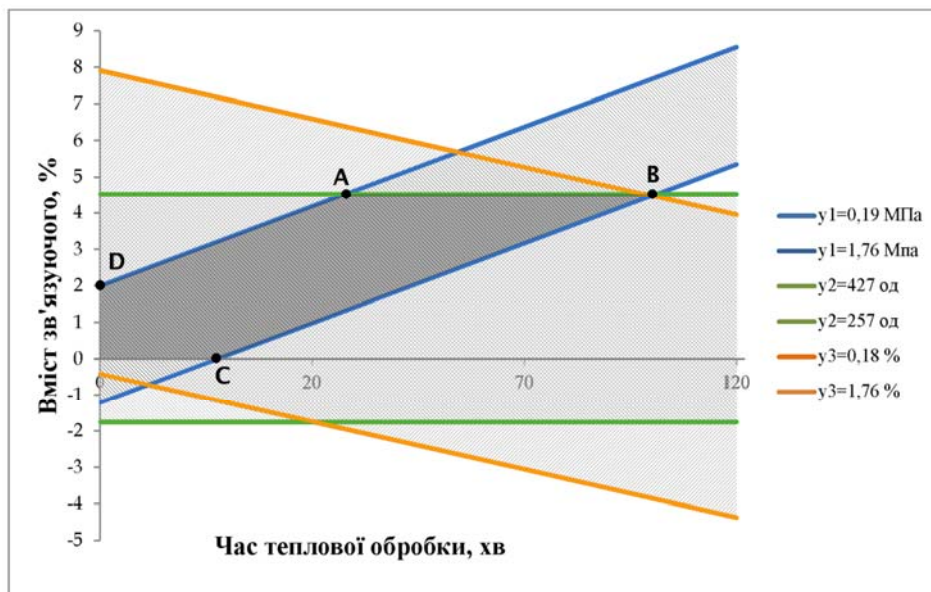


Рисунок 4.8 – Номограма для визначення оптимального складу суміші на основі розчину спіненого полістиролу при 190 °C

Багатокутники ABCD являються безліччю точок, що задовольняють вимогам оптимального складу формувальної суміші.

Представлена залежність наростання міцності, зміни газопроникності і осипаємості від складу формувальної суміші і часу теплової обробки. Залежність побудована на підставі отриманих математичних моделей для міцності, газопроникності і осипаємості сумішей.

Аналіз номограми показав, що міцність суміші збільшується при збільшенні вмісту зв'язуючого і часу теплової обробки. Осипаємість зменшується зі збільшенням часу теплової обробки і зменшенням кількості зв'язуючого.

Вважаємо, що нас задовольняє міцність на стиск, що перебуває в межах 0,19 ... 1,76 МПа, газопроникність 257...427 од, осипаємість 0,18 ... 1,76 % при оптимальному вмісті зв'язуючого 2 ... 3 %.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературного огляду дозволив встановити сучасні уявлення про механізм розчинення високополімерів в органічних розчинниках і на цій основі обґрунтувати необхідність проведення досліджень з утилізації відходів пінополістиролу з подальшим їх застосуванням для отримання нових високоефективних зв'язуючих для ливарного виробництва.

2. В ході дослідження розчинності пінополістиролу в різних органічних розчинниках встановлено, що пінополістирол дуже добре розчиняється в живичному скипидарі, який має найнижчу летючість і ГДК, рівну 300 мг/м^3 , що в 50-60 разів менше багатьох відомих розчинників (толуол, бензол, ксилол). І останній дозволяє отримувати розчини пінополістиролу на його основі практично будь-якої концентрації аж до 50%.

3. В процесі вивчення системи «пінополістирол - ацетон» з'ясувалося, що пінополістирол не розчиняється в ацетоні, однак характеризується обмеженим в ньому набуханням при співвідношенні пінополістирол до ацетону як 1:1 і короткочасним циклом поглинання (15...30 хв).

4. При дослідженні фізико-механічних характеристик формувальних і стрижневих сумішей на основі пінополістирольного зв'язуючого встановлено, що:

- час температурної обробки до 20 - 120 хвилин збільшує міцність на стиск формувальної суміші до 0,57 – 3,56 МПа при температурній обробці при $190 \text{ }^\circ\text{C}$ і до 0,19 ... 3,55 МПа при температурній обробці в $50 \text{ }^\circ\text{C}$;

- збільшення вмісту розчину пінополістиролу в формувальній суміші з 2 до 4% веде до збільшення газопроникності з 257 до 320 одиниць, причому час теплової обробки з 20 до 120 хвилин веде до збільшення з 300 до 340;

- оптимальним складом формувальної та стрижневої суміші слід вважати суміш, яка містить 2...3% полістиролу, а температура і час теплової обробки має становити $150 \dots 160 \text{ }^\circ\text{C}$ і 70 хв;

- механічні властивості формувальних і стрижневих сумішей на основі пінополістирольних зв'язуючих перевершують значення піщано-глинистих сумішей на інших зв'язуючих і можуть бути їх заміником в ливарному виробництві;

- осипаємість суміші зі зв'язуючим розчином пінополістиролу в живичний скипидарі невелика і складає 0,18 ... 0,76 %.

5. При дослідженні технічних особливостей застосованої формувальної суміші встановлено, що оптимально застосування розчину пінополістиролу в живичному скипидарі 35 % концентрації, що забезпечує можливість рівномірного розподілу його в обсязі суміші. Застосування розчинів більш низької концентрації (25%, 30%) збільшує тривалість процесу теплової обробки, а розчини з концентрацією більше 40% мають підвищену в'язкість, яка ускладнює якісне приготування суміші.

6. Вміст зв'язуючого в суміші – основний показник складу, що визначає рівень міцносних характеристик стрижнів і форм, якість виливків, санітарно-гігієнічні характеристики процесу і його техніко-економічну ефективність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Черников В.А. Полистирол в качестве связующего. «Литейное производство», 1971, с. 11–12
2. Черников В.А., Бражникова Л.Г. Смесь для литейных форм и стержней. Б.И. 1970, №18, №271733, Кл 31в, 1/16, В22с, 26 февраля 1969
3. Стекольщиков М.Н. Угледородные растворители. Свойства, применение, производство/ Справочное изд. М.: «Химия», 1986, – 120 с.
4. Китаев П.В. и др. Продукция химической и химико-механической переработки древесины. Справочник, изд. 2-е, м. «Лесная промышленность», 1966., – 548с.
5. Полистирол. Физико-химические основы получения и переработки. М., «Химия», 1975., 268 с.
6. Павлов В.А. Пенополистирол, М., «Химия», 1973, – 240 с.
7. С. П. Дорошенко, В. П. Авдокушин, К. Русин, И. Мацашек Формовочные материалы и смеси – К. : Выща шк., 1990; Прага: СНТЛ, 1990. – 415 с. – ISBN 5-11-002022-1.
8. Гуляев Б. Б. Формовочные процессы / Б. Б. Гуляев, О. А. Корнюшкин, А. В. Кузин. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 264 с.
9. Формовочные материалы и технология литейной формы: Справочник / С. С. Жуковский, Г. А. Анисович, Н. И. Давыдов, Н. Н. Кузьмин, Э. Л. Атрощенко, И. П. Ренжин, Б. Л. Суворов, С. Д. Тепляков, А. А. Шпектор; Под общ. ред. С. С. Жуковского. – М.: Машиностроение, 1993. – 432 с.
- 10.Ф. С. Новик Математические методы планирования экспериментов в металлловедении. – Москва: 1972.