Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота бакалавра

рівень вищої освіти__перший (бакалаврський) рівень_____

на тему__Особливості технології виробництва теплового захисту на основі піноскла

Виконав: студент _*4*_курсу, гр. *6.1363-м-с2*
Бабанін Андрій Вікторович
(ПІБ) (підпис)
спеціальності
____*136 Металургія*_____
(шифр і назва)
спеціалізація
_____
(шифр і назва)
освітньо-професійна програма
*Металургія*__
(шифр і назва)

Керівник _Скачков В.О._____
(прізвище та ініціали) (підпис)
Рецензент _Бєлоконь Ю.О._____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя - 2026 року

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

Кафедра *металургійних технологій, екології та техногенної безпеки*

Рівень вищої освіти *перший (бакалаврський) рівень*

Спеціальність *136 металургія*
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма *металургія*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *МТЕТБ*
Ю.О. Бєлоконь

"____" _____2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Бабаніну Андрію Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проєкта) Особливості технології виробництва теплового захисту на основі піноскла
керівник роботи (проєкту) *Скачков Віктор Олексійович, д-р. т. н., проф.*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від "23" грудня 2025 року № 1831-с
2. Строк подання студентом роботи (проєкта) *28.05.2026 р.*
3. Вихідні дані до роботи (проєкта) *науково-технічна література, періодичні видання за фахом, патентний пошук.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)*: 1.1 Теплоізоляція у будівництві та металургії. 1.2 Сировинні матеріали для виробництва піноскла. .3 Види і властивості піноскла. 1.4 Напрями удосконалення технології та обладнання для отримання піноскла. 2.1 Технології отримання піноскла. 2.2 Разова система для отримання піноскла. 2.3 Виробництво піносклана на основі діатоміту. 3.1 Розробка промислової технології піно матеріалів. 3.2 Матриці в'яжучих з наповнювачами з піноскла. 3.3 Оцінка впливу технологічних параметрів на газоутворення та структуру піноскла.*

5. *Презентаційний матеріал 14 слайдах (на 14 сторінках)*

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
1 Теплоізоляційні матеріалі	*Скачков В.О., професор кафедри*	
2 Сировина, обладнання та технології отримання піноскла	*Скачков В.О., професор кафедри*	
3 Промислова технологія, властивості та застосування пористого піноскла	*Скачков В.О., професор кафедри*	
4 Охорона праці та техногенна безпека	*Скачков В.О., професор кафедри*	
Нормоконтроль	*Бєлоконь Ю.О., зав. кафедри*	

7. Дата видачі завдання: *01.02.2026 р.*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Теплоізоляційні матеріалі*		
2	*Сировина, обладнання та технології отримання піноскла*		
3	*Промислова технологія, властивості та застосування пористого піноскла*		
4	*Охорона праці та техногенна безпека*		

Студент *А.В. Бабанін*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) *В.О. Скачков*
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи: 74 с., 4 частини, 18 рисунків, 17 таблиць, 33 посилання.

ПІНОСКЛО, СПІНЕННЯ, СКЛОГРАНУЛЯТ, ДІАТЛОМІТ, ПОЛЕГШЕНИЙ БЕТОН, ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ

Тема диплома: «Особливості технології виробництва теплового захисту на основі піноскла».

Мета роботи – дослідження особливостей виробництва піноскла

Проведено аналіз існуючих видів теплоізоляційних матеріалів. Проведено аналіз сировинних матеріалів для виплавки піноскла, показано можливість застосування у якості сировинних матеріалів техногенних відходів.

Розглянуто способи отримання піноскла та особливості процесів газоутворення і спінювання розплаву скла. Проведено оцінку технологічних методів управління основними характеристиками піноскла.

Проведено оцінку застосування апаратурно-технологічної схеми виробництва склогрануляту зі скляної шихти на основі діатоміту. Запропоновані варіанти застосування піноскла в якості додаткового компонента при виробництві полегшеного бетону.

В розділі охорона праці та техногенна безпека розроблено заходи для мінімізації небезпечних та шкідливих факторів. Розраховано систему пожежної безпеки.

ЗМІСТ

ВСТУ 6
1 ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛІ 7
1.1 Теплоізоляція у будівництві та металургії 7
1.2 Сировинні матеріали для виробництва піноскла 8
1.2.1 Шихтові матеріали на основі рудних елементів 8
1.2.2 Шихтові матеріали на основі техногенних відходів 9
1.3 Види і властивості піноскла 15
1.4 Напрями удосконалення технології та обладнання для отримання піноскла 22
2 СИРОВИНА, ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ПІНОСКЛА 26
2.1 Технології отримання піноскла 26
2.1.1 Технологічні засади отримання піноскла 26
2.1.2 Особливості процесу виробництва піноскла 28
2.2 Разова система для отримання піноскла 38
2.3 Виробницво піносклана на основі діатоміту 43
3 ПРОМИСЛОВА ТЕХНОЛОГІЯ, ВЛАСТИВОСТІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ПОРИСТОГО ПІНОСКЛА 48
3.1 Розробка промислової технології піноматеріалів 48
3.2 Матриці в'яжучих з наповнювачами з піноскла 50
3.3 Оцінка впливу технологічних параметрів на газоутворення та структуру піноскла 54
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 60
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників 60
4.2 Заходи щодо техніки безпеки і безпеки праці 61
4.3 Заходи щодо виробничої санітарії 64
4.4 Заходи щодо пожежної безпеки 66
4.5 Заходи щодо захисту навколишнього середовища 68
ВИСНОВКИ 70
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 71

ВСТУП

Піноскло являє собою спінене скло, тиск газів у бульбашках якого становить менше 10^{-6} атмосфери. За рахунок настільки низького тиску теплопровідність піноскла на порядок нижче теплопровідності більшої частини інших утеплювачів. Технологія виробництва піноскла дозволяє створювати ефективний утеплювач при досить низькій собівартості. Основними перевагами піноскла для споживачів є:

• вартість системи теплозахисту при використанні піноскла дешевше може бути тільки використання пінопласту;

• довговічність понад 50 років;

• міцність, порівнянна з міцністю газобетону;

• стійкість до зовнішніх впливів (гризуни, пліснява, кислотні та лужні речовини, високі та низькі температури від -200°С до +500°С;

• легкість до 200 кг/м^3;

• низька теплопровідність у межах 0,005-0,02 Вт/м·К.

Переваги піноскла полягають у конкурентоспроможності при проектуванні печей металургійного виробництва, капітальному будівництві та промислових споруд, для утеплення агрегатів, що працюють при температурах від – 200 °С до + 500 °С у хімічно-агресивних середовищахъ-=з0гшф, у харчовій промисловості, у будівництві дитячих та медичних закладів. в умовах з найвищими вимогами щодо пожежної та екологічної безпеки. Піноскло може використовуватися для завдань утеплення фундаментів будівель і доріг, що знаходяться в районі вічної мерзлоти, - для запобігання просіданню конструкцій внаслідок танення мерзлоти. Важливою характеристикою «вакуумного піноскла» буде його висока здатність пропускати світло, що уможливлює використання піноскла в якості теплозахисних світлопропускних стін, дахів теплиць та інших будівель.

1 ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛІ

1.1 Теплоізоляція у будівництві та металургії

Теплова ізоляція представляється елементами конструкцій, що зменшують процес теплопередачіі та виконують роль основного термічного опору. Теплоізоляція застосовується для зменшення теплопередачі в умовах, коли необхідно підтримувати задану температуру:

- у будівництві теплоізоляція застосовується для внутрішнього та зовнішнього ізолювання зовнішніх стін будівель, покрівель, підлог і т. д. Завдяки цьому знижується витрата енергіїопаленняабоохолодження;
- при виробництві одягу та взуття теплоізолюючі властивості одягу забезпечують людині без активного руху довгу годину перебувати на відкритому повітрі у сильний холод або у холодній воді;
- у корпусах чи огороджувальних конструкціях холодильного обладнання, печей. Завдяки теплоізоляції можливо значно знизити витрати енергії на підтримання необхідної температури всередину;
- трубопроводитеплотрасзакривають теплоізоляцією для зменшення охолодження або нагрівання.теплоносія. Захищають видкорозії. Теплоізоляція маєпароізолюючими(не завжди) і шумозахисними властивостями.
- Ізоляція ємностей, резервуарів,бойлерів.

Сучасний ринок теплоізоляційних матеріалів пропонує широкий вибір утеплювачів — будівельних матеріалів, що дозволяють забезпечити потрібну теплозахист будівель та споруд. Без утеплювачів у наш час не обходиться жодне будівництво та ремонт.

За допомогою матеріалів, таких як мінеральна вата, пінополістирол, піноскло,спінений поліетилен можливо значно скоротити тепловитрати через фундамент, стіни, перекриття, потолок та крышу. Теплоізоляційні матеріали продовжують термін служби будівельних конструкцій, систем та обладнання, що підвищують ефективність їх експлуатації.

Класифікація за принципом нормування Будівельна теплова ізоляція — теплова ізоляція огороджувальних конструкцій (стін, підлоги, дахів, міжповерхове перекриття тощо); Технічна теплова ізоляція — теплова ізоляція обладнання та трубопроводів; Спеціальна теплова ізоляція.екранно-вакуумна теплоізоляція, відображає теплову ізоляцію і т. д.

Класифікація за призначенням

За видом основного вихідного сировини – неорганічні, органічні;

За структурою — волокнисті, ніздрюваті, зернисті (сипучі); За формою - рихлі (вата,перліті ін), плоскі (плити, мати, повсть та ін), фасонні (циліндри, напівциліндри, сегменти та ін), шнурові. По займистості (горючості) — вогнетривкі, вогнестійкі, спалені.

Основні типи теплоізоляції монолітний пінобетон(щільністю до 300 кг/м^3);

- мінераловатні вироби у вигляді матів, плит, шкаралуп, циліндрів і т.п.кам'янаіскляна вата);
- пінополістирол (спінений та екструдувань)
- пінополіуретан;
- поліізоціанурат (PIR);
- єковата;
- спінений каучук;
- спінений поліетилен (НПЕ, ППЕ); піноскло;
- вакуумна теплоізоляція; рідка теплоізоляція:
  - Волокнисті високотемпературні матеріали: муллітокремнеземисте волокно (МКРВ) - гнучке, легке, витримує високі температури, ідеально для футерування печей.
  - Спучення перліт: пористий матеріал, ефективний у діапазоні від -200 до +900°С.
  - Мінеральна вата і базальтові мати:використовуються для ізоляції трубопроводів та обладнання.

- Піноскло: захист від теплового випромінювання, ізоляція трубопроводів, обладнання, футерування низькотемпературних печей (до + 700 °С). Рідка теплоізоляція: застосовується для захисту металу від корозії та збереження тепла на складних поверхнях.

Призначення:

- Підвищення енергоефективності: зменшення витрат топлива на нагрів та термообробку металу.
- Захист обладнання: використання вогнетривкої футеровки для збереження цілісності печей.
- Безпека: будівництво бар'єрів для зниження температури поверхонь.

Застосування:

- Футерування печей: високотемпературні волокна.
- Ізоляція трубопроводів: мінеральна вата із захисними кожухами.
- Кріогенна техніка: використання перліту.

Використання сучасних волокнистих вогнетривів дозволяє окупити витрати на теплоізоляцію за 6-8 місяців [1].

1.2 Сировинні матеріали для виробництва піноскла

1.2.1 Шихтові матеріали на основі рудних елементів

Вперше у світі про піноскло, як про будівельний матеріал, згадав у своїй доповіді академік В. І. Китайгородський у 1932 році. У 30-ті роки минулого століття розпочато інтенсивні роботи та отримані патенты на виготовлення піноскла у багатьох країнах Європи (Франція, Чехословаччина, Англія, Німеччина). У роки другої світової війни дослідження та технологічні роботи були згорнуті повсюдно, за винятком США. Це дозволило Сполученим Штатам у період війни освоїти великотоннажне виробництво піноскла, переважно для потреб військово-морського флоту, а потім на багато років вийти у лідери у виробництві та дослідженнях у цій технології [1].

Піноскло - гетерогенна система, що складається з газоподібної та твердої фаз, у якій газоподібна фаза може становити до 95 % від обсягу. Скло утворює досить тонкі стінки окремих осередків завтовшки в кілька мікрон, які у свою чергу пронизані відверстиями менших розмірів. Аморфна природа і пориста структура піноскла обумовлюють унікальний комплекс фізико-хімічних властивостей: висока термічне (λ до 0,03-0,05 Вт/(м·К)) та акустичний опір при низькому водопоглинанні, високу механічну міцність при малій щільності (0,7 – кг/м^3), великі можливості для механічної обробки, негорючість, високу хімічну та біологічну стійкість, стійкість до високих (до 450 °С) та низьких температур (-50 °С).

Технологія виробництва піноскла, що знайшла застосування в промисловості, передбачає використання склобою в якості основного сировини. При великих обсягах виробництва піноскла необхідно використовувати спеціально зварене скло. Основним сировинним матеріалом у виробництві скла є кварцовий пісок – практично кристалічний SiO_2. Для скляної промисловості інтерес становлять і висококремнисті аморфні опалові породи $SiO_2 \cdot nH_2O$. Діатоміти – осадові гірські породи, утворені обломками панцирів водоростей з надзвичайно розвиненою поверхнею та пронизані дрібними відвірями, що займають до 75 % площі панцирів. В даний час використовуються наступні сировинні матеріали: опалові породи, оксиди заліза, калію, кальцію; співвідношення аморфної та кристалічної складової(70-85)/(15-30) %; низька насипна щільність (від 200 кг/м^3).

1.2.2 Шихтові матеріали на основі техногенних відходів

Питання переробки та утилізації техногенних відходів є актуальними не тільки з точки зору небезпечного забруднення навколишнього середовища, але і раціонального використання їх як альтернативного джерела сировини. До групи великих, що займають великі площі відвалів, що вимагають значних експлуатаційних витрат на утримання, відносяться золошлакові відходи ТЕС. У

світовій та вітчизняній практикі розроблено велику кількість складів та технологій отримання матеріалів на основі техногенних відходів.

Сучасні ГРЕС щорічно використовує величезну кількість вугілля, зольність яких становить 15...17%. Все кількість золошлаківїх відходів накопичуються на полігонах, створюючи загрозу навколишній середовищі.

Золошлакові відходи являють собою полідисперсну суміш, яка представляється дрібнозернистою частмою і включають зерна неправильної гострокутної форми, а також гладкі мікросфери розміром від 2 до 10 мкм. Розмір більших зерен, присутніх у вигляді спучених агломератів, в середньому становить 50 мкм.

Фізичні властивості золошлакових сумішей представляються насипною та вірною щільністю, гранулометричним складом. Характеристики золовідходів представлені у табл. 1.1. Представленіу табл. 1.1 дані показують, що золовідходи на 61,5 % складаються з зольної складової та шлакового піска.

Таблиця 1.1 Технологічні характеристики золовідходів

Гранулометричний склад, % зерна розміром, мм					Щільність, кг/м^3		
>20	20...10	10...5	5...3	3...0,315	<0,315	Справжня	Насипна
1,0	4,0	18,2	15,3	30,3	31,2	2500	830
Хімічний склад, вміст оксидів,мас.%							
SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	$FeO_{заг}$	Na_2O,	TiO_2	SO_3
62,9	19,9	3,6	2,6	6,1	3,9	0,7	0,3

Хімічний склад золошлакових відходів в основному залежить від складу мінеральної частини твердого палива.е оксиди у вигляді ок сиду кремнію, кальцію та алюмінію. За змістом кислотних та основних оксидів золошлаки відносяться до кислих (модуль кислотності 13,4), за гідросилікатним та кремнеземистим модулем – до групи інертних паливних відходів, які можуть застосовуватися в якості сировини для виробництва кирпича, зольного гравію та техногенного грунту[1].

Хімічний склад відходів за співвідношенням склоутворювачів та оксидів модифікаторів обумовлює необхідність коректування шихти кремнеземистими та лужними компонентами, в якості яких використовується природний маршалліт та синтетична кальцинована сода. Підготовка маршаліту, який є пилоподібним і не потребує додаткового подрібнення. За раніше полученими даними [2] для синтезу склофазивикористовувалися два склади SiO_2 – 74; Al_2O_3 - 4; Na_2O - 22 і SiO_2 - 62; Al_2O_3 - 15; Na_2O – 23 (мас. %), на основі яких формувавсясклад шихти з мінімально можливим вмістом відходів (табл. 1.2).

Температурний режим термообробки гранульованих шихт підбирали для певного складу окремо за розробленою методикою [3] з урахуванням наступних умов: максимальна температура обробки шихти обмежена 900 °С; шихта перед термообробкою гранулювань; перехід шихти в розплавлений стан повинен проходити поступово, без швидкого утворення рідкої фази. Було встановлено, що значення максимальних температур обробки досліджуваних шихт збільшується з 815 до 850 °С зі зростанням вмісту кремнеземутримуючого компонента.

Таблиця1.2 Залишати та характеристики шихти

Показник		Позначення шихти	
		ШЗ-1	ШЗ-2
Компонентний склад шихт, мас. %	Золошлак	25	55
	Маршаліт	50	20
	Сода	25	25
Площа питомої поверхні вихідних шихт, $см^2/г$		5198	6195
Температура обробки шихт, °С		850	815

Властивості склогрануляту, такі як хімічний і фазовий склад, кількість і розмір залишкової кристалічної фази, а також температура піропластичного стану є визначальними при отриманні піноматеріалу. Для визначення даних показників були використані наступні прилади та методики: скануючий електронний мікроскоп високого дозволу JSM-7500FA (фірми JEOL, Японія), дифрактометр XRD-7000S (фірми Shimadzu, Японія), з розшифровкою фазового складу за програмою «Crystallographica SearchMatch», кількісне співвідношення

кристалічної та склоподібної фаз визначали за допомогою графічного редактора та аналізатора дифрактограм – програми «Renex», визначення температури розм'якшення та в'язкості склокристалічної композиції проводили за методикою [11].

За експериментально отриманими даними, наведеними в табл. 1.3, встановлено, що синтезований склогранулят містив склофазу в кількості, достатній для піропластичного стану. Менше значення кристалічної фази наблюдали у продуктах, получених з мінімальною кількістю золошлакових відходів, що пояснюється більш активним перебігом процесу склоутворення у шихті, що містять високу кількість склоутворювача. За даними рентгенофазового аналізу кристалічна фаза представлена переважно кварцем та незначною кількістю анортиту, який спочатку присутні у початкових золошлакових відходах.

Таблиця 1. 3. Хімічний склад і характеристика склогранулята

Показник		Позначення склогранулята		
		СГ-1	СГ-2	СГ-3
Хімічний склад склофазі, мас. %	SiO_2	70,4	57,7	54,4
	R_2O	17,4	19,1	16,3
	Al_2O_3	6,9	13,3	10,0
	RO	2,3	3,5	3,1
	Fe_xO_y	3,0	6,4	3,0
Співвідношення оксидів у склофазі	Al_2O_3/SiO_2	0,09	0,23	0,18
	RO/R_2O	0,13	0,18	0,19
Залишкова кристалічна фаза	Кількість, мас. %	17,0	25,0	20,0
	Середній розмір, мкм	0,2	0,3	0,2
Розрахункове значення модуля в'язкості		1,95	1,55	1,8
Температура піропластичного стану склогранулята, °С		704	685	680

Встановлено, що температура піропластичного стану отриманого склогранулята, що залежить від кількості присутньої кристалічної фази, а також від складу вихідної шихти та природи склоутворювального компонента, що не перевищує 705 °Пн. За модулем в'язкості склогранулята першого складу потрапляє в оптимальну

область значень (Мв=1,95), в той час як для іншого з - става потрібне коректування шихти. У зв'язку з повним склад шихти був змін у бік зменшення кількості відходів з 55 до 50 мас. %, склад СГ-3 відповідає за модулем в'язкості необхідним значенням, тому подальші дослідження проводились на даному складі.

Далі, отриманий, склогранулят піддавався помелу у кульовому млині до площі питомої поверхні 4000...5000 $см^2/г$, з подальшим додаванням у порошок газоутворювача у вигляді сажі марки 801, кількість якої змінювалося в залежності від складу склогрануляту та режиму спінювання.

Одним із факторів, що впливають на спінювання, є redox-процес, що протікає зі зміною ступеня окислення елементів, що беруть участь у газоутворенні. Напрямок окисно - позитивних реакцій визначається температурним режимом обробки суміші, складом газової середовища, окислювально-відновними характеристиками піноутворювальної суміші. Домінуюча роль у цьому процесі належить складу піноутворюючої суміші, в якій формується певне співвідношення окислювачів і відновників. Вплив окисно-відновних характеристик компонентів шихти на процеси спінювання та макроструктуру готового зразка оцінювали через запропоновані в роботі [5].

Хімічних засобів потреба в кисні матеріалу визначавлась за стандартною методикою [6], результати представлені у табл.1.4.

Таблиця 1.4 Хімічна потреба у кисні

Витрата матеріалів	Сода	Маршаліт	Золошлаків	Сажа
Компоненти, грам	100	100	100	100
Кисень, мг	104	125	2050	7730

З даних табл. 1.4 випливає, що найбільші значення хімічної потреби в кисні мають сажа та золошлакові відходи. Експериментально отримані значення даного показника шихт для отримання склогрануляту склали 600 (для складу СГ-

1) і 1100 мг (для складу СГ-3) 2 на 100 м, що вказує на досить високу присутність відновників у порівнянні з промисловими скляними шихтами, наприклад найвищі значення хімічної потреби (320...580 мг O_2 на 100 г).

Аналіз отриманих результатів дозволяє вибрати оптимальне для процесу спінення кількість газоутворювача, яке склало 0,5 мас. % для складу СГ-1 та 0,3 для складу СГ-3, при цьому обидві піноутворюючі суміші потрапляють в область окисно-відновної групи, що забезпечує достатні умови для процесу спінювання. Значення окисного коефіцієнта піноутворюючої суміші на основі склогранулята склало 70 (для складу СГ-1) та 30 (для складу СГ-3). Важливим показником якості піноскляного матеріалу є його макроструктура, яка визначає основні властивості готового виробу (табл. 4). Отримані зразки піносклокристалічних матеріалів характеризуються високою мірою однорідності порової структур, рис.1.1.

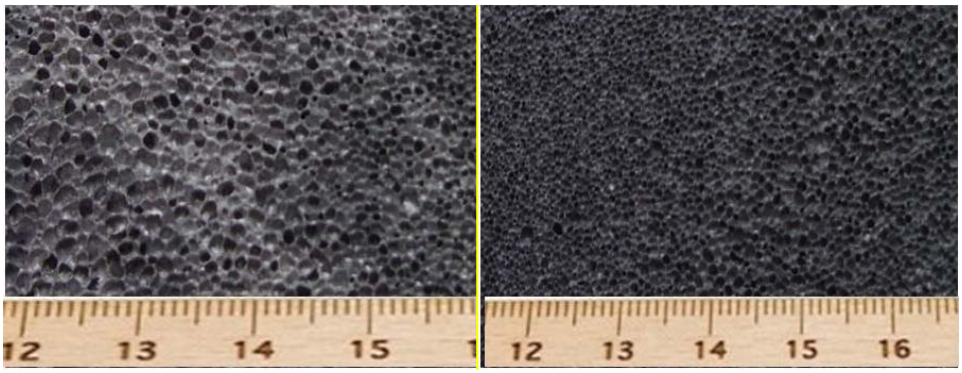


Рисунок 1.1 - Макроструктура піносклокристалічного матеріалу, отриманого на основі склогранулята

Зразки отриманих матеріалів мають високооднорідну дрібнопористу структуру з герметичними осередками гексагональної та сферичної форми та досить рівномірним розподілом пір по всьому об'єму.

Для порівняння міцності зразків, отриманих на основі золошлакових відходів і склобою, використовується коефіцієнт міцності, який представляє відношення міцності зразка до його щільності.

Таблиця 1.5 Структура і властивості склогранулята

Склад грану - ляту	Структура			Властивості			
	Ступінь неоднорідності	Середній діаметр пір, мм	Середній діаметр міжпорової перемички мкм	Водопоглинання, мас. %	Щільність, кг/м^3	Міцність на стиск, МПа	Теплопровідність,
СГ-1	3	0,9	45	4,5	350	4,5	0,08
СГ-3	5	1,2	60	6,0	370	4,8	0,09

Встановлено, що отримані піносклокристалічні матеріали відрізняються від піноскла міцністю 4,5...4,8 МПа (для порівняння – піноскло 1...1,5 МПа). Зменшення розмірів міжпорової перегородки і щільності пористого матеріалу не призводить до зниження його коефіцієнта міцності. Отримані піноскло - кристалічні зразки незалежно від вихідного складу шихти і режимів термообробки мають однакове значення даного коефіцієнта (приблизно 1,3), яке в середньому в 2...3 рази перевищує для піноскла, одержуваного на основі склобою.

1.3 Види і властивості піноскла

Піноскло – високотемпературний теплоізоляційний матеріал, який на ряду з іншими теплоізоляційними матеріалами на основі неорганічних матеріалів (керамобетонів [7], крем'янистих гірських порід [8] і т. д.) находять у даний час все більше застосування.

Піноскло являє собою спінену скломасу в якій осередок газового середовища розділені тонкими плівками стекла. Розмір осередків піноскла варіюється від кількох міліметрів до сантиметра. Колір матеріалу від світло-ло-кремового до чорного (зазвичай зеленувато-сірий), але в залежності від складу скла і домішок може набувати практично будь-які кольори. Так само як і скло, піноскло не розчиняється у воді, володіє стійкістю до дії більшості кислот і будь-яких розчинників органічного типу, витримує підвищені температури [9].

Порівняно з традиційними теплоізоляційними матеріалами, основні унікальні властивості піноскла полягають у низькій теплопровідності при

високій міцності, зручність обробки, при цьому піноскло є екологічно безпечним і довговічним матеріалом.

Спінене скло містить у своєму обсязі менше 10% твердої фази, тому має невисоку щільність. Піностекло можна отримувати з щільністю від 100 до 600 кг/м3 [10]. Зниження щільності нижче зазначеної межі пов'язане з технологічними труднощами і дуже малий вміст твердої фази в об'ємі матеріалу призводить до невисокої міцності виробів і ускладнює роботу при монтажі та транспортуванні. Збільшення щільності понад 600 кг/м3 призводить до дуже високої міцності виробів та складності їх обробки. Тому переважно виробляється матеріал із щільністю 160-250 кг/м3. Таке піно - скло має високі теплоізоляційні властивості, зберігаючи при цьому прийнятні характеристики та простоту обробки [11].

Загалом щільність піноскла практично однозначно визначає його теплопровідність та міцність [12]. Піноскло виходить в результаті розм'якшення вихідного стекла, воно не містить мікропор, які могли б абсорбувати вологу з навколишнього середовища, але і не робить матеріал «дихаючим» що не сприятливо позначається на його експлуатації в житлових будівлях. Вся волога, яка може затриматися у скляних бульбашках при зануренні матеріалу у воду, легко стікає з матеріалу після видалення його з води. Тому для всіх видів піноскла зазвичай спостерігається незначна величина водопоглинання і вона залежить переважно від розміру і характеру бульбашок у піносклі.

Таким чином, всі властивості піноскла визначаються його структурою, яка є оплавлені бульбашки скла, заповнені газами. Відмінності в типах піноскла визначаються такими факторами, як величина осередків, тип стекла, наявність більшої чи меншої кількості вільних дефектів у перемичках між комірками. Важко уявити інший доступний теплоізоляційний матеріал, виключаючи вироби спеціального призначення, який міг би витримати прямий факел із температурою понад 1000ºС [14].

Демидович Б. К. у своїх монографіях [13] наводити характеристики раз - особистих видів піноскла, що випускалися або заплановані до випуску в

радянському Союзі. Це піноскло вологозахисні, будівельне, декоративне, акустичне та гранульоване.

З конструктивної точки зору матеріал може випускатися у трьох принципово відмінних видах: блоках (або плитах), гранулах (будівельний пісок або гравій) та безформних кусках (будівельний щебінь). При цьому властивості піноскла, як матеріалу, залишаються практично однаковими для всіх типів виробів.

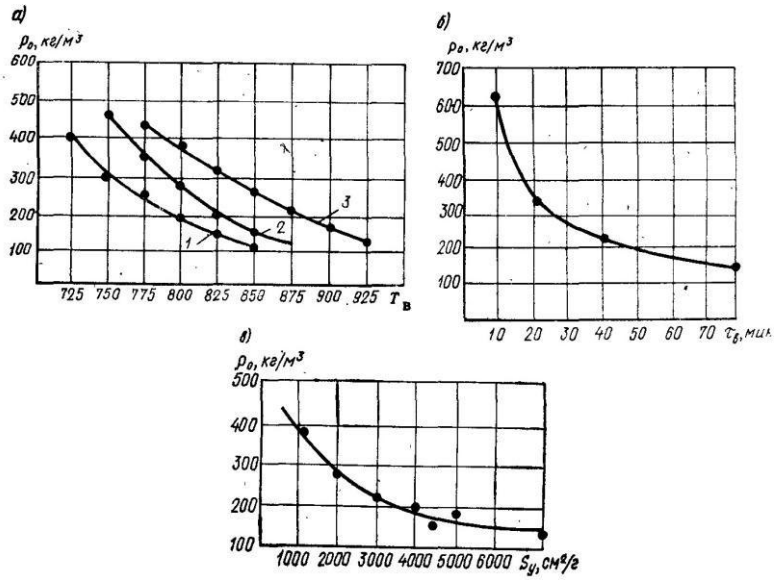
Різновиди пористого скла (піноскла): ізоляційно-будівельне, що застосовується для утеплення огороджувальних конструкцій будівель; ізоляційно - монтажне, що застосовується для теплової ізоляції обладнання та установок розумі - ренного та глибокого холоду, промислових установок, теплопроводів з робочою температурою до 400 ° с; вологозахисні, що характеризується водопоглинанням за 360 діб не більше 1,8% за об'ємом; спеціального призначення (безлужний) і висококремнеземистий, що застосовується високою міцністю, термостійкістю, радіопрозорістю (температура застосування до 600 ºС, для безлужного пористого стекла і до 1200 ºС для висококремнеземистого); акустичне (звукопо - ковтне); фільтруючі, що характеризуються дрібною сполученою пористістю [10].

Якщо звукопоглинальне і фільтруюче пористе скло повинно мати відкриту пористість, що сполучається, то при виробництві інших видів намагаються отримувати дрібнопористу структуру з рівномірно розподіленими порами замкнутого типу. У таблиці 1.6 представлені деякі властивості різних типів пористого скла [10]. Характер пористої структури спіненого стекла спрямовано змінюють шляхом зміни хімічного складу сировини, підбору газоутворювача, його дисперсності та витрат, а також за допомогою зміни режиму спікання, впливаючи на інтенсивність газорозкладання та реологічні показники (в'язкість) спінюваної скломаси.

Таблиця 1.6 - Типи та основні характеристики пористого скла

Показник	Типи пористого скла			
	ізоляційно-будівельне	ізоляційно-монтажне	безлужне	вологозахисне
Середня щільність, кг/м^3	130 – 250	130 – 160	350 – 500	140 – 180
Теплопровідність при 0 °С, Вт/(м·С)	0,06 – 0,087	0,053 – 0,07	0,1 - 0,125	0,06 – 0,07
Міцність, МПа:				
при стисненні	0,8 – 2,0	0,5 – 0,8	3 - 5	0,6 – 0,9
при вигіні	0,5 – 1,0	0,3 – 0,4	1,0 – 1,5	0,4 – 0,6
Температура застосування вання, ºС	400	від 400 до -160	600	-

Середня щільність піноскла регулюється зміною температури і часу спінювання, підбиранням газоутворювача, ступенем дисперсності по - рошків скла і газоутворювача. Залежність уявної щільності від температури спінювання для різних газоутворювачів та від тривалості спучування, а також від дисперсності шахти наведено на рисунку1.2 [12].



а) від температури спінювання $T_у$ при різних газоутворювачах; б) від часу спінювання $\tau_в$; в) від питомої поверхні шихти; 1- антрацит, 2 - сажа, 3 - кокс

Рисунок 1.2 – Залежність уявної щільності піноскла

Залежність міцності при стисненні ($\sigma_{ст}$) пористого скла від уявної густини ($\rho_{ср}$) в межах 150 - 700 кг/м^3, представлена формулою, МПа:

$$\sigma_{ст} = 0,1(0,2\rho_{ср} - 20) \quad (1)$$

Водопоглинання спіненого стекла залежить в основному від характеру його пористої структури: воно досягає 70 - 80% (за обсягом) у матеріалу з повідомленнями - порами, що повідомляються. По відношенню до тривалого впливу води стійкість пористого стекла велика і визначається гідролітичним класом стекла. Гігроскопічність дуже мала і обчислюється частками відсотка за обсягом [15]

Коефіцієнт теплопровідності пористого скла відносно невисокий – 0,055 - 0,085 Вт/(м·С). Цьому сприяє склоподібне будівництво міжпорових перегородок, замкнуті дрібні пори ізоляційно-монтажного піноскла [16].

Усі види піноскла характеризуються високою біостійкістю. Матеріал легко піддається механічній обробці (пиляння, шліфування, свердління тощо) Історично склалося, що для виробництва піноскла використовували сульфат - містять скло. У монографії Б. К. Демидовича показані результати досліджень саме з такими властивостями. Своїми розрахунками автор доводить, що при відновленні Na_2SO_4 вуглецем в атмосфері водяної пари в силікатному склі реакція має вигляд:

$$Na_2SO_4+2C+SiO_2+H_2O=Na_2SiO_3+2CO_2+H_2S$$ [16].

У всіх таких випадках основним, з точки зору хімії, є той факт, що окислена сірка, кількість якої у звичайних силикатних скліх не представляє проблем для кінцевого споживача, в разі отримання піноскла переходити у відновлену сірку. У цьому випадку остання присутня у структурі готового піноматеріалу або у вигляді газу, сірководню, або у твердій фазі скла у вигляді сполук – сульфідів. При цьому сульфіди при взаємодії із парами води, що містяться у повітрі, проходять реакцію гідролізу, при якій у повітря виділяється той самий сірководень у вигляді газу [2].

Використання піноскла, отриманого з сульфатного стекла, з вмістом сірководню, у житловому будівництві пов'язане з певними обмеженнями.

Внаслідок цього зусилля низькі дослідження були спрямовані, протягом тривалої години, на розробку технології піноскла з низькосульфатного та безсірного стекла. Принципова можливість використання реакцій без участі сірковмісних сполук була показана Демидовичем, але на практиці така заміна передбачає серйозні зміни в технологічній лінії, що не завжди виправдано економічно особливо при високому попиті навіть на піноскло вміст - най сірководень. Тому мета створення технології безсірчаного піноскла ціле - ставити на знову створюваних виробництвах [17].

Іншою характеристикою спіненого стекла, що відрізняється у різних про - виробниками, є коефіцієнт паропроникності піноматеріалу. Далі представлено порівняння різних типів теплоізоляційних матеріалів у таблиці1.7.

Таблиця1.7 – Порівняннясучасних теплоізоляційних матеріалів

Характеристики	Піноскло марки «FOAMGLAS»	Пінополістирольні плити ПСБ-С-25	Екструзіон - ві плити «Піноплекс»	Мінеральний утеплювач жорсткий
Щільність, кг/м^3	160-250	15-35	35-45	150-200
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·К	0,04-0,1	0,033-0,037	0,04	0,05-0,06
Міцність на стиск, МПа	0,7-4,0	0,05-0,16	0,25-0,5	0,025-0,03
Водопоглинання, % об., не більше	2	1	0,1-0,2	1,5
Коефіцієнт паропроникності, мг/(м·рік·Па)	0	0,014	0,008	0,53
Стабільність розмірів	Відмінна	Дає усадку	Дає усадку	Відмінна
Характеристики	Піноскло марки «FOAMGLAS»	Пінополістирольніплити ПСБ-С-25	Екструзіон - ві плити «Піноплекс»	Мінераловат - ний утеплювач жорсткий
Верхній температурний режим експлуатації	450-550	80	200-500 (у залежності від зв'язуючого - го)	Волокна витримують -1000º,

Продовж. табл.. 1.7

Вогнестійкість	Висока	ні	При високій температурі деструктує
Пожежобезпечність	Висока	ні	Теплоізоляція виходити з ладу

Продовж. табл. 1.7

Стабільність під час експлуатації	Година	Через 10-15 років спостерігається руйнування матеріалу	Спостерігається руйнування
Екологічна безпека матеріалу	Екологічно безпечний	При експлуатації має місце виділення токсичних компонентів.	Виділяються небезпечні компоненти
Технологічність застосування	Поєднується з цементними розчинами, обробляють столярним інструментом	Монтаж гвоздями або полі - мірними мастиками	Кріпитися на гвозді, вимагає жорсткого каркса

Раніше представивлена технологію, що передбачає часткову кристалізацію скла, що дозволяє отримати матеріал, який можна порівняти за коефіцієнтом паропроникності з кирпичом [18].

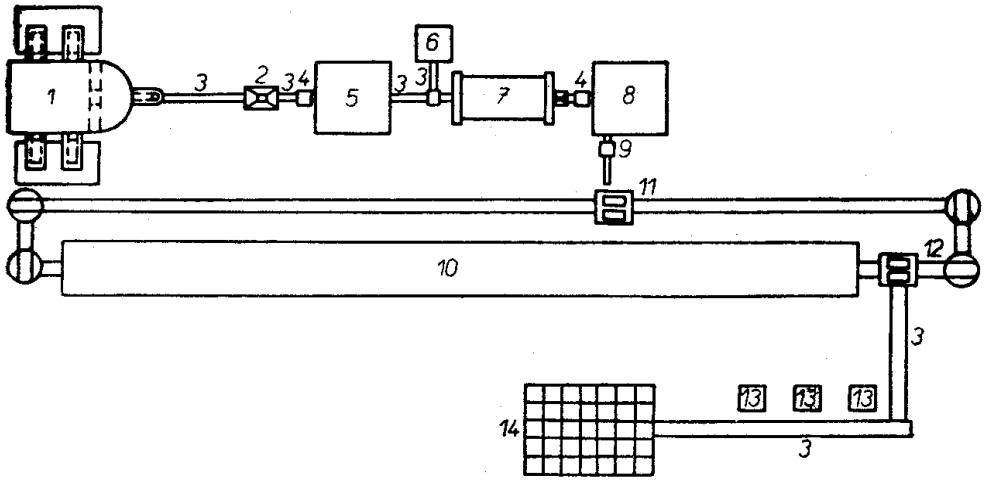
На практиці цивільного будівництва вважається перспективнішим використання паропроникливих матеріалів у зв'язку з більш комфортними умовами проживання у відповідних конструкціях.

Саме скло, як аморфний оплавлений матеріал, має нульову паропроникність. Однак при частковій кристалізації піноскла можливе виникнення мікроскопічних розривів у місцях найбільш витончених стінок бульбашок матеріалу.

1.4 Напрями удосконалення технології та обладнання для отримання піноскла

Промисловим способом піноскло виробляється переважно порошковим методом. Спосіб передбачає отримання суміші на основі тонко подрібненого скла і піноутворювача, розігріву у вогнетривких металевих формах до спікання і спінювання. Потім отримані блоки піноскла повільно відпалюються у формах. Відпал можливо виробляти в тій же тунельній печі, де вироблялося піноутворення. Такий процес відповідає одностадійному способу виробництва піноскла (рис. 1.2). В умовах двостадійного способу виробництва піноскла блоки витягаються з форм і спікаються за температури близько 600 °С у другій тунельній (рис. 1.3).

Відпалені блоки обробляються різанням та шліфуванням до точних розмірів.

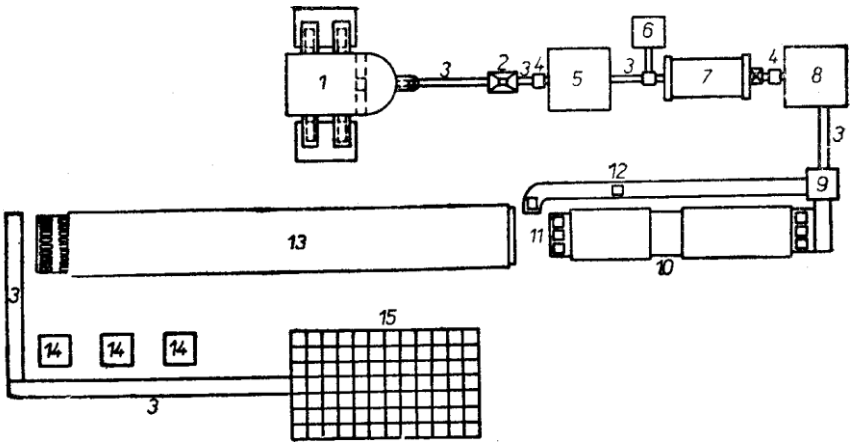


1 – варіння основного скла; 2 – подрібнення необробленого скла; 3 – стрічкові транспортери; 4 – елеватори; 5 – бункер скляного порошку; 6 – бункер піноутворювача; 7 – підготовка спінювальної суміші; 8 – бункер готової суміші; 9 – харчування спінювальною сумішшю; 10 – тунельна піч для піноутворення та відпалу; 11 – заповнення форм; 12 – виїмка блоків з піноскла форм; 13 – обробка піностекла; 14 – упаковка та склад блоків

Рисунок 1.2 – Структура одностадійного способу виробництва піноскла

У технології виробництва піноскла виділяються чотири виробничі етапи:

- варіння та підготовка основного стекла;
- приготування піноутворюючої суміші;
- спінення та відпав;
- обробка та упаковка.



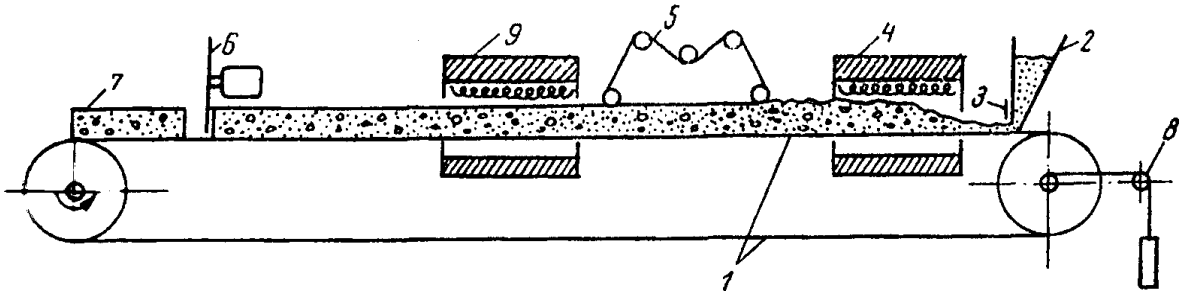
1 – варіння основного скла; 2 – подрібнення необробленого скла; 3 – стрічкові транспортери; 4 – елеватори; 5 – бункер скляного порошку; 6 – бункер піноутворювача; 7 – підготовка спінювальної суміші; 8 – бункер готової суміші; 9 – подача спінювальної суміші та заповнення форм; 10 – піч для спінювання; 11 – виїмка блоків з форм та перекладання їх у відпалювальну печ; 12 – зворотний транспортер порожніх форм; 13 – відпалювальна піч; 14 – обробка піностекла; 15 – упаковка та склад блоків

Рисунок 1.3 – Структура двостадійного способу виробництва піноскла

Незважаючи на унікальні функціональні характеристики піностекла, значний піт і відпрацьовані технології його виробництва у більшості промислово розвинених країн виробництво піностекла не запущено. Основною причиною є не міркування технологічного порядку, а економічні підходи. Основною складністю у виробництві піноскла є необхідність забезпечення його низької вартості та економічної рентабельності. Економічні питання виробництва піноскла припускають дешеву технологію його виробництва, доступне сировину, знижену температуру і час піноутворення, максимальний вихід

виробів першого сорту, можливості механізації та автоматизації тощо [32, 33].

Отримання піноскла високої якості зумовлює необхідність удосконалення освоєних технологій. З цією метою розроблено дослідну конвеєрну установку (рис. 1.4), яка дозволяє приєднувати неперервну стрічку піноскла завтовшки 40...60 мм на рухомій жаростійкій сталевій стрічці. При цьому, незважаючи на очевидну простоту конструкції установки, конструкційне рішення реалізовано на практиці налагоджено лише в деяких країнах. Прічіна цього є міркування технічного порядку, а економічні доводи.



1 – сталева стрічка; 2 – витратний бункер; 3 – живильник; 4 – піч спінювання електрична; 5 – пристрій для вирівнювання зовнішньої поверхні стрічки піноскла; 6 – відрізний механізм; 7 – блок піноскла; 8 – натяжний механізм; 9 – піч відпалу

Рисунок 1.4 – Структура конвеєрної установки для безперервного спінювання стрічки піноскла

З аналізу результатів, одержаних при відпрацюванні установки, слід за тим, що відсутність необхідних відомостей про механізм спінювання піноскла та характер зміни деформаційно-пружних властивостей пеномас при їх формуванні не дозволили освоїти розроблену установку. Деякі недоліки, наприклад, у вигляді нерівномірності спінювання стрічки піноскла по висоті досить просто усувається підвищенням градієнта температури по вертикачі.

У розглянутій структурі печі зважаючи на високу швидкість руху димових газів по спіралі і значного градієнта температури по ширині каналу печі відсутня можливість регулювання температури по висоті робочого каналу.

Співвідношення висоти стрічки піноскла до її ширини було також обрано без урахування особливостей процесу спінювання.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз теплоізоляційних матеріалів. Встановлено їх типи, властивості та застосування.

2. Показано, що піноскло є перспективним теплоізоляційним матеріалом, який витримує температуру до 800 °С, щільність 0,2 - 0,35 г/см3, високу хімічну стійкість та технологічність.

3. Проведено аналіз сировинних матеріалів для виплавки піноскла, показано можливість застосування у кеачестве сировинних матеріалів тенхногенних відходів, зокрема зольношлакових відходів ТЕЦ.

4. Розглянуто технологічні особливості серійних технологій виробництва піноскла.

2 СИРОВИНА, ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ПІНОСКЛА

2.1 Технології отримання піноскла

2.1.1 Технологічні засади отримання піноскла

Фізико-хімічні основи порошкового способу виробництва виробів з пористого стекла полягає у досягненні відповідності між температурами переходу стекла в піропластичний стан і початку активного розкладання газообертача [20].

Технологія виробів зі спіненого стекла, заснована на порошковому способі, передбачає приготування тонкомолотої шихти, що складається зі скла у вигляді порошку і газоутворювача, спікання шихти з одночасною її спінюванням, закріплення отриманої пористої структури і зняття температурних напруг, що виникають у виробі при зниженні температури [12]. Особливості отримання будівельного матеріалу на основі піноскла з використанням додаткового декоративного покриття як захист структури розглядали-рено в роботах [21]. У роботі [22] розглянуто принципову можливість створення теплоізоляційних матеріалів в електрогідротеплосиловому поле, а в роботі [23] розглянуто технологію отримання безшамотного високотем - перетурного теплоізоляційного матеріалу.

Незважаючи на це, порошкова технологія залишається основною при отриманні теплоізоляційних матеріалів на основі неорганічних матеріалів [23]. Все більшого значення набувають питання пов'язані з проблемою раціонального використання твердих побутових відходів шляхом використання їх у виробництві ефективних будівельних матеріалів [24].

Від тонкого диспергування застосовуваної шихти з питною поверхнею від 4000 до 5500 $см^2$/грам залежить від якості комірчастої структури і впливає на годину спікання та газоутворення.

Основні фактори, що впливають на стабільність процесу спінення скломаси, повинні перебувати в інтервалах: в'язкість скломаси 2800 - 3500 Па·с, при температурі спінювання скла 720 – 930 ^{0}С; 3,5 - 10 Н/м - поверхневий натяг, з підвищенням температури парціальний тиск газової фази повинен наростати починаючи з температури 50 - 70 ^{0}С, вище температури розм'якшення скломаси, при цьому тиск газової фази повинен наростати поступово в широкому температурному інтервалі, що збігається з температурним інтервалом, що забезпечує. Газоутворювачі повиннівідповідати таким головним критеріям: виділення газу має відбуватися рівномірно в обсязі, що забезпечує достатній тиск; а також не виділяти в процесі спінювання токсичних продуктів.

Одними з основних критеріїв вибору типу газоутворювача є температура спікання та інтервал в'язкості стекла, від необхідної пористості структури, а іноді від забарвлення продукту [12].

При спученні скла проходять процеси фізико-хімічного та фізичного характеру. Розм'якшення часток скла є фізичним процесом; для більшості стекол це проходить при нагріванні матеріалу близько 600 ºС. При цьому в'язкість скла достатньо При спученні скла проходять процеси фізико-хімічного та фізичного характеру. Розм'якшення часток скла є фізичним процесом; для більшості стекол це проходить при нагріванні матеріалу близько 600 ºС. При цьому в'язкість скла досить велика і спінювання практично не відбувається. При подальшому нагріванні знижується в'язкість скломаси та спостерігається спікання маси – процес фізико-хімічний.

При підвищенні температури вище за температуру початку розм'якшення скляного порошку на 50 – 70 ºС при використанні углецевого газоутворювача йдуть хімічні реакції [15]:

$$Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO. \quad (2.1)$$

Далі підвищення температури прискорює цю реакцію і знижує в'язкість скломаси, що забезпечує її спучування за рахунок виділення газової фази. При цьому відбувається реакція окислення вуглецю:

$$C + O_2 = CO_2;\ 2CO + O_2 = 2CO_2 \uparrow \quad (2.2)$$

В умовах нестачі кислорода відбувається реакція відновлення з поглинанням теплоти:

$$C_2 + C = 2C\uparrow \quad (2.3)$$

У промисловості застосовують углецеві газоутворювачі такі як, антрацит, кокс, напівкокс, графіт, карбід кремнію.

З метою зміни властивостей піноскла та його пористості використовуються в якості газоутворювача карбонатні породи (мрамор, мел, известняк). У цьому випадку утворення газової фази проходить по реакції:

- заміщення: $CaCO_3 + SiO_2 = CaSiO_3 + CO_2\uparrow$ (600 ºС); (2.4)
- розкладання: $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2\uparrow$ (795-818ºС). (2.5)

Підбираючи хімічний склад стекла, ступінь його подрібнення, застосовуючи різні типи газоутворювачів, спрямовано регулюючи режим спікання, можна в широких межах змінювати загальну пористість, її характер і властивості виробів зі спіненого стекла.

Застосування спеціальних режимів охолодження спученої скломаси дозволяє здійснити бездефектну стабілізацію структури пористого стекла. Потім застосовуються повільний режим охолодження (відпал) з метою переведення стекла у твердий стан та запобігання при цьому термічних напружень, які сприяють утворенню тріщин у виробах [12].

2.1.2 Особливості процесу виробництва піноскла

Технологія виробів з піноскла має різновиди, що базуються на використанні видів сировини, способів плавлення, методів температурної обробки та видів одержуваного продукту. При використанні скла у вигляді бою в технології, технологічний процес виробництва піноскла проходить за схемою неповної. У такому разі виключається піч скловаріння та відділення підготовки шихти. В основу такого технологічного процесу лягають операції відділення, дроблення та очищення бою скла [12].

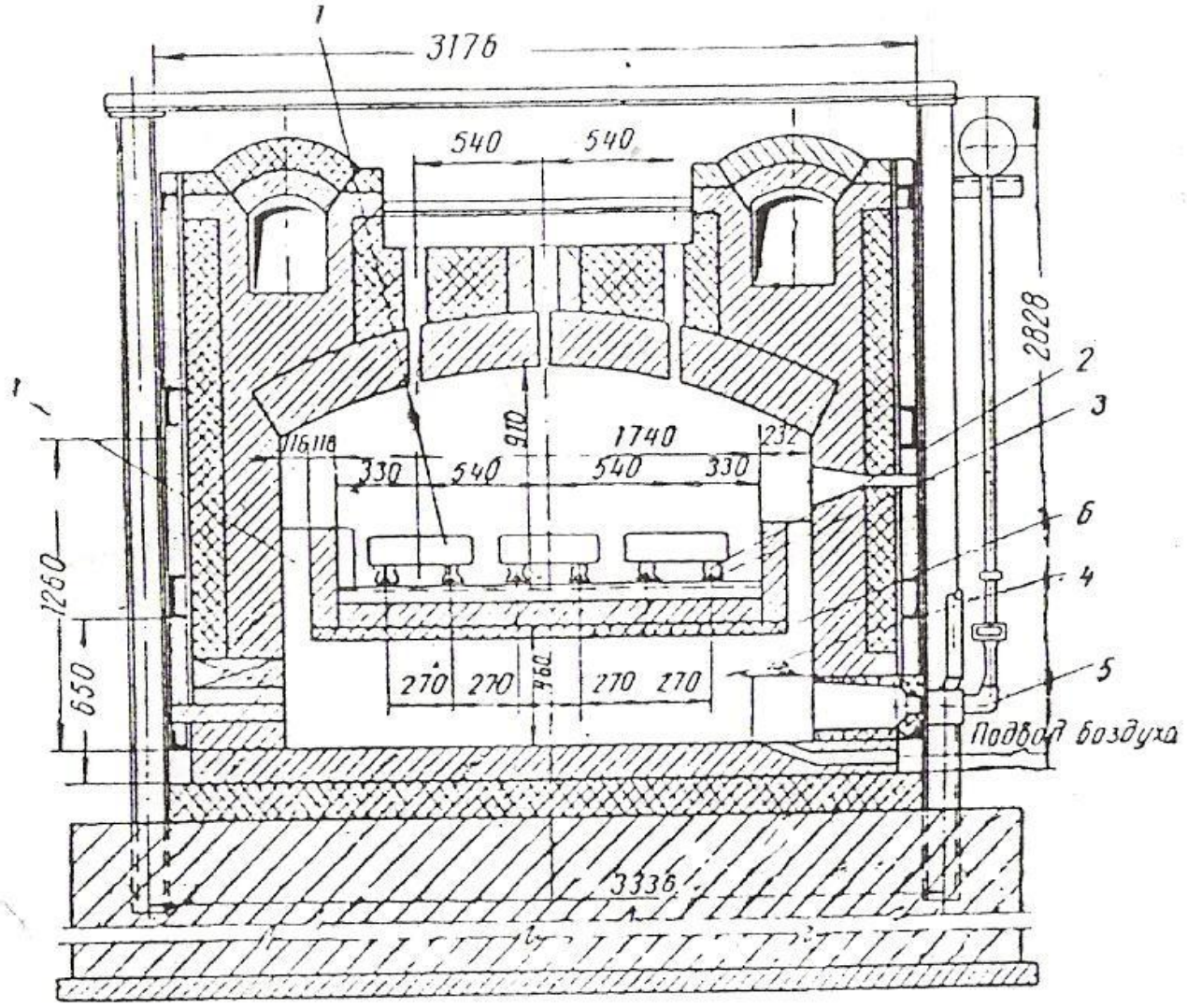
Основну більшість підприємств реалізує технологічний процес за повною схемою, що включає в себе відділення підготовки сиру для отримання склогрануляту, відділення приготування шихти, піч скловаріння, грануляцію скла, що складається з сітчастого конвеєра, постійно омивається водою, на яку з льотки виробної частини печі надходить скляний розплав. У процесі рясного обмивання водою швидко остигає розплав, що розпадається на окремі гранули. Газоутворювач та гранули стекла надходять на ділянку підготовки шихти для виробництва спіненого стекла. кремнієвими тілами, що мелють. Помел проводять до отримання порошку з питомою поверхнею (Sy) від 4000 до 7000 см2/р.

Установки, де скло завантажується у форми та спінюється у роздільних печах спінювання та відпалу, отримали найбільше поширення у практиці виробництва піноскла.

Порядок роботи установок наступний [12]. Форми з шихтою проходять піч для спінювання на рисунку 2.1, де прогріваються до температури, достатньої для утворення плити піноскла. Занаступний вихід з печі гарячої форми з неї витягується спінений блок, який подаються в піч від жига. Звільнена форма заповнюється готовою шихтою і подається в піч спінювання.

Форми 1 встановлюють в один або два ряди по висоті і в три ряди по ширині на повзунки 2. Повзунки по напрямних 3 проштовхуються гідравлічним толкачем. Оскільки форми щодо повзунків нерухомі, їх можна виготовляти як із замкнутим контуром, так і розбірними.

Піч для спінювання прохідна, напівмуфельного типу, з підподовими топками 4, опалюється природним газом через інжекційні пальники 5. Підподові топки перекриті жаростійкими металевими плитами 6, через які нагріваються дно форм. Продукти горіння вертикальними каналами 7 проходять у робочий простір печі, нагрівають верх форм і примусово рухаються до початку печі.



1 – форми; 2 – повзунки; 3 – напрямні; 4 – підподові топки; 5 інжекційні пальники; 6 – плити перекриття; 7 - вертикальні канали

Рисунок 2.1 – Схема поперечного розрізу печі спінювання

Примірний режим спінювання скла у подібній печі поданий у таблиці 2.1 [12].

Таблиця 2.1 - Температурний режим спінювання піноскла

Зоні	Нагрівання	Спінювання	Охолодження	Стабілізація
Температура, оС	20 – 800	800	800 – 650	650
Година, хвилин	0 - 15	15 - 60	60 - 70	70 - 96

Як видно з табл. 2.1, за зоною спінювання слід зона різкого охолодження для фіксування структури матеріалу. Оскільки в цій зоні поверхневі кулі можуть переохолодитись, у печі передбачена зона стабілізації, в якій температура

вирівнюється по перерізу піноскляної плити та по виході з печі плита має рівномірну температуру порядку 650 ºС.

Для відпалу блоків можливе застосування печі типу ЛН 1000-18 або ЛН-1800. Переважно використовувати конвективні печі відпалу, які широко застосовуються на зарубіжних підприємствах.

У печах відпалу плити встановлюються на сітку в положенні "на ребро", що значно підвищує продуктивність печей. Тривалість відпалу плит піноскла товщиною 100 мм складає 10-11 годин.

Більш прогресивними є установки з об'єднаними зонами спінювання та відпалу. У цьому випадку форми встановлюються в кілька поверхів на вагонетки, які послідовно рухаються тунельною печею в зони спучування та охолодження, рисунок 2.2 [12].

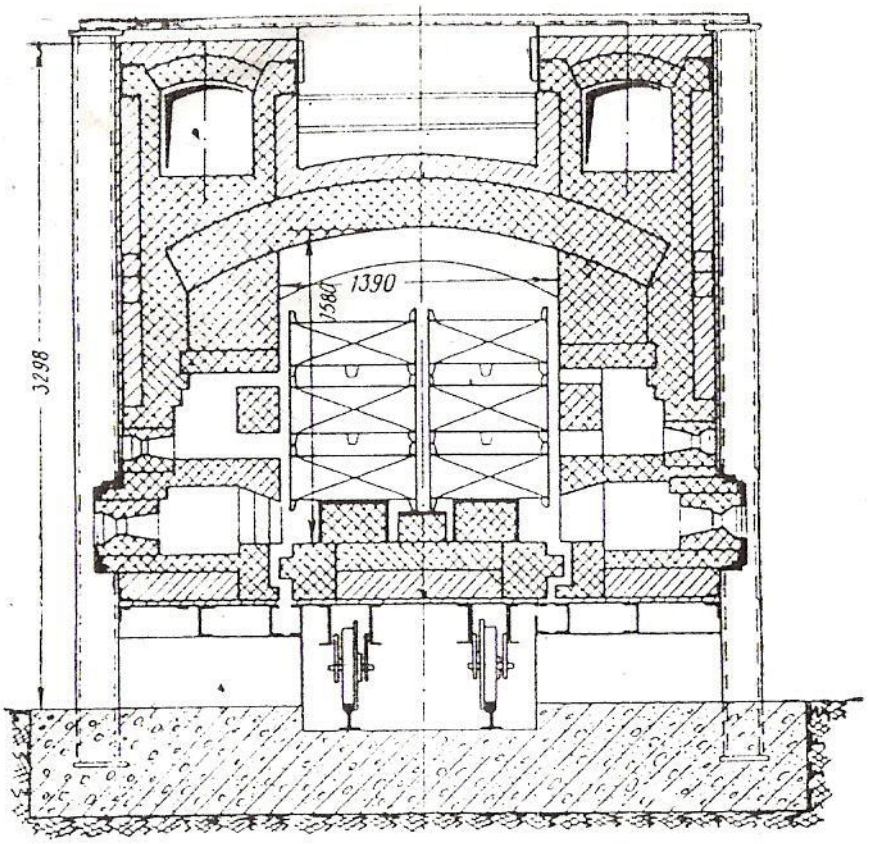


Рисунок 2.2 – Схема поперечного розрізу печі тунельного типу для спінювання та відпалу піноскла

Для подальшого удосконалення методів побудовано та випробувано досвідчену конвеєрну установку, що дозволяє отримувати неперервну стрічку

піноскла на жаростійкій сталевій стрічкі толщиною 0,8-1,2 мм, що переміщається за допомогою приводного барабана через робочу порожнину електричної печі. Схема установки показана рисунку 2.3 [12].

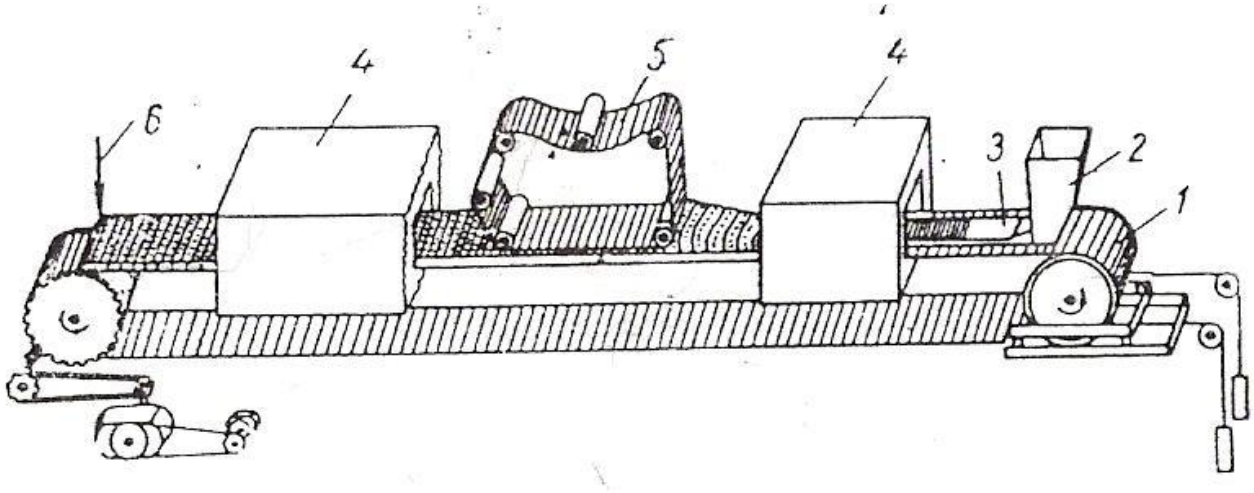


Рисунок 2.3 – Загальна зхема конвеєрної установки

На транспортерну стрічку сталеву 1 з витратного бункера 2 через піта-тель 3 безперервно подається шар шихти, який, пройшовши зону спінювання 3 електропечі 4, накочується верхньою сталевою стрічкою 5. Після проходження зо-ни стабілізації від стрічки піноскла ножем 6 відрізаються блоки заданого розміру. За іншим варіантом стрічка безперервно переміщується в піч відпалу і пли-ти відпилюють від стрічки в холодному стані.

На основі здобутого досвіду в даний час конструюється дослідно-промислова установка, на якій будуть залишково відпрацьовані всі параметри конвеєрного процесу.

Вертикальна поверхорочна піч для виробництва піноскла без форм представлена на рисунку 2.4 [12]. Піч 1 являє собою два вертикальні канали 2, в одному з яких піддоні 3, встановлені один на одного і утворюють поверхи, переміщуються вгору, а в іншому - вниз. Поверхівки встановлені на рухомі опори 4, механічно пов'язані з гідропідйомниками 5. При заштовхуванні чергового піддону у вертикальний канал опори відходять і пропускають його.

Горизонтальні переміщення піддонів у верхньому та нижньому горизонтальних каналах виробляються спеціальними пристосуваннями 6 та 7 від

гідравлічного циліндра. У даній печі намічається використовувати брикетовану шихту. Піч може працювати за двома режимами.

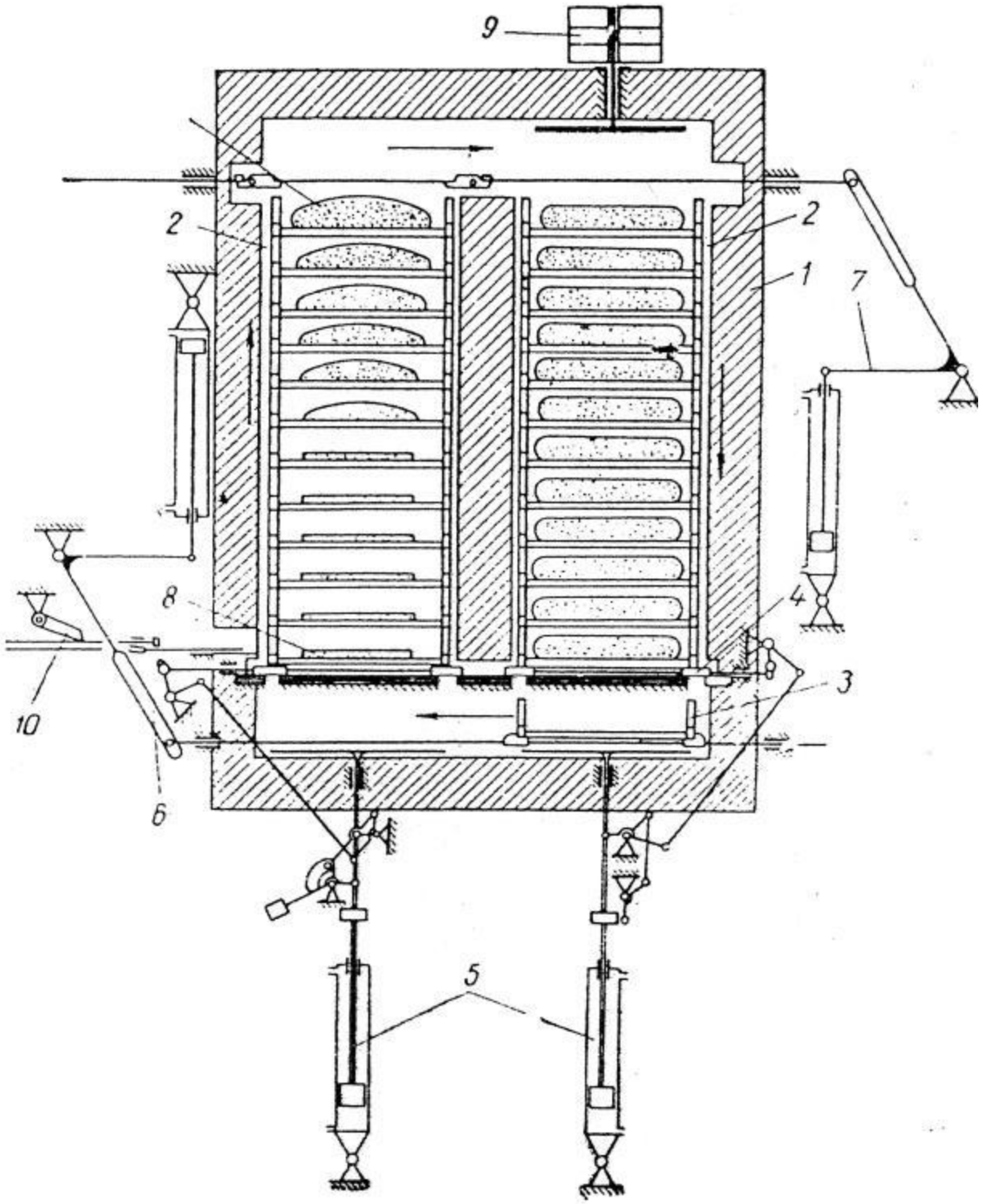


Рисунок 2.4 – Схема вертикальної печі

За першим режимом брикет шихти 8 спінюється у вертикальному каналі і за допомогою механізму 9 підпресовується; у низхідному вертикальному каналі проходить зону стабілізації і в нижньому горизонтальному каналі блок виштовхується у піч відпалу. Завантаження чергового брикету проводиться на першу позицію висхідного каналу механізмом 10. З іншого режиму в обох вертикальних каналах підтримується температура спінювання. При цьому плита залишково спінюється в нижніх позиціях низхідного каналу і підпресування виробляють при передачі плити в піч відпалу. При роботі за іншим режимом піч більш продуктивна. Піддони переміщуються постійно при однаковій температурі і не виходять з печі, що виключає термічні удари і робить можливим поряд з металевими використання керамічних піддонів. Щоб уникнути прилипання піноскла до піддону його робочу поверхню перед завантаженням брикету посипають дрібним кварцовим піском або глиноземом.

Піч опалюється генераторним або природним газом через серію дрібних пальників, які подають продукти горіння у шкірну порожнину між піддонами. Продуктивність печі з іншого режиму 7500 м3 піноскла на рік. Завдяки винятковій компактності установки (довжина 4 м, ширина 2 м та висота 6 м) раціонально споруджувати батареї по 5 або 10 печей у ряд. Піч пристосована для роботи з високотемпературного режиму (1100-1200ºС) і тому може бути використана для виробництва спеціального піноскла або пенокераліту.

Спінювання скла та охолодження (відпал) одержаної продукції проводять або одностадійним способом (одна піч), або двостадійним способом у печах спучування розігрітої маси скла та печі відпалу піноскла.

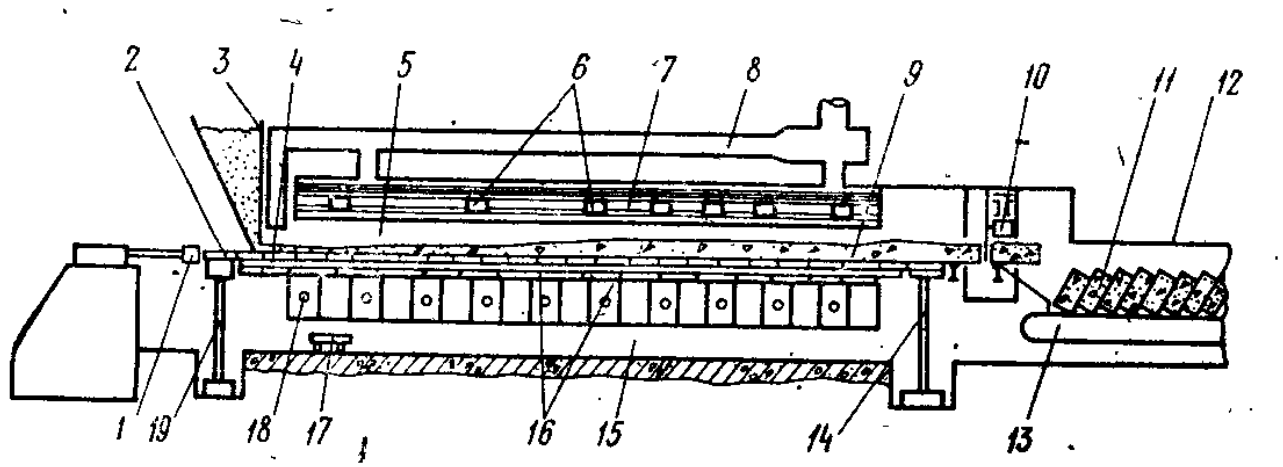
У процесі одностадійного набуття форми з жаростійких сталей, заповнені готовою композицією, поміщають на рейки, що надходять біля печі тунельного типу [25].

При способі двостадійної обробки композиція спрямовується на спінювання, де піддається нагріванню до температури, що дозволяє утворювати пористу структуру скломаси, і далі досить швидко охлажується до температури

600 – 630 С для фіксації в'язкості спіненої скломаси і стабілізації піднялася піномаси [12].

На виході з печі блоки зі спиненою скломасою витягують із блок-форм і направляють на охолодження в печі відпалу конвеєрного типу, в якій проходять охладжуються протягом 10 - 12 год, представленому на малюнку 2.6, [12].

У промисловості освоєння конвеєрного способу виробництва блоків з ніздрюватого скла рисунок 2.6 [12].



1-штовхач форм, 2-піддон, 3-бункер для шихти, 4-напрямні для піддону, 5-робочий канал печі, 6-канал для відсмоктування димових газів, 7-верхній топковий канал, 8-колектор для відсмоктування димових газів, 9-стрічка піноспіноскла, 12-піч відпалу, 13-конвеєр печі відпалу, 14-знижувач піддонів, 15-тунель для повернення піддонів, 16-шпали з жаростійкої сталі,17-візок, 18-пальник, 19-приймач піддонів

Рисунок 2.6 – Схема конвеєрної установки

У цьому випадку готова композиція подається на конвеєр, виконаний з жаростійких матеріалів у вигляді піддонів з бічними стінками. Піддоні утворюють жолоб і з'єднані між собою встик. По мірі просування жолоба по печі, що забезпечується спеціальним толкачем, композиція нагрівається і, спінюючись, утворює стрічку спіненого стекла, вирівнювання верхньої поверхні якої здійснюється валиками. На виході з печі, після стабілізації пористої

структури (після охолодження до 600ºС), стрічка піноскла дисковими пилами розрізається на плити заданих розмірів (за розміром піддону), які автоматично перевантажуються у піч відпалу. Після закінчення теплової обробки плити калібруються та направляються на склад готової продукції.

Отриманий досвід показавши, що одержувані вироби двостадійним способом виходять більш високої якості. Цей процес витрачає меншу кількість жаростійкої сталі, а так само легше піддається автоматизації та оптимізації. Подальше розвиток промисловості, безумовно, має бути спрямоване на шляхи проектування високопродуктивних автоматизованих ліній. Одним з найважливіших аспектів, що утримують зростання обсягу виробництва цього ефективного матеріалу, є значно підвищена вартість компонентів для виробництва та його дефіцитність. Тому пошук шляхів заміни цього сировини дешевими та недефіцитними матеріалами, у тому числі відходами та побічними продуктами інших галузей промисловості, є важливим завданням.

Питання загального характеру отримання піноскла описані у монографіях [25, 26]. Для його виготовлення варять спеціальне скло, дроблять його, виготовляють комопозицію, що складається з 95-97% зі скла і на 5-3% з газоутворювачів (вуглецевих, наприклад, деревного вугілля, коксу, сажі або карбонатних, наприклад, известняку). Готову компощицію нагрівають до температури 800-875 °С. При цій температурі зерна скла спікається, а що утворилися в результаті розкладання газоутворювачів гази спінюють скломасу із високою в'язкістю.

Після стадій спінювання та охолодження виходить пористий матеріал з високими експлуатаційними властивостями.

В якості вихідного силікатного компонента можливе використання не тільки скло, а й різних кремнійвміщуваних порід: відходів перліту, перліт, вулканічного скла, вулканічного скла та трепелу, діатоміту, вулканічного попілу та відходів видобутку вулканічного пепелу трепелу, цеолітвмісних пород, шлаків металургійних, діатомітів.

Сировинна суміш для отримання піноскла може в невеликих кількостях містити різні цільові добавки, які в кінцевому підсумку призводять до підвищення міцності піноскла.

До цих добавок належать наступні:

- CuO [20], NiO [21], ZnO [22];

- металовмісний шлам [23], B_2O_3 та TiO_2 [24], ZrO_2 [25,26], CdO [27]; - скловолокно [30];

- червоний шлам, мас. %: SiO_2 – 9,5-11,1; TiO_2 – 4,4-5,6; Al_2O_3 – 17,0-19,0 [29].

Підвищення міцності ніздрюватого скла, використовуваного для теплової ізоляції промислового обладнання, трубопроводів досягається при наступному змісті компонентів, мас.% : газоутворювач 0,08 - 0,12%, алюмолужний шлам 6 - 8, кремнеземиста порода – інше. Алюмолужний шлам – це продукт лужного травлення алюмінію, що містить гідроксид алюмінію та гідроксид натрію в рівних частках.

З метою зменшення теплопровідності піноскла великий інтерес представляє наступний склад, мас.%: перліт - 74,0 - 78,0; гідрат окису натрію – 5,0 – 10,0; нітрат свинцю – 0,5-1,0; азотна кислота – 1,5 – 2,0; села тирса - 11,05 - 13,0; мраморна крошка - 1,5 - 2,0 [31],

Спінювання піноматеріалу при використанні як газового агента вуглецевих газоутворювачів зазвичай проводять при температурах 830 - 890°С. Процес спінювання при цих температурах в залежності від складу стекла, конструкції печей та способу обігріву триває від 0,5 до 1,5 години.

Так піноскло з підвищеною міцністю і з рівномірною замкнутою структурою отримують при використанні в якості СО технічного вуглецю з високим та/або середнім показником дисперсності, з зольністю не більше 0,45%. Спінювання здійснюють шляхом нагрівання форм до температури 840 - 880 °С за 48 - 52 хв з наступною ізотермічною витримкою протягом 21 - 23 хв, причому температура у днища форми на 5 - 30 °С більша, ніж у верхній частині форми. Стабілізацію здійснюють при температурі 590 – 610 °С протягом 35 – 40 хв.

Відпал проводять у печах відпалу від 550-600 °С зі швидкістю охолодження не більше ніж 0,75 - 0,85 град/хв до 29 - 31°С, тривалість відпалу не менше 14 років.

2.2 Разова система для отримання піноскла

Одним з основних умов отримання якісного піноскла з низькою явною щільністю та теплопровідністю, при збереженні механічної міцності, є отримання матеріалу з дрібноячеистою рівномірною структурою, це можливо лише в тому випадку, якщо з'являється можливість управління процесом спінювання та можливість регулювання температури спінювання, підбором газоутворювача і його кількості.

Відомо [33], що отримання піноматеріалу з мінімальною явною щільністю можливе лише за відповідності температур розкладання газоутворювача та температур розм'якшення вихідного речовини, що можна здійснити як підбором відповідного газоутворювача, так і зміною температури розм'якшення вихідного стекла.

Виходячи з даних літературного огляду, в якості основного газоутворювального компонента був обраний $CaCO_3$, а в якості додаткового газоутворювача - $NaNO_3$, який, як відомо, може змінити кристалічну структуру стекла, тим самим змінити температуру розм'якшення останнього.

Застосовуючи метод ДСК, було встановлено, що температура розм'якшення карбонату кальцію і нітрату натрію становить 648,3 °С і 307,6 °С відповідно. У теж час температура розм'якшення стекла 588,2 °С, тобто розходження температур розм'якшення стекла і температур розкладання газоутворювачів досить значна. Цим, на наш погляд, можна пояснити високу уявну щільність піноскла при використанні в якості газоутворювача відділових речовин. При використанні $NaNO_3$ в якості газоутворювача його розкладання відбувається значно раніше розм'якшення стекла, що призводить до втрати газу який не може утриматися в розм'якшеному склі і щільність ма-матеріалу становить 250 кг/м^3.

У разі використання в якості газоутворювача $CaCO_3$ раз наоборот-кладення газоутворювача відбувається значно пізніше за температуру розм'якшення скла. В'язкість останнього в цьому випадку вже недостатня для того, щобутримувати в розплаві утворився газ і, як наслідок, явна щільність зразків становить 400 кг/м^3.

Як видно з малюнку, при введенні в систему $NaNO_3$ крива температури розм'якшення вихідної скломаси змістилася і склала 644,9 °С, що дуже близько до температури розкладання основного газоутворювача.

При введенні в систему обох газоутворювачів вже не вдалося розділити ендотермічні піки розкладання $CaCO_3$ та розм'якшення стекла, що дозволило отримати піноматеріал з мінімальною явною щільністю.

Для формування структури піноскла важливу роль у процесі спінювання відіграє процес розкладання газоутворювача, а саме обсяг виділеного газу та кінетику газовиділення. Розкладання $NaNO_3$ і $CaCO_3$, як окремих компонентів, відбувається не рівномірно у всьому досліджуваному температурному інтервалі. При розкладанні окремих компонентів на 20-25 хвилині спостерігається інтенсивне виділення газу, що призводить до отримання виробу з нерівномірною структурою та освітою раковин.

На рисунку2.7 представлена кінетика розкладання газоутворювальної системи ($CaCO_3$+$NaNO_3$) при різних температурах та співвідношеннях.

На рис. 2.7 показано, вплив співвідношення використовуваних газоутворювачів на щільність досліджуваного піноматеріалу при різних температурах. Встановлено, що ці залежності мають екстремальний характер у всьому діапазоні досліджуваних температур. Оптимальне співвідношення газообразо-користувачів залежить від температури. Так при температурі 500 ^{0}С мінімальна щільність спостерігається при співвідношенні $NaNO_3$:$CaCO_3$=100:40, а при температурі 800 ºС оптимальне співвідношення становить 1,6%:0,6%, яке дозволяє отримати піноматеріал з щільністю менше 100 кг/м^3.

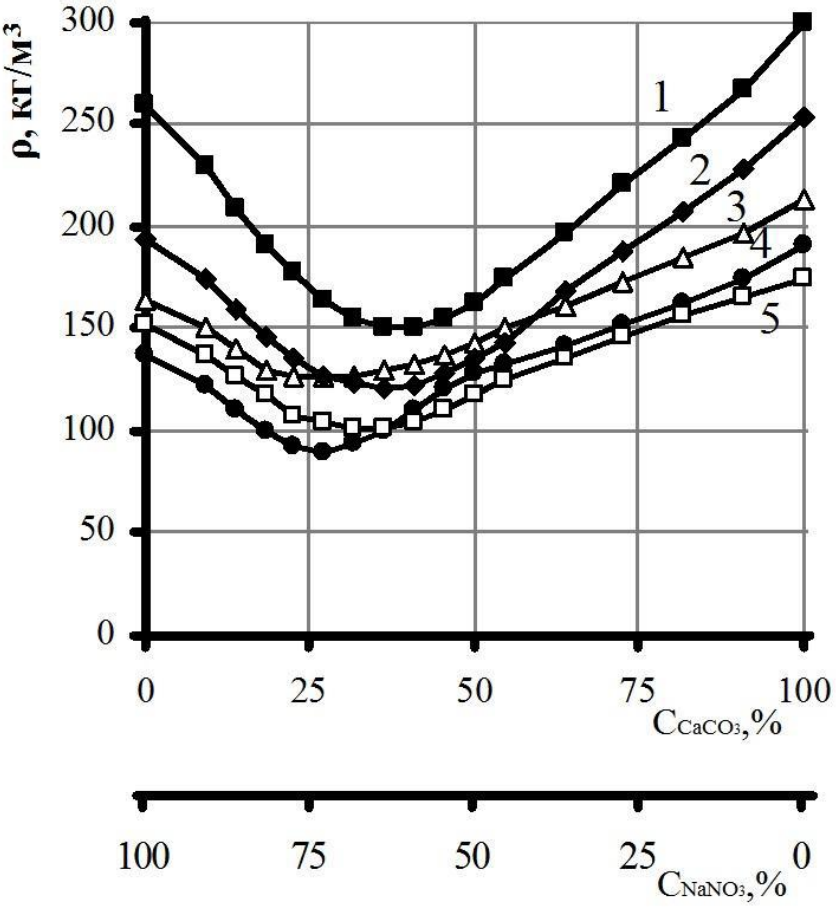


Рисунок 2.7 – Залежність щільності спіненого матеріалу від співвідношень компонентів газоутворювача, при температурі, ºС: 500 (1), 550 (2), 600 (3), 650 (4), 700 (5).

Для визначення оптимальної кількості введеного газоутворювача для отримання піноскла з мінімальною явною щільністю, були досліджені залежності явної густини від кількості газоутворювача. Як видно з рисунка 2.7, отримання мінімальної щільності залежить від температури спінювання і від кількості газоутворювача. У інтервалі температур 600-700 °С, яка є оптимальною для спінювання, мінімально необхідну кількість газоутворювача становить 2% тому в подальшому при розробці технології отримання піноматеріалу, концентрація газоутворюючої суміші становить 2,2 %.

З представлених на рисунках кривих видно, що найбільше значення коефіцієнта об'ємного спінювання спостерігаються при годині спінювання 40 хвилин. Так використовуючи в якості газоутворювача CaCO3 (рис. 35 б) при

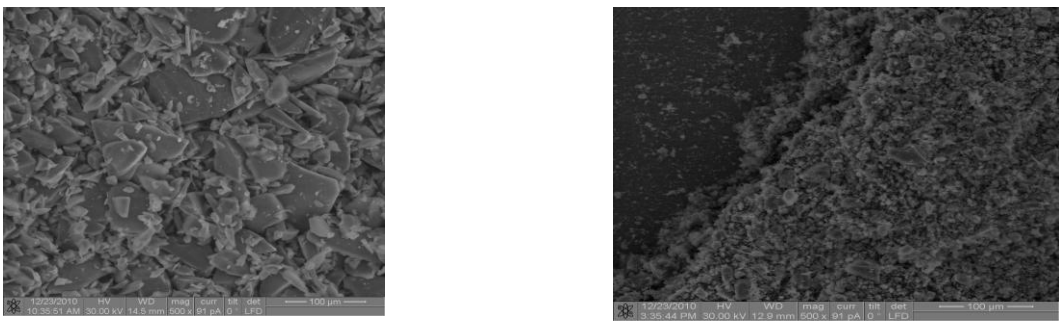
вмісті 1,5% і температурі 660 °С коефіцієнт об'ємного спінювання склав не більше 2. У свою чергу коефіцієнт об'ємного спінювання зразків з концентрацією газоутворювача $NaNO_3$ у кількості 1,5% при аналогічній температурі становив не менше значенням коефіцієнта об'ємного спінювання можливе тільки з використанням системи газоутворювача $NaNO_3$+$CaCO_3$ у кількості 1,5-3% при температурі 650 °С.

Як відомо [24], на якість одержуваного піноматеріалу значний вплив чинить вихідну сировину, в першу чергу розміри частинок і складу стекла.

У даній роботі використовувався склобій відходів листового скла, розмеленого до питомої поверхні до 4500 $см^2/г$ має постійний хімічний склад: SiO_2 - 71,25%; Al_2O_3 – 1,87%; Fe_2O_3 – 0,29%; CaO – 8,0%; MgO – 3,25%; Na_2O – 15,64%. Як показують численні роботи, проведені в області помелу найбільш енергетично і економічно вигідним є руйнування частинок порошку ударом і стиранням. Застосовуються відходи скла піддавалися дробленню на кульовій вібраційній блині типу МВ-400 методом сухого подрібнення.

Ударна взаємодія здійснюватися за рахунок взаємодії частинок скла зі стінками робочого об'єму і тілами, що мелють при високочастотних колівань корпусу. Як мололних тіл використовувалися кулі виготовлені зі сталі твердих сплавів.

На рисунку 2.8 представлена електронна мікроскопія помелу скла з якого випливає, що дроблення на кульовій вібраційній блині проходить досить успішно, а такий тип млина застосовний до цього виду матеріалу.



а **б**

Рисунок 2.8 - Електронна мікроскопія зразків порошку скла до помелу (а), після помелу (б)

Таблиця 2.2 - Розподіл за розмірами частинок порошку в залежності від часу помелу

Розмір частинок, мкм	Година помелу, хвилин			
	Вихідний	20	40	60
	% вмісту	% вмісту	% вмісту	% вмісту
120	8	7	5	4
100	14	8	6	5
90	40	37	46	32
75	28	38	11	48
60	10	11		11

При проведенні випробувань видимі зміни зразків (руйнування по - поверхні) починає спостерігатися після 50 циклів. У теж час, як видно з малюнків зниження експлуатаційних характеристик починає відбуватися по такій 20 циклів. У таблиці 2.3 представлені зміни значень у відсотках, фізико-механічних властивостей залежно від уявної щільності піноматеріалу та кількості циклів заморожування.

Таблиця 2.3. Зміни фізико-механічних властивостей піноматеріалу (±%),від кількості циклів заморожування та уявної щільності піноматеріалу

Властивості	Щільність, кг/м^3								
	100			150			200		
	Кількість циклів								
	20	300	50	20	30	50	20	30	50
Коефіцієнт теплопровідності	+5	+11	+14	+4	+7	+9	+2	+4	+8
Коефіцієнт об'ємного водопоглинання	+60	+200	+320	+23	+200	+ 3415	+17	+87	+150
Міцність при стисненні	-2	-3	-4	-1	-2	-5	-3	-4	-6

Таким чином, можна констатувати, що розроблений теплоізоляційний матеріал на основі відходів скла має експлуатаційними властями вами дозволяють рекомендувати його як теплоізоляційний матеріал будівельного призначення.

2.3 Виробництво піносклана на основі діатоміту

Основним сировиною для варення скла є кварцові піски, дефіцит яких для потреб скляної промисловості складає 3,6 млн т, тому використання їх для отримання скляної фріті – сировини для виробництва піноскла є недоцільним. У зв'язку з цим гостро постає питання про залучення нових недефіцитних видів сировини. Досліджуючи властивості опал-кристобалітових порід можна запропонувати їх як основу при виготовленні стекла для піносклочного виробництва.

За результатами визначення гранулометричного складу досліджень діатоміт є тонкодисперсними, переважають частинки розміром у 7 мкм, при цьому присутні частинки менше 1 мкм, розміром у кілька десятків мкм (рис. 2.9). Високі значення дисперсності та вмісту аморфної фази в діатоміті дозволяють припустити можливість зниження температури варення скла на його основі.

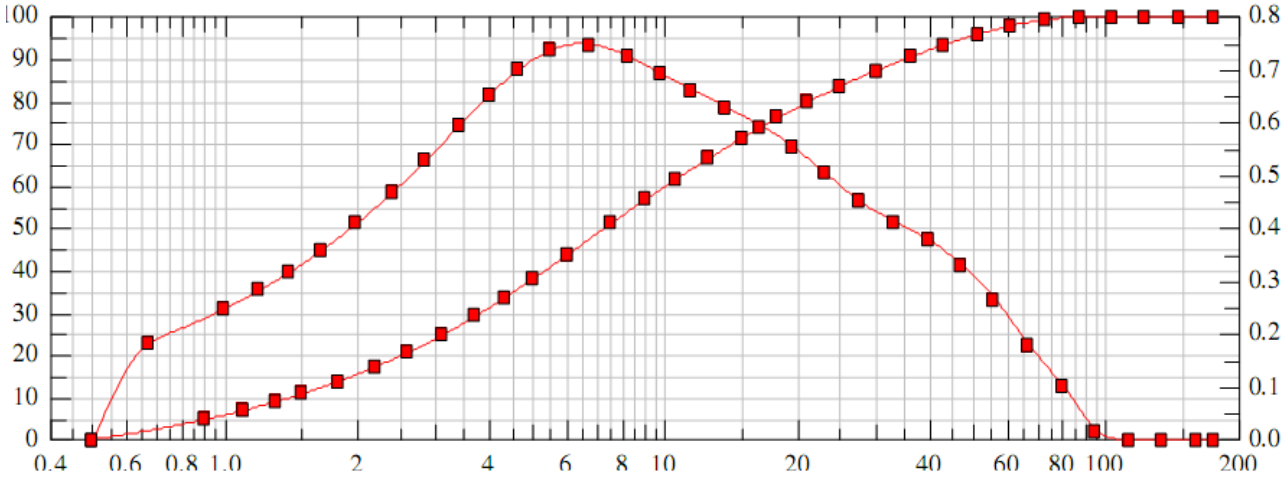


Рисунок 2.9 - Диференціальна крива розподілу частинок діатомітуза розмірами

Основним перевагою опал-кристоболітового сировини є високий вміст аморфної фази діоксиду кремнію (до 70 % аморфного SiO2), а також наявність у його складі інших склоутворюючих та модифікуючих - датків оксидів. Це дозволяє використовувати опал-кристобалітові породи як основне сировину при виробництві скляної шихти. Крім того, температура плавлення кремнезему опал-кристобалітових порід нижча (1500-1550 °С), ніж температура плавлення кварцу (1713-1728 °С), що дозволяє знижувати температуру варення скла [19].

З усіх представників опал-кристобалітової групи діатоміти є найбільш перспективним сировиною для скляної промисловості, оскільки мають найбільш стабільний хімічний склад (таблиця 2.4).

Таблиця2.4 - Хімічний склад діатомітів у порівнянні з представниками опал-кристобалітової групи

Назва	Вміст оксидів, мас. %						
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	R_2O	$\Delta m_{пр}$
Коливань складу опок	52,1-91,4	2,5-15,4	1,0-5,0	0,43-17,10	0,08-2,48	0,6-4,0	1,5-16,8
Колівання складу трепелів	35,3-86,7	2,5-11,6	0,3-3,4	0,4-31,2	0,2-1,6	0,85-2,10	4,5-11,6
Колівання складу діатомітів	77,3-83,1	3,3-6,0	1,8-3,5	0,3-0,6	0,6-1,1	0,8-1,5	3,7-8,8
Середня проба	81,98	5,37	2,67	0,36	0,80	1,47	7,90

У зв'язку з цим нами була вивчена можливість застосування діятимуть як основний компонент при виробництві піноскла. Діатоміт Інзенського месторождения, що у ході досліджень, містить значну кількість склоутворюючого оксиду – SiO_2 (до 83 %), а як і до 6 % Al_2O_3 і деяку кількість модифікаторів (Fe_2O_3, r_{2o}, RO). Відносно низький вміст SiO_2 (менше 95 %), порівняно з кварцовим піском, компенсується тим, що переважаючою фазою є аморфний опал, більш реакційноздатні, ніж кристалічний SiO_2.

Для варення скла заданого складу були приготовлені скляні шихти, що мають компонентний склад, поданна в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Компонентний склад скляної шихти

Діатоміт	Доломіт	Сода кальцинована	Сульфат натрію
64-70%	15-20%	14-18%	0-5%.

Суміш компонентів тщательно перемішувалась і завантажувалась у корундові тиглі об'ємом 500 мл, нагрівалась у муфельній печі до температури 1 350 °С та витримувалась при цій температурі протягом 15 хвилин. Скло зливаввісьу воду для отримання грануляту з максимальним кількістю поверхневих дефектів внаслідок термоудару, що дозволяє здійснити у подальшому легше та ефективніше подрібнення. Отримане скло за візуальною оцінкою було повністю проварено та освітлено, колір стекла – інтенсивно зелений з переходом в оливковий. Хімічний склад скла наведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Хімічний склад скла

Оксидний склад	Вміст, % мас.
SiO_2	69-72
Al_2O_3	3,5-5,0
Fe_2O_3	1,5-2,5
CaO	4-6
MgO	3,0-4,5
R_2O	11-14
TiO_2	0,18-0,22

Скло, зварене на основі оксидів, по традиційнійтехнології, виготовлене вперше. Раніше в літературних джерелах згадувалося лише про варення скла гідротермальним способом з кварцового піску з використанням діатомового сировини [18].

Одержання з діатоміту склогранулят (фриту) подрібнювався спільно з газоутворювачем (0,3 %) до питомої поверхні суміші 8500 $см^2/г$. Як газоутворювач застосовувався вуглець технічний (сажа). Вибір газоутворювача

обумовлений високою питомою поверхнею сажі – 100 000 $см^2/г$ і малим розміром частинок (30-40 нм), які в процесі подрібнення рівномірно розподіляються по поверхні стекла, а по мірі збільшення тривалості помелу перешкоджають контакту частинок стекла між собою, підвищуючи цим швидкість диспер. Як подрібнювальне обладнання було обрано планетарний мономлин. Даний вид помольних агрегатів використовує високі прискорення і характеризується високою енергонапруженістю і дозволяє за 10-30 хв здійснити подрібнення, що набагато швидше за традиційне подрібнювальне обладнання.

Після спільного подрібнення фрітти та газоутворювача піносклочна шихта завантажувалась у необхідній кількості в жароміцні металеві форми 160×160×110, попередньо змазані каоліном і ущільнювали до однакової висоти. Форми накривали щільно підігнаними кришками і поміщалися в піч з підігрівом поду при 600 °С, далі підвищувалася температура до 840 °С, зі швидкістю 17,5 °С/хв і витримувалися протягом 20-30 хв. Охолодження проходило з виключеною піччю до 25 °С. Після чого зразки піноскла витягувалися з форм, оброблялися і піддавалися визначенням основних фізико-механічних характеристик. Т температура спінювання фритті, приготовленої за викладеною технологією, на 10-20 °С нижче, а тривалість спінювання на 10-15 % менше, ніж у скла Фурко.

Промислове варення стекла на основі діатоміту буде протікати при більш низьких температурах, ніж варення стекла з використанням традиційного кремнеземутримуючого сировини – кварцового піску, що дозволить продовжити термін служби не тільки вогнетривів, але і всього теплового агрегату в цілому, атак само знизити собівартість як проміжного сировини – скляної фритті, так і кінцевого продукту – піноскла. Наявність стабільного, недефіцитного джерела сировини дозволить створювати і тиражувати заводи з виробництва високоефективного теплоізоляційного матеріалу.

ВИСНОВКИ

1. Розглянуто способи отримання піноскла, особливості процесів газоутворення та спінювання розплаву скла.

2. Проведено аналіз основного обладнання, розглянуто особливості печей для одностадійного та двостадійного способів виробництва піноскла.

3. Проведено оцінку технологічних методів управління основними характеристиками піноскла – щільністю, міцністю, жаростійкістю.

4. Представлені можливості отримання піноскла на основі діатоміту.

3 ПРОМИСЛОВА ТЕХНОЛОГІЯ, ВЛАСТИВОСТІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ПОРИСТОГО ПІНОСКЛА

3.1 Розробка промислової технології піноматеріалів

На підставі аналізу досліджень та отриманих раніше результатів створено комплексну технологічну лінію виготовлення склогрануляту на основі діатоміту, схема якої наведена на рис. 3.1 (патент №122380 від 27.11.2012). Технологічна схема включає дільницю обробки кар'єрного діатоміту з сушкою в сушильному барабані 1, дробленням 2 і класифікації 3, пристрої активації та стабілізації процесів дозування та доставки , додатковий дозатор содо-сульфатної суміші 4 з метою газонасичення склогрануляту, скловарену печі скребкового гранулятора скломаси 6 для отримання 3-5 мм скляних гранул, триступеневого протитечійного осушувача склогрануляту 7 і ділянки навантаження готового продукту. Одержання склогранулят дозволяє отримувати високоякісне тепло- і звукоізоляційне піноскло за порошковою технологією.

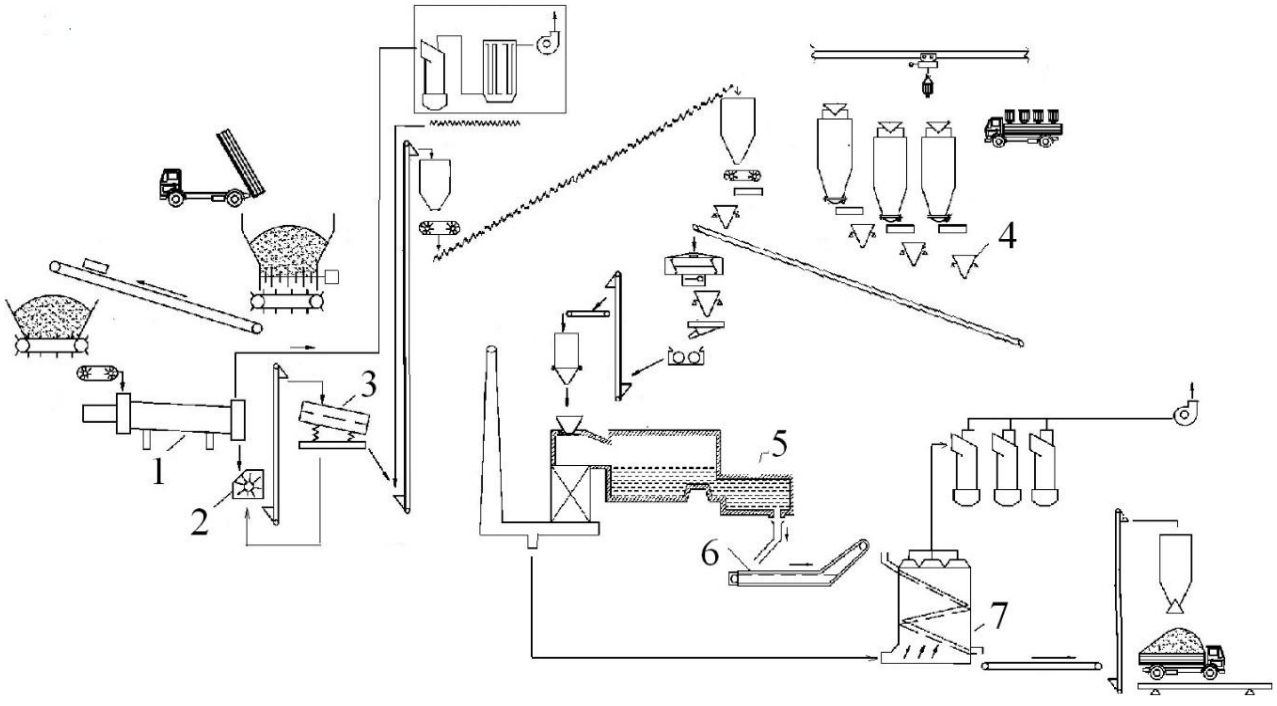


Рисунок 3.1 - Апаратурно-технологічна схема виробництва склогрануляту зі скляної шихти на основі діатоміту

Однією з ключових стадій, що впливають на якість піноскла, є стадія отримання піноутворювальної суміші, в якій основним є процес диспергування. У ході роботи виявлено, що при диспергуванні на повітрі виявляється ефект агрегації первичних частинок, а волога, що міститься в діатоміть, виступає як поверхнево-активна речовина, що призводить до значного зростання утомної поверхні, крім цього виділені наступні фактори підвищення реакційної здатності: дефектність структури склогранулятів спінювача, локальний розігрів при диспергуванні. Встановлено, що ефект підвищення питомої поверхні знижується в залежності від години витраченого на поміл, спочатку зростає, потім практично не зростає. У планетарних млинах частинки диспергованого речовини схильні до більш частих ударів мололльних тіл і більша частина години та енергії витрачається безпосередньо на процес подрібнення, а піноутворююча суміш має більш однорідний гранулометричний склад.

Склогранулят піддається тонкому помелу у планетарній млині, а потім змішується також у планетарній млині з гранульованої сажі у заданому співвідношенні – 99,7 % склограпуляту, 0,3 % сажі. Подрібнення піноутворюючої суміші проводитися до отримання значення питомої поверхні 850 $м^2/кг$

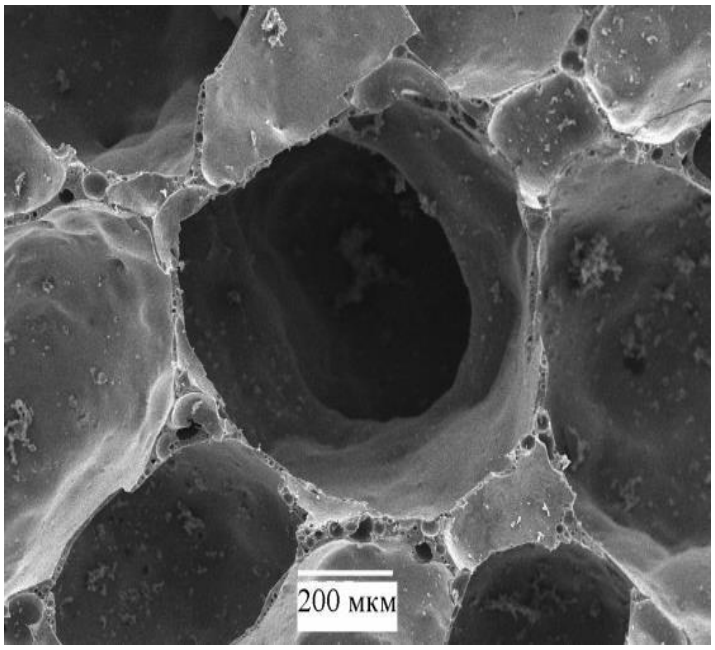


Рисунок 3.2 - Мікроструктура піноскла на основі склограпуляту

Процес спінювання поділяється на 5 основних етапів: нагрівання та сушіння; спікання; піноутворення; попереднє охолодження («заморожування» піноструктури); відпав. Режим спінювання, підібрання при відпрацюванні технологічних параметрів: температура завантаження в піч – 450°С; швидкість підйому температури від 450 °С до 850 °С - 17,5 °С/хв.; витримка при 850 °С – 15 хвилин. Після виходу стрічки піноскла з печі спінювання, можливо охолодження без відпалу на повітрі - у цьому випадку стрічка розпадається на шматки гравію (до 60 мм), або відпала у другій тунельній печі при 600 °С, попередньо розпилявши стрічку на блоки. Мікроструктура отриманого піноскла представлена на рис. 3.2.

3.2 Матриці в'яжучих з наповнювачами з піноскла

У будівництві існує потреба у легких та міцних будівельних матеріалах з низькою теплопровідністю до $\lambda = 0,15$ Вт/м·К. Серед широко застосовуються в будівництві матеріалів найбільш близькими до пропонованих вимог є композиційні матеріали на основі цементної матриці та дисперсного наповнювача, зокрема, ніздрюватий бетон, пористий та з керамзитовим наповнювачем. Однак керамзит має $\lambda = 0,12$-$0,18$ Вт/м·К і цемент у композиції з цим наповнювачем має щільність та теплопровідність вище $\rho = 550$ кг/м^3 і $\lambda = 0,16$ Вт/м·К. Суттєвим недоліком ніздрюватого бетону є високе водопоглинання. Полістирол має низьку теплопровідність $\lambda = 0,10$ Вт/м·К, але він швидко втрачає теплоізоляційні властивості і не забезпечує міцність конструкції. Найкращим серед наповнювачів за сукупністю характеристик можна вважати піноскло, на основі якого можливе отримання легких бетонів щільністю менш як 600 кг/м3 та низьким коефіцієнтом теплопровідності менше 0,12 Вт/м·К. Однак для експлуатації такого матеріалу суттєвим є питання щелочесиликатної корозії цементної матриці, що має pH = 9,5-13,5, з силікатним наповнювачем (pH ≤ 6).

Портландцементна матриця є лужною средою pH = 9-13,5 активно взаємодіє з кислою средою скляних наповнювачів. На рис. 3.3 наведені

результати випробування алюмоборосилікатних скляних кульок у модельній рідині – розчині NaOH з pH = 13. Результати показують, що зі зменшенням діаметра гранул виразно збільшується питома поверхня і значно активніше відбувається взаємодія скла з лужною средою. При малих діаметрах гранул збільшується не тільки реакційна поверхня, але й покращуються умови для дифузії та підведення реагенту. Наявність полостей, пір, капілярів, мікротріщин на поверхні додатково збільшує питну поверхню і на ранніх стадіях процесу створює умови для дифузії в них рідини та пари, накопичення у порах хімічно-активних матеріалів, включаючи продукти реакції матриця – наповнювач. Освіта речовин у порах бетону у збільшеному обсязі призводить до виникнення напружень і тріщин.

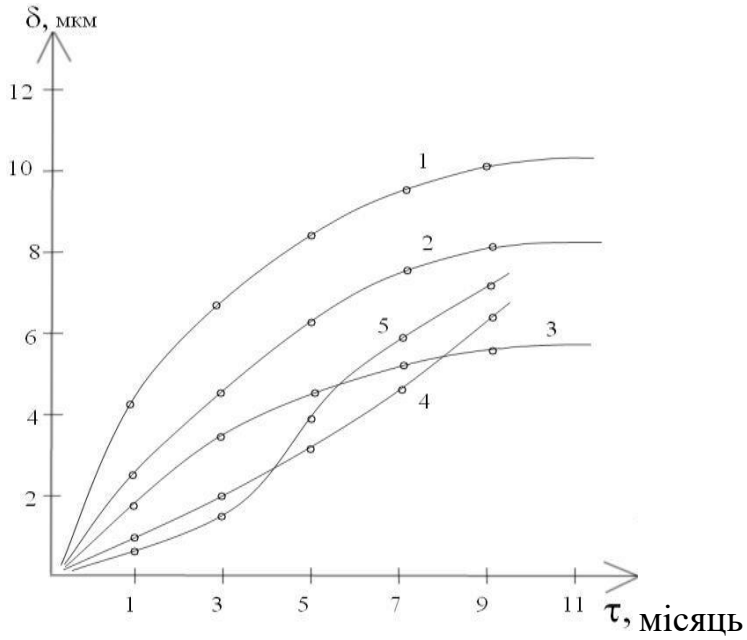


Рисунок 3.3 - Зростання товщини корозійної кулі гранулах в умовах 1М розчину NaOH pH =13 (1 – 200 мкм, 2 – 100 мкм, 3 – 50 мкм, 5 – 5 мкм)

Процес корозії умовно ділитися на дві стадії: кінетична стадія процесу – хімічна взаємодія на межі розділу фаз цементна матриця – поверхня наповнювача або армувального волокна; дифузійна стадія процесу – підведення реагентів до межі розділу фаз та відведення продуктів реакції.

Використання піноскла як пористого наповнювача цементної матриці

породжує фізичні та хімічні процеси, обумовлені специфічною природою матеріалів цієї композиції. На відміну від інших дисперсійних систем, застосовуваних у бетонних сумішах, піноскло володіє стійкою формою пір з широким діапазоном їх розмірів.

Вивчення реакційної здатності гранульованого піноскла до лугів цементу передбачає застосування різних методів та підходів. Дослідження виконуваливідбулося різними методами: хімічним аналізом визначалися утримання в піносклі розчинної в луках діоксиду кремнію, прискореними випробуваннями визначалися відносні деформації бетону на основі цементу і піноскла, оцінювалась зміна маси і щільності. Умови випробувань та результати досить близькі.

У таблиці 3.1 представлені результати дослідження лугостійкості цементного композиту з наповнювачем з піноскла.

Таблиця 3.1 Зміна маси ніздрюватого бетону на основі піноскла при дії С, % та розчину NaOH

Номер циклу	Початкова маса зразка, г	Маса зразка, г	Зміна маси, %
1	614,50	613,27	0,20
2	613,27	611,92	0,22
3	611,92	610,57	0,22
4	610,57	609,84	0,12
5	609,84	609,47	0,06

Серія зразків піддавалася знакозмінному дії 3 % розчину NaOH, що включає повне насичення зразків композиту агресивним розчином, висушування при температурі 100 °С, охолодження в розчині та п'ятикратне повторення випробування. Втрати міцності при стисненні композиційного матеріалу при цьому не спостерігалося. Результати визначення відносних деформацій зразків з композиційного бетону на основі цементу і гранульованого піноскла при прискорених випробуваннях предстауолени в табл. 3.2.

За результатами випробувань бетону класу міцності В2 при співвідношенні

піноскла та цементу 0,8:1 з об'ємною масою бетону 704 кг/м^3 у 1М розчині NaOH при температурі 80 °С встановлено відсутність небезпечних деформацій бетону, табл. 3.2. Деформації розширення бетону не перевищують 0,079 %, що менше нормованої величини деформації 0,1 % згідно з ГОСТ 8269.0.

Найбільш імовірною причиною відсутності небезпечних деформацій є висока пористість гранул піноскла. Внутрішній масообмін у порах на першій стадії хімічної взаємодії розчину лужних компонентів цементу у воді та компонентів бетону, з силікатною средою піноскла зростає. Вода та розчин лужних компонентів бетону надходять у пори за рахунок осмотичних молекулярних, електростатичних та інших сил.

Таблиця 3.2 – Деформації зразків, які витримували в 1М розчині гідроксиду натрію при 80 °С

Номер зразка	Тривалість випробувань, діб										
	1	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15
	Деформація, %										
1	0,0157	0,063	0,063	0,063	0,063	0,069	0,072	0,078	0,078	0,082	0,084
2	0,0196	0,055	0,059	0,059	0,059	0,063	0,069	0,072	0,072	0,074	0,074
3	0,0196	0,059	0,065	0,067	0,071	0,071	0,076	0,076	0,078	0,078	0,078
Середнє	0,0183	0,059	0,062	0,062	0,064	0,068	0,072	0,075	0,076	0,078	0,079

Продукти реакції корозії мають пухку структуру, їх розчини залишаються на поверхні і заповнюють пори наповнювача. Продукти реакції, володіючи великим обсягом, створюють додаткові напруги у виробах. Наявність пір компенсують напруги композиції, а продукти реакції заповнюють пори та замедлюють дифузії реагентів до межі розділу фаз.

Уповільнення корозії сприяють і порові процеси. Заповнює пору розчин лужних компонентів бетону утворює меніск. При рівноважній товщині плівки рідини в капілярі меніск вироджується в пряму лінію, створюючи проміжний стан між увігнутим (змочування) та випуклим (немає змочування). При цьому

енергетичний бар'єр знижується при наближенні тиску в порах до зовнішнього тиску. При зменшенні діаметра пір в'язкість води зростає у 10-20 разів. З іншого боку, в граничних кулях більш щільна упаковка, молекулярна зв'язок ослаблена, розчинювальна здатність знижується. Таким чином, дрібнопористе піноскло більш корозійностійке. Лімітуючою стадією процесу є дифузія реагентів через кулю первинних продуктів реакції. При цьому кінетична стадія, початковий період взаємодії піноскла з компонентами бетону, проходить досить інтенсивно.

3.3 Оцінка впливу технологічних параметрів на газоутворення та структуру піноскла

Застосовуючи метод ДСК (рис. 3.4), було встановлено, що температура розм'якшення карбонату кальцію та нітрату натрію становить 648,3 °С та 307,6 °С відповідно. У теж час температура розм'якшення скла 588,2 °С, тобто розходження температур розм'якшення скла і температур розкладання газоутворювачів досить значна. Цим, на наш погляд, можна пояснити високу м'яку щільність піноскла при використанні в якості газоутворювача окремих речовин. При використанні $NaNO_3$ в якості газоутворювача його розкладання відбувається значно раніше розм'якшення стекла, що призводить до втрати газу, який не може утриматися в розм'якшеному склі і щільність матеріалу становить 250 кг/м^3.

У разі використання в якості газоутворювача $CaCO_3$ разів навпаки-кладення газоутворювача відбувається значно пізніше за температуру розм'якшення стекла. В'язкість останнього в цьому випадку вже недостатня для того, щоб утримувати в розплаві утворився газ і, як наслідок, явна щільність зразків становить 400 кг/м^3.

Як видно з малюнку, при введенні в систему $NaNO_3$ крива температури розм'якшення вихідної скломаси змістилася і склала 644,9 °С, що дуже близько до температури розкладання основного газоутворювача.

При введенні в систему обох газоутворювачів вже не вдалося розділити ендотермічні піки розкладання $CaCO_3$ та розм'якшення стекла, що дозволило отримати піноматеріал з мінімальною явною щільністю.

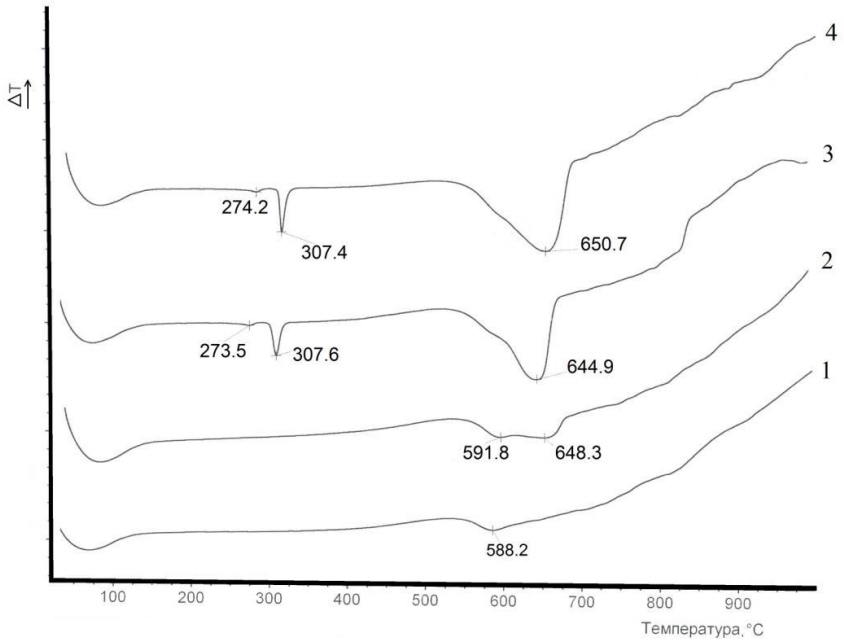


Рисунок 3.4 - Диференціально-скануюча калориметрія стекла (1), скло + $CaCO_3$ (2), скло + $NaNO_3$ (3), скло + $NaNO_3$ + $CaCO_3$ (4).

Для формування структури піноскла важливу роль у процесі спінювання відіграє процес розкладання газоутворювача, а саме обсяг виділеного газу та кінетику газовиділення.

Для формування структури піноскла важливу роль у процесі спінювання відіграє процес розкладання газоутворювача, а саме обсяг виділеного газу та кінетику газовиділення. У табл. 3.3 представлена кінетика розкладу досліджуваних газоутворювачів $NaNO_3$ та $CaCO_3$ за різних температур.

Як показано у табл. 3.3, розкладання $NaNO_3$ і $CaCO_3$, як окремих компонентів, відбувається не рівномірно у всьому температурному інтервалі, що досліджується. При розкладанні окремих компонентів спостерігається інтенсивне виділення газу, що призводить до отримання виробу з нерівномірною структурою з утворенням раковин.

Таблиця 3.3 Кінетика розкладання $NaNO_3$ та $CaCO_3$

Температура, °С	$NaNO_3$		$CaCO_3$
	Година, хв	Швидкість, мл/гр	Швидкість, мл/гр
600	0	0	0
	50	40	50
	100	70	82
	150	94	111
650	0	0	0
	50	40	50
	100	78	85
	150	97	115
700	0	0	0
	50	40	50
	100	83	90
	150	99	118

Важливе значення має газове число, яке залежить від співвідношення змісту газоутворювачів. У табл. 3.4 представлена залежність швидкості виділення газів в умовах різних температур для різного змісту компонентів.

Таблиця 3.4 Залежність кінетики розкладу від співвідношення $NaNO_3$/ $CaCO_3$

Співвідношення $NaNO_3$ / $CaCO_3$	Температура, °С	Швидкість, мл/гр
1: 0,2	600	79
	650	86
	700	89
1: 0,37	600	87
	650	93
	700	96
1: 0,6	600	88
	650	94
	700	97

Встановлено, що розкладання системи газоутворювачів ($NaNO_3$+$CaCO_3$) у досліджуваному інтервалі температур 600 - 700 °С не дозволяє отримати піноматеріал з рівномірною структурою та низькою явною щільністю. Як бачимо, табл. 3., процес газовиділення суміші газоутворювачів $CaCO_3$ і $NaNO_3$ проходить більш плавно при температурі 650°, що сприяє рівномірному розподілу газу в скломасі та утворення дрібної структури в період переходу скла з твердого стану в піропластичний.

Отже, система газоутворювачів складається з карбонату кальцію і нітрату натрію дозволяє поєднати температуру розкладання основного газоутворювача і температуру розм'якшення стекла, що є необхідною умовою отримання піноматеріалу з мінімальною явною щільністю.

З аналізу процесів газовиділення слідує, що найбільше значення коефіцієнта об'ємного спінювання спостерігаються при годині спінювання 40 хвилин. Так використовуючи в якості газоутворювача $CaCO_3$ при вмісті 1,5% і температурі 660 °С коефіцієнт об'ємного спінювання склав не більше 2. спінювання можливе тільки з використанням системи газоутворювача $NaNO_3$+$CaCO_3$ у кількості 1,5-3% при температурі 650 °С.

Основним фактором, що впливає на властивості піноматеріалу є його щільність, а при однаковій щільності, рівномірність пористої структури та середній розмір пор. Відомо [19, 31], що отримання рівномірної дрібної структури можливо при використанні нуклеюючих агентів виконують роль зародків утворювачів газових бульбашок. Зазвичай нуклеюючими агентами є дрібнодисперсні порошки не змінюють своїх властивостей при температурі процесу спінювання. На рисунку 3.5 представлені мікрофотографії зразків піноматеріалу щільністю 180 кг/м^3.

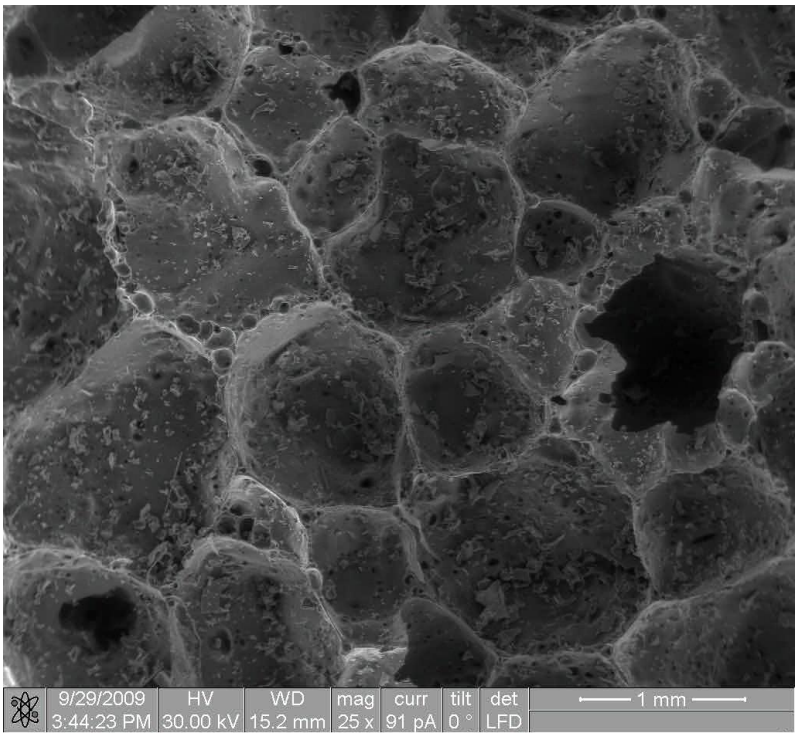


Рисунок 3.5 - Мікрофотографії зразків піноматеріалу без нуклюючого агента (а) і з нуклюючим агентом (б)

Як видно з малюнку введення нуклеююючого агента (каоліну) у кількості 4% зменшує середній розмір і робить структуру піноматеріалу більш рівномірною. Введення каоліну у вигляді порошку (D середнє) 5-20 мікрон не вимагає зміни.

ВИСНОВКИ

1. Проведено оцінку застосування апаратурно-технологічної схеми виробництва склогрануляту зі скляної шихти на основі діатоміту, встановлено особливості застосування розглянутої схеми.

2. Запропоновані варіанти застосування піноскла в якості додаткового компонента при виробництві полегшеного бетону, показано переваги одержуваної продукції.

3. Визначено функціональні характеристики пеностекела – міцність, хімічна стійкість, деформативність та корозійна міцність.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників

Небезпечні і шкідливі виробничі чинники підрозділяються по природі дії на організм людини на такі групи:

– фізичні небезпечні і шкідливі виробничі чинники підрозділяються на такі підгрупи: машини, що рухаються, і механізми; незахищені рухливі елементи виробничого устаткування; вироби, що пересуваються, заготівлі, матеріали; підвищена запиленість і загазованість робочої зони; підвищена або знижена температура поверхонь устаткування, матеріалів, повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці, вібрації, інфразвуки, ультразвуки; підвищений або знижений барометричний тиск у робочій зоні і його різка зміна; підвищена повітря; небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі; відсутність або хиба природного світла; недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла; знижена контрастність; приймальня і відбита блистність.

– хімічні небезпечні і шкідливі виробничі чинники підрозділяються на такі підгрупи: по характері впливу на організм людини - загальнотоксичні, що дратують, що впливають на репродуктивну роботу людини; по шляху проникнення в організм людини - чинні через дихальні шляхи, травну систему, шкірний покров.

– психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі чинники підрозділяються на такі підгрупи: фізичні перевантаження (статичні, динамічні); нервово-психічне перевантаження (розумова напруга, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Аналіз існуючих і розроблювальних виробничих процесів необхідний для встановлення причин, що викликають травматизм, професійні захворювання і стомлення. Під нещасним випадком на виробництві розуміють нещасний випадок із працюючим, пов'язаний із впливом на нього небезпечного

виробничого чинника. Виявлення причин нещасних випадків і вишукування засобів їхні усунення є головними задачами в профілактиці виробничого травматизму.

Нещасний випадок на виробництві є результатом небезпечної події (дії), що призводить до травмування людини. Характерними ознаками нещасних випадків є раптовість, несподіванка для постраждалого і короткочасність цього явища. Нещасні випадки спостерігаються при вмиканні людини в ланцюг току, у результаті вибухів, коли падають предмети, при викидах металу і шлаку, при захоплюванні частин тіла обертовими механізмами й інше. Природа і небезпека характеру і що викликаються ними нещасних випадків залежить від виробничих умов.

Поряд із нещасними випадками в виробничих умовах спостерігаються фахові отруєння і захворювання працюючих. Розрізняють гострі отруєння, що супроводжуються втратою працездатності, і хронічні, коли в організм людини потрапляє незначна кількість шкідливих речовин, що не викликає безпосередньої втрати працездатності, але при тривалій роботі може призвести до важких наслідків.

Фахові захворювання викликаються несприятливими умовами праці, наприклад ненормальними метеорологічними умовами, надмірною запиленістю повітря, наявністю шкідливих випромінювань, впливом шуму і вібрацій, неправильної організації праці.

4.2 Заходи щодо техніки безпеки і безпеки праці

4.2.1 Огороджувальні устрої

Призначення огороджувальних устроїв - попереджати механічний вплив фізичних небезпечних чинників на людину. Область застосування - огородження агрегатів, механізмів, їхніх рухливих частин. Огороджувальні устрої по конструктивному оформленню можуть бути стаціонарними і пересувними.

Стаціонарні огороджувальні пристрої мають постійні геометричні розміри, вони нерухомі і можуть бути зняті тільки при проведенні ремонтів. Такі види устроїв застосовують для огородження сполучних деталей робочої лінії прокатних станів, дискових пив для різання металу, ремінних передач і так далі. Як правило, такі огороджувальні устрої є пасивно чинними, тобто вони тільки перепиняють доступ людини або частин його тіла до деталей механізму або устаткування, що можуть викликати травму.

До стаціонарного ставляться також огороджувальні устрої, що охороняють від випадкового доторку до струмоведучих частин і розподільними елементами електричних установок. Розподільні електричні установки й устрої напругою вище 1000 В обладнують суцільними огороджувальними устроями або устроями сітчастого типу з розмірами осередків 20 Х 20 мм. Висота такого огородження в помешканнях складає 1,7 метра. При виконанні з металу огородження заземлюється.

4.2.2 Обмежувальні устрої

Обмежувальні устрої - це конструкції, що обмежують зону, де може бути вплив на людину небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Найбільш поширеними видами обмежувальних устроїв є бар'єри, бильця, поруччя й інші пристосування, що обмежують визначену зону або пересування обслуговуючого персоналу. Обмежувальні устрої повинні витримувати визначені навантаження, тому їхня тривкість і кріплення перевіряють на динамічне і статичне навантаження.

Особливу конструкцію подають устрої, що обмежують переміщення окремих видів устаткування або вантажів. До таких конструкцій ставляться: тупикові устрої на внутрішньозаводському залізничному транспорті, тупикові обмежувачі переміщення електромостових кранів, тупикові обмежувачі переміщення баштових і рудногрейферних кранів, обмежувачі маси і висоти підйому вантажів. Звичайно обмежувачі пересування конструкції, маси і висоти підйому вантажу взаємозалежні з приводним механізмом, і при спрацьовуванні

датчика відбувається автоматичне відключення приводу і спрацьовування гальмовій системи.

4.2.3 Сигналізуючі устрої

Сигналізуючі устрої є устроями, що попереджують обслуговуючий персонал про пуск і припинення дій устаткування, про порушення й екстремальні відхилення технологічних процесів і роботи виробничого устаткування, підвищених концентраціях отрутних і вибухонебезпених газів у помешканні. Застосовують або світлову, або звукову сигналізацію, або ту й іншу одночасно.

У металургійних цехах застосовують такі види сигналізації: оперативну, попереджувальну й інформаційну.

4.2.4 Захист від газів, парів, і інших шкідливих речовин

У металургійних цехах головну небезпеку отруєння подає окис вуглецю, що утримується в значній кількості в доменному газі. Доменний газ особливо небезпечний ще тому, що його щільність майже не відрізняється від щільності повітря. Попадаючи через легені в кров, окис вуглецю зв'язується з гемоглобіном крові, створюючи карбонсігемоглобин. При отруєнні окисом вуглецю необхідно винести постраждалого на свіже повітря і зробити штучне дихання. Одночасно потрібно викликати медичний персонал.

При роботі в газонебезпечних місцях необхідно користуватися газозахисними апаратами, що діють надійно. Застосування протигазів, що фільтрують, не гарантує повної безпеки, тому що при зниженні кисню в повітрі до 17 - 16% вони стають негожими. Тому в умовах металургійних цехів варто користуватися ізолюючими кисневими апаратами, що дають можливість працювати, цілком ізолювавшись від навколишнього середовища. Кисневі ізолюючі протигази мають невеличкий балон із киснем, спеціальний поглинач для очищення видихуваного повітря і дихальний мішок.

4.3 Заходи щодо виробничої санітарії

4.3.1 Вентиляція і кондиціонування повітря

Вентиляція - організований повітрообмін, застосовується для створення нормальних метеорологічних умов, видалення шкідливостей, що виділяються при виконанні різноманітних робіт і технологічних операцій. У залежності від призначення вентиляція може бути приточною і витяжною. Витяжна вентиляція влаштовується для видалення забрудненого повітря і викиду його за межі цеху, приточна - для подачі в помешкання чистого повітря.

У залежності від засобу переміщення повітря вентиляція може бути природною і механічною. При природній вентиляції переміщення повітря відбувається під впливом природних чинників (температурного або теплового напорів). При механічній вентиляції переміщення повітря здійснюється за допомогою вентиляторів. Пристрої, устаткуванні окремим вентилятором для подачі або видалення повітря, називається вентиляційною установкою, а група вентиляційних установок, що обслуговують помешкання або цех, - вентиляційною системою. Звичайно вентиляційні системи складаються з великої кількості окремих вентиляційних установок - приточних і витяжних.

У залежності від типу організації повітрообміну розрізняють вентиляцію місцеву і суспільну. Місцева приточна вентиляція служить для подачі чистого повітря до визначеного робочого місця для забезпечення нормальних умов у робочому середовищі. Частіше усього її застосовують для зниження температури в гарячих цехах влітку або попередження впливу холодних потоків повітря узимку. Місцева витяжна вентиляція забезпечує видалення перегрітого або забрудненого повітря від місць його утворення, що виключає поширення шкідливих виділень по помешканню і забруднення повітря.

Загальнообмінну вентиляцію влаштовують у випадках, коли шкідливі виділення утворяться у всьому обсязі помешкання. При цьому повітрообмін у помешканні забезпечується більш-менш рівномірно. На практиці застосовують

усунуту вентиляцію, тобто одночасно загальну і місцеву, і загальнобмінну, а також природну і механічну.

4.3.2 Водопостачання і каналізація

Устрій внутрішнього водопроводу і каналізації, а також систем зовнішнього водопостачання і каналізації передбачають у виробничих і допоміжних будинках і на промислових площадках для подачі води на виробничі і господарсько-питні ділянки і для відводу стічних вод.

Мережі господарсько-питного водопостачання прокладають окремо від мереж водопроводів, що подають воду для технічних потреб підприємства.

У виробничих помешканнях, де можливе запалення одягу або хімічні опіки мають бути фонтанчики, крани, раковини самодопомоги або аварійні душі. Ці устрої розташовують в легко доступних місцях і підключають до господарсько-питного водопроводу; за наявності помешкань, де застосовують або зберігають натрій, калій і інші речовини, що при контакті з водою розкладаються з вибухом або запалюються, устрої розташовують за межами цих помешкань.

У випадку відводу і спуска виробничих стоків, що виділяють гази, передбачають міри проти проникнення газів у помешкання.

Каналізаційні зливи в технологічних апаратах обладнують гідравлічними затворами і фланцевими з'єднаннями на трубопроводах.

Очисні спорудження, станції перекачування й інші установки для стічних вод, що знаходяться у веденні підприємства, повинні утримуватися в справності, чистоті і не повинні бути джерелом забруднення вод, ґрунту і повітряного середовища.

4.3.3 Опалення

Опалення в холодний період року для підтримки необхідних температур внутрішнього повітря передбачають у будинках, спорудженнях і помешканнях будь-якого призначення з постійним або тривалим (більш двох часів) перебуванням людей; у виробничих помешканнях під час основних і ремонтно-відбудовних робіт, а також у помешканнях, у яких підтримка позитивної

температури необхідно по технологічних умовах. Подачу тепла здійснюють як системами опалення, так і шляхом використання для обігрівання помешкань наявних у них надлишків тепла.

4.3.4 Освітлення

Одним із найважливіших параметрів виробничої обстановки є освітлення. Раціональне освітлення забезпечує достатні умови для здійснення працюючими своїх функціональних обов'язків. Погане освітлення не дозволяє сприймати необхідну інформацію, викликає напруга нервової системи і може призвести до помилкових дій. При поганому або недостатньому освітленні працюючий не зуміє побачити небезпеку, що насувається, при виникненні виробничої аварії і запобігти їй. Тому раціональне освітлення виробничих помешкань є важливим чинником нормальних умов праці.

До освітлення виробничих помешкань подаються такі вимоги: забезпечення достатньої освітленості на робочих поверхнях, висока якість, надійність, зручне керування й обслуговування, економічність спорудження й експлуатації, забезпечення пожежної і електробезпечності.

Висока якість освітлення досягається сталістю освітленості в часу, раціональністю напрямку світлового потоку без наявності різких тіней і відбитої блисності. Блисність - підвищена яскравість світних поверхонь. Підвищена яскравість викликає порушення зорових функцій. Пряма блисність створюється безпосередньо джерелами світла, відбите - металевими поверхнями.

4.4 Заходи щодо пожежної безпеки

У металургійних цехах широко використовуються пальні гази (доменний, коксовий, природний) у якості палива (природний газ застосовується також у якості технологічних цілях). Небезпека вибухів пальних газів виникає при утворенні газоповітряних сумішей. Тому основні заходи щодо запобігання полягають у попередженні утворення газоповітряної суміші, що досягається

герметизацією судин, у яких знаходяться гази, і підтримкою позитивного тиску усередині газопроводів і апаратів. При пуску газових установок, а також при їхньому припиненні на ремонт, здійснюють продування їх для повного витиснення в першому випадку повітря, а в другому - газу. Якщо нагрівальні печі опалюються попередньо приготовленою сумішшю газу з повітрям, то для попередження вибухів і підводам газу до пальників потрібно достатній тиск газоповітряної суміші з тим, щоб швидкість виходу суміші з пальників у багато разів перевищувала швидкість розподілу полум'я в повітряній суміші.

У місцях можливого відпливу пальних газів, парів, пальних рідин і виходу пальної пилюки застосовують витяжну вентиляцію у виді місцевих аспірацій.

Режим роботи обладнання, встановленого в помешканнях із підвищеної пожеже- і вибухонебезпечністю, повинний виключати надмірне нагрівання частин устаткування (унаслідок тертя, відсутності теплоізоляції). У умовах підвищеної пожежо- і вибухонебезпечності устаткування не повинно викликати іскри в результаті співудари стичних деталей або внаслідок розтинів статичної електрики.

Широке застосування кисню для інтенсифікації металургійних процесів потребує прийняття спеціальних мір пожежної безпеки (попередження значних нагрівань киснедротів; застосування мідних уставок на підводах кисню до печей; захист кисневих устроїв від улучення олій; особливі вимоги до спецодягу працюючих). У зв'язку з небезпекою запалення пальних розчинників, застосовуваних для промивання деталей устаткування при ремонтах, варто заміняти пальні розчинники (бензин, гас) чотирьоххлористим вуглецем або іншими непальними розчинниками.

Для зменшення пожежної небезпеки технологічні процеси рекомендується проектувати безупинними, що усуває потреба в устрої проміжних ємностей. Необхідні запаси сировини можуть бути розміщені на невеличких проміжних складах, ізольованих від виробничих помешкань. Для запобігання пожеж і вибухів велике значення має застосування контрольно-вимірювальної апаратури, світлозвуковій сигналізації, що регулює апаратури автоматичного

типу і блокувань безпеки, що дозволяють попередити виникнення небезпечних ситуацій, а при виникненні включити спеціальні устрої для ліквідації пожежі.

Категорія виробництва по СН і П належить до групи „Г”. В запроектованому цеху на кожній печі мають бути 4 пінних вогнегасника ОХП-10, та шість вуглекислих вогнегасника ОУ-5 або ОУ-8 та чотири ящики з піском об’ємом 0,5м^3 з лопатками.

4.5 Заходи щодо захисту навколишнього середовища

Технологічні процеси виробництва чорних металів супроводжуються утворенням величезних кількостей різноманітних пилюк і газів, що забруднюють атмосферу.

Для доменного цеху характерно те, що основними та майже єдиними речовинами, які забруднюють навколишнє середовище є пил, який виникає під час випуску чавуну і завантаження шихтових матеріалів у доменну піч, та доменний газ, який може проникати в атмосферу крізь тріщини та нещільності в кожусі доменної печі та газовідвідних трубах.

В проектованому цеху я передбачаю наступні заходи, щодо охорони навколишнього середовища:

– Встановлюю перекриті жолоба на ливарному дворі, та організовую аспірацію газів з місць їх найбільшого забруднення, тобто біля льотки, з-під головного жолобу та з ям, де чавун заливається в ковші;

– Встановлюю систему аспірації запиленого повітря та газів із скіпової ями;

– Встановлюю триступінчасту систему для очищення цього повітря від пилу та шкідливих газів.

– Організовую контроль за цільністю кожуха доменної печі

Виробничі стічні води підрозділяються на забруднені й умовно чисті. В доменному цеху існують механічні методи очищення, хімічне очищення, фізико-хімічні методи.

Стічні води доменного цеху піддають очищенню, охолодженню, а потім спускають у водойми і використовують для оборотного водопостачання. Це дозволяє забруднювати значно меншу кількість вод.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз теплоізоляційних матеріалів. Встановлено їх типи, властивості та застосування. Показано, що піноскло є перспективним теплоізоляційним матеріалом, який витримує температуру до 800 оС, щільність 0,2 - 0,35 г/см^3, високу хімічну стійкість та технологічність.

2. Проведено аналіз сировинних матеріалів для виплавки піноскла, показано можливість застосування у якості сировинних матеріалів тенхногенних відходів, зокрема зольношлакових відходів ТЕЦ. Розглянуто технологічні особливості серійних технологій виробництва піноскла.

3. Розглянуто способи отримання піноскла, особливості процесів газоутворення та спінювання розплаву скла. Проведено аналіз основного обладнання, розглянуто особливості печей для одностадійного та двостадійного способів виробництва піноскла.

4. Проведено оцінку технологічних методів управління основними характеристиками піноскла – щільністю, міцністю, жаростійкістю. Представлені можливості отримання піностекла на основі діатоміту.

5. Проведено оцінку застосування апаратурно-технологічної схеми виробництва склогрануляту зі скляної шихти на основі діатоміту, встановлені особливості застосування розглянутої схеми.

6. Запропоновані варіанти застосування піноскла в якості додаткового компонента при виробництві полегшеного бетону, показано переваги одержуваної продукції. Визначено функціональні характеристики піноскла – міцність, хімічна, корозійна стійкість та деформація.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Путілін О. І., Квіток В. С. Застосування зол винесення та золошлакових сумішей при будівництві автомобільних доріг. Автомобільні дороги та мости: Оглядова інформація. 2003. Віп. 5. С. 1-60.

2. Казьміна О. В., Верещагін В. І., Абіяка О. М. Оцінка складів та компонентів для отримання піносклокристалічних матеріалів на основі алюмосиликатного сировини. Скло та кераміка. 2009. № 3. С. 6-8.

3. Мелконян, Р. Р. Аморфні гірські породи – нова сировина для скловарення та будівельних матеріалів [Текст]. Р. Р. Мелконян. НІА Природа, 2002.С. 388

4. Пристрій для визначення температури розм'якшення та оцінки в'язкості матеріалів: пат. на ПМ 77443. За - явл. 12.05.08; опубл. 20.06.08, Бюл. № 29. - 3 с.

5. Демидович, Б. К. Піноскло [Текст]/Б. К. Демидович. Наука та техніка, 1975.С.248

6. Ліпін Н.Р., Орлова Л. А., Панкова М.О. Оцінка окисно - відновних потенціалів скляних шихтів. Скло та кераміка. 1993. № 11. С. 12-13.

7. Соків В.М., Солнцев О.О., Лямзін Ф.М. Технологія безшамотного високо-температурного теплоізоляційного матеріалу. Молоді вчені. №11 2016. С. 835-839. 8. Берегової Ст. О., Костін Д. С., Берегової О. М. Теплоізоляційна газосклокераміка на основі крем'янистих гірських порід. Вісті вищих навчальних закладів. Будівництво.№10 (648) 2011. С. 43-50.

9. Казьміна О. В., Верещагін В. І., Абіяка О. М., Мухортова О. В., Поплетньова Ю. В. Температурні режими отримання грануляту для піносклокристалічних матеріалів в залежності від складу шихти. Скло та кераміка. 2009. № 5. С. 26-29.

10. А. С. №1056894 МКІ СО3 С11/00. Спосіб отримання піноскла. Кальман Той, Йозеф Матрай, Пайом Тар'яні, Білого Той. Опубл. 23.11.83 Бюл. № 43 11. Китайгородський А. А. Технологія скла. ГІС. 1961. С. 612

12. Казьміна О. В. Вплив компонентного складу та окисно-відновних характеристик шихт на процеси спінювання піропластичних силікатних мас. Скло та кераміка. 2010. № 4. С. 13-17.

13. Демидович Б. К. Виробництво та застосування піноскла. Наука і техніка. 1972. С. 304.

14. Орлов Д. Л. Піноскло-ефективний теплоізоляційний матеріал. Стекло світу. 1999. №4. С. 66-68.

15. Шелбі Дж. Структура, властивості та технологія скла: пров. з Англ. Медведєва Є. Ф. Світ. 2006. С. 288.

16. Шілл Ф. Піноскло. Будвидав. 1965. С. 307.17. Горлов Ю. П., Меркін О. П., Устенко О. А., Технологія теплоізоляційних матеріалів. Будвидав. 1980. С. 399

18. Крупа О. О. Фізико-хімічні засади отримання пористих матеріалів з вулканічних стекол. Вища школа, 1978. С. 136

19. Савельєв В. В. Курс загальної фізики. Т. 1. Наука. 1968. С. 300

20. Демидович Б. К. Виробництво та застосування піноскла. Мінськ: наука та техніка. - 1972.-304с.

21. Демидович Б. К. Піноскло. Мінськ: Наука та техніка. 1975. С. 248

22. А. С. №1056894 МКІ СО3 С11/00. Спосіб отримання піноскла. Кальман Той, Йозеф Матрай, Пайом Тар'яні, Білого Той. Опубл. 23.11.83 Бюл.

23. А. С. №1089069 МКІ СО3 С11/00. Шихта для отримання пінопласту. Е. Р. Саякян. Опубл. 30.04.84 Бюл.

24. А, С. №1654279 МКІ СО3 С11/00. Спосіб отримання декоративно-облицювальних плит. А. А. Григорян, Р. С. Мелконян, Ю. Р. Ігітханян. Опубл. 07.06.91 Бюл.

25. А. С. №1359259 МКІ СО3 С11/00. Піностекло та спосіб його отримання. Е. Р. Саякян. Опубл. 15.12.87.

26. А. С. №1073199 МКІ СО3 С11/00. Суміш для виготовлення піноскла. Е. Р, Саякян, В. В. Месронян А. С. Данієлян. Опубл. 15.02.84 Бюл.

27. А. С. №1265161 МКІ СО3 С11/00. Склад отримання пористих гранул. Є. Р. Саякян, М. Р. Бадалян, А. С. Данієлян, Н.В. Месронян. Опубл. 23.10.86 Бюл.

28. А. С. №1318565 МКІ СО3 С11/00. Сировинна суміш для гранульованого піноскла. О. В. Сипливій, Р. Н. Піменов. Опубл. 23.06.87 Бюл.

29. Патент №2051869 МКІ СО3 С11/00. Шихта для отримання піноскла. О. К. Казанцев, В. О. Білицький, Н.Р. Васильєва, О. В. Горбунов, Б. А. Фурсенко. Опубл. 10.01.96

30. А. С. №1470692 МКІ СО3 С11/00. Склад отримання пористих гранул. Є. Р. Саякян, С. А. Данієлян, Є. А. Держінян, Р. Н. Язичян, К. Є. Казарян. Опубл. 07.04.89 Бюл. №3/13

31. Берлін А. А., Блазнів Ф. А. Хімія та технологія газонаповнених високополімерів. Хімія. 1980. С. 504

32. Шілл, Ф. Піноскло. Вид-во літ-ри з будівництва. 1965. С.7

33. Демидович, Б. К. Піноскло. Б. К. Демидович. Вид-во «Наука і техніка». 1975. С.19