

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Гірничо-металургійний факультет
Кафедра металургії чорних металів і ливарного виробництва

Пояснювальна записка
до випускної атестаційної роботи магістра

зі спеціальності 136 – Металургія
ОП «Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів»

на тему:

**Дослідження та розробка рецептур холоднотвердіючих
сумішей**

Виконав: студент групи ЛВ-24-1м
Керівник випускної роботи

Нормоконтролер

Завідувач кафедри

Федорову Р.В.
Бабошко Д.Ю.

Бабошко Д.Ю.

Савельєв С.Г.

Кривий Ріг
2025

ВІДОМОСТІ ОБСЯГУ МАТЕРІАЛІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A4		1	КНУ.РМ.136.25.500с-01 ПЗ	Пояснювальна записка		
				<u>Графічні матеріали</u>		
A4		2	КНУ.РМ.136.25.500с-01 ПР	Презентація		
A4		3				
A4		4				
A4		5				

					КНУ.РМ.136.25.500с-01 ВМ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ		
Розроб.		Федоров Р.В.					
Перевір.		Бабошко Д.Ю.					
Н. Контр.		Бабошко Д.Ю.					
Затверд.		Савельєв С.Г.			ЛВ-24-1М		
					Лім.	Арк.	Акрушіє
						2	1
					2		

РЕФЕРАТ

Магістерська робота присвячена дослідженню технологічних властивостей та вдосконаленню складів холоднотвердіючих сумішей (ХТС), що використовуються у ливарному виробництві для виготовлення форм і стрижнів. Актуальність теми зумовлена потребою підвищення якості виливків, зменшення браку та оптимізації процесів формоутворення при мінімальних витратах матеріалів та енергії.

Мета роботи – дослідження технологічних властивостей ХТС різних систем (Альфа-сет, Бета-сет, рідке скло–ефір, CO₂-процес) та розробка оптимальних складів, що забезпечують покращені міцнісні характеристики та стабільність технологічних параметрів.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків і списку використаних джерел (найменувань). Робота містить 12 рисунків та 18 таблиць, Загальний її обсяг - сторінок.

Розділ 1 – аналіз сучасних матеріалів для формувальних і стрижневих сумішей, характеристика смол, силікатних і поліфенольних систем, механізмів затвердіння.

Розділ 2 – опис вихідних матеріалів, рецептур ХТС та методів визначення їх технологічних властивостей.

Розділ 3 – результати дослідження міцнісних властивостей та розробка оптимальних складів ХТС.

Розділ 4 – оцінка умов праці та безпеки виробничих процесів після впровадження нових сумішей.

Розділ 5 – економічне обґрунтування удосконалення рецептур ХТС.

Ключові слова: ливарне виробництво, ХТС, Альфа-сет, рідке скло–ефір, CO₂-процес, смоли, міцність, рецептура.

Зміст

ВСТУП	
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МЕТЕРІАЛІВ ДЛЯ ФОРМУВАЛЬНИХ ТА СТРИЖНЕВИХ СУМІШЕЙ	
1.1.Синтетичні смоли	
1.2.Фенольні смоли	
1.3.Лужні поліфеноляти, що затверджуються рідкими і газоподібними складними ефірами (ALPHA-SET- і BETA-SET-процеси)	
1.4.Лужні поліфеноляти, що затверджуються рідкими і газоподібними складними ефірами (ALPHA-SET- і BETA-SET-процеси)	
1.5. CO ₂ – силікатний процес	
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ХТС	
2.1.Вихідні формувальні матеріали для дослідження	
2.1.1. Матеріали для Альфа-сет процесу	
2.1.2. Матервали для процесу рідке скло-складний ефір	
2.1.3 Матеріали для CO ₂ - процесу	
2.2. Рецептури досліджуваних сумішей	
2.2.1. Альфа-сет процес	
2.2.2. Процес Рідке скло-складний ефір	
2.2.3.CO ₂ процес	
2.3.Методи визначення технологічних властивостей сумішей	
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХТС І РОЗРОБКА ОПТИМАЛЬНИХ СКЛАДІВ СУМІШЕЙ	
3.1. Дослідження міцнісних властивостей і розробка складів ХТС з системою рідке скло – ефір з різними кварцовими пісками	
3.2.Дослідження міцнісних властивостей і розробка складів рідкосклових ХТС для CO ₂ процесу	

3.3. Дослідження міцнісних властивостей і розробка складів смоляних ХТС для CO ₂ процесу	
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА СТАНУ УМОВ ПРАЦІ І БЕЗПЕКИ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ПІСЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА УДОСКОНАЛЕННЯ РЕЦЕПТУР ХТС	
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ВИКОРСИТАНИХ ДЖЕРЕЛ	

Вступ

Ливарне виробництво є основною заготівельною базою машинобудування та металургії. Ці галузі не можуть обійтися без великої кількості литих заготовок високої якості. Вимоги до підвищення якості повинні виконуватися при мінімальних витратах людської праці.

Зазначені завдання можуть бути вирішені тільки на основі впровадження нових технологічних процесів, а також механізації та автоматизації ливарного виробництва. Впровадження нових технологій та комплексної механізації й автоматизації дозволяє в 3-4 рази збільшити продуктивність праці при одночасному підвищенні точності та властивостей виливків, поліпшенні санітарно-гігієнічних умов роботи в цеху.

В останні роки в індивідуальному і дрібносерійному виробництві відзначається зростання застосування ХТС з лужними поліфенолятами. Їх основними перевагами в порівнянні з фенольними і фенолофурановими сполучними є мінімальний вміст вільного фенолу і формальдегіду, що не перевищує 0,1-0,5%, що забезпечує сприятливу екологічну обстановку, проте дещо поступаються останнім за рівнем міцності. Феноляти мають більш високу термостійкість, не містять N, S і P у своєму складі.

Найбільшого поширення в Україні набув ALPHA-SET-процес, що застосовується для виготовлення середніх і великих сталевих і чавунних виливків. Досвід їх застосування показує, що суміші мають високу плинність і практично не вимагають ущільнення, або досить незначного вібраційного впливу.

Особливістю Альфа-сет процесу є здатність сумішей доуміцнюватися при заливці металу до початку термодеструкції. Однак із збільшенням температури в літній час відзначається зниження живучості, що може створювати деякі труднощі при виготовленні великих форм і стрижнів. В основному ці суміші використовуються в даний час для виготовлення стрижнів, середніх і великих форм.

Частіше ливарні цехи підприємств використовують Альфа-сет процес для виготовлення форм і стрижнів на автоматизованих лініях, оснащених змішувачами безперервної дії, вібростолами, кантувачами і установкою механічної регенерації. В Україні сполучні для цього процесу випускає Карбохім (Камянське).

Рідкосклові ХТС з рідкими затверджувачами набули поширення в 80-ті роки. Цей технологічний процес дозволяє знизити вміст сполучного до 3,0-4,0%.

Також для виготовлення форм і стрижнів на багатьох підприємствах застосовуються рідкосклові ХТС із затвердінням CO_2 , що мають досить низькі міцнісні властивості.

Цілі роботи:

- дослідження технологічних властивостей і розробка складів ХТС з додаванням води в регенерат для Альфа-сет процесу із застосуванням різних 'язувальних матеріалів;
- дослідження технологічних властивостей і розробка складів ХТС з рідкими затверджувачами «Катасил» з кварцовими пісками різних родовищ;
- дослідження впливу пластифікаторів на технологічні властивості рідкосклових ХТС для CO_2 процесу та розробка оптимальних складів ХТС.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МЕТЕРІАЛІВ ДЛЯ ФОРМУВАЛЬНИХ ТА СТРИЖНЕВИХ СУМІШЕЙ

1.1. Синтетичні смоли

Смоли є продуктами поліконденсації формальдегіду зкарбамідом сечовиною) та/або фенолом та/або фурфуріловим спиртом і включають:

- карбамідоформальдегідні (карбамідні) смоли;
- карбамідоформальдегідофуранові (карбамідофуранові) смоли;
- карбамідофенолоформальдегідні (карбамідофенольні) смоли;
- фенолокарбамідоформальдегідні (фенолокарбамідні) смоли;
- фенолформальдегідні (фенольні) смоли;
- фенолоформальдегідофуранові (фенолофуранові) смоли.

В основі синтезу розглянутих термореактивних смол (за винятком поліфуранових) та їх подальшого затвердіння закладені однотипні механізми. Перша стадія синтезу включає переведення вихідних мономерів (фенолу, карбаміду) в активну форму метилполімерів шляхом взаємодії з формальдегідом (останній - у вигляді 37%-ного (рідше 50%-ного водного розчину - технічного формаліну). Так, при взаємодії фенолу з формальдегідом в лужному середовищі і при молярному надлишку формальдегіду утворюються: монометилполіфеноли, диметилполіфеноли, поліметилполіфенол.

В окрему групу слід виділити поліфурілові (поліфуранові) смоли, які синтезуються автоконденсацією фурфурілового спирту.

Сумішню метилполіфенолів є, зокрема, фенолоспирти, які раніше застосовувалися як сполучні теплового затвердіння.

Метилполіфеноли, метилполісечовини і фурфуріловий спирт, який також є метилполімером фурфуролу, можуть індивідуально або спільно конденсуватися в кислому або нейтральному середовищі з утворенням полімерних розгалужених ланцюжків, елементарним актом утворення яких є реакції отримання метиленового ($\text{—CH}_2\text{—}$) містка.

Побічним продуктом реакції є вода і формальдегід.

Багаторазове повторення цих реакцій призводить до утворення і зростання розгалужених ланцюжків і отримання олігомерних продуктів – смол, наприклад резольних *фенолоформальдегідних*.

Однотипний характер поліконденсації (утворення метиленових містків) для метилолфенолів, метилолсечовин і фурфурилового спирту обумовлює можливість їх поєднання в будь-яких співвідношеннях і отримання «змішаних» карбамідофуранових, фенолофуранових, фенолокарбамідних, енолокарбамідофуранових і т. п. олігомерів.

У міру синтезу смоли і підвищення ступеня зшивання радикалів метиленовими містками збільшується її в'язкість і зменшується водорозчинність. Синтез ведуть до в'язкості смоли, що не перевищує 40-50 с (за віскозиметром ВЗ-246, діаметр сопла 4 мм, 25°C).

При тривалому зберіганні готових смол процеси поліконденсації (підвищення ступеня зшивання метиленовими містками) протікають в них мимовільно, що призводить до зростання їх в'язкості і втрати сполучної здатності. Тому термін придатності готових смол зазвичай обмежений в межах двох — шести місяців.

Кондиційність смоляних сполучних, що надходять на ливарне підприємство, оцінюється відповідно до ТУ або ГОСТ на даний продукт, включаючи приготування технологічних проб ХТС фіксованого складу для оцінки кінетики їх затвердіння, тобто зміни показників міцності при різному часі витримки стандартних зразків. Основними вимогами до сполучних є знижена в'язкість і її стабільне збереження при коливаннях температури цехового середовища.

Отже, повинні бути забезпечені умови зберігання і застосування смол при температурі не менше 10°C. Оскільки зміна в'язкості смоли відбивається на точності її безперервного дозування, рекомендується використовувати термостатовані витратні баки, що забезпечують постійну температуру

дозованої в змішувач смоли в інтервалі 25— 30°C.

Каталізаторами затвердіння смол у складах ХТС є ортофосфорна кислота (H_3PO_4), водні та неводні розчини ароматичних сульфокислот (АСК): бензолсульфокислота (БСК), паратолуолсульфокислота (п-ТСК), ксилолсульфокислота (КСК) та інші кислоти. Кислоти – це каталізатори затвердіння, а не затверджувачі, оскільки самі в реакцію затвердіння не вступають, але мають вирішальний вплив на рН реакційного середовища.

1.2.Фенольні смоли

Фенолоформальдегідофуранові (фенолофуранові) смоли застосовують для стрижнів і форм сталевих і відповідальних чавунних (СЧ, КЧ, ВЧ, леговані чавуни) виливків. Смоли відрізняються підвищеною термостійкістю і низьким вмістом азоту.

Каталізаторами затвердіння служать водні розчини АСК (БС, ТС К). Використання технічної H_3PO_4 (щільність-1,56—1,57 г/см³) можливе, але небажане, оскільки при цьому міцність ХТС з ФФ-65, ФФ-65С на всіх етапах затвердіння знижується більш ніж у 2 рази.

Фенолоформальдегідні (фенольні) смоли мають високу термостійкість і не містять азоту. Область застосування — стрижневі ХТС для сталевих виливків. Ці смоли дешевші за фенолофуранові смоли, проте мають підвищену токсичність у зв'язку з виділенням парів фенолу. Згідно з теоретичними положеннями хімії фенолоальдегідних олігомерів ефективне кислотне затвердіння резолів можливе лише за наявності в них надлишку вільного фенолу (>15 мас. %).

За допомогою силанізації цього виду смол їх витрата в ХТС може бути знижена до 1,2-1,3 мас. ч. (на 100 мас. ч. піску), проте ефект силанізації зберігається тільки протягом 2—3 діб; що змушує вводити силан в смолу безпосередньо в ливарному цеху, тобто істотно ускладнює технологію.

Каталізаторами затвердіння служать ароматичні сульфокислоти: у нас

водні або водо-гліколеві розчини БСК, за кордоном – водні і водно-спиртові розчини п-ТСК. З урахуванням жорстких ГДК на пари фенолу ($0,05 \text{ мг/м}^3$)) забезпечення нормальних умов праці при використанні ХТС з фенольними смолами вимагає спеціальних заходів.

1.3..Лужні поліфеноляти, що затверджуються рідкими і газоподібними складними ефірами (ALPHA-SET- і BETA-SET-процеси)

Ця сполучна система, що лежить в основі так званого ALPHA-SET-процесу, була розроблена англійською фірмою Borden; перші присвячені їй публікації з'явилися в кінці 1979 року.

Описуваний варіант являє собою, по суті, повернення до фенолформальдегідних сполучних резольного типу на новій основі: використано оригінальний механізм затвердіння, а рівень токсичності олігомеру знижено в десятки разів.

Смола синтезується при молярному співвідношенні фенолу і формальдегіду, рівному $1:(1,8...2,1)$, і гідроокису калію і фенолу, рівному $(0,7... 1,0):1$. Вміст сухого залишку в смолі становить 50-60 мас. часток, умовна в'язкість готової смоли (ВЗ-246, сопло 4 мм) - 25-70 с.

У поліфеноліт для підвищення його сполучної здатності додають до 0,5% у-амінопропілтриетоксисилану. Поліфенолят є стійкою формою, не схильною до автоконденсації при тривалій витримці, масова частка вільного фенолу не перевищує 0,5%; вільного формальдегіду - не більше 0,5%.

Затверджувачами служать складні ефіри . Складний ефір, гідролізуючись в лужному середовищі виділяє кислоту (у даному випадку — оцтову або у-оксимасляну або вугільну); остання нейтралізується іоном калію у фенолятних групах, перетворюючи їх на гідроксильні . При цьому фенолформальдегідний олігомер переходить з фенолятною в нормальну форму і набуває здатності до структурування в результаті утворення додаткових метиленових зв'язків

Реакційна здатність сполучного залежить від молярного співвідношення фенолу і формальдегіду, типу і відносної кількості лугу, ступеня конденсації смоли (її молекулярної ваги).

Залежно від складу затверджувача швидкість затвердіння ХТС регулюється від 3-4 хв до 30-60 хв. Витрата сполучного в залежності від якості піску 1,5-2,5 мас. ч. на 100 мас. ч. піску Витрата затверджувача 25-30% маси сполучного.

Сполучні поставляються англійською фірмою Foseco (система Fenotec), американськими фірмами Ashland (система Novanol) і Acme Resin Corp., німецькою Htittenes Albertus, шведською Perstorp Chemitec.

- Переваги сполучної системи за ALPHA-SET-процесом:
- швидке об'ємне затвердіння, що дозволяє заливати форми металом через
- 2-3 години після приготування суміші;
- малі обсяги виділень парів вільного фенолу, формальдегіду і метанолу (в порівнянні з кислототвердіючими фенол-формальдегідними і фурановими смолами) на стрижневих і формувальних ділянках;
- практична відсутність виділень діоксиду сірки та сіроорганічних сполук на ділянках заливки, охолодження та вибивання форм, характерних для ХТС з фурановими смолами, що твердіють ароматичними сульфокислотами;
- менша чутливість до вологи в порівнянні з ХТС на фуранових смолах і особливо ХТС на феноло-ізоціанатних сполучних;
- знижена схильність до науглецювання поверхні сталевих виливків, виключення насичення поверхні виливків сіркою, відсутність азоту і пов'язаної з ним газової пористості у виливках;
- поєднання високої термостійкості й певної пластичності форм і стрижнів при високотемпературному прогріванні, що знижує (хоча і не виключає повністю) ймовірність виникнення дефектів виливок типу прорізів і гарячих тріщин;
- універсальність щодо сплавів для виливка - можливе виробництво як чавунних, так і сталевих виливків.

Недоліки:

- дещо менша міцність, особливо міцність країв стрижнів і форм, порівняно з ХТС на фуранових смолах середньої та вищої категорійності (з вмістом фурфурілового спирту в смолі 60% і більше) і ХТС на феноло-ізоціанатному сполучному при більшій витраті сполучного (1,5-2,5 мас. ч. на 100 мас. ч. піску, тоді як у згаданих ХТС сумарна витрата сполучного становить 1,2-1,6 мас. ч.);
- більш складний процес регенерації відпрацьованих сумішей, що вимагає, крім традиційних методів механічної обробки, повернення його хімічної нейтралізації для позбавлення від підвищеної лужності з подальшою термообробкою при температурі 700°C.

За кордоном процес ALPHA-SET використовується рядом виробників виливків, хоча не можна говорити про його глобальне поширення, що пояснюється наявністю інших конкурентоспроможних технологій..

Екологічні переваги, можливість отримання якісних виливків і універсальність ливарних сплавів, властиві ALPHA-SET-процесу, дають підстави припускати, що з відродженням ливарної заготівельної бази в Україні ця технологія займе гідне місце як при виготовленні стрижнів, так і жакетних (безпококових) форм.

На сьогоднішній день впровадженню холоднотвердіючих сумішей на ливарних виробництвах перешкоджає те, що не вирішена проблема забезпечення сполучними і допоміжними синтетичними матеріалами вітчизняного виробництва, що мають світовий технічний рівень.

Італійська компанія Cavenaghi S.p.A. Компанія Cavenaghi S.p.A. має значний досвід з випуску ливарних сполучних і допоміжних матеріалів. Їй належить близько 60% італійського ринку ливарних смол. Компанія є активним експортером хімічної продукції в європейські країни, володіє новітніми рецептурами і технологіями, виробляє матеріали для основних процесів виготовлення стрижнів і форм: Cold- box, No-bake, Alfa-set, Beta-set, Rep-set, Hot-box, Warm-box, Termoshok, Croning, S0(2), CO -процес, а також

рідке скло з рідкими затверджувачами, антипригарні, розділові покриття. Компанія експортує продукцію в країни Європи, Сходу, Азії, Україну, Білорусь. Її споживачами є Ferrari, FIAT/Renault, Voest-Alpine та багато інших провідних виробників виливків.

Крім традиційних карбамідофуранових і фенольних сполучних, значна увага приділяється розвитку виробництва нових сполучних для холоднотвердіючих сумішей (ХТС).

Слід зазначити, що в останні роки в промислово розвинених країнах відбувається масштабний перехід до виготовлення стрижнів в холодній оснастці з затвердінням шляхом продування стрижнів в стрижневих ящиках газоподібним реагентом. Найбільшого поширення набув Cold-box—amin—процес. Цей процес у нас застосовують на декількох заводах, він, в принципі, досить добре відомий. Однак є певні технологічні особливості, і сполучна композиція постійно вдосконалюється за рядом напрямків.

В останні роки ряд підприємств за кордоном і в Україні освоїли процес

«Альфа-сет», в якому сполучною для ХТС є лужна фенолоформальдегідна смола, а каталізатором - комбінація складних ефірів. У нашому виробництві комерційними назвами сполучних цього типу є: АЛКАСЕТ NB 7, АЛКАСЕТ NB або ALCAFEN. Область застосування смол вказана в таблиці 1.1

Таблиця 1.1

Область застосування смол

Найменування	Область застосування
АЛКАСЕТ NB*	Для опочного формування
АЛКАСЕТ NB 7*	Для безопочного формування

Швидкість затвердіння визначається вибором затверджувача «КАТАЛІТ». Час затвердіння суміші може становити від декількох хвилин до 1 години, таблиця 1.2.

Таблиця 1.2

Час затвердіння суміші на різних затверджувачах

	Марка затверджувача				
	Каталіт 1В	Каталіт 2В	Каталіт 3В	Каталіт 6N	Каталіт 11N
Живучість суміші при 20 ⁰ С, хв	5	7	12	20	30
Час вилучення з оснащення при 20 ⁰ С (через), хв	10	15	20	30	60

Типовий склад суміші для ALPHA-SET-процесу наступний:

- кварцовий пісок -100%;
- смола - 0,8 – 2,0% залежно від характеристик піску, співвідношення регенерат/свіжий пісок, типу змішувача, необхідної міцності та часу затвердіння;
- затверджувач 20-25% від вмісту смоли.

За досвідом заводів, застосування «Альфа-сет»-процесу дає істотні переваги:

- незначний запах при перемішуванні та заповненні оснащення;
- обмежена токсичність;
- водорозчинність сполучного, можливість очищення змішувачів водою;
- відсутність у сполучному азоту, фосфору, сірки, слабе поверхнєве вуглецеве покриття;
- достатня міцність і плинність;
- можливість застосування будь-яких наповнювачів (кварцового піску, хроміту, циркону, дистен-силіманіту);
- слабка прилипальність до дерев'яного та металевого (крім алюмінію) оснащення;
- можливість ефективної механічної регенерації;

- хороші показники якості виливків, зокрема при виготовленні середнього та великого сталевих лиття.

У табл. 1.3 і 1.4 наведено порівняння «Альфа-сет»-процесу з іншими варіантами ХТС.

Таблиця 1.3

Особливості процесів

Показник	Альфа-сет	Фуран	Фенольна	Фенольно-ізоціанатна	Рідке скло-ефір
Запах при перемішуванні (гарячий пісок)	Дуже слабкий	Сильний	-	-	-
Прилипання до оснащення	Відсутнє	Слабке	-	-	-
Очищення водою	Можлива	Ускладнене	-	-	-
Співвідношення живучості до Strip Time*, %	30	25	25	50	25
Вплив гарячого або холодного піску	Помірний	Сильний	Сильний	Помірний	Помірне
Зберігання стрижнів і форм	Тривале	Тривале	Тривале	Середнє	Коротке
Швидке твердіння	Можливо	Можливо	Ні	Можливо	Ні
Повільне твердіння	Можливо	Можливо	Можливо	Ні	Можливо
Регенерація	Середня	Середня	Висока	Висока	Низька

Strip Time - час формування первинної міцності

Таблиця 1.4.

Показники процесів

Показник	Альфа-сет	Фуран	Фенольна я	Фенольно-ізоціанат ная	Рідке скло - ефір
Азотиста пористість	Регулюється	Регулюється	Регулюється	Так	Ні

Тенденція до ужиминам, плінам	Низька	Низька	Низька	Помірна	Низька
Насичення сіркою	Ні	Регулюється	Так	Ні	Ні
Тенденція до просічок	Низька	Висока	Висока	Помірна	Низька
Імовірність газових дефектів	Низька	Помірна	Помірна	Висока	Низька
Вибиваність	Хороша	Помірна	Помірна	Помірна	Погана
Блискучий вуглець	Низька	Помірний	Помірний	Високий	Низький

Живучість регулюється застосуванням різних каталізаторів в межах від 3-5 до 40-90 хв. Часто поєднують швидкі та повільні каталізатори, це залежить від температури та характеристик піску.

Існує кілька типів каталізаторів від А-10 до А-60 і групу каталізаторів «Каталіт» з живучістю від 5 хв (табл. 1.5).

Таблиця 1.5

Аналіз сумішей на різних марках каталізаторів “Каталіт”

	Каталізатори			
	А-10	А-15	А-20	А-60
	Міцність на розрив, МПа			
1 5 хв	0,15	0,06	0	0
30 хв	0,4	0,12	0,1	0
1 година	0,6	0,25	0,35	0
2 години	0,7	0,4	0,5	0,6
24 години	1,0	0,6	1,1	0,9
Живучість, хв	До 10	15	До 20	До 60

Примітка: Суміші містили 2 мас.ч. смоли, 0,4 мас.ч. каталізатора при 20-25°C.

При виборі каталізатора потрібно знати ступінь лужності піску. Для свіжого піску ADV [кислотна потреба] має бути нижче 0,5 см³ 0,1 N HCl на 100 г піску, ADV регенерата має бути нижче 5 см³ 0,1 N HCl на 100 г піску, тобто pH=6-8. Потрібно стежити за цим показником, щоб бути впевненим, що каталізатор дасть задані параметри затвердіння.

Регенерація включає стирання охолодження і класифікацію продукту. Максимальний ефект пов'язаний з нагріванням піску і втратою 3-5% піску у вигляді пилу, без явного зниження в залишку компонентів сполучного, зокрема калію.

Контроль регенерату включає ситовий аналіз, ВПП, pH і вміст калію. Про ефективність регенерації краще судити за вмістом калію, при вмісті від 0,05 до 0,15% калію міцність знижується незначно. Важливо, щоб додавання свіжого піску в регенерат забезпечувало збереження вмісту калію на необхідному рівні в межах 0,15%. Кожен цикл при 1,4% смоли додає в суміш 0,1% калію. Для розрахунків корисні наступні дані:

0% освіження - 0,072% калі

30% - 0,096

20% - 0,127

15% - 0,147

10% - 0,170

Таким чином, звичайний вміст регенерату 80-85% дає необхідний рівень залишкового калію. У деяких випадках застосування регенерату обмежене, оскільки максимальна міцність забезпечується при його вмісті 80-85% (при 1,4% смоли). Збільшення міцності за рахунок смоли небажано, оскільки це дає зростання залишкового калію, і тоді його залишковий рівень буде вище 0,15%. Якщо суміш свіжого піску і регенерату не дає результату, потрібно збільшувати частку свіжого піску.

BETA-SET-процес

Цей процес розроблений фірмою Borden (Англія) на початку 80-х років. Суть процесу полягає в затвердінні поліфенолятів шляхом продування суміші в оснащенні пароподібним ефіром - метилформіатом - в потоці інертного носія (повітря або CO₂).

При BETA-SET-процесі використовується аналогічна сполучна речовина - лужний резольний поліфенолят. Для затвердіння використовується метилформіат (метиловий ефір мурашиної кислоти) HCOOCH₃ – прозора безбарвна рідина з солодкуватим ефірним запахом. Стійкий на повітрі, легко запалюється, має слабо виражену загальнонаркотичну дію.

ГДК на пари метилформіату в повітрі робочої зони не встановлені, що свідчить не стільки про його малотоксичність, скільки про незатребуваність аж до останнього часу як продукту великої хімії.

Хімізм процесу затвердіння аналогічний ALPHA-SET-процесу, але затвердіння суміші здійснюється парами метилформіату в холодному оснащенні.

До переваг технології відноситься хороша якість литих поверхонь (сталь, чавун, кольорові сплави), відсутність N і S в сполучному, незначне термічне розширення суміші, відносна вологостійкість ін.

У порівнянні з дорогими технологіями для масового і великосерійного виробництва (Cold-box-amin, FRC та ін.) дана технологія може знаходити застосування для невеликих серій стрижнів, хоча вона не може зрівнятися з ними по міцності відразу після продувки і остаточної при одночасності затвердіння стрижня по всьому об'єму.

Прикладами імпортованих матеріалів служать BETA-SET В 1 і метилформіат BETA-SET ВН 50 (Furtenbach, Австрія).

Для великосерійного або масового виробництва виробляється смола того ж типу із затвердінням стрижнів шляхом продувки їх газоподібним метилформіатом. Ці смоли називаються АЛКАСЕТ СВ і АЛКАФЕН СВ.

Сполучною речовиною є лужна резольна фенолоформальдегідна смола,

аналогічна описаній вище сполучній речовині для процесу «Альфа-сет».

Метилформіат (метиловий ефір мурашиної кислоти) HCOO-CH_3 - прозора безбарвна або світло-жовта рідина з температурою кипіння $31,5^0 \text{ C}$ і температурою спалаху мінус 19^0 C .

До складу суміші входить 1,0 - 2 мас.ч. сполучного на 100 мас.ч. кварцового піску або 0,7-1 мас.ч. для суміші на основі циркону або хроміту.

Вміст сполучного в зазначених межах залежить від типу піску - форми зерен, вмісту дрібних фракцій, глинистої складової, необхідної міцності.

При використанні регенерата його показник ВПП (втрати при прожарюванні) повинен бути не вище 2%. Більш високий показник вимагає застосування більшої кількості сполучного, що знижує плинність і підвищує ймовірність утворення дефектів виливків.

Прийнятно будь-яке якісне ущільнення суміші — ручне, піскоструминне, піскодувне, вібраційне. Умови і тривалість перемішування не повинні призводити до істотної втрати вологи. Втрата вологи знижує плинність. Живучість суміші висока (табл. 1.5, 1.6), для її підвищення потрібно уникати втрати вологи або надлишків забруднюючих домішок.

Оптимальні міцнісні властивості отримуються при використанні кварцового піску марок 1К₁ О₃ О₂ або 016 при вологості не більше 0,5- 1 %. Міцнісні властивості суміші на відміну від інших типів ХТС мало залежать від вологості піску і від вмісту в ньому оксидів лужних і лужноземельних металів, від вологості повітря при зберіганні стрижнів. Живучість залежить від температури і умов зберігання.

З досвіду роботи впливає, що міцність суміші достатня для більшості стрижнів, у тому числі і складної конфігурації. Загальна і поверхнева міцність дещо збільшуються в процесі заливки через схильність композиції до додаткового затвердіння при невеликому нагріванні.

Оптимальна температура піску $18-30^0 \text{ C}$. Час продувки стрижня становить 20 - 30 с, спеціальних засобів для нейтралізації метилформіату не потрібно, ГДК для нього - 250 мг/м^3 , 4-й клас небезпеки.

- Теоретично витрата ефіру становить 20% від маси сполучного. Фактично вона буває вищою, оскільки залежить від конфігурації стрижня, вентиляції ящика, якості ущільнення по роз'єму.
- Реальна витрата метилформіату - 20-40% від маси сполучного.

Метилформіат є не каталізатором, а реактивним компонентом механізму затвердіння. Перевищення його теоретичної витрати не впливає на швидкість і кінцевий рівень зміцнення.

Швидкість помітно залежить від розподілу метилформіату в обсязі стрижня або форми. Вона залежить також від відповідності кількості газу розміру стрижня і його конфігурації.

Кількість газу повинна бути мінімум 20% від маси сполучного, в іншому випадку можливе недотвердіння.

Таблиця 1. 6.

Технологічні властивості сумішей для процесу «Бета-сет»

Вміст сполучного, мас.ч.	Прочність на розрив після витримки, МПа			Живучість, год	Газопрон икність, од.	Газотворна здатність з, см/г
	30 с	1 година	24 години			
1,5	0,7	0,8-1,0	1,0-1,2	8	Більше 200	4
1,8	0,8-1,0	1,0-1,2	1,2-1,4	8	Більше 200	7

1.4.Процес силікат – складний ефір (рідке скло – складний ефір)

Система силікат натрію/складний ефір була розроблена в кінці 1960-х як альтернатива існуючій силікатній no-bake – системі, що використовує в якості затверджувача порошкові диоксиди – силікат, портландцемент, або феросиліцій. Рідкі органічні ефіри легше дозуються, змішуються і дозволяють легше контролювати швидкість затвердіння.

Органічні ефіри гідролізуються з контрольованою швидкістю під дією лужного силікату натрію, утворені кислоти реагують з силікатом натрію з утворенням силікагелю, який, власне, і зв'язує форми або стрижні. При

затвердінні не виділяється тепло, відсутні і газові виділення.

Система є неорганічною альтернативою процесам з органічними хімічними сполучними, використовується для виробництва форм середніх і великих розмірів і, рідше, для виготовлення стрижнів. Система силікат натрію/складний ефір часто використовується для обробки форм ПГС. Це сполучна речовина може використовуватися у всіх ливарних процесах. Особливо система силікат натрію/складний ефір підходить для виливків з низьковуглецевої сталі, оскільки такі виливки поглинають вуглець при використанні органічних сполучних речовин (поверхня виливка поглинає вуглець, що вивільняється при розкладанні сполучного, при цьому вплив здійснюється на шар в кілька міліметрів).

На відміну від органічних сполучних, міцність силікатної зв'язки підвищується після нагрівання до високої температури (при заливці металу). Для полегшення вибивання використовуються різні органічні добавки в формувальну суміш. Вони вигоряють, і в склоподібній масі з'являються неоднорідності. Це дуже важливо для полегшення вибивання і видалення «закритих» стрижнів.

Оскільки силікатний no-bake процес вважається екологічно чистою, зручною і загальноприйнятою системою, багато ливарних виробництв його широко використовують. Очевидні обмеження і недоліки перекриваються позитивними аспектами цієї системи.

Сполучна речовина. Для використання в якості ливарної сполучної речовини придатні кілька марок немодифікованих розчинів силікату натрію («рідке скло»). Поділ рідкого скла за марками базується на молекулярному співвідношенні між оксидом кремнію (SiO_2) і оксидом натрію (Na_2O), так званому модулі рідкого скла. При роботі з силікатами і складними ефірами кращі результати досягаються при застосуванні силікатів з модулем вище, ніж у силікатів, що використовують систему силікат натрію - CO_2 . Модуль для роботи зі складноефірними каталізаторами краще варіювати від 2,5/1 до 2,8/1, іноді використовують високомодульне рідке скло з модулем 3,2/1. При більш

високому модулі отримують більш реакційно-здатне сполучна при даному каталізаторі. Таким чином, у міру зростання значення модуля, зростає швидкість затвердіння, початкова механічна міцність форми, а також і складність вибивання.

Каталізатор. В якості каталізатора використовують низьков'язкі рідкі аліфатичні органічні складні ефіри. Доступні марки, що дають коротку, середню або довгу живучість, і відповідно швидкий, середній або повільний час розкатування і швидкість затвердіння.

Використовується кілька рецептур, при цьому перевага давно віддається використанню сумішей ацетатів поліспиртів. Часто використовувані органічні ефіри:

Гліцерину діацетат (Діацетин) – швидкий затверджувач Етиленгліколю діацетат (ЕГДА) – середній затверджувач

Гліцерину триацетат (Тріацетин) – повільний затверджувач

Ці ефіри зазвичай використовуються у вигляді сумішей, для отримання бажаного часу розкатування.

Добавки. Зв'язувальні речовини на основі силікату натрію мають відносно погані характеристики по вибивання, що обумовлено дуже високою температурою, що розвивається під час заливки металу. В якості добавок для поліпшення руйнування сполучного використовують сухі порошкоподібні матеріали, такі як вугільний пил, кокс, деревне борошно, тирса, пек, похідні цукрів, алюмосилікати і суміші цих матеріалів.

Всі ці порошкові матеріали покращують вибивання, але знижують міцність, погіршують зберігання стрижнів і зменшують плинність покритого піску. Алюмосилікатна глина (каолінового типу) не виділяє газів при заливці, як це роблять органічні добавки, значно покращує вибивання в алюмінієвому литті і радикально покращує його навіть при литті чорних металів.

Мелас та інші подібні добавки (рідкі відходи цукрової промисловості) використовуються з більшим успіхом, ніж порошкові матеріали. Додавання

10% цукру до смоли є нормальним, але підвищення до 30% забезпечить максимальне руйнування смоли. Однак, чим більше цукру, тим більше утворюється газів. Використання мінімальної кількості сполучного – найкращий спосіб для забезпечення прийнятної вибивання.

Операційні умови. Для приготування самотвердіючої рідкосклової суміші підходять і безперервні, і періодичні змішувачі. Використовувані в процесі органічні ефіри і силікатне сполучна речовина – низьков'язкі рідини, цілком придатні для подачі дозувальними насосами. Ефірний затверджувач змішують з піском перед додаванням силікатного сполучної речовини.

У періодичних змішувачах важливо уникати надмірного змішування, яке знижує живучість. Високошвидкісні інтенсивні змішувачі можуть викликати дегідратацію силікатного сполучного і знижувати міцність зв'язки. Слід уникати забруднення піску кислотними домішками, які дещо знижують живучість і міцність суміші.

Надмірне змішування призводить до сухої, порошкоподібної суміші, і в результаті можуть виходити слабкі, крихкі форми і стрижні.

Внаслідок високого вмісту сполучного, силікатна піщана суміш має низьку плинність і зазвичай вимагає більшого ущільнення, ручного або вібраційного, ніж інші суміші по bake.

Зазвичай використовують кварцовий пісок, оскільки не потрібне низьке кислотоспоживання пісків, можуть бути успішно використані і лужні піски. Олівіновий, хромітовий або цирконієвий піски можуть замінити кварцовий пісок. Процес малочутливий до значних змін розмірів частинок піску, температури і вмісту вологи.

Формовочна суміш зазвичай містить від 2,5 до 4% силікату натрію відносно ваги піску. Ефірний каталізатор додають від 10 до 12,5% від ваги силікату натрію. Іноді каталізатора додають більше, ніж 15% від маси рідкого скла, але це не збільшує швидкість затвердіння і може зменшити міцність. Тонкий пісок вимагає більше сполучного, але якщо існують проблеми з вибиванням, рівень сполучного повинен бути знижений.

Час розкатування і швидкість затвердіння залежать від температури, і при температурі нижче 150C повинен використовуватися нагрівач піску.

Крім температури, швидкість затвердіння залежить від модуля силікатного сполучного, складу ефірного затверджувача, а також дещо залежить від кількості затверджувача і концентрації розчину силікату натрію. Час розкатування при роботі з цією системою може бути від декількох хвилин до декількох годин. Затвердіння протікає від поверхні всередину, і після розкатування форми можуть бути витримані на повітрі в теплій, сухій атмосфері, щоб сприяти видаленню вологи з силікату і більш повному затвердінню. У деяких випадках успішно використовують CO₂ для прискорення No-Vac затвердіння.

Може використовуватися дерев'яна, металева або пластикова модельна оснастка, але масляні та алкідні фарби повинні бути виключені. Дерев'яна оснастка повинна бути пофарбована целюлозними або поліуретановими фарбами.

Оснащення і стрижневі ящики після використання можуть бути відмиті теплою водою для видалення прилиплого силікату і потім оброблені розділовим складом.

В умовах високої вологості повітря сповільнюється затвердіння і знижується термін зберігання форм/стрижнів. Стрижні не повинні встановлюватися в ПГС форми, якщо вони не заливаються в той же самий день.

Термін зберігання силікатно-складноефірних форм і стрижнів значно кращий, ніж коли вони виготовляються з системою силікат-CO₂. Як і з будь-яким смоляним сполучною речовиною, вологі умови погіршують міцність стрижнів/форм, але в нормальних умовах для стрижнів і форм, виготовлених з цією системою, термін зберігання становить до трьох тижнів.

Часто використовують вогнетривкі покриття для запобігання пригару піску і проникнення металу. Застосування вогнетривких фарб на водній основі є проблемою, внаслідок розм'якшення поверхні форм/стрижнів.

Рекомендуються покриття на спиртовій основі.

Регенерація піску зазвичай проводиться механічним методом. Якщо використовуються силікатні сполучні звичайного складу, повторне використання регенерату зазвичай менше 50%. Рецикловий пісок сприяє зниженню часу живучості і дає більш низькі міцності.

Термічна регенерація піску, пов'язаного силікатною системою, неможлива.

Мокра регенерація піску, пов'язаного силікатом натрію, дає можливість повторного зв'язування будь-якою сполучною системою з використанням 100% регенерованого піску.

Не допускається включення в піщано-смоляну суміш регенерованих пісків, попередньо пов'язаних з використанням кислотних каталізаторів.

Залишки силікату натрію в регенераті знижують вогнетривкість кварцового піску. Підвищений вміст лужних залишків в механічно регенерованому піску при повторному використанні збільшує ризик утворення пригару. При використанні силікатного сполучного тест ВПП не є показовим.

Складноефірні затверджувачі для рідкого скла

Рідке скло (силікат натрію) зі складними ефірами – це неорганічне сполучна речовина, що використовується в процесі формування із застосуванням холоднотвердіючих сумішей як альтернатива органічним сполучним речовинам.

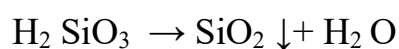
Це сполучна речовина може використовуватися у всіх ливарних процесах. Особливо вона підходить для виливків з низьковуглецевої сталі, оскільки такі виливки добре поглинають вуглець, коли використовуються органічні сполучні речовини (поверхня виливка поглинає вуглець, що вивільняється тепловим розкладанням сполучної речовини, при цьому вплив здійснюється на шар в кілька міліметрів).

Інша причина того, чому силікат натрію є ідеальним для використання зі сталевими виливками: це сполучна речовина – термопласт, і теплота заливки

викликає внутрішнє розширення затверділої сполучної речовини, отже, створюється менше перешкод стисненню виливки.

Розчин силікату натрію має сильно лужне середовище ($\text{pH} = 10-12$). Реакція затвердіння заснована на зниженні водневого показника (pH) до значень 5-7 в результаті заміщення слабких кремнієвих кислот більш сильною кислотою.

Ця кислота, що виділяється при гідролізі складного ефіру, утворює сіль з іонами натрію. Кислота знижує значення pH , силікат перетворюється в гель кремнієвої кислоти або гідратований діоксид кремнію.



Для затвердіння силікату натрію складні ефіри були обрані за їх розчинність у силікатах. Гідроліз складного ефіру відбувається швидко, при цьому утворюються сіль і спирт. Обидві ці речовини викликають утворення гелю:

Динаміка цієї реакції така:

- Зменшення значення pH через нейтралізацію іонів натрію.
- Перетворення іонів силікатів у полікремнієву кислоту, яка випадає в осад через її високу нестійкість.
- Хімічне висихання внаслідок зневоднення сполучного спиртом.
- Висока стабільність гелю кремнієвої кислоти завдяки зневодненню спиртом.

Час відхилення. Нейтралізація силікатів не відбувається миттєво, відбувається реакція затвердіння, а це надає суміші досить тривалу «життєздатність» (тобто тривалий період, протягом якого вона може використовуватися).

На швидкість затвердіння форми впливають зовнішні фактори, такі як температура піску, температура і вологість навколишнього повітря. При необхідності можна керувати процесом затвердіння нагнітанням гарячого повітря, можливо, збагаченого CO_2 .

Тип силікату натрію Силікат натрію – це аморфна неорганічна речовина, що складається з різної кількості кварцу, гідроокису натрію і води. Його склад визначається за модулем або ваговим співвідношенням $\text{SiO}_2 / \text{Na}_2 \text{O}$. Наприклад, силікат наступного складу:

$\text{SiO}_2 = 30\%$; $\text{Na}_2 \text{O} = 10\%$; $\text{H}_2 \text{O} = 60\%$ - це силікат з наступними характеристиками:

Модуль (або вагове співвідношення): $\text{SiO}_2 / \text{Na}_2 \text{O} : 30/10 = 3$ Сухий залишок = 40%

Практика показує: в процесі роботи з силікатами і складними ефірами кращі результати досягаються при застосуванні силікатів з модулем вище, ніж у силікатів, що використовують систему силікат натрію - CO_2 .

При виборі правильного модуля слід пам'ятати, що в міру зростання значення модуля, зростає швидкість затвердіння, початкова механічна міцність форми, а отже, і труднощі вибивання.

Кількість силікату, яку треба змішати з піском, визначається цілим рядом факторів, включаючи:

- Модуль скла
- Зернистість піску
- Тип і кількість добавок
- Температура і вологість
- Можлива наявність глини в піску (якщо її вміст перевищує 1%, це означає, що слід використовувати більшу кількість розведених силікатів з більш низьким модулем).

Тип складного ефіру. Затвердіння силікату можна досягти двома способами, кожен з яких використовує різні затверджувачі. Коротко суть цих способів така:

- Зміна співвідношення кварц - гідроокис натрію шляхом нейтралізації частини вільного NaOH за рахунок застосування кислотних агентів. Для цього використовують: вуглекислий газ, складні ефіри, фторсилікат

цирконію і подібні речовини, а також гліюксаль.

- Зневоднення, а отже, дегідратація силікату, з використанням цементу, колошникової золи, будівельного гіпсу, обпаленого доломіту та ін.

У процесі формування із застосуванням ХТС краще використовувати складні ефіри, оскільки вони є найкращими речовинами для нейтралізації гідроокису натрію, вони збільшують співвідношення кварц-гідроокис натрію і зневоднюють силікат.

Використовується кілька рецептур, при цьому перевага давно віддається використанню сумішей ацетатів поліспиртів.

Затвердіння відбувається в холодному стані, а час затвердіння залежить від типу використовуваного ацетату. Використовуючи дозовані суміші різних реагентів, можна підібрати проміжний час затвердіння.

З 2008 року рідкі затверджувачі почали випускатися під торговою маркою «Катасил» з різною живучістю (табл 1.7).

Таблиця 1.7.

Показники сумішей із затверджувачами «Катасил»

Найменування показника	Марка			
	Катасил 1	Катасил 2	Катасил 3	Катасил 6
Реакційна здатність	Швидкий	Середній	Стандартний	Повільний
Час живучості, хв	3	8-10	12	30
Час схоплювання, хв	10	20	30	60

ДОБАВКИ Спосіб зв'язування піску силікатами може мати такі недоліки:

- Зниження характеристик форми під час зберігання
- Труднощі при вибиванні при виготовленні деяких типів виливків
- Необхідність доводити якість поверхні виливків при використанні деяких типів сплавів

Кількість проблем, що виникають при застосуванні цього процесу,

пов'язана, в основному, з типом металу, що заливається у форму. При заливці частинки піску обволікаються плівкою скла, що складається з безводного силікату натрію, що ефективно спікає частинки піску. Таке спікання залежить від інтенсивності нагрівання, якому піддаються частинки піску, тривалості нагрівання і розміру частинок піску.

На відміну від багатьох органічних сполучних, характеристики зчеплення силікатів після нагрівання підвищуються. Тому, щоб полегшити вибивання, використовуються різні органічні добавки. Вони вигоряють, і в склоподібній масі залишаються неоднорідності. Це дуже важливо для полегшення вибивання і видалення «закритих» стрижнів.

Таким чином, добавки можна розділити на добавки для вибивання і добавки зі сполучними характеристиками:

- Добавками для вибивання можуть служити: вугілля, дьоготь, цукор, патока, глюкоза і тирса.
- Добавками зі зв'язувальними характеристиками можуть служити: спеціально оброблені фенольні смоли, які підвищують стійкість при зберіганні і покращують реологічні властивості піщаних сумішей.
- Оксид заліза підвищує стійкість форми до проникненню розплавленого металу.

Підготовка суміші. Процес із застосуванням силікатів і складних ефірів вимагає використання сухого піску, не гарячого, або, принаймні, температура якого контролюється.

Послідовність змішування така:

- Добавки
- Складні ефіри
- Силікат: оскільки силікат досить в'язкий, рекомендується дозувати його за допомогою об'ємного насоса, ретельно змішувати, уникаючи перегріву піску для запобігання втрат води.

У спекотну погоду можна додати трохи води для заповнення втрат від

випаровування, яке відбувається під час змішування. В якості альтернативи можна використовувати менш концентрований силікат.

Формування. У спекотну погоду можна порадити додавати трохи води (0,5 до 1,0%) для заповнення втрат від випаровування або використовувати менш концентрований розчин силікату.

Затверділа форма має дуже малу еластичність, тому модель повинна мати ретельно продуманий формувальний ухил і гладкі поверхні.

Досить низькі характеристики плинності піщано-силікатної маси означають, що слід відповідно виконувати набивання, щоб забезпечити заповнення сумішшю всього простору навколо моделі.

Фарбування форм фарбами на водній основі зменшує міцність пофарбованої поверхні. Фарби на спиртовій основі більше підходять для цих цілей.

Властивості форм, що зазнали впливу повітря, погіршуються, оскільки їх механічні характеристики послаблюються за рахунок поглинання води (завдяки їх гігроскопічності).

Контроль силікатів. Ведення постійних виробничих циклів вимагає контролю не тільки силікатів, але і якості піску. Це особливо важливо, якщо використовується регенерований пісок.

Слід контролювати температуру піску, лужність, жисперсність піску

Контроль хімічних властивостей

Визначення SiO_2 і Na_2O для підрахунку модуля силікату натрію можна провести простим титруванням.

Визначення вмісту речовини в сухому стані проводиться визначенням різниці мас до і після прожарювання при температурі 600°C .

Контроль фізичних властивостей

Силікат натрію складається з трьох компонентів. Однак, визначення будь-яких двох з перерахованих нижче характеристик буде достатньо для підтвердження відповідності якості продукту:

- В'язкість
- Щільність
- Вміст сухих речовин
- Силікатний модуль, тобто співвідношення $\text{SiO}_2 / \text{Na}_2 \text{O}$
- Вміст діоксиду кремнію (SiO_2)
- Вміст оксиду натрію ($\text{Na}_2 \text{O}$)

Контроль механічних властивостей піску на випробувальних зразках

Проведені технічні випробування мають на меті встановити механічні характеристики різних сумішей, дають (поряд з безпосередньою оцінкою суміші силікатів з піском) можливість побічно оцінити характеристики силікатів.

Для правильної оцінки суміш повинна бути приготована без будь-якого нагрівання із забезпеченням відсутності втрат води від випаровування на різних стадіях процесу. Це означає, що зразок суміші слід швидко поміщати в герметичний контейнер і що випробувальні зразки слід готувати швидко.

Якщо зразок піддається впливу повітря протягом приблизно двох хвилин, це може призвести до початку затвердіння через випаровування води і поглинання CO_2 з атмосфери.

Застосування. Кількість змінюється залежно від механічного або ручного застосування і становить від 2,5 до 4 % за масою піску. Час змішування в змішувачі становить 2 – 4 хвилини. Не рекомендується проводити змішування довше. Для запобігання висиханню суміші в результаті природного випаровування і/або внаслідок реакції з двоокисом вуглецю в повітрі, рекомендується прикривати запаси суміші вологими мішками або

закривати піскоструминну стрижневу машину.

Силікатна система має наступні переваги:

- Зниження усадки при охолодженні виливки;
- Висока розмірна точність;
- Негайне використання;
- Можливість використання стрижневих ящиків з дерева, алюмінію, чавуну і смоли.
- Відсутність карбонатних осадів.

Ця система підходить також для затвердіння рідкими затверджувачами на основі складних ефірів. Живучість цих сумішей змінюється залежно від системи і температури навколишнього середовища, а також від застосовуваного каталізатора.

Продування двоокисом вуглецю або гарячим повітрям ливарних форм може бути корисним для контролю співвідношення живучості і часу зняття форми для ливарних форм, пов'язаних силікатами і складними ефірами.

Механічна регенерація піску полегшується зневодненням силікату при попередньому нагріванні піску до 300°C максимум.

Ливарні форми мають здатність поглинати вологу з навколишнього середовища, знижуючи при цьому механічні властивості.

Можливості вилучення виливків і стрижнів, а також вибивання форм середні.

Рекомендується використовувати фарби на спиртовій основі.

1.5. CO₂ – силікатний процес

Хоча силікат натрію використовується в ливарній промисловості більше 100 років, тільки після 1950-х CO₂ – процес став популярним для виготовлення стрижнів і форм.

Основа системи складається з рідкого силікату натрію і газоподібного CO₂. Додатки можуть бути використані для отримання бажаних властивостей.

Типові силікатні смоли не мають запаху, негорючі і підходять для всіх видів робіт (висока продуктивність на великих формах), застосовуються для всіх типів пісків, не виділяють шкідливих газів при змішуванні і формуванні і виділяють мінімум летючих продуктів при заливці, охолодженні і вибиванні.

Застосування системи

Силікатні смоли можуть бути змішані з піском з використанням як періодичних, так і безперервних змішувачів. Пісок потім завантажується в стрижневий ящик або форму вручну або за допомогою піскоструминної/піскодувної техніки. CO_2 – газ при проходженні через систему затверджує суміш. Крім подачі CO_2 – газу, потрібне регулювання часу подачі газу і швидкості подачі.

Для кращих результатів температура піску повинна підтримуватися між 16 і 32 °С. Температура піску, газовий потік, тип силікату натрію і присутність добавок регулюють швидкість затвердіння.

Процес затвердіння має дві стадії. Початкова міцність розвивається протягом газациї. У період до 24 годин дегідратація може подвоїти початкову міцність. Ключ до успішного використання CO_2 – системи – мінімізувати час газациї для досягнення достатньої початкової міцності і тим самим отримати максимальну міцність через 24 години.

Оснащення/стрижневі ящики можуть бути виготовлені з будь-яких матеріалів. Рекомендується використання покриттів на спиртовій або трихлоретановій основі, якщо тільки не використовувати водні фарби з особливою обережністю. Силікатне сполучна проходить через стадію пластичності при високій температурі, що усуває гарячі тріщини, ребристість і дефекти пригару. Всі метали можуть бути залиті в цю систему. Регенерація CO_2 – силікат натрію системи може бути успішно проведена з використанням як мокрих, так і механічних методів.

Хімікати системи. Рідкий силікат натрію доступний з різним співвідношенням кварцу до оксиду натрію, з широким діапазоном в'язкості.

Найчастіше використовують силікати, які мають щільність від 48 до 52 градусів Боме (Be) (1,48-1,52 г/см³) і модуль від 2,0 до 2,6.

Зміною і модуля і вмісту води, можна зробити різні сорти силікату натрію з широким діапазоном фізичних і хімічних властивостей. Контроль газациї стає більш критичним при підвищенні модуля, оскільки в цьому випадку потрібно менше газу для реакції зі сполучною речовиною. Слід ретельно уникати надмірної газациї, яка скоротить термін зберігання готових стрижнів/форм.

Кількість сполучного, що використовується для стрижнів/форм, варіюється від 2 до 6%, залежно від типу силікату, добавок, піску, розміру частинок і рівня забрудненості піску. Додаткові фактори включають тип заливаного металу, температуру заливки, спосіб обробки і необхідну стійкість до ерозії.

Каталізатор – від 1 до 2 кг сухого CO₂ (0,5-1 м³) потрібно для затвердіння 100 кг покритого силікатом піску.

Початкова міцність стрижнів, газованих 5 секунд CO₂ , змінюється від 2,5 до 3,15 кг, залежно від типу смоли. Потім міцність збільшується до максимуму від 7 до 14 кг за 24 години. Збільшення пояснюється деякою дегідратацією непрореагованих силікатів і тривалим гелеутворенням силікату. За нормальних умов стрижні не псуються і можуть зберігатися.

Зберігання та поводження з хімікатами

Силікат натрію – одне з найменш токсичних використовуваних сполучних. Однак, слід ретельно захищати шкіру та очі внаслідок високого рН силікату. Контакт слід уникати. Достатня вентиляція повинна забезпечити видалення газів і парів, які виділяються з органічних добавок, розчинників розділових агентів, стрижневих покриттів та ін.

Параметри, що впливають на систему:

Тип піску – всі типи піску, включаючи кварцовий, цирконієвий і

олівіновий, можуть бути використані з силікатом натрію. Чистий, з круглими частинками пісок з GFN 55 (0,22 - 0,25 мм) вимагає зазвичай від 2,5 до 3% сполучного, тоді як пісок з GFN 120-140 (0,09-0,11мм) вимагатиме від 4 до 6% сполучного.

Температура піску – гарячий пісок (вище 32С) буде викликати дегідратацію і послаблювати міцність зв'язків. Холодний пісок (нижче 16С) буде створювати проблеми зі змішуванням і подовжувати час газациї.

Оптимальна температура піску – 18-24С.

Змішування – силікат натрію може дозуватися насосом у змішувач. Надмірне змішування виробляє тепло і аерацію, яка прискорює дегідратацію, тим самим, знижуючи живучість. Високий модуль силікату знижує живучість суміші. Контейнер з піщаною сумішшю слід закривати пластиковою плівкою або вологою мішковиною для запобігання поверхневого твердіння (утворення кірки).

Добавки – добавки в силікатну суміш не призначені для виправлення браку або дефектів. Однак, у багатьох випадках, використання відповідних добавок не тільки бажано, але й необхідно для успішного лиття. Одна з основних причин використання добавок в піщану суміш – поліпшення вибивання, тобто здатності стрижня легко видалятися з виливка. Цукри зазвичай використовуються для цієї мети і можуть бути поєднані з силікатною смолою або додані в піщану суміш. Однак, міцність стрижнів буде знижуватися, особливо у вологому середовищі. Вибивання може бути поліпшено зниженням кількості сполучного або зменшенням модуля силікату. Багато останніх технологій дають можливість використовувати добавки для вибивання з поліпшеним терміном зберігання. Багато сполучних систем, доступних зараз, об'єднані з декількома добавками в одно- і двокомпонентні системи. Добавки, що використовуються при литті різних металів, показані в таблиці 1.8, наведеній нижче:

Таблиця 1.8.

Добавки для металозавалки

Чавун і сталь	Цукор (меласа, глюкоза, декстроза та ін.); Вуглець (вугільний і коксовий пил, бітум, графіт); Глина (китайська або каолініт); Зола (летюча); Гас; Графіт; Оксид заліза; Полімери;
Магній	Сірка; Калію фторборат; Борна кислота; Гліколі; Полімери
Алюміній	Оксид заліза; Полімери
Латунь і бронза	Оксид заліза; Графіт; Полімери

Твердіння – твердіння може бути досягнуто різними способами, і використовуються апарати газациї, такі як зонди, кожухи або ковпаки.

Наступні загальні правила застосовуються для всіх методик газациї:

- Чим більше сполучного присутнє в суміші, тим більш тривалий час газациї потрібно для досягнення потрібної міцності.
- Тривалий час газациї із середнім газовим потоком і тиском дає вищу міцність, ніж короткий час і високий тиск.
- Сполучна речовина з низьким силікатним модулем вимагає більше CO₂ для газациї і дає погане вибивання (рекомендується модуль 2,4-2,6).
- Рекомендується тиск газу CO₂ в області від 1,4 до 4,2 атм за манометром. Для більшості застосувань, тиск від 2 до 2,8 атм дає найкращі результати.
- Швидкість затвердіння чутлива до температури і дуже повільна нижче 10С.
- Швидкість газового потоку від 5 до 8 cfm (кубічних футів на хвилину, тобто 142-227 л/хв) рекомендується для більшості застосувань.

Оснащення та обладнання – стрижневі ящики та оснащення можуть бути виготовлені з дерева, металу та пластику, і їх слід регулярно мити для запобігання прилипанню та наростанню силікату натрію.

Обладнання та інструменти – невеликі стрижні та форми успішно

виготовляються за допомогою піскоструминних машин, комбінація зі станцією газачії дозволяє працювати з заздалегідь визначеним циклом та автоматичним контролем. Висока продуктивність досягається з використанням двох стрижневих ящиків, так що поки один газується, інший наповнюється. У цьому застосуванні, CO_2 – газ вдувається через порожнини в оснастці або подвійну стінку стрижневого ящика, або через сердечник в стрижні, або через кожух, що закриває ящик.

Великі стрижні можуть бути затверджені за допомогою трубок подачі газу близько 5 мм в діаметрі і відкритим нижнім кінцем. Використовуються штоки (свердла), отвори робляться на відстані 6 дюймів; трубки подачі газу вставляються в кожен отвір і газ подається від 10 до 15 секунд під тиском 1,75 атм. Газ буде проникати і затверджувати ділянки піску приблизно в радіусі 3 дюймів навколо отвору.

Великі стрижні і форми газуються легко за допомогою спеціально сконструйованих кожухів або кришок з прокладками, які точно встановлюються над опокою або ящиком. Важливо зробити так, щоб газ проходив через всі частини маси. Це досягається правильним розташуванням вентів.

Вологість повітря – під час періодів високої вологості, зв'язки не здатні досягти максимальної міцності за рахунок дегідратації протягом зберігання після газачії. Міцність погіршується в умовах високої вологості, найбільше тоді, коли склад сполучного або піщана суміш містить органічні добавки, такі як цукри, крохмалі або вуглеводи. У цих умовах, короткий час циклу необхідний для отримання необхідної міцності. Коли стрижні затвердівають з ретельним контролем газачії, і подальше затвердіння за допомогою дегідратації і полімеризації протягом наступних 24 годин, хороша міцність забезпечується на тривалий період зберігання.

Рекомендації щодо покриттів – покриття можуть бути необхідні для стрижнів/форм, виготовлених за допомогою силікату CO_2 – процесу для запобігання поверхневих дефектів виливки. Фарби на спиртовій основі і на

основі розчинників зазвичай використовуються; ізопропіловий спирт є більш кращим, ніж метанол, внаслідок своєї низької токсичності і високої точки кипіння. Спеціально приготовані вогнетривкі покриття комерційно доступні як готові для використання, так і у формі пасти. Покриття забезпечують кірку, покращують поверхню виливки і сприяють стійкості до поглинання вологи під час періодів високої вологості. Фарби на водній основі можуть використовуватися, якщо ретельно сушити стрижні негайно після покриття. Ця процедура повинна проводитися з обережністю, так як вода розм'якшує силікатну зв'язку.

Час заливки – метал може бути залитий негайно після покриття, за умови, що покриття буде ретельно висушене.

Регенерація – пов'язані силікатами піски, після заливки і вибивання, можуть бути регенеровані механічними способами; до 50% піску може бути повторно використано. Мокра регенерація силікатних систем – більш популярний метод і може бути зроблений з витратою менше 1 тонни води на тонну чистого піску.

Постановка завдань дослідження:

На підставі проведеного літературного огляду в роботі вирішувалися наступні завдання:

- Дослідити технологічні властивості і розробити склади ХТС з додаванням води в регенерат для Альфа-сет процесу із застосуванням різних 'язувальних матеріалів;
- Дослідити технологічні властивості і розробити склади ХТС з рідкими затверджувачами «Катасил» з кварцовими пісками різних родовищ; дослідити вплив пластифікаторів на технологічних властивостей рідкосклових ХТС для CO₂ процесу та розробити оптимальні склади ХТС.

РОЗЖІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ХТС

2.1. Вихідні формувальні матеріали для дослідження

Нами було обрано 3 марки формувальних пісків різних родовищ, які знаходять найширше застосування в ливарних цехах регіону. Всі піски мають, в основному, $pH=7-8$, тобто є нейтральними і можуть застосовуватися з усіма сполучними, в тому числі і лужними смолами.

Використовувалися наступні формувальні піски:

1.3K₃ O₃ 016 : глиниста складова – до 1,2%; коефіцієнт однорідності 60-70%.

2.2K₂ O₃ 03 ; глиниста складова 0,17-0,3% ; коефіцієнт однорідності 60-70%.

3.1K₂ O₃ 02

4.2K₂ O₃ 025 глиниста складова становила 0,4% і більше; коефіцієнт однорідності 60-70%

Вибрані піски мають різну глинисту складову та форму зерна.

Розсів пісків здійснювалом на ротаті (рис. 2.1)



Рис.2.1. Прилад для визначення зернового складу модель 029

У складах ХТС для Альфа-сет процесу використовувався регенерат, отриманий при механічній регенерації. Матеріал був взятий з установки регенерації, що працює в ливарному цеху «Колбі» і використовує пісок 2. Для оцінки впливу якості регенерату на міцнісні властивості досліджували ХТС з двома видами регенерату – свіжим і отриманим рік тому.

Для досліджень технологічних властивостей ХТС обрано наступні NO-BAKE процеси:

2.1.1. Матеріали для Альфа-сет процесу

Для визначення технологічних властивостей і впровадження у виробництво обрано сполучні – АлкасетНБ7 і каталізatori Каталіт 1В, 2В, 3В з живучістю 7,12,20 хв., час вилучення з оснащення при 20⁰ С 15,20,30 хв.

Рекомендована кількість затверджувача в суміші – 20-22% від смоли.

Показники сполучного:

- в'язкість динамічна при 25⁰ С, МПа*с 50-200;
- в'язкість умовна за віскозиметром ВЗ-246 (сопло 4 мм, с) 25-70;
- масова частка нелетких речовин,% 56-61
- час желатинізації при 20⁰ С, хв. 10-15;
- щільність, г/см³ 1,2-1,26;
- зовнішній вигляд - однорідна рухома рідина темно-червоного кольору без механічних включень.

Для порівняльного аналізу визначали технологічні властивості ХТС з імпортними сполучними, що застосовуються на інших підприємствах регіону.

Найчастіше застосовуються сполучні системи фірми HEXION SPECIALITY CHEMICALS UK LTD (стара назва – Borden), Англія. Застосовується смола ТРА-135, що має такі основні властивості:

- в'язкість при 25⁰ С близько 90 сР;
- рН 12,5;
- питома вага при 20⁰ С 1,24кг/дм³ ;
- масова частка нелетких речовин (сухий залишок) 60%;;
- вміст вільного фенолу менше 0,3%;
- вміст азоту менше 0,95%;
- термін зберігання, місяці при 25⁰ С; 6 місяців при 20⁰ С;
- колір темно-червоний.

Каталізатори затвердіння.

Застосовується 20-22% від вмісту смоли.

Затверджувачі АСЕ 1075, 1535, 1020, 1010, що мають живучість – 10. 6. 4, 2 хв. і час вилучення з оснащення при 200 С через 75, 35, 20, 10, відповідно.

В'язкість – 10сР; питома вага – 1,05-1,16 кг/дм³ ; термін зберігання при 20⁰ С – 2 роки.

Також застосовується сполучна система з Фінляндії. Виробник – Palm Almgren Resins AB SE 284 80 PERSTORP Sweden.

Смола –РА 5404 F.

Основні властивості:

- вміст твердої речовини 48-50%;
- вміст води 50-52%;
- в'язкість при 25⁰ С 50-75 мПа·с;
- рН при 25⁰ С 11,5-12,5;
- густина при 25⁰ С 1210-1230 кг/м³;
- вміст вільного фенолу макс. 0,5%;
- вміст вільного формальдегіду макс. 0,2%;
- вміст азоту макс. 0,2%;
- Колір червоно-коричневий.
- термін зберігання (гарантійний) 12 місяців.

Каталізатори затвердіння: РА 9683 F, РА 9603 F, РА 9604 F, РА9605 F, РА 9606 F та ін.

Кількість каталізатора становить 20-25% від смоли.

Щільність 1050-1150 кг/м³ .

Час затвердіння для РА 9683 F становить 15 хв.

2.1.2. Матервали для процесу рідке скло-складний ефір

Для досліджень використовувалося рідке скло, (М=2,83; щільність 1,55г/см³) з силікатної брили.

У дослідженнях використовували рідке скло з такими властивостями:

- необхідна щільність сполучного, що використовується в цеху 1,48-1,55 г/см³ ;
- модуль рідкого скла варіювали, зменшуючи вихідний додаванням їдкого натру (NaOH) щільністю 1,3г/см³ ..

Для оцінки впливу модуля рідкого скла на внутрішнє затвердіння суміші використовували наступні модулі: 2,65; 2,51; 2,41; 2,30.

Були обрані рідкі затверджувачі наступних марок: Катасил 1, 1М, 2, 2М, 3, 3М, 6, 6М. Приблизні показники живучості були представлені в таблиці 1.7.

Щільність затверджувача становить 1,155-1,190г/см³. Для порівняння визначали технологічні властивості рідких затверджувачів АЦЕГ3ОМ і АЦЕГ5ОМ, що випускаються компанією «Хімсorbент».

2.1.3 Матеріали для CO₂ - процесу

Рідке скло з М=2,80-2,83 і їдкий натрій щільністю 1,35г/см³.

Лужна смола для Resol-CO₂ процесу

Карбофен (Huttenes Albertus, Німеччина), що має (за літературними даними) такі властивості:

- в'язкість (25⁰ С) – 400-650 сп
- густина (20⁰ С) – 1,4 г/см³ (нехарактерна для резолів висока питома вага викликана надлишком КОН у складі смоли)
- вміст, мас.‰: вільного фенолу – менше 0,1; вільного формальдегіду – менше 0,3
- термін зберігання – 6 місяців.
- рН=14
- орієнтовна ціна – 29-32 тис.грн.

Резофен СВ

- в'язкість (25⁰ С) – 400-550сп
- густина (20⁰ С) – 1,3 г/см³
- вміст, мас.‰: вільного фенолу – менше 0,1; вільного формальдегіду – менше 0,1
- рН= 12-14
- колір – червоно-коричневий

- орієнтовна ціна – 19-20 тис. грн./т

Молярні співвідношення вихідних матеріалів при синтезі смол приблизно такі: фенол/формальдегід - 1:2,3; КОН/фенол – 2:1.

КОН використовується у вигляді 50% водного розчину.

АлкасетСО₂ Показники сполучного:

- щільність - 1,29-1,34 г/см³
- в'язкість динамічна, мПа*с - 300-600
- в'язкість умовна за ВЗ-246 (сопло 4 мм), сек. - 50-80.
- рН - не менше 13
- Сухий залишок (3 г/3 години 100⁰ С) - 66-68%, тобто води близько 34-35%.
- Масова частка вільного формальдегіду - не більше 0,1%.
- Масова частка вільного фенолу - не більше 0,1%.
- Азот - відсутність.

2.2. Рецептури досліджуваних сумішей

2.2.1. Альфа-сет процес

В даний час в цеху підприємства застосовуються ХТС із використанням регенерату, що отримується на установці механічної регенерації. Застосовуване сполучна речовина - Palm Almgren Resins AB SE 284 80 PERSTORP Sweden. Для порівняння досліджували склади ХТС зі смолою АлкасетНБ7 і каталізаторів Каталіт 1В, 2В, 3В.

Обрані для досліджень склади ХТС містили різну кількість свіжого піску та регенерату: 100% свіжого піску, 50% регенерата, 70% регенерата, 100% регенерата.

Досліджували вплив додавання води в регенерати на підвищення міцності сумішей. Кількість води змінювали в інтервалі 0,3-0,7% від маси наповнювача (загальної). З цією метою були обрані склади ХТС зі смолою

Resins, що застосовується в даний час, і для порівняння АлкасетНБ7 і Каталіт2В.

У таблиці 2.1. наведено склади досліджених ХТС з 1,4% сполучного (АлкасетНБ7, Resins), 20% каталізатора (Каталіт2В, РА 9683 F) від смоли із застосуванням піску 2К₍₂₎ О₍₃₎ 03 (пісок 2) і регенератом, отриманим на підприємстві.

Таблиця 2.1

Склади досліджених ХТС

Компоненти суміші, (%)	Номер суміші													
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Кв.пісок	100	50	30	50	50	50	30	30	30	-	-	-	-	-
Регенерати	-	50	70	50	50	50	70	70	70	100	100	100	100	100
Вода	-	-	-	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	-	0,3	0,5	0,7	0,9

У таблиці 2.2 наведено склади ХТС з піском 1К₁ О₄ 02 (пісок 4) і регенератом.

Таблиця 2.2.

Склади ХТС з піском 1К₁ О₄ 02 (пісок 4) і регенератом

Компоненти суміші, (%)	Номер суміші													
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Кв.пісок	100	50	30	50	50	50	30	30	30	-	-	-	-	-
Регенерати	-	50	70	50	50	50	70	70	70	100	100	100	100	100
Вода	-	-	-	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	-	0,3	0,5	0,7	0,9

У таблиці 2.3 наведено склади ХТС з піском 2К₂ О₃ 025 і регенератом.

Таблиця 2.3.

Склади ХТС з піском 2К₂ О₃ 025 і регенератом

Компоненти суміші, (%)	Номер суміші													
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Кв.пісок	100	50	30	50	50	50	30	30	30	-	-	-	-	-

(Балахна)														
Регенерати	-	50	70	50	50	50	70	70	70	100	100	100	100	100
Вода	-	-	-	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	-	0,3	0,5	0,7	0,9

Суміш виготовлялася в лабораторному змішувачі з масою замісу – 1,5 кг. Змішувач переобладнаний з катушкового (зняті катушки і поставлена гребінка). Швидкість обертання – 60 об/хв.(рис 2.2.)



Рис.2.2. Лабораторні бігуни.

Режими перемішування:

1 режим:

- пісок з регенератором – 2 хв.;
- вода – 2 хв.;
- каталізатор – 2,0 хв.;
- смола – 30с. і 60с.

2 режим:

- регенерат з водою -2 хв.;
- пісок – 2 хв.;
- каталізатор – 2 хв.;
- смола – 30с. і 60с.

Час перемішування зі смолою варіювали – два режими 30с. і 60с. з метою виявлення оптимального, при якому отримуються максимальні міцності.

Порядок введення води також змінювали: вода в регенерат і вода в суміш піску і регенерату.

Температура в приміщенні лабораторії – 20-23⁰ С при вологості повітря 50-60%.

2.2.2. Процес Рідке скло-складний ефір

З метою застосування технології «рідке скло – ефір» досліджували склади рідкосклових ХТС з 2,0-4,0% сполучного. Застосовували всю лінійку затверджувачів «Катасил» - 1, 1М, 2, 2М, 3, 3М, 6, 6М.

Склади досліджуваних ХТС

- Кварцовий пісок - 2000г (100% за масою):
- 3K₃ O₃ 016
- 1K₂O₃ 02;
- 2K₂ O₃ 03
- Катасил 8,0г (0,4%).
- Рідке скло (щільність -1,47-1,48г/см³) – 40,0-80,0г (2,0-4,0%).

Були обрані наступні модулі рідкого скла: 2,65; 2,51; 2,41; 2,30. Чим

нижче модуль, тим повільніше швидкість затвердіння суміші.

Суміш виготовлялася в лабораторному змішувачі періодичної дії. Температура в лабораторії – 20-23 градуси, вологість – 50-60%.

Режим перемішування: пісок з Катасілом – 2-2,5 хв., з рідким склом – 30-40 с. Визначалася живучість суміші за втратою 30% міцності (через 1 добу). Міцність на стискання через 30 хв., 1, 2 і 24 години.

2.2.3.CO₂ процес

Рідке скло

В даний час застосовуються рідкосклові суміші для CO₂ процесу наступного складу:

- кварцовий пісок – 100% ;
- рідке скло (М=2,80-2,83, щільність 1,52-1,55г/см³) – 3,5-4,5%;
- їдкий натрій (щільність 1,36 г/см³) – 1,3%.

Необхідні властивості:

- газопроникність не менше 100 од.;
- міцність на стискання у вологому стані 0,006-0,008 МПа;
- міцність на розтягування після продувки – 0,24-0,29 МПа;
- вологість – 2,6-2,9%.

Пропонується використовувати більш якісні марки формувальних пісків, що дозволяють отримати більш високі технологічні властивості.

З метою підвищення міцності ХТС пропонується пластифікатор . що являє собою, в основному, суміш низькомолекулярного рідкого поліетилену і окису пропілену. Це рідина кольором від світло-жовтого до коричневого, малотоксична, нелетка, з летальною часткою 50 г/кг. Має резорбтивну дію при тривалому контакті зі шкірою і слизовою оболонкою.

Розчинний у воді та органічних розчинниках.

Добавка зважувалася на точних вагах крапельним способом за допомогою шприца і вводилася перемішуванням з піском вручну, оскільки

використовуваний змішувач не дозволяв отримати якісне змішування. Менша кількість (<0,15%) дуже складно замішувалася в наповнювач, а більша (>0,7-0,8%) призводила до зниження міцності.

Лужна смола

Пропонується використовувати в цеху поряд з рідкоскловими ХТС і суміші з лужною смолою АлкасетСО₂. Це дозволить різко поліпшити вибиваність сумішей (низька залишкова міцність), підвищити міцнісні властивості ХТС, поліпшити якість поверхні, підвищити точність виливки. В даний час складні стрижні на рідкому склі погано вибиваються, виливки мають низьку якість поверхні і.т.д.

Нами досліджувався вплив описаної вище добавки (пластифікатор) на міцнісні властивості ХТС.

Суміш виготовлялася в лабораторному змішувачі з масою замісу – 1-1,5 кг. Змішувач переобладнаний з котушкового (зняті котушки і поставлена гребінка). Швидкість обертання – 60 об/хв. Час перемішування зі смолою – 1 хв. Температура в приміщенні лабораторії – 22-25⁰ С при вологості повітря 40-50%.

Для дослідження ХТС зі смолою АлкасетСО₂ були обрані наступні склади сумішей:

	Суміш 1	Суміш 2	Суміш 3
Кварцовий пісок (%, маси)	100	100	100
Смола (%, маси)	3	2,5	2

Добавка (пластифікатор) від 0,2 до 0,8 %, мас.

Маса замісу – 1 кг (лабораторні бігуни без котків, швидкість обертання – 60 об/хв). Режими перемішування:

- без пластифікатора: пісок зі смолою – 3 хв.;
- пісок з пластифікатором -3хв.; зі смолою – 1хв.; Режими продувки СО₂ : -

тиск $P=0,06-0,08\text{МПа}$;

- час продувки – 30-60с.

Виготовлення стандартних циліндричних зразків у металевому стрижневому ящику, ущільнення – ручне.

2.3.Визначення технологічних властивостей сумішей

Виготовлялися стандартні циліндричні зразки 50х50мм.

Суміш вручну ущільнювали в багатогніздовому роз'ємному, металевому стрижневому ящику.

Визначали основні стандартні технологічні властивості сумішей, а саме:

- міцність на стискання (рис 2.3),
- міцність на роздавлення (відкол);
- осипання ГОСТ (23409.9-78) (рис.2. 4);
- вологість (ГОСТ23409.5-78);
- газопроникність (ГОСТ23409.6-78) (рис.2.5).



Рис. 2.3. Прилад для визначення міцності модель 04116



Рис.2.4. Прилад для визначення осипання



Рис.2.5. Прилад для визначення газопроницності модель 042 М

Для кожного випробування виготовлялося по 4-6 зразків. (рис. 2.6)



Рис 2.6. Зразки

Міцність на стискання визначали на стандартних зразках 50x50мм.

Використовувався прилад вітчизняного виробництва моделі 04116 з межами вимірювань 0,6-3,0 МПа.

Живучість для рідкосклових ХТС з ефірами визначали двома методами:

- за втратою 30% міцності (через 1 добу);
- органолептично (купка суміші).

Міцність на стискання визначали через 30 хв, 1, 2 і 24 години для ХТС з рідкими затверджувачами.

Для оцінки утрудненого затвердіння суміші зразки залишали в оснащенні та ізолювали відкриту поверхню.

Зразки перед випробуванням витримували протягом 1, 4, 8 діб.

Для ХТС за Альфа-сет процесом живучість визначали 3 способами:

- органолептично (купка суміші);
- за зниженням міцності на 30% (через 1 добу);
- за методикою, запропонованою італійською фірмою Кавенагі, яка полягає в наступному: зі свіжоприготованої піщано-смоляної суміші виготовляється циліндричний зразок. У стандартний металевий циліндр (для виготовлення зразка на стискання) засипається суміш, надлишок суміші зверху знімається і суміш ущільнюється трьома ударами копра. Після чого циліндр із зразком знімається і на поверхні визначається час живучості та час кінцевого схоплювання.

Для визначення даних показників використовується спеціальний алюмінієвий стрижень діаметром 8-10 мм конусоподібного типу з діаметром наконечника (гострого кінця) 1 мм і вагою рівно 12 грам (рис. 2.7). На стрижень одягається циліндричний вантаж вагою рівно 100г.

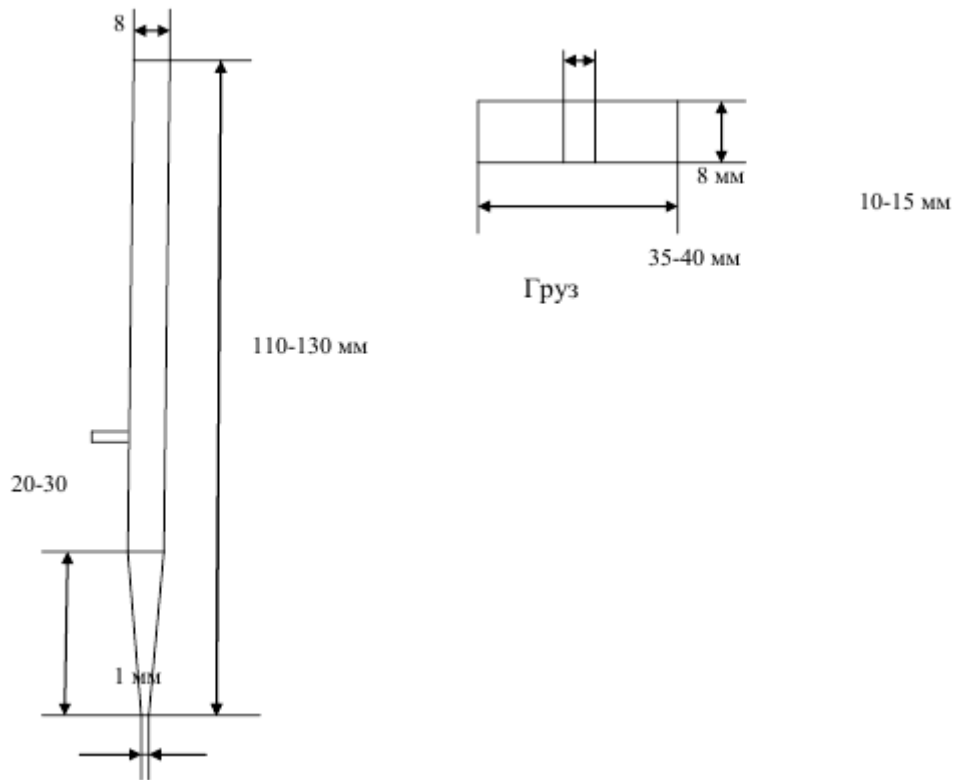


Рис 2.7. «живучеміра» приблизно в натуральну величину. Матеріал – алюміній, матеріал вантажу – сталь або інший метал

За час початкового схоплювання приймається інтервал часу з моменту вивантаження суміші з змішувача до моменту, коли стрижень, поставлений на поверхню зразка (приблизно на 2 сек.), не залишає на ньому відбитка.

За данною методикою за час живучості приймається $2/3$ від цього початкового часу схоплювання.

За кінцевий час схоплювання приймається інтервал часу з моменту вивантаження суміші з змішувача до моменту, коли стрижень з одягненим на нього вантажем (вагою 100 г), поставлений на поверхню зразка (приблизно на 2 с.), не залишає на ньому відбитка.

Як було зазначено вище, ці два параметри визначаються на поверхні зразка. Але якщо за початковим часом схоплювання можна досить точно судити про живучість суміші ($2/3$ від початкового часу схоплювання), то другий показник - кінцевий час схоплювання - досить умовний і говорить лише про ступінь затвердіння поверхневого шару суміші, але ніяк не є часом

зняття - розкатування зразка (напівформи).

Час внутрішнього затвердіння - Після визначення перших двох параметрів, металевий циліндр перевертається знімною основою вгору.

Металева кришка - основа відкривається і на поверхні (яка не була в контакті з повітрям) визначається кінцевий час схоплювання, аналогічно способу, описаному вище (з вантажем). Металева кришка - основа циліндра відкривається тимчасово, і якщо час схоплювання на зворотній поверхні зразка ще не настав, знову закривається. Повторне визначення приблизно через хвилину

Час внутрішнього затвердіння характеризує затвердіння суміші (зразка) в закритій зоні, без доступу повітря. Товсті металеві стінки циліндра моделюють охолоджуючий ефект металевих ящиків (моделей) в реальному формуванні. Після досягнення часу внутрішнього затвердіння ми вважаємо за можливе говорити про час розкатування.

За нашими лабораторними даними, даний час внутрішнього затвердіння для різних систем - різний, і залежить від цілого ряду факторів: температура суміші, кількість каталізатора, вміст води в смолі, і.т.д.

Наприклад, за останньою смолою Резоформ НБ 4Ф+5, з затверджувачем Н 900 (40% від маси смоли), час початкового схоплювання - 7 хв., кінцевого - 10 хв, внутрішнього - 15 хв.

Для альфа-сет процесу, з огляду на більш повне об'ємне затвердіння, на відміну від фурану, відставання внутрішнього затвердіння від кінцевого часу схоплювання менш значне. Для ЖСС з огляду на висихання поверхні і контакту з CO₂ повітря, напевно, відставання буде значним.

Дані, отримані за цією методикою, дають порівнянні результати з загальноприйнятою методикою оцінки живучості за втратою міцності.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХТС І РОЗРОБКА ОПТИМАЛЬНИХ СКЛАДІВ СУМІШЕЙ

В даний час в ливарному цеху для виготовлення форм і стрижнів використовуються рідкосклові суміші, що затверджуються CO_2 . В якості наповнювача застосовується пісок **ЗК(з) О(з) 016**: глиниста складова – до 1,2%; коефіцієнт однорідності 60-70%.

Склад суміші:

- кварцовий пісок – 100% ;
- рідке скло ($M=2,80-2,83$, щільність $1,52-1,55 \text{ г/см}^3$ – 3,5-4,5%;
- їдкий натрій (щільність $1,36 \text{ г/см}^3$) – 1,3%.

Необхідні властивості:

- газопроникність не менше 100 од.;
- міцність на стискання у вологому стані 0,006-0,008 МПа;
- міцність на розтягування після продувки – 0,24-0,29 МПа; на стискання 0,80-1,10 МПа;
- вологість – 2,6-2,9%.
- осипаність – 0,2-0,4%.

Таким чином, необхідні властивості мають досить низький рівень, що пов'язано з литтям магнієвих сплавів, які мають низьку температуру плавлення. Однак відомо, що ХТС на рідкому склі погано вибиваються (висока трудомісткість вибивання), мають погану податливість, що може призвести до утворення гарячих тріщин, поганої якості поверхні тощо.

Тому в роботі ставилися такі завдання:

1. Дослідження міцнісних властивостей і розробка складів ХТС з системою рідке скло – ефір з різними кварцовими пісками з метою зниження кількості сполучного до 2,0-2,5%;

2. Дослідження міцнісних властивостей і розробка складів ХТС з рідким склом для CO₂ процесу і пластифікатором;
3. Дослідження міцнісних властивостей і розробка складів ХТС зі смолою Алкасет CO₂ і пластифікатором замість технології на рідкому склі.;
4. Аналіз застосування пісків різних марок

3.1. Дослідження міцнісних властивостей і розробка складів ХТС з системою рідке скло – ефір з різними кварцовими пісками

Цю технологію почали застосовувати у нас в 80-х роках минулого століття. Вона має свої переваги і недоліки. Основною метою застосування цього технологічного процесу є зниження вмісту рідкого скла.

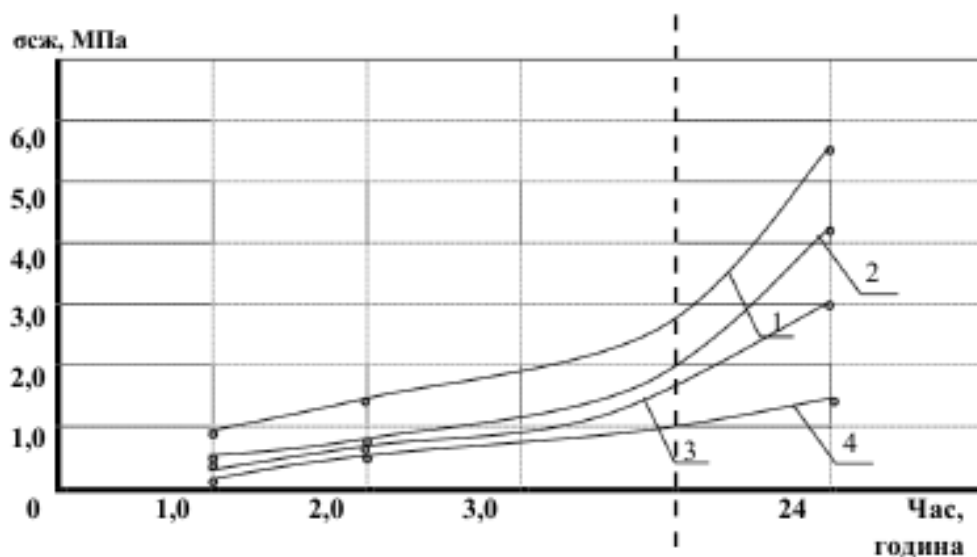
У даній роботі використовувалися затверджувачі Катасил різних марок, що дозволяють отримати живучість ХТС від 10-15 хв. до 1 години і більше. Це визначається вимогами конкретного ливарного цеху.

У суміш вводиться 10% затверджувача від вмісту рідкого скла. Досліджували склади ХТС з різними пісками: базовий,(1) який використовується в ливарному цеху в даний час, а також суміш пісків пісків 2 та 3.

Дослідження складів ХТС з піском 3КЗО3016

На початку визначали міцність сумішей з затверджувачами Катасил різних марок з використанням піску 1, який використовується в ливарному цеху.

Рекомендований модуль рідкого скла 2,40-2,50. Був обраний модуль 2,51, на якому раніше проводилися дослідження технологічних властивостей ХТС . Результати визначення міцності сумішей з різним вмістом рідкого скла і затверджувачем Катасил2 представлені на рис. 3.1 а.



Малюнок 13 а)

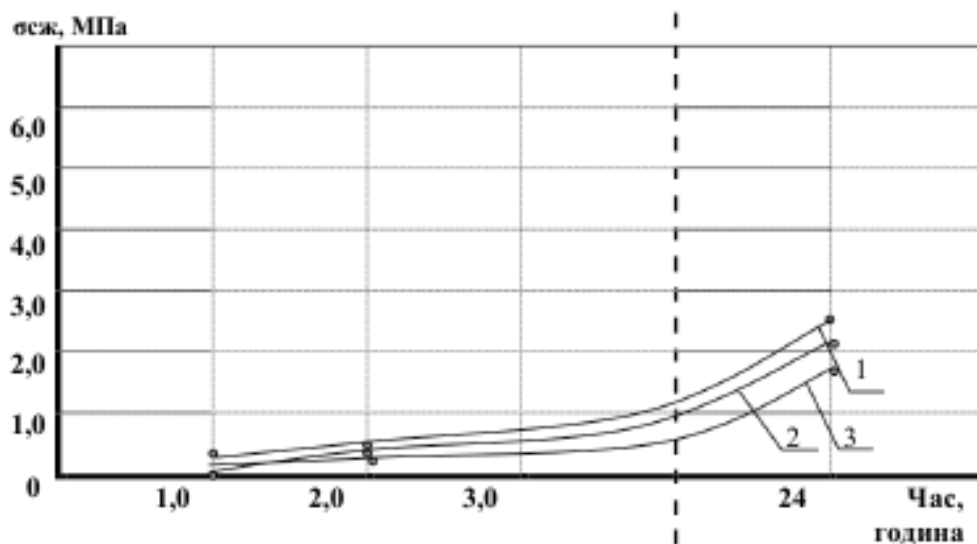


Рисунок 13 б)

Рис.3.1 . Міцність рідкосклових ХТС ($M=2,51$; щільність $1,47-1,48\text{ г/см}^3$) з затверджувачем Катасил2 (10% від р. скла), пісок - 3К₃ О4 016:

а) 1 - 4% рідкого скла; 2 – 3,5% ж.ст.; 3 – 3,0% ж.ст.; 4 – 2,5% ж.ст.; живучість 15-20хв.

б) 1 - 3% ж.ст.; 1,0% смола АлкасетНБ7; 2 – 3% ж. ст.; 1% смолаКФ-65С; 3 – 2,5% ж. ст., 0,3% смола Резоформ НБ95Ф,

Були досліджені склади з 4,0% (1), 3,5% (2), 3,0% (3) і 2,5% (4) рідког скла. Міцність визначали через 1, 2 і 24 години. Живучість – 15- 20 хв. З представлених результатів випливає, що в усіх випадках міцності через 24 години відповідали вимогам, що пред'являються до міцності сумішей у цеху.

Так навіть при 2,5% сполучного (4) міцність становила 1,4 МПа. Тобто для форм і стрижнів, що заливаються на наступний день, можна в принципі використовувати склад з 2,5% рідкого скла.

При 3,0% рідкого (3) скла міцність через годину склала вже 0,4 МПа, через 2 години – 0,7 МПа, а через добу – 3,0 МПа. Таким чином, форми через 3 години вже набирають необхідну міцність, тобто їх можна заливати рідким металом.

Добові міцності мають високі величини. Зі збільшенням вмісту рідкого скла до 3,5 і

4,0% міцності істотно зростають і становлять через 24 години 4,2 МПа (2) і 5,5 МПа відповідно.

Такі міцності при виготовленні виливків з магнієвих сплавів в принципі не потрібні.

Початкові міцності також зросли і необхідна міцність набирається через 1-2 години. Так при 4,0% сполучного міцність через 1 годину склала 1,0 МПа тобто необхідна, а при 3,5% ця міцність досягається через 2,0-2,5 години.

Осипання при цьому не перевищувало 0,2%.

З представлених даних випливає, що *можливо використовувати склади з 2,5-3,0% рідкого скла в суміші, але заливати їх можна тільки через 3 години і більше, коли набирається задана міцність.*

З літературних даних [1] і практичного досвіду відомо, що при додаванні в рідке скло фенолформальдегідної смоли міцність ХТС для CO_2 процесу може збільшуватися в 1,5-3,0 рази.

Рекомендований склад: 3% рідкого скла і 1% смоли.

У зв'язку з цим вирішили спробувати додавати смолу в рідке скло для процесу з рідкими затверджувачами.

Досліджували показники міцності ХТС з 3% рідкого скла і 1% різних фенольних смол. Результати представлені на рис.13.б. З представлених результатів випливає, що ефекту від введення смоли немає. У всіх випадках міцність ХТС з добавкою смол нижча за таку ж суміш без них.

Так, добавка 1% фуранової смоли РезоформНБ95Ф дала найнижчі результати, міцність через добу не перевищувала 1,8 МПа (без смоли 3,0МПа). Міцність ХТС з карбамідофурановою смолою КФ-65С дещо вища, але також не перевищує 2,2МПа. Найвища, порівняно з попередніми смолами, міцність була отримана з додаванням лужної смолою АлкасетНБ7, вони склали через добу 2,5МПа, але вони також мають низькі значення в порівнянні зі складом без смоли (3,0МПа). Якщо порівнювати міцність цих сумішей (3,0% рідкого скла + 1,0% смоли) з аналогічними з 4,0% рідкого скла, то ця різниця ще більш істотна.

Таким чином, додавання фенольних смол у рідке скло навпаки знижує міцність сумішей.

На підставі отриманих результатів були обрані оптимальні склади з мінімальним вмістом рідкого скла, для яких визначали міцність з різними марками Катасил.

Спочатку досліджували склади з 3,0% рідкого скла і Катасил1, 2,3,6.

Результати визначення міцності через 30 хв.; 1, 2, 24 години для Катасил-1 і Катасил-2 представлені на рис.3.2.а і б.

Живучість сумішей склала 5 хв. і 7 хв.відповідно.

Міцність для Катасил1 через 30 хв. склала 0,5МПа, 1 година 1,1МПа, 2 години 1,4МПа і 24 години 3,8МПа.

Аналогічні міцності були і для Катасил2. Однак початкової міцності (30 хв.) не було, оскільки суміш мала більш тривалий час (понад 7 хв.). Але вже через 1 годину міцності практично вирівнюються (1,0 МПа), через 2 і 3 години незначно нижче 1,2 і 1,8 МПа відповідно. Однак через 24 години вже дещо вище (4,2 МПа). Причому міцність через 2 і 3 доби не змінювалася. Необхідні для цехових ХТС міцності досягаються вже через 1 годину. Максимальні через добу склали 3,8-4,2 МПа.

На рис.14.б представлені результати визначення міцності сумішей з Катасил3 і 6. Початкової міцності через 30 хв. не було як для сумішей з Катасил-3, так і для Катасил-6. Це пояснюється довгою живучістю сумішей,

яка склала 12 і 17 хв. відповідно.

Живучість визначалася в умовах лабораторії, де температура повітря була не нижче 21- 23⁰ С при вологості 60-65%. Природно, що в цехових умовах живучість буде більшою приблизно у два рази. Через 1 годину міцність ХТС з Катасил3 (крива 1) склала 0,5МПа, що у два рази менше у порівнянні з сумішами з Катасил1 і 2 (а). Через 2 години міцність зростає до 1,0 МПа, через 24 години міцність збільшилася до 2,9 МПа, що дещо нижче, ніж з Катасил1 і 2, але тим не менш отримано високі міцності при такому вмісті сполучного.

Початкові міцності з Катасил6 незначно нижчі (1 година – 0,3 МПа; 2 години – 0,7 МПа), а через 24 години вищі (4,0 МПа), ніж з Катасил3 (2,9 МПа). Таким чином, для всіх марок Катасил отримано високі кінцеві міцності: 2,9 МПа (Катасил3) і 3,9-4,2 МПа для інших затверджувачів.

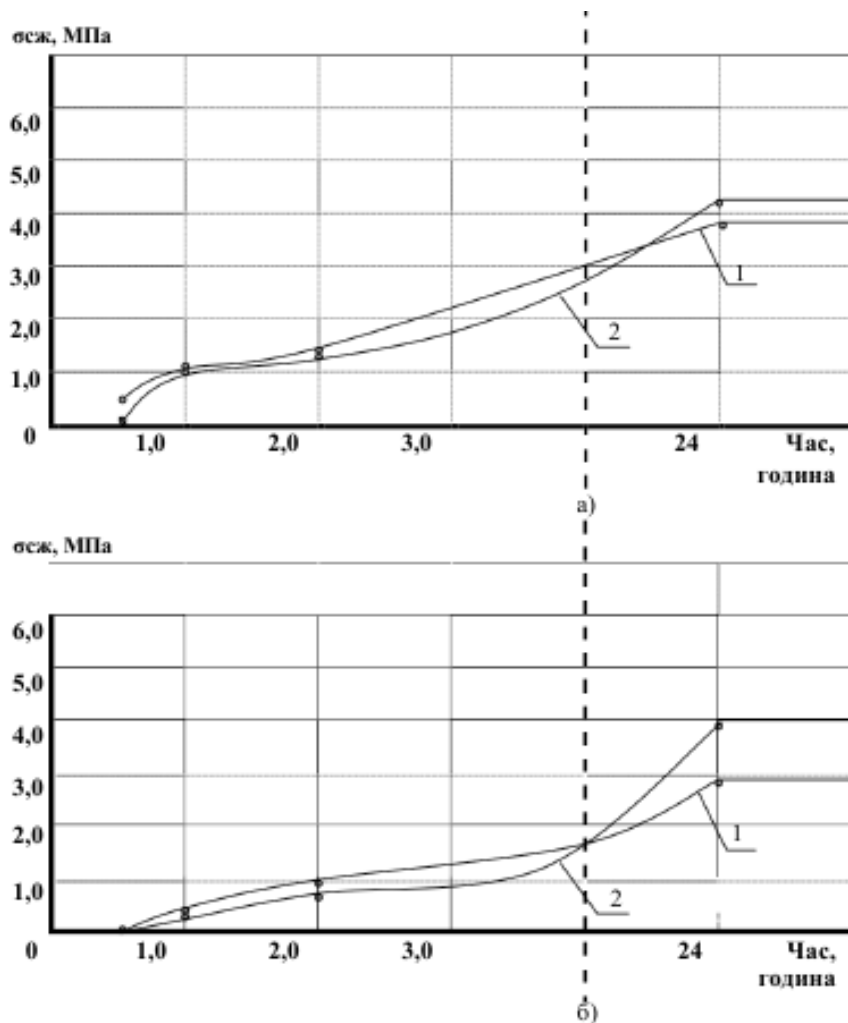


Рис.3.2. Міцність ХТС з 3,0% рідкого скла ($M=2,51; 1,47-1,48\text{г/ см}^3$),

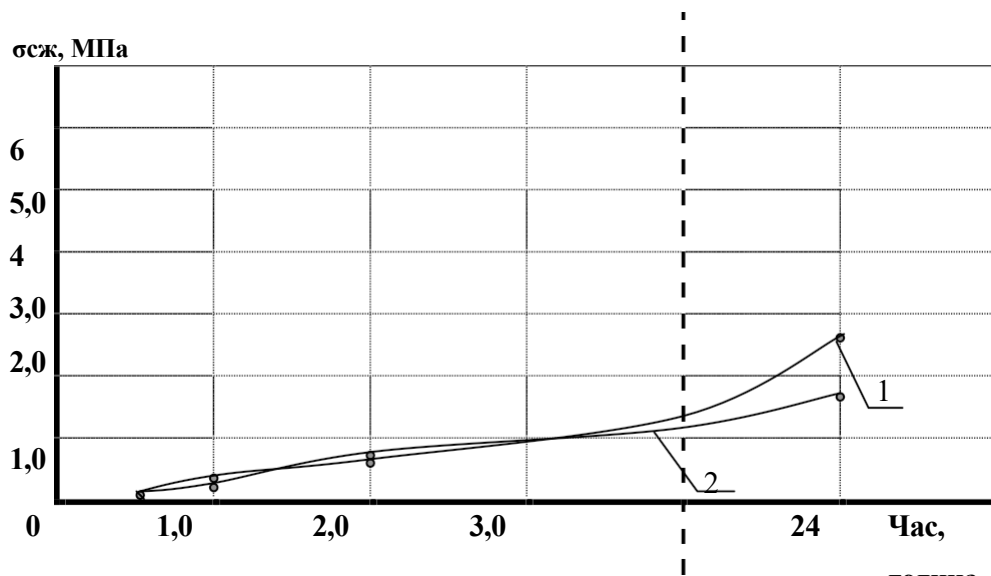
затверджувач – 10% від рідкого скла .; пісок (1) 3K₃ 0₄ 016:

а) 1 - затверджувач Катасил 1, живучість – 5хв., 2- затверджувач Катасил 2, живучість – 7хв.;

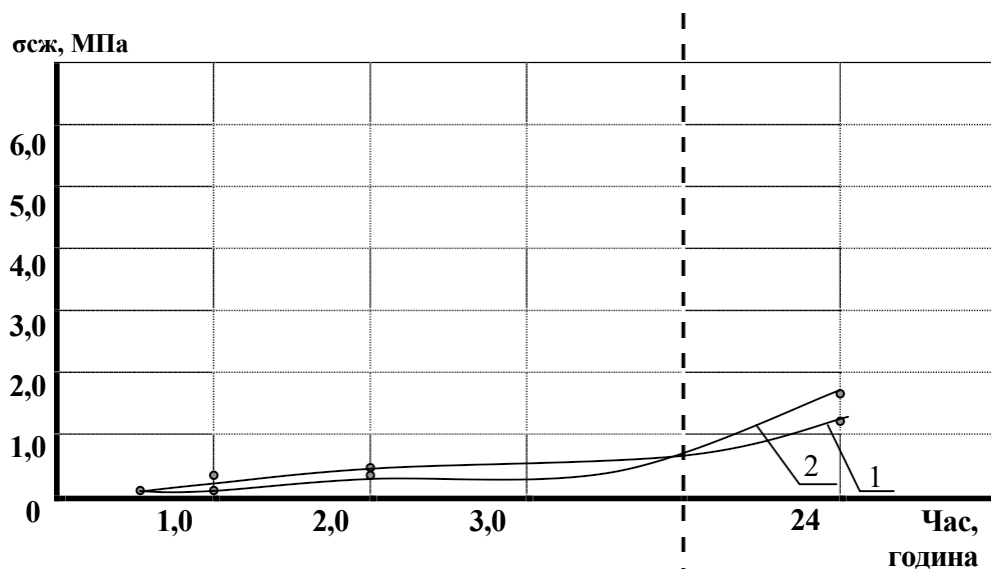
б) 1 – затверджувач Катасил 3, живучість – 12 хв.; 2 – затверджувач Катасил 6, живучість – 17 хв.;

Тому було знижено вміст рідкого скла до 2,5%.

Результати визначення міцності сумішей з Катасил1, 2, 3 і 6 представлен на рис.3.3 а і б.



а)



б)

Рис.3.3. Міцність ХТС з 2,5% рідкого скла ($M=2,51$; щільність $1,47-1,48\text{г/см}^3$), затверджувач – 10% від ж. ст.; пісок 3К₃ 0₄ 016:

а) 1 - затверджувач Катасил 1, живучість – 4хв., 2- затверджувач Катасил 2, живучість – 5хв.;

б) 1 – затверджувач Катасил 3, живучість – 10 хв.; 2 – затверджувач Катасил 6, живучість – 13 хв.;

Живучість сумішей складала 4 і 5 хв. відповідно, тобто дещо зменшилася в порівнянні з ХТС, що містять 3,0% рідкого скла. Це пояснюється зниженням кількості сполучного і більш швидким висиханням суміші (CO_2 в повітрі). Криві 1 і 2 порівнянні. Так початкова міцності через 30хв. не було для обох затверджувачів. Міцність через 1 годину складала 0,2-0,3 МПа для Катасил1 і 2, через 2 години – 0,7-0,8 МПа відповідно.

Міцність через 24 години складала для Катасил1(1) – 2,7МПа, а для Катасил2 (2) – 1,8 МПа. Таким чином, отримані кінцеві міцності відповідають заданим вимогам щодо міцності.

Результати визначення міцності для затверджувачів Катасил3 і 6 представлені на рис.3.3.б. (криві 1 і 2). Живучість складала 10 і 13 хв. відповідно, тобто також менше, ніж при 3,0% сполучного. Також як і раніше міцності через 30 хв. не було для обох затверджувачів. Через 1 годину міцності не перевищували 0,1-0,3МПа для Катасил3 і 6, через 2 години – 0,4- 0,5 МПа, через 24 години – 1,2-1,7 МПа. Тобто початкова і кінцева міцність дещо нижча, ніж для Катасил1 і 2. Добова міцність відповідає заданим вимогам.

На підставі отриманих результатів можна рекомендувати для використання в ливарному цеху складу сумішей з 3,0% і навіть з 2,5% рідкого скла, що істотно нижче з тими, що використовуються в даний час (3,5-4,5%). Це дозволить поліпшити вибиваність і податливість форм і стрижнів. Крім того, форми і стрижні з сумішей з рідкими затверджувачами не розпушувалися через 1-3 доби, на відміну від CO_2 процесу на рідкому склі.

Дослідження складів ХТС з піском (2) . 2K2O303

Для порівняння міцнісних властивостей сумішей досліджували ХТС з піском (2), який має менше глинистої складової, більше двоокису кремнію, більший розмір зерна (03) і більш округлу форму.

На початку були обрані склади ХТС з 3,0% рідкого скла, більш високий вміст є нераціональним, оскільки пісок має високі показники якості. Результати представлені на рис.3.4.

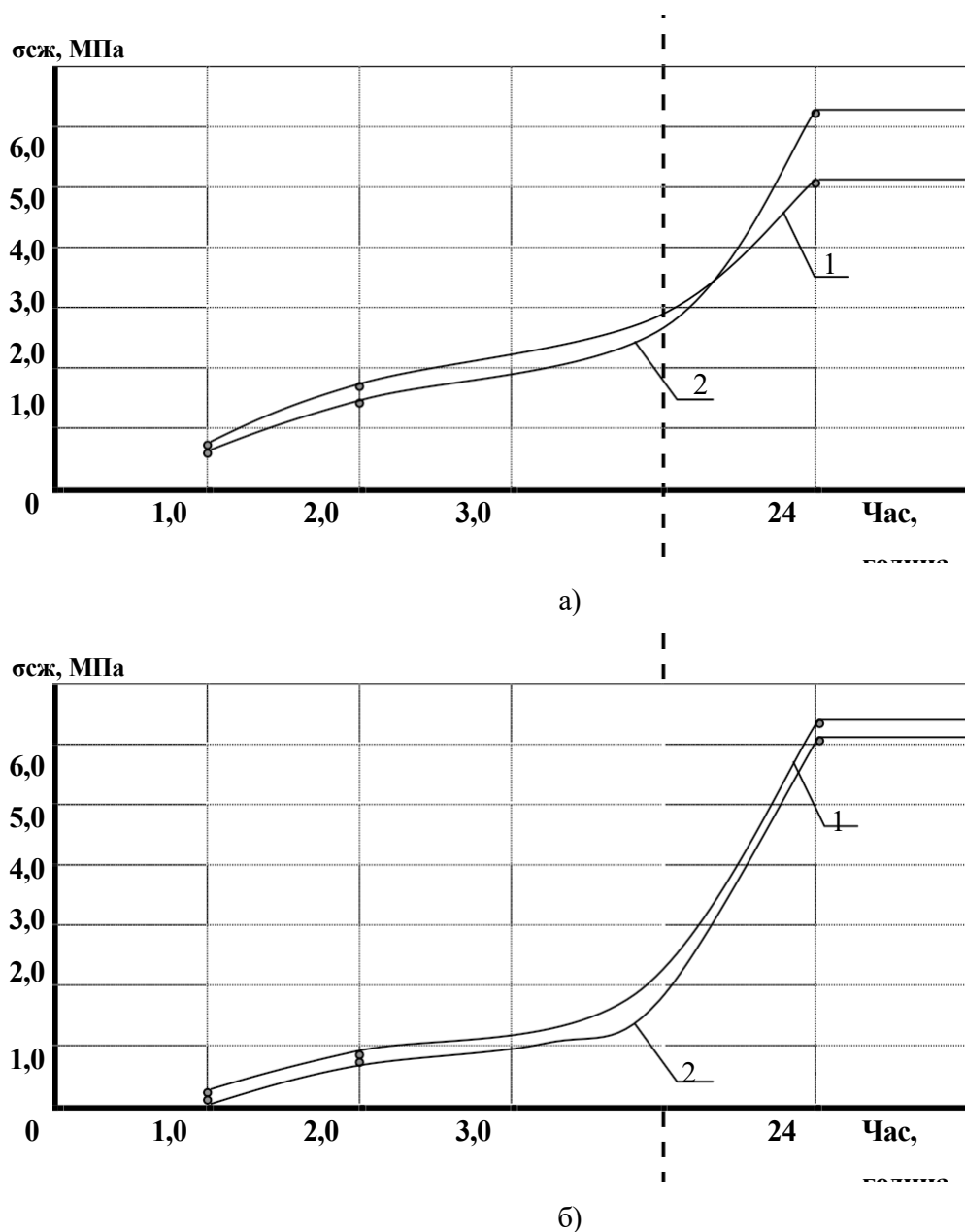


Рис..3.4. Міцність ХТС з 3,0% рідкого скла ($M=2,51$; щільність 1,47-

1,48г/ см³), затверджувач – 10% від ж. ст.; пісок 2К₂О₃ 03:

а) 1 - затверджувач Катасил 1, живучість – 15хв., 2- затверджувач Катасил 2, живучість – 20хв.; б) 1 –

затверджувач Катасил 3, живучість – 25хв.; 2 – затверджувач Катасил 6, живучість – 30хв.;

Дані для Катасил 1,2 представлені на рис.3.4.а. З наведених даних видно, що отримано високі міцності ХТС. Живучість сумішей для Катасил1 і 2 склала 15 і 20 хв. відповідно. Для порівняння живучості аналогічних сумішей на піску 3К3О3016 становили 5 і 7 хв. відповідно.

Більш тривала життєздатність пояснюється, мабуть, тим, що пісок чистий за домішками і глинистий. Міцність ХТС з Катасил1 і 2 через 1 годину склала 0,8 і 0,7 МПа, відповідно, тобто практично однакова. Через 2 години міцність була 1,7 і 1,3 МПа відповідно, тобто міцність з Катасил1 дещо вища. Однак кінцеві міцності були вищими у Катасил2 (6,2 МПа) порівняно з Катасил1 (5,1 МПа). Аналогічні закономірності були отримані і раніше для піску 3К3О3016.

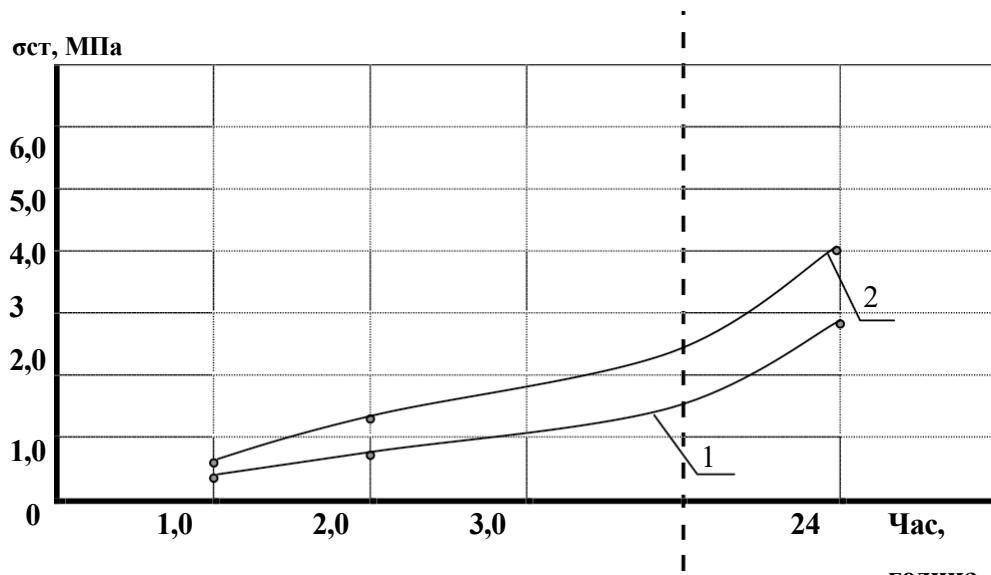
Отримані міцності відповідають заданим вимогам вже через 2 години (1,4-1,7 МПа). Кінцеві міцності мають дуже високі значення (до 6,2 МПа). Дані для ХТС з Катасил3 і 6 представлені на рис.3.4.б.

Живучість сумішей склала 25 і 30 хв. відповідно, що також вище, ніж для сумішей з піском (1) 3К3О3016, що має високу глинисту. З наведених даних випливає, що початкова міцність через 1 годину для Катасил3 була 0,3 МПа, а для Катасил6 – 0,1 МПа, тобто низька, що природно, оскільки затверджувачі довгі.

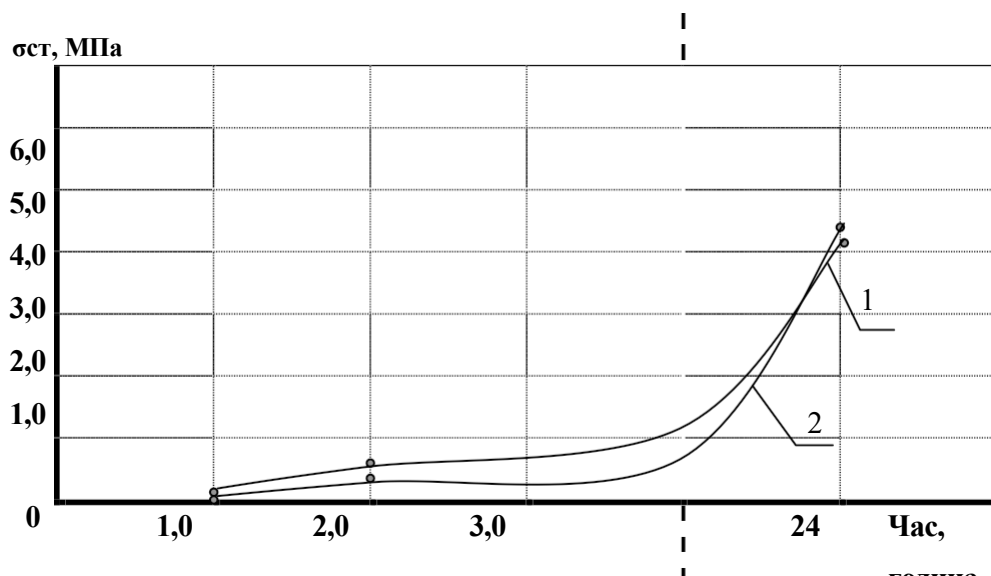
Через 2 години міцність для Катасил3 – 0,9 МПа, а для Катасил6 – 0,7 МПа, що також нижче, ніж для Катасил1 і 2. Однак добові міцності були дуже високими і склали для обох затверджувачів 6,1-6,4 МПа. Ці значення в 1,5 рази і більше вищі, ніж для аналогічних сумішей з піском (1). Необхідні міцності досягаються через 1 годину.

Тому в подальшому знизили кількість рідкого скла до 2,0%, що є мінімальним, оскільки при меншій кількості неможливо отримати оболонку сполучного на зернах наповнювача.

Отримані дані для Катасил1 і 2 представлені на рис.3.5а.



а



б)

Рис.3.5. Міцність ХТС з 2,0% рідкого скла ($M=2,51$; щільність $1,47-1,48 \text{ г/см}^3$), затверджувач – 10% від ж. ст.; пісок $2\text{K}_2\text{O}_3$ 03:

а) 1 - затверджувач Катасил 1, живучість - 12 хв.; 2 - затверджувач Катасил 2, живучість - 17 хв.;

б) 1 -затверджувач Катасил 3, живучість - 20 хв.; 2 - затверджувач

Катасил 6, живучість - 30 хв.;

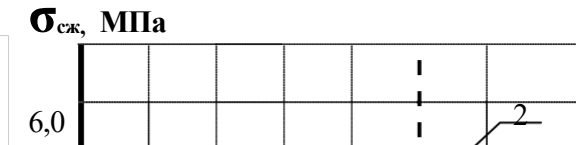
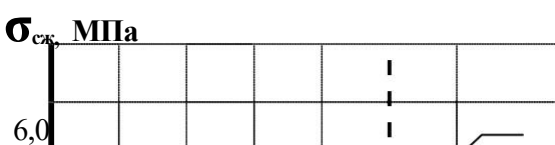
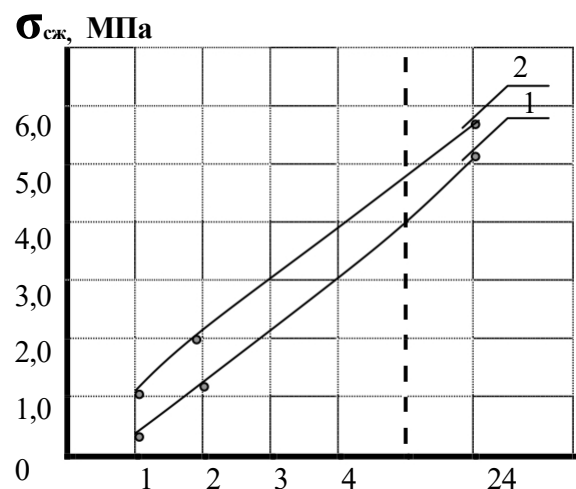
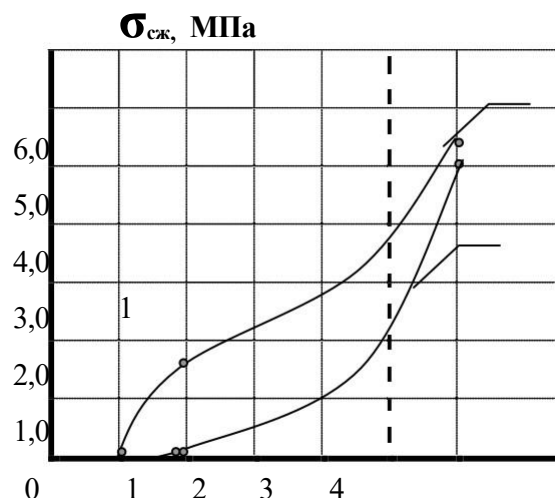
Живучість сумішей з Катасил1 і 2 склали 12 і 17 хв. відповідно, тобто менше, ніж аналогічних сумішей з 3,0% сполучного. З представлених даних видно, що міцність для Катасил1 через 1 годину склала 0,6 МПа, через 2 години 1,3 МПа і 24 години – 4,0 МПа. Для Катасил2 вони склали відповідно 0,4; 0,7; 2,8 МПа. Тобто отримано високі міцності сумішей. Вони, природно, дещо нижчі за аналогічної суміші з 3,0%, але істотно вище сумішей з Новинським піском при 2,5% рідкого скла. Задані міцнісні властивості отримані вже через 2 години. На рис. 3.5б представлені дані для ХТС з Катасил3 і 6.

Живучість була 20 і 30 хв. відповідно. Міцності для Катасил3 через 1 годину практично не було (0,15 МПа). Через 2 години – 0,6 МПа і 24 години – 4,1 МПа. Для Катасил6 міцності відповідно склали: через 1 годину – немає; 2 години – 0,3 МПа; 24 години – 4,4 МПа.

Таким чином, при 2,0% рідкого скла отримані високі показники міцності ХТС, істотно вищі, ніж при 2,5% на піску (1).

Дослідження складів ХТС з піском 1K2O302

Отримані результати визначення міцності на стискання ХТС з 4,0% рідкого скла для всієї лінійки Катасилів від 6М і 6 до 1М і 1 представлені на рис.3.6. Умови випробувань в лабораторії однакові.



24

а)

Час,
година

1

в)

**Рис. 3.6. Показники міцності на стискання ХТС з 4,0% рідкого скла
для різних марк Катасил**

На рис.3.6а представлені результати для Катасил6М і 6. Живучість затверджувачів (табл.3.1) склала для 6М – 35-37 хв., для 6 – 30-32 хв. З отриманих даних видно, що при використанні обох затверджувачів початкової міцності через 1 годину не було, зразки – сирий. Це природно, оскільки суміші мали досить довгу живучість.

Таблиця 3.1

Технологічні показники сумішей на різних марках затверджувачів “Катасил”

Марка «Катасил»	Живучість, хв.	Міцність на стискання через 1 год., МПа	Міцність на стискання через 2 години, МПа	Міцність на стискання через 24 години, МПа
6М	35-37	Міцність немає, сирий	0,22	4,85 5,47
6	30	Міцності немає, сирій	1,54-1,62	5,20- 5,90

3М	23	0,37	1,29	4,85 5,43
3	25-27	1,14	2,14	5,68- 6,12
2М	14-16	0,48	1,48	4,65 5,38
2	17-19	1,12	1,92	4,70 5,30
1М	7-8	1,03	1,45	3,17 3,55
1	7-8	1,29	2,17	5,40 5,60

М=2,51, щільність -1,47-1,48г/см³ , 4% рідкого скла

– якісне в порівнянні з попереднім (М=2,65).

Через 2 години міцність ХТС з Катасил6М була мінімальною і становила 0,2 МПа, а з Катасил6 істотно вищою і становила 1,6 МПа. Через 24 години були відзначені дуже високі міцності як для 6М, так і для 6, вони становили 5,1 МПа і 5,4 МПа відповідно, тобто з затверджувачем Катасил6 міцність все- таки дещо вища. Отримані міцності в кілька разів перевищують дані для сумішей з модулем рідкого скла 2,65.

Результати визначення міцності для Катасил 3М і 3 представлені на рис. 3.6б. Живучість сумішей склала (табл.3.1) 23-25хв. і 25-27хв. відповідно, тобто приблизно однакова. Міцність сумішей з Катасил 3М дещо нижча, ніж з Катасил 3. Через 1 годину вони склали 0,4 МПа і 1,1 МПа, через 2 години 1,25 і 2,1 МПа, через 24 години 5,2 і 5,7 МПа відповідно. Таким чином, через 24 години міцність сумішей висока. Слід зазначити, що міцність, отримана для

Катасилів 6М і 6, приблизно однакова.

На рис. 3.6в представлені дані по міцності для середніх за живучістю затверджувачів Катасил2М і 2. У всіх випадках міцність затверджувача 2 вище, ніж 2М. Початкові міцності через 1 годину склали для Катасил2М - 0,5 МПа, для 2 - 1,1 МПа. Через 2 години 1,4 і 1,8 МПа відповідно, а через 24 години для обох затверджувачів міцність склала 5,1 МПа. Отримані міцності порівнянні з іншими затверджувачами.

Результати для Катасил1М і 1 (швидкі затверджувачі) представлені на рис. 3.6г. Живучість ХТС становила 7-8 хв для обох затверджувачів.

Міцність сумішей вища у Катасил1 порівняно з 1М, як і для попередніх затверджувачів. Вона становила: через 1 годину – 1,3 МПа; через 2 години – 2,1 МПа і через 24 години – 5,2 МПа, остання дещо нижча порівняно з Катасил6 і 3 і практично однакова з Катасил2 і 2М. Затверджувач Катасил1М має нижчу міцність, особливо через 24 години, вона склала 3,5 МПа, що істотно нижче в порівнянні з Катасил1. Можливо, це похибка експерименту, оскільки не узгоджується з попередніми даними.

З наведених вище даних випливає, що міцність ХТС з Катасил 6, 3, 2 і 1 вища у всіх випадках, ніж з Катасил 6М, 3М, 2М і 1М. Всі отримані міцності мають дуже високі значення.

З наведених вище результатів видно, що отримано високу міцність ХТС на стискання, в деяких випадках більше 5,0 МПа. Тому доцільним є зниження вмісту сполучного до 3,0 – 3,5%, що взагалі і було закладено спочатку в цей технологічний процес. У зв'язку з цим визначали міцність ХТС з 3,0% рідкого скла з оптимальним модулем 2,51. Отримані результати представлені на рис. 3.7 і в табл.3.2.

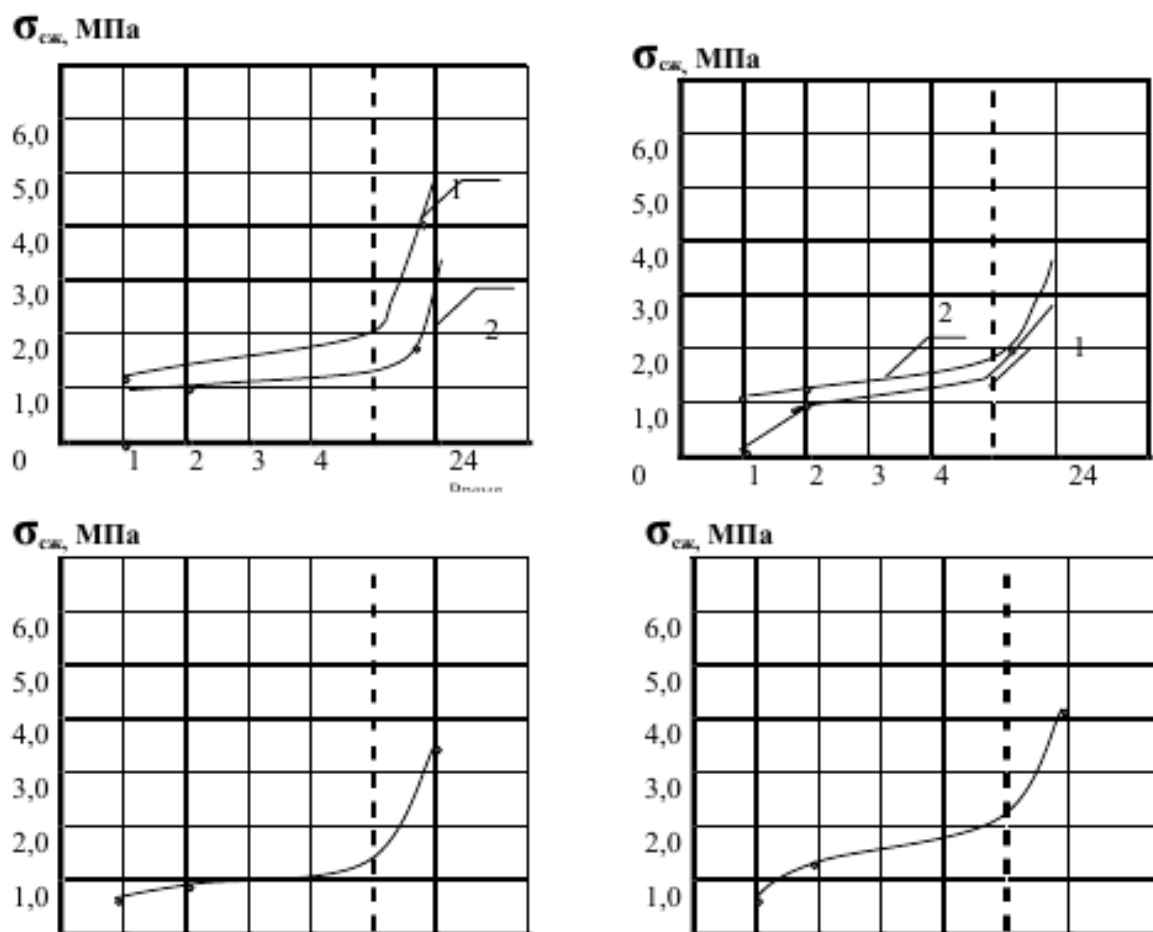


Рис. 3.7. Міцність ХТС з 3,0% рідкого скла ($M=2,51; \rho = 1,47-1,48 \text{ г/см}^3$), пісок 1К2О3О2 та затверджувачами а) Катасил 6: 1-зразки поза оснащенням 24 години; 2-зразки в оснащенні 24 години; б) Катасил3М і 3: 1 і 2 відповідно; в) Катасил 2; г) Катасил 1

Таблиця 3.2.

Аналіз властивостей сумішей

Марка «Катасил»	Живучість, хв.	Міцність на стискання через 1 год., МПа	Міцність на стискання через 2 години, МПа	Міцність на стискання через 24 години, МПа
АЦЕГ5 ОМ	28-30	Міцності немає, сирій	-	2,01-2,75 (відп. в мет. оснастці) 3,25- 4,07 (відп. поза оснащенням)

6	30-32	Міцності немає, сирій	-	2,27-2,39 (відп. у мет. оснащення) 3,28-4,20 (відп. поза оснащенням)
АЦЕГ4 ОМ	29-31	0,02 (сирій всередині)	0,80	3,20-3,46
3	35	0,17 (всередині вологий)	0,92	2,67-3,00
2М	-	-	-	-
(2 заміси) 2	17-19	0,69	0,94	3,10-3,85
1М	-	-	-	-
1	20?	0,64	1,29	3,52-4,73

М=2,51, 3,0% ж.с.

Результати визначення показників міцності для сумішей з Катасілб представлені на рис. 3.7.а. Живучість суміші склала 30-32 хв (табл.3.2), що збігається з аналогічною сумішшю з 4,0% сполучного. Зразки тверділи поза оснащенням протягом доби (1) і в оснащенні (2). У першому випадку зразки через 1 годину були сирими, через 2 години була мінімальна міцність (при 4% рідкого скла міцності не було) і через 24 години міцність зростала в середньому до 3,7 МПа (для порівняння при 3% сполучного 5,0 МПа і більше). У другому випадку (утруднене затвердіння) через 1 і 2 години отримані аналогічні результати, але через 2 години міцність нижча. Добові міцності склали в середньому 2,4 МПа. Для порівняння були проведені випробування ХТС з АЦЕГ5ОМ і отримані порівнянні результати, не показані на графіку (табл. 3.2).

Дані для ХТС з Катасил3М і 3 представлені на рис. 3.7.б.

Живучість сумішей з Катасил3М дещо менша, ніж Катасил3. Тому і годинна міцність вища. Але в цілому результати для обох затверджувачів

порівнянні і добова міцність склала в середньому 3,0МПа. При 4,0% рідкого скла аналогічна суміш мала міцність не менше 5,0МПа.

На рис.3.7в представлені результати для сумішей з Катасил2.

Отримані міцності через 1 годину склали 0,7 МПа, через 2 години – 1,0 МПа. Добові міцності були на рівні 3,5 МПа. Для ХТС з Катасил1 (рис.3.7г) отримано аналогічні результати, але міцність через 1 добу була вищою і склала в середньому 4,2 МПа.

Отже, можна рекомендувати знизити вміст рідкого скла в складах сумішей до 3,0-3,5% при модулі 2,50 і щільності 1,47-1,48г/см³. Це дозволить поліпшити вибиваність і податливість форм і стрижнів, а також скоротити витрату рідкого скла.

Оскільки при 3,0% рідкого скла були отримані високі показники міцності ХТС, було вирішено знизити витрату рідкого скла до 2,0-2,5%

Результати визначення міцності та живучості для Катасил1 і 2 представлені на рис. 3.8.

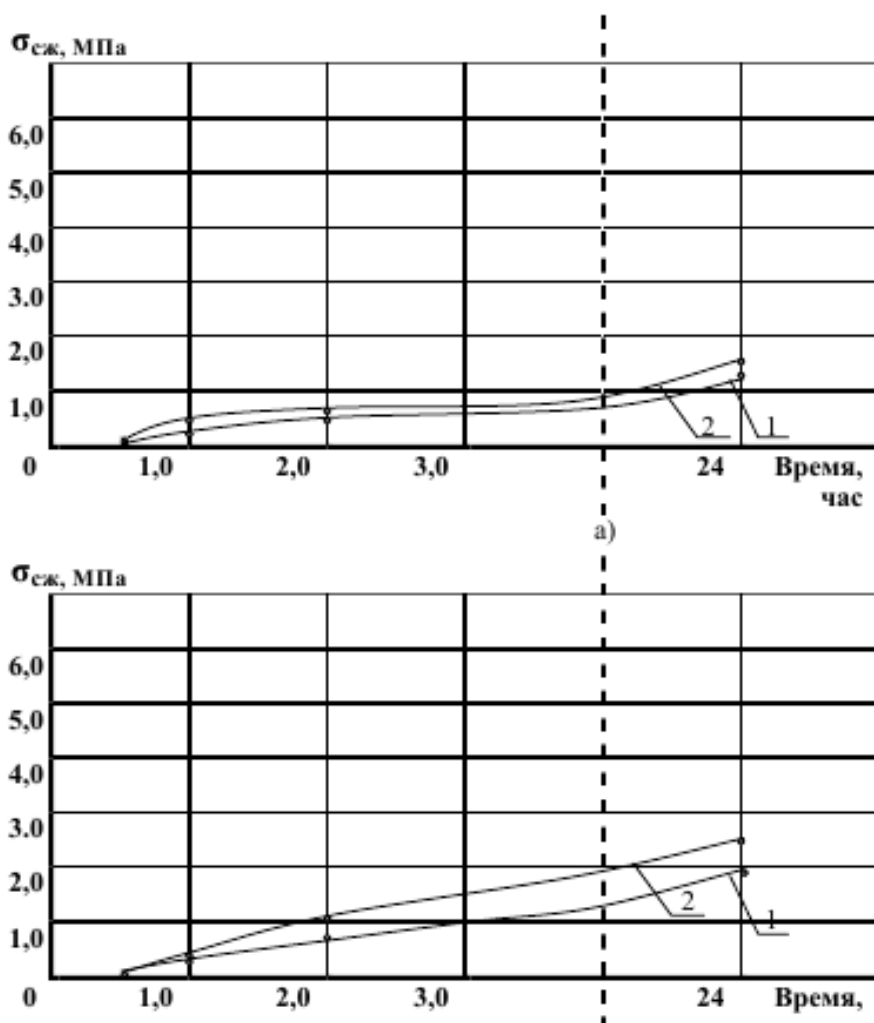


Рис.3.8. Міцність рідкосклових ХТС з затверджувачами Катасил1, 2 – 10% від ж. ст.; пісок 1К₂ 0₄ 025:

- а) 2,0% рідкого скла ($M=2,51$; щільність $1,47-1,48 \text{ г/см}^3$): 1 - затверджувач Катасил 1, живучість – 8 хв., 2- затверджувач Катасил 2, живучість – 10 хв.;
- б) 2,5% рідкого скла ($M=2,51$; щільність $1,47-1,48 \text{ г/см}^3$): 1 – затверджувач Катасил 1, живучість – 10 хв.; 2 –затверджувач Катасил 2, живучість – 12 хв.

3.2.Дослідження міцнісних властивостей і розробка складів рідкосклових ХТС для CO₂ процесу

З метою поліпшення міцності та пластичності сумішей досліджували вплив пластифікуючої добавки в пісок. Досліджуваний пластифікатор описаний у розділі 2.

У пісок вводили різну кількість пластифікатора від 0,2 до 0,8-0,9%. Результати визначення міцності для сумішей з 4,0% і 3,5% рідкого скла представлені на рис.3.9 (криві 1 і 2).

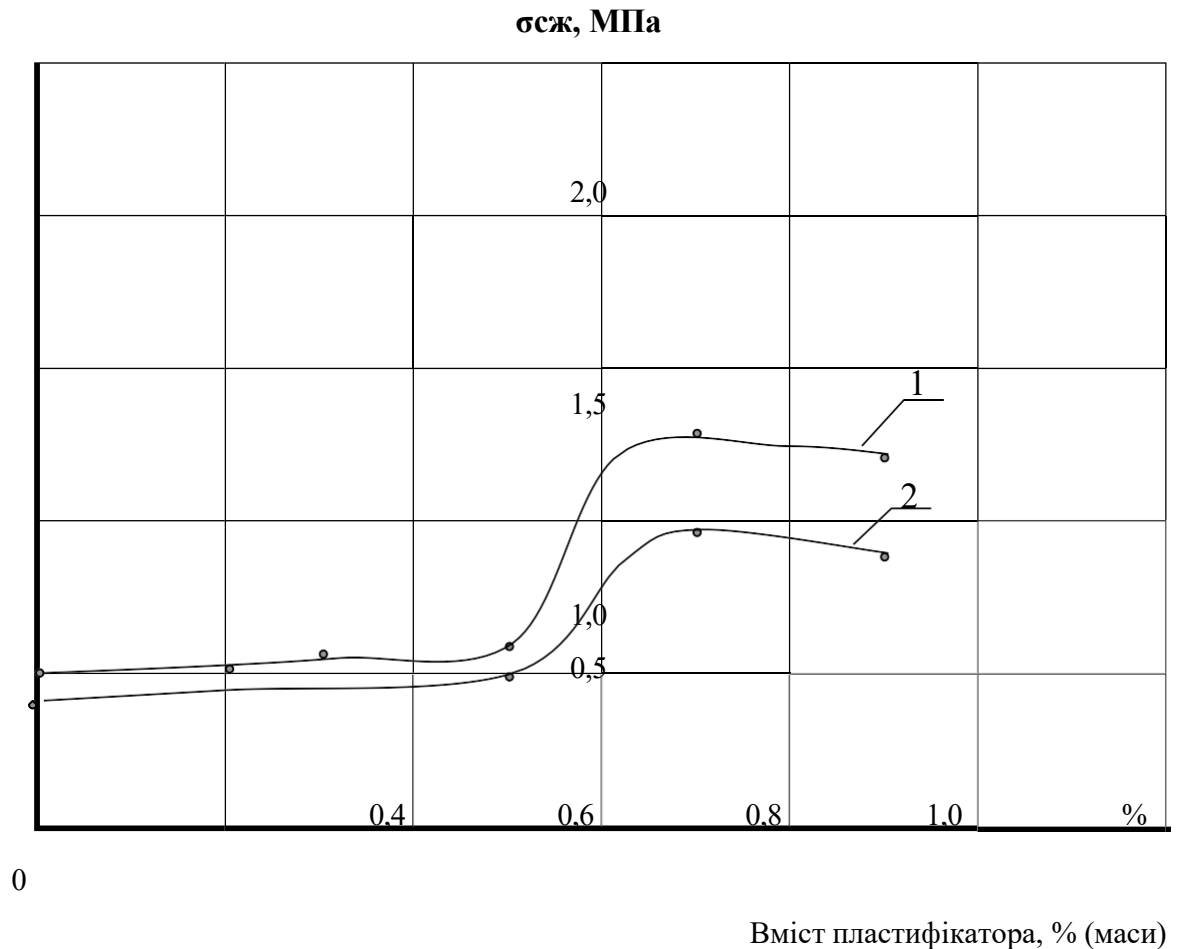


Рис.3.9. Міцність на стискання рідкосклових ХТС для CO_2 – процесу з пластифікатором через 24 години: пісок 1, марка ЗК₃ О₃ 016; ж. ст. М=2,83, щільність – 1,55г/см³ ; 1,3% NaOH (щільність -1,36г/см³))
 1) - 4,0% рідкого скла;
 2) – 3,5% рідкого скла

За базовий склад суміші була взята суміш, яка використовується в цеху.. Міцність визначали через 24 години після продувки. Відомо, що ХТС для CO_2 процесу розріджуються з плином часу, особливо при низькій кількості сполучного. Тому міцність базового складу в лабораторних умовах була досить низькою і не перевищувала через добу 0,5 МПа при високій осипності

(0,4-0,6%). Додавання в пісок пластифікатора дозволило істотно підвищити міцнісні властивості.

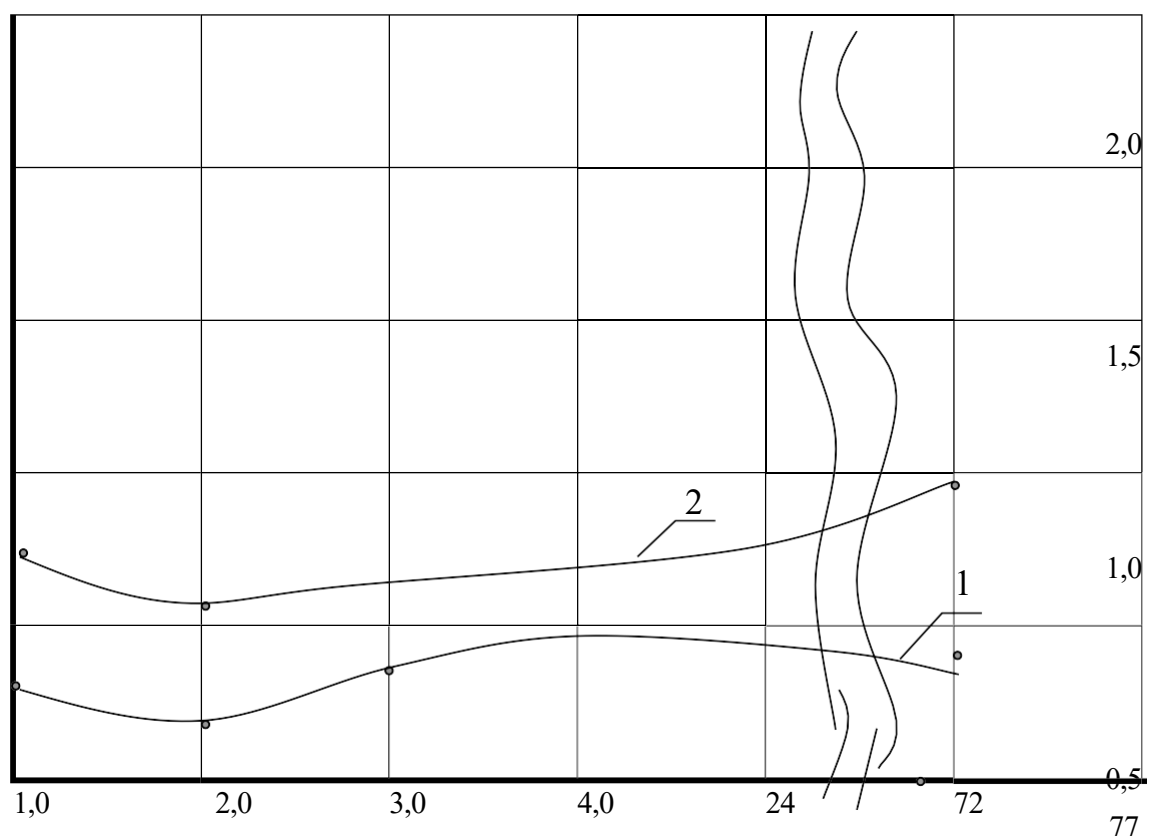
Так, для ХТС з 4,0% рідкого скла при додаванні 0,6-0,8% міцність зростала більш ніж у 2 рази і становила 1,3 МПа (крива 1). Подальше збільшення добавки (0,8-0,9%) не підвищує міцність і навіть дещо знижує її. Аналогічні результати були отримані і при 3,5% рідкого скла. Міцність сумішей без добавки склала 0,4 МПа, а з оптимальним вмістом пластифікатора (0,6-0,8%) - 0,9 МПа.

Таким чином, добавка перешкоджає розрідженню суміші з плином часу, що дуже важливо в умовах виробництва.

Міцність суміші без добавки після продувки через 2 години дещо збільшується з 0,4 до 1,0 МПа, а через добу знижується до 0,4 МПа. Міцність суміші з добавкою після продувки дещо збільшується, зберігається і після 24 годин.

Аналогічна картина спостерігається і для суміші з 3,5% рідкого скла (рис. 3.10).

$\sigma_{сж}$, МПа



Час, год.

Рис.3.10. Міцність рідкосклових ХТС для CO_2 – процесу з 3,5% ж. ст.
 ($M=2,83$; щільність – $1,55\text{г/см}^3$); 1,3 NaOH (щільність - $1,36\text{г/см}^3$);
 наповнювач – кварцовий пісок Новинка, марка $3\text{K}_{(3)} \text{O}_{(3)} 016$:

- 1 – без пластифікатора;
- 2 – 0,7% пластифікатора

Міцність суміші без добавки через 3 години була 0,45 МПа (крива 1), а через добу 0,3 МПа. Міцність суміші з добавкою зросла через добу до 0,9 МПа (крива 2). Таким чином, видно ефект від введення добавки в пісок.

На рис.3.11. наведені аналогічні дані для суміші з 3,0% рідкого скла і пластифікатором (0,2-0,8%). Ефект від введення добавки також є, міцність з пластифікатором вища і міцність не падає через добу і більше.

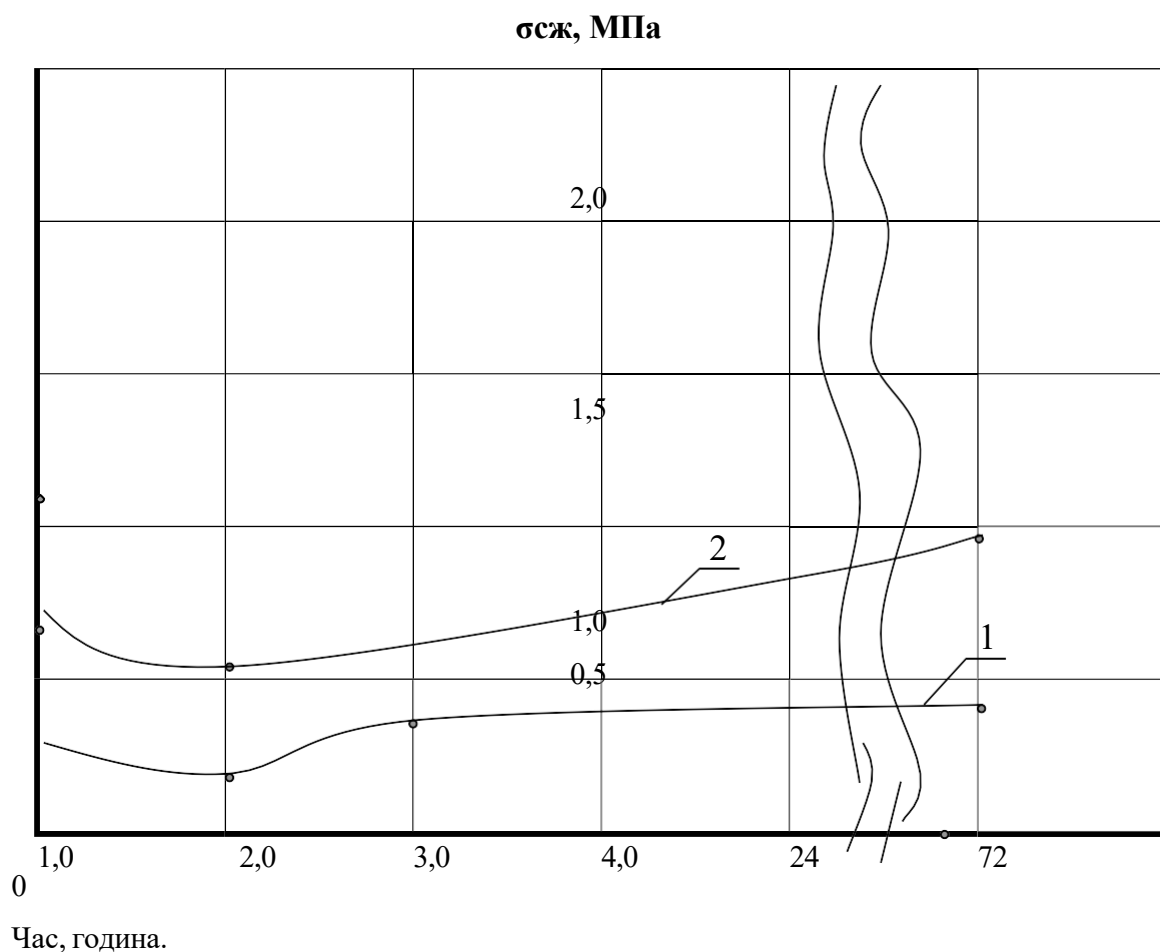


Рис.3.,11. Міцність рідкосклових ХТС для CO_2 – процесу з 3,0% ж. ст.
 ($M=2,83$; щільність – $1,55\text{г/см}^3$); 1,3 NaOH (щільність - $1,36\text{г/см}^3$);

наповнювач – кварцовий пісок марка ЗК₍₃₎ О₍₃₎ 016 :

- 1 – без пластифікатора;
- 2 – 0,7% пластифікатора

Визначали також міцність для ХТС з піском 1К2О3О2, 3,0% рідкого скла і пластифікатором (0,2-0,8%). Результати представлені на рис.3.12.

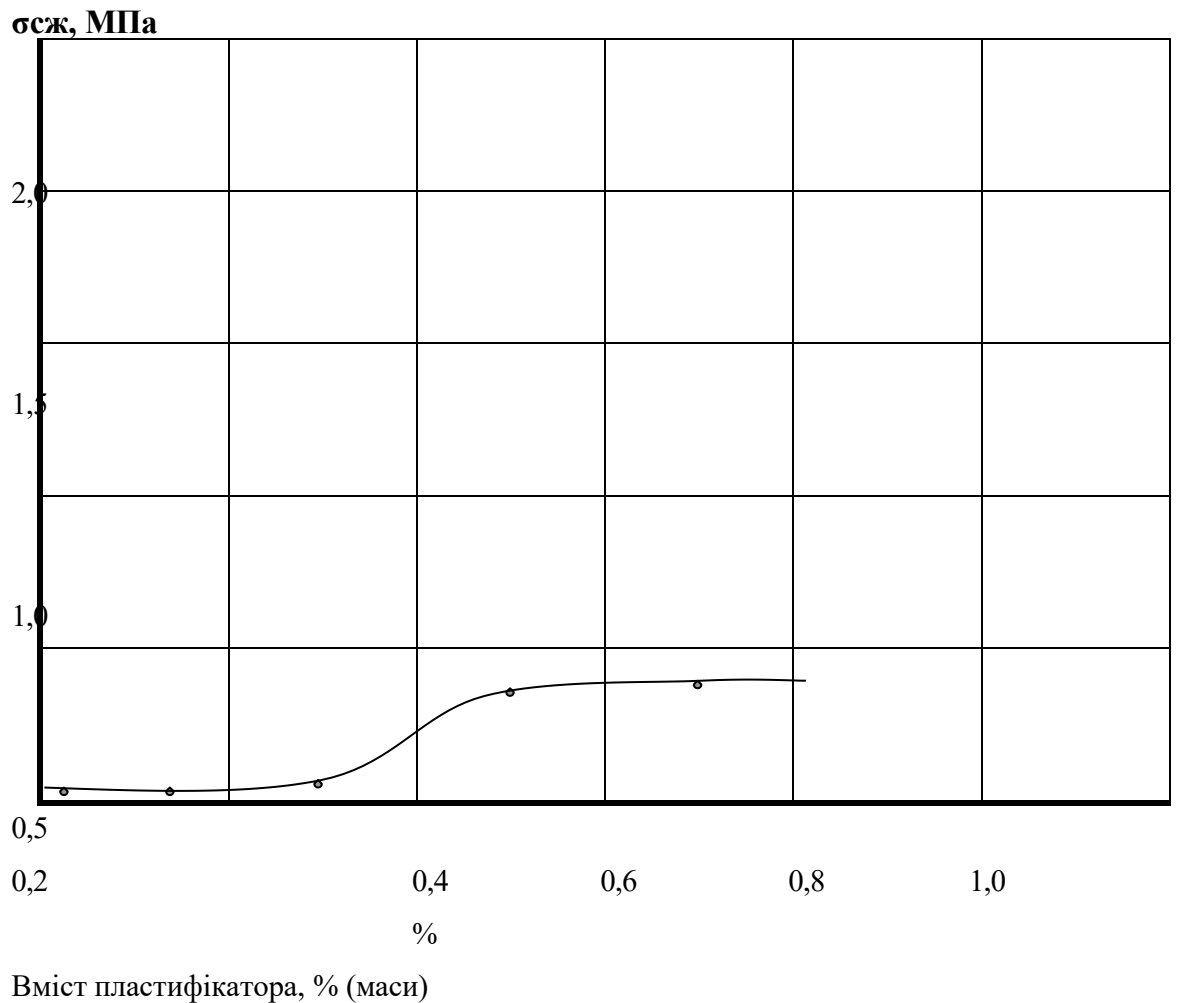


Рис.3.12. Міцність на стискання рідкосклових ХТС для CO₂ – процесу з пластифікатором через 24 години: 3,0% рідкого скла; пісок 1К₍₂₎ О₍₃₎ 025; ж. ст. М=2,83, щільність – 1,55г/см³ ; 1,3% NaOH (щільність - 1,36г/см³)

З отриманих даних видно ефект від введення добавки. Так початкова міцність суміші без добавки склала 0,5МПа. При введенні 0,5-0,7% пластифікатора міцність суміші зростає до 0,8МПа.

Далі досліджували вплив введення добавки смоли в рідке скло на

міцнісні властивості ХТС. З цією метою були обрані суміші з 3,0% рідкого скла. Добавка смоли істотно знижує залишкову міцність сумішей, тобто покращує вибиваність і податливість форм і стрижнів.

Однак при введенні смоли в рідке скло з модулем 2,8 відбувалося огелювання. Тому використовували рідке скло з модулем 2,3 і щільністю 1,46-1,47 г/см³, при якому огелювання не відбувалося.

У рідке скло вводили на початку 1% різних типів смол. Результати досліджень представлені на рис.3.13.

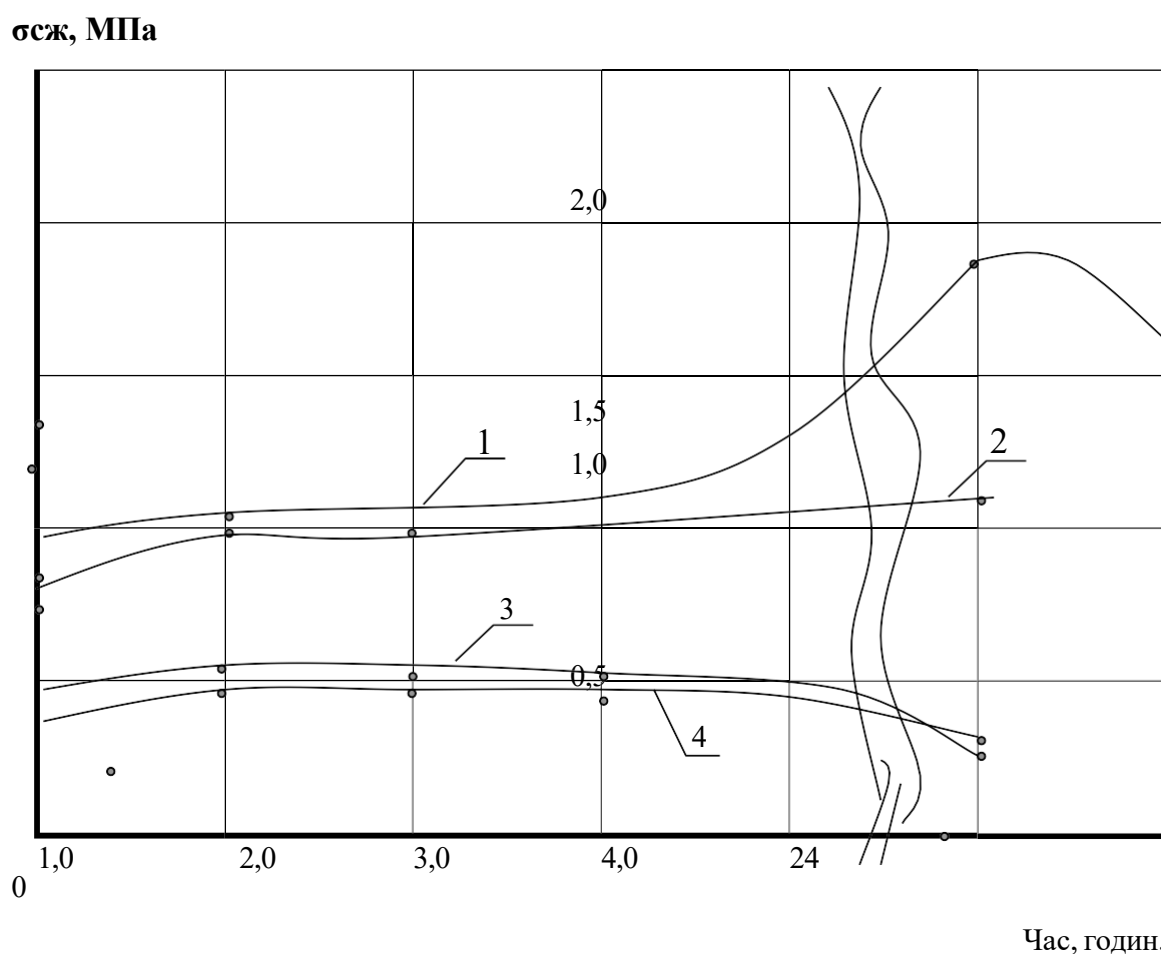


Рис.3.,13. Міцність на стискання ХТС з 3,0% рідкого скла для CO₂ – процесу (М=2,31; щільність 1,46г/см³) з добавкою смоли; наповнювач – кварцовий пісок марка ЗК₃ О₃ 016:

- 1 – 3,0% ж. ст; 1,0% смола РезоформНБ95Ф;
- 2 - 3,0% ж. ст; 0,5% смола РезоформНБ95Ф;
- 3– 3,0% ж. ст.; 1,0% смола Резофен (рН= 14);

4– 3,0% ж.ст.; 1,0% смола АлкасетНБ7 (pH=12)

Введення в рідке скло лужної смоли Резофен, призначеної для CO_2 процесу ефекту не дало. Були отримані низькі міцності (рис.3.13, крива 3), що не перевищують 0,5МПа. Подібні дані отримані і при введенні лужної смоли АлкасетНБ7, міцності не перевищували 0,4МПа.

При введенні смоли 1% РезоформНБ95Ф (рис. 3.13, крива 1) відзначається істотне зростання міцності через 24 години. Міцність збільшилася з 0,9 МПа до 1,8 МПа, тобто в 2 рази. При зниженні кількості смоли до 0,5% ефект нижчий, а міцність зростає з 0,8 МПа до 1,2 МПа, тобто в 1,5 рази.

Таким чином, найбільший ефект досягнуто при додаванні 1% смоли фуранової смоли РезоформНБ95Ф. Це фуранова формальдегідна смола, що не містить фенолу. Її отримують при поліконденсації фурфурилового спирту і формальдегіду. Однак це дорога смола і її додавання істотно здорожує вартість суміші.

На підставі отриманих результатів рекомендуються склади сумішей з 3,0% рідкого скла і 0,6-0,8% пластифікатора, що дозволяє збільшити міцність в 1,5 рази. Однак досліджувалися склади з базовим модулем рідкого скла (2,83), що не дозволяє отримати високої міцності.

З метою поліпшення вибиваності і податливості форм і стрижнів і підвищення вихідної міцності можна рекомендувати добавку 1,0% смоли РезоформНБ95Ф при вмісті рідкого скла 3,0%. Проте, потрібні додаткові дослідження для отримання остаточних достовірних даних.

3.3. Дослідження міцнісних властивостей і розробка складів смоляних ХТС для CO_2 процесу

В даний час за кордоном рідкосклові суміші замінюються на смоляні. У нас ця технологія поки не знайшла широкого поширення в першу чергу через

високу вартість смоли. Імпортні коштують приблизно 29-32 тис. грн за тонну. А вартість смоли Алкасет CO₂ без ПДВ становить 19-20 тис. грн.

Основна перевага перед рідким склом – це більш висока міцність (максимум через добу після затвердіння), хороша вибиваність, податливість. У порівнянні зі звичайними фенольними і фурановими смолами ці сполучні не виділяють фенолу і формальдегіду при виготовленні суміші і виготовленні форм і стрижнів.

У наших дослідженнях ми визначали міцність ХТС зі смолою АлкасетCO₂ і піском марки ЗК₃ О₃ 016, що застосовується в ливарному цеху

Результати для сумішей з 3,0%, 2,5% і 2,0% представлені на рис. 3.14. Початкові міцності без добавки склали в середньому 2,8 МПа, 2,1 МПа, 1,5 МПа при вмісті смоли 3,0%, 2,5%, 2,0% відповідно.

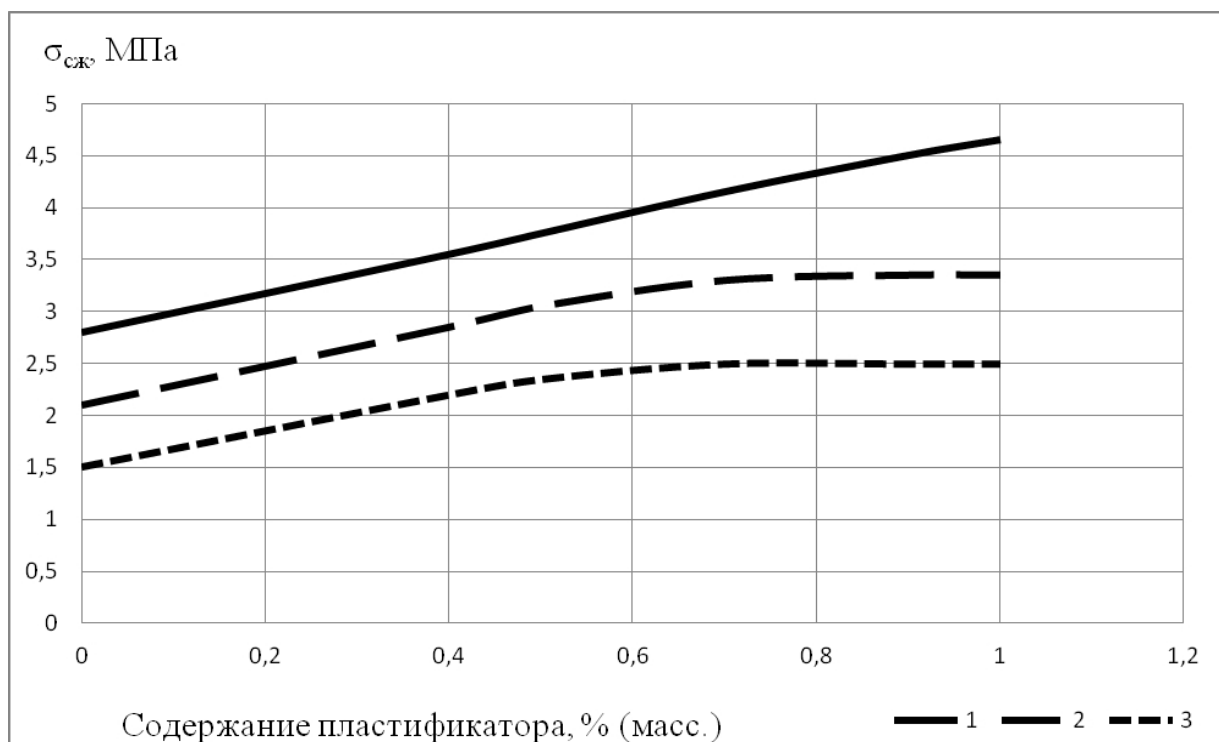


Рис. 3.14. Міцність на стискання ХТС зі смолою «АЛКАСЕТСО₂»
наповнювач – кварцовий пісок: ЗК₃ О₃ 016 1)- 3,0% смоли (осипання 0,1%);
2) – 2,5% смоли (осипання 0,15-0,25%); 3) – 2,0% смоли (осипання 0,25-0,3%);
щільність зразків 1,50-1,60г/см³ .

При цьому випробуванні видно, що при 3,0% сполучного відзначається

монотонне зростання міцності, а при 2,5 і 2,0% при збільшенні вмісту добавки настає насичення, і міцність перестає зростати. Це відбувається для сумішей з 2,5% смоли при досягненні 0,7% пластифікатора. Мабуть, добавка заповнює проміжки між зернами і починає надавати змащувальний вплив.

Особливу роль, мабуть, відіграє глиниста складова, яка, змішуючись з добавкою, сприяє збільшенню міцності. Тому при її зменшенні (1,2% для піску 3К₃ О₃ 016) міцність зі збільшенням кількості добавки перестає зростати («не вистачає» глинистої). Таким чином, глина, надає своєрідний позитивний ефект. Однак абсолютні міцності ХТС з пісками, що мають велику глинисту нижче.

Збільшення кількості добавки, як і раніше, сприяє збільшенню міцності у всіх випадках (3,0; 2,5; 2,0%). Так для ХТС з 3,0% сполучного відзначається монотонне зростання міцності, як і для попереднього піску (5К₄ О₃ 02). При вмісті пластифікатора 0,8-0,9% міцність збільшується в 1,5-1,8 рази, але при цьому збільшується в'язкість суміші, хоча вона має досить хорошу плинність.

Для сумішей з 2,5 і 2,0% смоли міцність також збільшується в середньому в 1,8...2,0 рази при вмісті добавки 0,7% і 0,6% відповідно, але суміш при цьому також досить в'язка.

Тому рекомендована кількість добавки повинна становити для сумішей з 3,0% смоли приблизно 0,6-0,7%. При цьому міцність збільшується в 1,5..1,8 рази і становить в середньому приблизно 3,9 – 4,3 МПа.

Для сумішей з 2,5% смоли слід додавати 0,5-0,7% пластифікатора. При цьому міцність також зростає приблизно в 1,5...1,8 рази і становить 3,1-3,4 МПа.

Для сумішей з 2,0% смоли можна рекомендувати 0,4-0,6% пластифікатора. Збільшення міцності становить також 1,5...1,8 рази при міцності 2,1-2,4 МПа.

Ступінь ущільнення у всіх випадках становив 1,50-1,60 г/см³. Осипання для 3,0% смоли не перевищувало 0,1%, де і були отримані максимальні міцності (3,9-4,3 МПа), достатні при виготовленні середніх і великих виливків.

Вважається можливим знизити вміст сполучного до 2,5% і навіть 2,0%, оскільки при цьому міцність сумішей з оптимальним вмістом сполучного становить 3,1-3,4 МПа при осипаності 0,15-0,25% і 2,1-2,4 МПа при осипаності 0,25-0,3% відповідно, що допустимо при виготовленні виливків загального машинобудування.

Визначали також властивості сумішей з піском **2К₂ О₃ 03**. Це найбільш якісний пісок у порівнянні з представленим вище в першу чергу за вмістом глинистої, яка не перевищує 0,4%. Результати досліджень представлені на рис. 3.15.

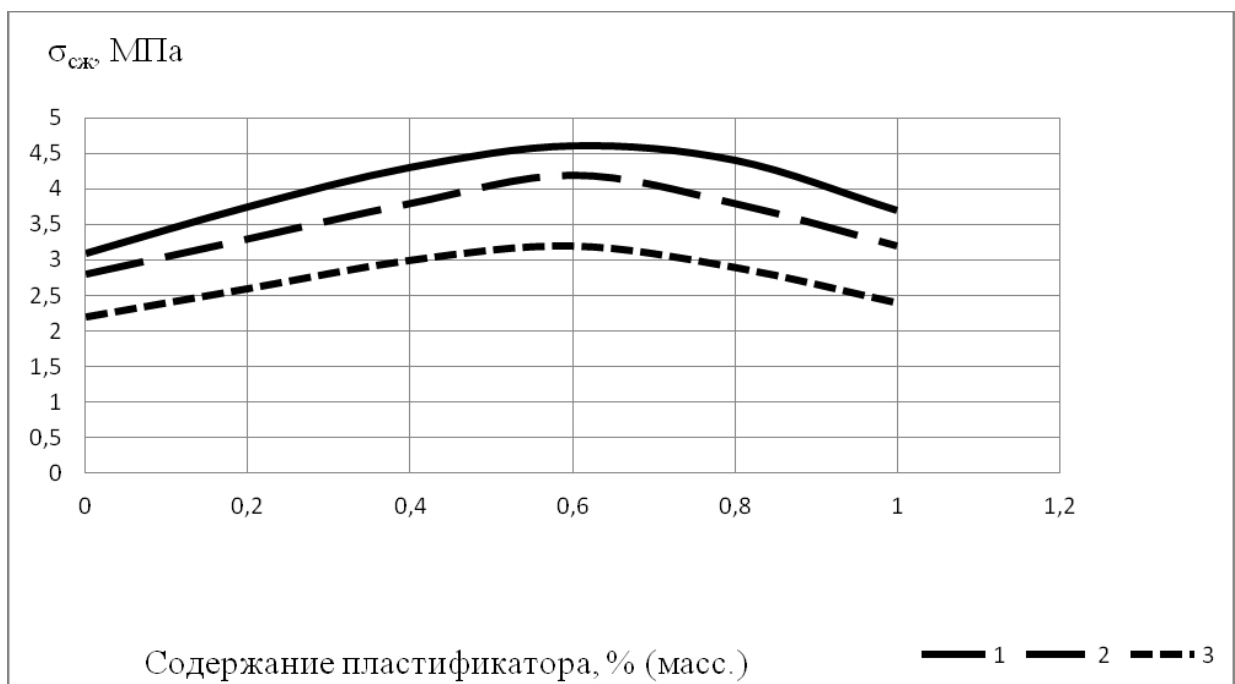


Рис. 3.15. Міцність на стискання ХТС зі смолою «АЛКАСЕТСО2»; наповнювач - кварцовий пісок 2К₍₂₎ О₍₃₎ 03 : 1- 3,0% смоли (осипання 0,15%); 2 - 2,5% (осипання 0,15%); 3 – 2,0% (осипання 0,15-0,25%); щільність зразків 1,60-1,70 г/см³

З представлених даних для 3,0; 2,5; 2,0% сполучного видно, що вихідні міцності сумішей без добавки мають високі значення. Так, для сумішей з 3,0% міцність становить 3,2 МПа, тобто вище, ніж для сумішей з піском 3К₍₃₎ О₍₃₎ 016. Для 2,5% і 2,0% міцність становила 2,7 МПа і 2,3 МПа відповідно, що

також вище, ніж для зазначеного піску.

Зі збільшенням кількості пластифікатора міцність сумішей у всіх випадках (3,0; 2,5; 2,0%) спочатку монотонно зростає, досягає максимуму, а потім починає знижуватися, і досить значно. Так для сумішей з 3,0% смоли міцність при 0,6% добавки збільшується в середньому в 1,8...2,0 рази і становить близько 4,8 МПа. Аналогічна картина спостерігається при 2,5% сполучного, коли міцність склала при 0,6% добавки близько 4,2 МПа і при 2,0%, де міцність при 0,6% пластифікатора склала 3,5 МПа. Після досягнення максимальних значень відбувається спад до результатів, отриманих при 0,1-0,2% пластифікатора.

Екстремальний характер усіх кривих (3,0%; 2,5%; 2,0% смоли) пояснюється головним чином тим, що наповнювач має малий вміст глинистої - до 0,4% в порівнянні з попередніми пісками (1,7% -5K₍₄₎ O₍₃₎ 02; 1,2% - 4K₍₃₎ O₍₃₎ 016).

Внаслідок цього добавка не зв'язується глиною як у попередніх пісках і при її надлишку вона викликає деяке ковзання між частинками відносно одна одної і як наслідок зниження міцності.

Оптимальний вміст пластифікатора для сумішей (3,0%; 2,5%; 2,0% смоли) становить 0,5-0,7%. При цьому міцність збільшується в загальному випадку в 1,8...2,0 рази.

Слід зазначити, що максимальні міцності досягаються при меншому вмісті добавки в порівнянні з піском марки 4K₃ O₃ 016. Так, максимальна міцність суміші (при вмісті смоли 3,0%) досягалася при 1,0% добавки і становила 4,6 МПа, а для розглянутого піску максимальна міцність досягалася при 0,6% добавки і становить також 4,8 МПа.

З отриманих даних випливає, що вміст сполучного може бути знижений до 2,5% і навіть до 2,0%, оскільки міцність у першому випадку склала в середньому 4,2 МПа при осипаності не більше 0,15% і вмісті добавки 0,6%, а в другому – 3,5 МПа при осипаності 0,15-0,25% і вмісті добавки 0,6%. Щільність зразків становила 1,60-1,70 г/см⁽³⁾.

Більш високий ступінь ущільнення пояснюється якістю піску, а саме: окатана форма, гладка поверхня, малий вміст глинистої складової, що сприяє кращому ущільненню.

РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА СТАНУ УМОВ ПРАЦІ І БЕЗПЕКИ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ПІСЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Магістерська робота присвячена дослідженню технологічних властивостей та вдосконаленню складів холоднотвердіючих сумішей (ХТС), що використовуються у ливарному виробництві для виготовлення форм і стрижнів.

ХТС широко використовуються у ливарному виробництві для виготовлення ливарних форм та стрижнів. Незважаючи на технологічні переваги, вони містять компоненти, які можуть мати шкідливі та небезпечні властивості для здоров'я працівників та навколишнього середовища.

Альфа-сет (Alpha-Set) та Бета-сет (Beta-Set) (Фуран- або Фенол-формальдегідні смоли) – ці системи, як правило, засновані на фуранових або фенол-формальдегідних смолах та кислотних каталізаторах (наприклад, сульфонові кислоти).

Формальдегід виділяється з фенол- та фуран-формальдегідних смол при виготовленні та/або сушінні. Це отруйна речовина, що подразнює слизові оболонки, шкіру та дихальні шляхи, має канцерогенну дію.

Фуриловий спирт та інші мономери можуть випаровуватися, подразнюючи дихальні шляхи та очі.

Кислотні каталізатори – є їдкими (корозійними) речовинами, які викликають хімічні опіки при контакті зі шкірою та слизовими оболонками. Пари можуть викликати подразнення дихальних шляхів.

При високій температурі під час заливання металу у форму з ХТС відбувається термічна деструкція смоли, що призводить до виділення великої кількості токсичних продуктів, включаючи фенол, формальдегід, оксиди вуглецю (CO , CO_2), а також ароматичні вуглеводні (наприклад, бензол) та сірчистий газ (SO_2) (якщо використовується сірчана кислота як каталізатор).

Ці гази є отруйними та можуть викликати гострі або хронічні отруєння.

Ефір (Естер) процес використовує розчинне натрієве скло (силікат

натрію) як в'яжуче та органічні естери (наприклад, діацетат етиленгліколю) як затверджувач.

Небезпека при виготовленні та/або зберіганні органічних ефірів можуть мати неприємний запах та бути подразниками для очей та дихальних шляхів при випаровуванні.

Натрієве рідке скло створює лужне середовище, яке при тривалому контакті може викликати подразнення та сухість шкіри.

Небезпека при заливці металу (термічна деструкція):

При високих температурах під час заливання металу у форму ефіри та інші органічні домішки можуть розкладатися з виділенням оксидів вуглецю (CO , CO_2) та інших продуктів термічного розкладу.

Хоча ця система зазвичай вважається більш екологічною порівняно зі смоляними, при недостатній вентиляції можуть виникати небезпечні концентрації газів.

CO_2 -процес передбачає використання рідкого скла (силікат натрію), яке твердіє під дією газоподібного діоксиду вуглецю (CO_2).

Хоча сам CO_2 є нетоксичним при низьких концентраціях, він є асфіксіантом (задушливим газом). При великих концентраціях, особливо в закритих приміщеннях, він витісняє кисень, що може призвести до задухи. Необхідний суворий контроль концентрації CO_2 у робочій зоні.

Так само, як у випадку з рідким склом – ефір, може подразнювати шкіру через лужну природу силікату натрію.

При високих температурах під час заливання металу у форму ця система має найменше шкідливих виділень продуктів термічної деструкції органічних речовин порівняно з іншими ХТС, оскільки не містить значної кількості органіки.

Основний ризик пов'язаний з пилом кварцового піску при вибиванні, який може викликати силікоз (професійне захворювання легень) при тривалому вдиханні.

Шкідливі та небезпечні властивості ХТС наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Шкідливі та небезпечні властивості ХТС

Небезпека	Конкретні прояви	Заходи захисту
Хімічна небезпека	Контакт з кислотами, лугами, смолами (опіки, подразнення).	Використання ЗІЗ (спецодяг, рукавички, захисні окуляри/щитки).
Виділення шкідливих газів	Виділення формальдегіду, фенолу, CO , SO_2 при сушінні та заливці.	Ефективна припливно-витяжна вентиляція робочої зони. Контроль ГДК (гранично допустимих концентрацій) шкідливих речовин.
Пожежо- та вибухонебезпека	Деякі органічні розчинники та смоли можуть бути займистими.	Дотримання правил пожежної безпеки, використання пожежобезпечного обладнання.
Забруднення повітря	Кварцовий пил (діоксид кремнію) при приготуванні сумішей, вибиванні форм.	Використання респіраторів для захисту від пилу та забезпечення чистоти повітря.

З огляду на різноманітність хімічних речовин у ХТС, важливо використовувати комплексний підхід до захисту.

ЗІЗ повинні використовуватися працівниками при приготуванні сумішей, роботі з рідкими компонентами, затвердінні форм та вибиванні (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Засоби захисту при роботі із сумішами ХТС

Компонент/Процес	Захист шкіри	Захист очей/обличчя	Захист дихальних шляхів
Робота з кислотами (Alpha/Beta-Set)	Рукавички з бутилкаучуку або вітону (для стійкості до кислот), захисний костюм або фартух (стійкий до хімічних опіків).	Захисні окуляри-маска або лицьовий щиток (для захисту від бризок).	Лицева маска з фільтром для кислих газів (маркування Е - жовте) та органічних парів (маркування А - коричневе).
Робота з лугами (рідке скло)	Рукавички з неопрену або ПВХ, захисний фартух.	Захисні окуляри або щиток.	При розведенні та/або нагріванні: напівмаска з комбінованим фільтром А/Р2.
Робота зі смолами та ефірами	Рукавички з нітрилу або бутилкаучуку (для стійкості до органічних розчинників).	Захисні окуляри (щоб запобігти потраплянню бризок).	Напівмаска з фільтром для органічних парів (маркування А).
Вибивання та обрубання литва (пил)	Захисний одяг, що мінімізує накопичення пилу.	Захисні окуляри.	Респіратор з протиаерозольним фільтром Р2 або Р3 (для захисту від дрібного кварцового пилу).
Загальне (шум, вібрація)	-	-	Захисні навушники або беруші (особливо при роботі з пневматичним інструментом).

Ефективна вентиляція є критично важливою для контролю концентрації шкідливих газів і пари.

Місцева витяжна вентиляція обов'язкова на всіх етапах, де відбувається виділення шкідливих речовин. Зокрема, над змішувачами та установками для приготування сумішей, на ділянках формування (особливо при газовому затвердінні CO₂-процесом), на ділянках заливки металу (для відведення продуктів термічної деструкції смол), на ділянках вибивання форм та стрижнів (для видалення пилу та газоподібних продуктів, що залишилися).

Загальнообмінна вентиляція повинна забезпечувати необхідну кратність повітрообміну у всьому цеху для розбавлення та видалення залишків шкідливих речовин та підтримання комфортних умов.

Вентиляційні системи повинні бути спроектовані таким чином, щоб концентрація шкідливих речовин (формальдегіду, фенолу, СО, SO₂ тощо) на робочих місцях не перевищувала гранично допустимих концентрацій (ГДК).

встановлених санітарними нормами.

Особлива вимога для SO₂-процесу – при використанні SO₂ для затвердіння повинна бути забезпечена ефективна витяжка цього газу, оскільки він є важчим за повітря і може накопичуватися в нижніх зонах, створюючи ризик задухи.

Аварійні ситуації, особливо розлив їдких або токсичних хімічних компонентів ХТС, таких як кислотні каталізатори для Альфа/Бета-сет або лужні розчини рідкого скла, вимагають негайної та чіткої реакції.

У разі аварійних ситуацій необхідно:

- негайно попередити колег та керівництво про розлив.
- якщо це безпечно, перекрити джерело розливу (наприклад, закрити кран або перевернути пошкоджену ємність).
- обмежити доступ до зони розливу.
- персонал, що не бере участі в ліквідації, повинен негайно залишити небезпечну зону та пройти в безпечне місце.
- увімкнути/посилити систему припливно-витяжної вентиляції для зниження концентрації парів.

Перед початком ліквідації розливу персонал повинен одягнути повний комплект ЗІЗ (особливо хімічно стійкі рукавички, захисний костюм, лицьовий щиток та відповідний респіратор).

3. Локалізація та Нейтралізація

Для локалізації та нейтралізації потрібно не дати рідині розтектися та вступити в небажані реакції. Для локалізації розливу використовують абсорбуючий матеріал (пісок, тирса, спеціальні хімічні сорбенти) або обмежувальні бони для створення бар'єру навколо рідини.

Необхідно запобігти потраплянню рідини в каналізацію. Це особливо важливо для кислот і лугів, які можуть пошкодити інженерні мережі або забруднити навколишнє середовище.

Для нейтралізації кислот (наприклад, сульфонові кислоти) застосовують лужні нейтралізатори, такі як сода кальцинована, вапно або крейда. Поступово

посипають кислоту, доки шипіння не припиниться (індикатор нейтралізації).

Для нейтралізації лугів (наприклад, рідке скло) застосовують слабкі кислотні нейтралізатори, наприклад, розбавлений оцет або лимонна кислота, або абсорбенти.

Для нейтралізації смоли/ефірів застосовують інертні абсорбенти (пісок, вермикуліт). Нейтралізація не потрібна, але потрібна утилізація.

Зібраний абсорбуючий матеріал разом із нейтралізованою або небезпечною речовиною необхідно помістити у марковані герметичні контейнери (бочки, мішки).

Усі відходи повинні бути утилізовані відповідно до місцевих правил поводження з небезпечними відходами. Не можна просто викидати ці матеріали у звичайний сміттєвий контейнер.

Якщо стався контакт хімікату з людиною необхідно негайно зняти забруднений одяг і промити уражену ділянку шкіри під проточною водою протягом мінімум 15-20 хвилин. Промивати очі під проточною водою протягом мінімум 15 хвилин, тримаючи повіки відкритими. Винести постраждалого на свіже повітря.

Обов'язково викликати швидку медичну допомогу або доставити постраждалого до лікаря, навіть якщо симптоми здаються незначними, надавши інформацію про хімікат.

Зберігання компонентів холоднотверднучих сумішей має вирішальне значення для запобігання аварій, збереження якості матеріалів та забезпечення безпеки праці. Необхідно суворо дотримуватися принципів сумісності та контролю умов зберігання.

Зберігання смоли та каталізаторів (Alpha/Beta-Set)

Фенол- та Фуран-формальдегідні смоли (в'яжуче) та кислотні каталізатори (сульфонові кислоти) необхідно зберігати окремо, оскільки їхнє змішування призводить до швидкої неконтрольованої реакції.

Температурний режим: Зберігання смол вимагає підтримки стабільної температури, зазвичай у діапазоні від 10°C до 25°C. Надмірне тепло прискорює

полімеризацію, скорочуючи термін придатності. Морозостійкість необхідно перевіряти згідно з паспортом продукту.

Кислотні каталізатори є високоактивними та корозійними речовинами. Вони повинні зберігатися в окремому приміщенні або спеціальних шафах, ізольованих від інших хімікатів, особливо від лугів (наприклад, рідкого скла), які є несумісними.

Приміщення повинно бути обладнане примусовою вентиляцією, оскільки смоли можуть виділяти пари органічних розчинників та формальдегіду.

Каталізатори слід зберігати у ємностях, виготовлених з матеріалів, стійких до кислот (наприклад, поліетилен високої щільності, скло або спеціальні сплави).

Зберігання рідкого скла (силікат натрію)

Рідке скло є лужним розчином, який використовується у SO₂-процесі та рідке скло–ефір.

Рідке скло має зберігатися окремо від кислот, оскільки їхня взаємодія призведе до реакції нейтралізації з утворенням осаду (кремнієвої кислоти) та виділенням тепла, що може спричинити розбризкування.

Необхідно запобігати замерзанню рідкого скла, оскільки це може призвести до руйнування його структури та втрати в'язучих властивостей.

Ємності повинні бути щільно закриті, щоб запобігти контакту з атмосферним вуглекислим газом SO₂, який може спричинити поступову поверхневу карбонізацію та затвердіння.

Загальні вимоги до складів ХТС

Усі ємності повинні мати чітке маркування із зазначенням назви речовини, піктограм небезпеки та дати виготовлення/терміну придатності. На складі мають бути доступні паспорти безпеки (MSDS/SDS).

Складське приміщення повинно мати піддони, обмежувальні бортики або спеціальні ємності для аварійного збору розливу, щоб запобігти розтіканню хімікатів та їхньому змішуванню.

Необхідно забезпечити наявність відповідних засобів пожежогасіння

(зазвичай піна або порошок, оскільки вода може посилювати розливи та хімічні реакції).

Спільне зберігання: Якщо спільне зберігання різних компонентів неминуче, між несумісними речовинами (наприклад, кислоти та луги) має бути передбачена фізична бар'єрна стінка або безпечна відстань.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА УДОСКОНАЛЕННЯ РЕЦЕПТУР ХТС

В попередніх розділах даної роботи доведено, що у практиці ливарного виробництва, під час виготовлення виливків складних конфігурацій з високою точністю за технологією ХТС можуть використовуватися в якості сполучних речовин до кварцового піску при виробництві ливарних форм та стрижнів різні матеріали. Завданням економічної частини є підтвердження доцільності їх застосування з точки зору не тільки технологічності, але й вигоди для виробника.

Доведено, що технологічними перевагами використання рідко скляних сумішей з добавками є те, що під час високотемпературної взаємодії під час лиття в розплавленій формі сполучний матеріал вигорає і тим самим послаблює зв'язок між зернами кварцу. Таким чином, зменшуються трудомісткість операції вибивання, що мінімізує витрати праці і оптимізує величину собівартості.

Однак використання додаткових матеріалів до формувальної суміші в свою чергу пов'язане зі збільшенням виробничих витрат і, як наслідок, собівартість продукції може бути дуже висока.

Результати попередніх досліджень продемонстрували доцільність використання рідко скляних сумішей зі складними ефірами для затвердіння форм типу «Катасил» різних марок як ефективного сполучного матеріалу. Додатково пропонується використовувати 0,6-0,8% пластифікатор в кварцовий пісок, що дозволить знизити вміст сполучного до 3,0%. Або як варіант у випадку виготовлення відповідальних стрижнів використовувати смола АлкасетСО₂ в кількості від 2,0% до 3,0% і знову ж таки з додаванням пластифікатора замість рідкосклових сумішей. Всі вони, що важливо, забезпечують безперебійну роботу найважливішого формувального устаткування. І саме використання оптимального каталізатора (СО₂), який найдешевший із розглянутих забезпечить економічний результат за рахунок:

- зменшення витрат під час обробки готової продукції від формувальної суміші на поверхні виливка, особливо складної конструкції, та спрощення видалення стрижнів;
- зменшення дефектів – тріщин виливка та порушення його геометричних розмірів, в результаті чого покращується вихід придатного.

Для розрахунку величини витрат виготовлення литих виробів з використанням різних матеріалів для сполучення формувальної суміші було обрано ливарну сталь.

Для визначення впливу обраної рецептури ХТС на собівартість лиття необхідно спочатку визначити вартість основних компонентів. На основі досліджень знаємо, що вихід придатного сталюого лиття зазвичай становить близько 70%, а витратний коефіцієнт основних матеріалів при цьому буде дорівнювати

$$K_{\text{вит}} = 100/70 = 1,429 \text{ т/т.}$$

Згідно з розрахованим коефіцієнтом витрачання розраховували кількість основних компонентів для виготовлення, наприклад 1 тонни придатного сталюого лиття (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Результати розрахунку витрат основних матеріалів для виготовлення сталюого лиття з урахуванням $K_{\text{вит}}$

компоненти	Кількість, т/т
Брухт сталевий	0,585
Брак сталюого лиття	0,354
Сталева стружка	0,120
Повернення власного виробництва	0,350
Феросилікомарганець	0,006
Феросиліцій	0,013
Алюміній	0,001
всього	1,429

Витратні ж коефіцієнти формувальних матеріалів було визначено ⁹³₉₆

урахуванням вітчизняної практики ливарного виробництва. Відомо, що для отримання 1 тонни придатних виливок потреба у формувальних матеріалах становить приблизно 3 т. Якщо витрати формувальних матеріалів буде вищою за вказаний рівень, собівартість лиття зросте на стільки, що виробництво такої продукції вважатиметься економічно не вигідним.

Таким чином, на кожну 1 т придатних виливок необхідно 10% якісного кварцового піску, а для економії решта 90% може використовуватися регенераційний пісок. При такому розподіленні первісного кварцового піску необхідно – 0,3 т/т, а піску повторного використання – 2,7 т/т.

Для розрахунку вартості формувальної суміші обрали варіант, що показав найкращі з точки зору вибиваємості та підвищення міцності після затвердіння – коли до кварцового піску додається рідкоскляна суміш та 0,6-0,8% пластифікатора, що дозволить знизити вміст сполучного до 3,0%. Також можливе для поліпшення податливості добавляти в рідке скло (3,0%) 1% фуранової смоли РезоформНБ95Ф.

Для приготування такої формувальної суміші необхідно ввести запропоновані інгредієнти – згідно з дослідженнями, оптимальний вміст становить 1,0% фуранової смоли РезоформНБ95Ф від кількості формувальних матеріалів та 25% каталізатору (активатор для смоли) від кількості введеної смоли. Згідно з розрахунком, витрати фуранової смоли типу РезоформНБ95Ф становить 0,058 т/т, каталізатору для смоли – 0,0145 т/т, а інших допоміжних матеріалів – 0,3061 т/т.

Використовуючи представлені значення норми витрачання основних та формувальних матеріалів, можна визначити витрати на їх споживання на 1 тонну придатного литва. У табл. 5.2 наведено розрахунок гривневого еквіваленту витрат на 1 тонну придатного сталевих виливків при використанні оптимального рецепту ХТС на основі фуранової смоли РезоформНБ95Ф. Прийняті для розрахунку значення цін матеріалів – середньо ринкові на початок 2025 року.

Таблиця 5.2

Витрати основних та формувальних матеріалів на 1 тону придатних сталевих виливків (ХТС на основі фуранової смоли РезоформНБ95Ф)

Стаття витрат	На 1 т придатних виливок, т	Ціна за 1 т, грн.	Витрати на 1 т придатного, грн.
Основні матеріали			
Брухт сталевий	0,585	26945	15762,8
Брак сталевого лиття	0,354	26235	9287,2
Сталева стружка	0,120	16830	2019,6
Повернення власного виробництва	0,350	8025	2808,8
Феросилікомарганець	0,006	148944	893,7
Феросиліцій	0,013	119340	1551,4
Алюміній	0,001	140800	140,8
Усього	1,429		32463,6
Відходи і брак			
Відходи	0,217	8025	1741,4
Брак	0,043	8025	345,1
Угар і безповоротні витрати	0,169		
Всього відходів і браку з урахуванням угару	0,429		2086,5
Усього за вирахуванням відходів та браку	1,000		30377,1
Формувальні та допоміжні матеріали, т			
Кварцовий пісок	0,300	1150	345,0
Регенерат	2,700	400	1080,0
Фуранова смола	0,058	21580	1251,6
Каталізатор (активатор для смоли)	0,0145	11450	166,0
Інші допоміжні матеріали	0,3061	1830	560,2
Усього формувальні та допоміжні матеріали	3,3786		3402,8
Всього матеріальні витрати			33779,9

За традиційною технологією величина матеріальних витрат на виробництво сталевих виливків становить 37-42 тис. грн./т. Порівняємо розрахунковий рівень 33779,9 грн./т з середньо ринковою величиною, яка дорівнює

$$B_{\text{мат}}^{\text{ринк}} = 37 + 42/2 = 39,5 \text{ тис. грн./т}$$

Порівнюючи розрахункове значення (табл. 5.2) та середньо ринкову величину бачимо, що матеріальні витрати на виготовлення 1 т приданих сталевих виливків при використанні ХТС на основі фуранової смоли РезоформНБ95Ф менші на

$$\Delta B_{\text{мат}} = 39500 - 33779,9 = 5720,1 \text{ грн./т},$$

що свідчить про доцільність використання зазначених добавок до формувальної суміші.

Відповідно економічна ефективність використання оптимального рецепту ХТС, що містить фуранову смолу РезоформНБ95Ф з додаванням активатора дорівнює

$$E_{\text{еф}} = 100 - 33779,9/39500 \times 100 = 14,5\%.$$

Результати економічного аналізу свідчать про те, що запропонована рецептура ХТС на основі фуранову смолу РезоформНБ95Ф є економічно виправданою та може бути рекомендована для впровадження при виготовленні сталюого лиття.

ВИСНОВКИ

На підставі отриманих в роботі результатів можна зробити наступні загальні висновки і рекомендувати варіанти технології виготовлення форм і стрижнів:

- Виготовлення форм і стрижнів з рідкосклових сумішей зі складними ефірами (затверджувачами) «Катасил» різних марок (різна живучість). Це дозволить знизити вміст рідкого скла до 2,0-3,0% в залежності від марки використаного піску;
 - Пропонуються склади рідкосклових сумішей для CO_2 процесу з додаванням 0,6-0,8% пластифікатора в кварцовий пісок, що дозволить знизити вміст сполучного до 3,0%. Для поліпшення податливості, вибиваності та підвищення міцності після затвердіння (24 години) пропонуються ХТС з добавкою в рідке скло (3,0%) 1% фуранової смоли РезоформНБ95Ф.
 - Пропонуються склади сумішей для виготовлення відповідальних стрижнів зі смолою Алкасет CO_2 (2,0-3,0%) , що твердіє CO_2 з добавкою пластифікатора замість рідкосклових сумішей і, можливо, сумішей з оліями.
- Список літератури