

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЇ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ
І ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Пояснювальна записка
до випускної магістерської роботи
зі спеціальності 136 – Металургія

На тему: Розробка та дослідження технології виготовлення легковибивних
стрижневих рідкоскляних сумішей

Виконав: магістрант групи ЛВ-23-1м _____ Шестопал С.С.

Керівник випускної роботи _____ Губін Г.В.

Нормоконтролер _____ Губін Г.В.

Завідувач кафедри _____ Савельєв С.Г.

Кривий Ріг
2024р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Розробка та дослідження технології виготовлення легковибивних стрижневих рідкоскляних сумішей»: стор. ____, рис. ____, табл. ____, джерел ____.

Об'єктом дослідження є застосування матеріалів для поліпшення вибиваємості та регенерованості рідинно-скляних формувальних та стрижневих сумішей.

Предметом дослідження є отримання легковибивних стрижнів за рахунок розроблення технології застосування дисперсно-армованих мікрволокнами розпушеної макулатури (МРМ) РСС, і використанням як активуючих добавок для наповнювача РСС натрієвої солі карбоксиметилцеллюлози (Н-КМЦ) і поливинилового спирту (ПВС).

Метою цієї роботи є: отримання легковибивних стрижнів за рахунок розроблення технології виготовлення дисперсно-армованих мікрволокнами розпушеної макулатури (МРМ) РСС, і використанням як активуючих добавок для наповнювача РСС натрієвої солі карбоксиметилцеллюлози (Н-КМЦ) і поливинилового спирту (ПВС).

Для досягнення поставленої мети в магістерській роботі вирішувалися такі завдання:

- розробка двостадійної технології приготування РСС, що передбачає введення на першому етапі органічних речовин, а на другому - рідкого скла;
- відпрацювання режимів і параметрів технологічних процесів приготування дисперсно-армованих РСС і сумішей, що готуються за двостадійною технологією;
- дослідно-промислові випробування рідинноскляних дисперсно-армованих сумішей на плакованому (активованому) добавками Н-КМЦ і ПВС наповнювачі (кварцовому піску) і сумішей, які готуються за двостадійною технологією.

Практична значущість роботи. Розроблено двостадійну технологію приготування РСС, що передбачає на першому етапі активацію поверхні наповнювача органічним в'язким матеріалом (Н-КМЦ або ПВС), які додатково характеризуються високою адгезією до поверхні кварцу, а на другому етапі, після сушіння, комбінованим органосилікатним в'язким матеріалом, який має хороші когезійні показники (мікрволокна РМ+РСС).

Запропоновані технології було випробувано при отриманні сталевих, чавунних і кольорових виливків у діючих ливарних цехах.

Ключові слова: РІДКЕ СКЛО, ВИБИВАЄМІСТЬ, СТРИЖЕНЬ, ДЕФЕКТ, ФОРМУВАЛЬНА СУМІШ.

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.Р			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Шестопад С.С.				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Губін Г.В.			РЕФЕРАТ			Кафедра МЧМЛВ Група ЛВ-23-1м
Рецензент		Скідін І.Е.						
Н.контроль		Губін Г.В.						
Затвердив		Савельєв С.Г.						

Вступ.....	.....
ГЛАВА 1. Аналіз та завдання дослідження.....	.....
1.1 Область застосування рідиннокляних сумішей.....	.....
1.2 Визначення вибиваємості рідкоскляних сумішей.....	.....
1.3 Зміна роботи вибивки суміші залежно від температури нагріву.....	.....
1.4 Залежність вибивання рідкоскляних сумішей від різних чинників:	
1.4.1 Вплив неорганічних добавок на вибиваємість.....	.....
1.4.2 Вплив органічних добавок на вибиваємість.....	.....
1.4.3 Вплив "крихкої" усадки на вибивання.....	.....
1.4.4 Вплив прискореного охолодження на вибивання.....	.....
1.4.5 Вплив кількісного введення рідкого скла на вибивання.....	.....
2. Методики проведення експерименту.....	.....
2.1 Постановка експериментів та об'єкти досліджень.....	.....
2.1.1 Математичні методи досліджень.....	.....
2.1.2 Фізико-механічні методи досліджень.....	.....
2.2 Вихідні матеріали для виготовлення стрижневої суміші.....	.....
2.3 Вибір органічних добавок для поліпшення вибивання рідкоскляних сумішей.....	.....
2.4 Обґрунтування застосування дисперсного армування і двостадійної обробки рідкоскляної суміші.....	.....
3. Дослідження впливу параметрів сушіння та реологічних властивостей органічних добавок на властивості міцності стрижневої суміші.....	.....
3.1 Дослідження властивостей міцності стрижневих сумішей із добавкою натрієвої солі карбоксиметилцелюлози.....	.....
3.2 Дослідження властивостей міцності стрижневих сумішей із добавкою по полівінілового спирту.....	.....
4. Особливості технологічного процесу виготовлення виливків з кольорових і чорних сплавів з використанням дисперсно-армованих стрижнів із РСС, приготованої за двостадійною технологією.....	.....
5. Економічна ефективність застосування технології виготовлення легковибивних стрижневих рідкоскляних сумішей.....	.....
Охорона праці.....	.....
Висновки.....	.....

Вступ

У загальній структурі машинобудівних заводів ливарне виробництво, найчастіше, є збитковим, тому що більшою мірою залежить від цінової політики на сировинні матеріали, паливо, електроенергію, транспорт. Правильний вибір застосовуваних матеріалів для формувальних і стрижневих сумішей дає змогу зменшувати собівартість одержуваних виливків і вирішує екологічні проблеми ливарних цехів.

Найпоширенішим і недорогим сполучною речовиною для виготовлення ливарних форм і стрижнів є рідке скло (РС). Поряд із перевагами, рідкоскляні суміші (РСС) мають погану вибиваемість і регенерованість.

Питанням поліпшення вибиваемості та регенерованості рідинно-скляних сумішей присвячені численні дослідження вчених Ю.П. Васіна, І.Є. Илларіонова, З.Я. Іткіса, Д.М. Кукуя, В.А. Маркоса та багатьох інших. Відомі способи приготування легковиваних РСС на нетоксичних сполучних композиціях та безпосередньо самі склади цих композицій у низці випадків малоефективні у здійсненні, внаслідок чого їхнє застосування у виробництві обмежене, або взагалі відсутнє. Тому розробка нових складів сполучних композицій і способів приготування РСС на їх основі визначає актуальність проблеми.

Аналіз відомих технологічних рішень щодо поліпшення вибивання РСС показав, що найефективнішими є способи, за яких або зменшують кількість РСС у суміші до 2-4 %, або вводять у суміш різні добавки.

Зниження процентного вмісту РС до 2-4% веде до зниження показників міцності суміші, що в свою чергу веде до браку стрижнів під час транспортування й установа у форму. Тому, в такі суміші необхідно вводити добавки та зв'язувальні композиції, які б поряд із поліпшенням вибивання, додатково сприяли б збільшенню міцності РСС після затвердіння. З цієї точки зору найбільший інтерес представляють добавки органічного походження, наявність яких у складі РСС може забезпечити їм достатню міцність після затвердіння.

Таким чином, пошук повних, недефіцитних і недорогих матеріалів для використання їх як органічних добавок під час виготовлення стрижневих РСС з поліпшеними властивостями з вибивання та регенерування є актуальним.

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.ВС		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			
Розробив		Шестопал С.С.			Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Губін Г.В.					
Рецензент		Скідін І.Е.			Кафедра МЧМЛВ Група ЛВ-23-1м		
Н.контроль		Губін Г.В.					
Затвердив		Савельєв С.Г.					
					ВСТУП		

1. Аналіз та завдання дослідження

1.1 Область застосування рідкоскляних сумішей

Рідкоскляні суміші почали застосовувати в ливарних цехах з 50-х років і за короткий період часу вони набули широкого поширення в нашій країні та за кордоном. Цьому сприяла універсальність суміші, тобто застосовність одних і тих самих складів суміші для виготовлення форм і стрижнів, для виробництва виливків із чавуну, сталі та кольорових сплавів. Універсальність сумішей виразилася також у їх застосовності при одиничному, серійному і масовому виробництвах виливків.

Спочатку РСС зміцнювалися за рахунок короткочасного теплового сушіння або за рахунок продувки CO₂. Ці суміші мали підвищений (до 10-12%) вміст рідкого скла (РС), унаслідок чого вибивання форм і стрижнів порівняно з вибиванням піщаноглинистих та інших сумішей різко погіршилося, що послужило однією з причин витіснення з 70-х років РСС сумішами із синтетичними смолами. Така заміна, за відсутності автоматизованих технологічних циклів, призвела до погіршення санітарію-гігієнічних умов праці в ливарних цехах і нераціональному використанню матеріальних ресурсів - смол, які необхідні в інших галузях народного господарства.

Роботами, виконаними в нашій країні та за кордоном, показано можливість підвищення зв'язувальної здатності РС. На цій основі розроблено нові види сумішей зі зниженим його вмістом. Відмінною особливістю РСС нового покоління є низький вміст зв'язувального, що значною мірою усуває недолік традиційних сумішей - затруднену вибивальну здатність з виливків, і полегшує їхню регеірацію. Дослідження, що тривають у цьому напрямі, підкреслюють актуальність проблеми і невичерпні можливості подальшого підвищення технічних властивостей РСС.

З РСС, що зміцнюються в оснащенні, найбільший інтерес представляють суміші, що затверджуються за допомогою CO₂, що зумовлено їхньою високою живучістю і швидкістю зміцнення, а також петоксичністю, простотою приготування і застосування суміші, універсальністю. Однак, істотне поліпшення вибиваємості рідиннорухомих і пластичних рідинноскляних холоднотверднучих сумішей, які були розроблені в нашій країні в середині 60-х років, сприяло скороченню області застосування сумішей, затверджуваних за допомогою CO₂.

Дослідження, проведені останніми роками, свідчать про можливість зниження витрат РС у сумішах, що затверджуються CO₂, за рахунок уведення як неорганічних, так і органічних добавок до РС або до автоклавів під час варіння епікат-глиби, тобто шляхом модифікування зв'язувальної речовини або активації

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД					
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						
Розробив	Шестопап С.С.				Аналіз та завдання дослідження			Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Губін Г.В.									
Рецензент	Скідін І.Е.									
Н.контроль	Губін Г.В.									
Затвердив	Савельєв С.Г.									
						Кафедра МЧМЛВ Група ЛВ-23-1м				

наповнювача для РСС. Ефективними модифікаторами РС є основні солі натрію, наприклад, триполіфосфат натрію, поліфосфати натрію, триетилфосфат тощо.

Модифікування РС за допомогою фосфатів дає змогу зменшити вміст його в суміші, за одночасного збільшення міцності, зменшення осипання та зниження роботи вибивання суміші. Останнє пояснюється сублімацією оксидів фосфору в діапазоні температур 400...780 °С, що порушує суцільність силікатних плівок і утворює тугоплавкі силікофосфати, які запобігають спіканню суміші. Поліфосфати натрію є універсальними модифікаторами РС - їхній вплив на вихідна і залишкову міцність РСС, затверджуваних CO₂ і ферохромовим шлаком, є алогічним.

Ефективними модифікаторами РС є поверхнево-активні речовини (ПАР), які сприяють підвищенню когезійної міцності зв'язуючого, рівномірному розподілу по зернах наповнювача та більш повному його затвердінню. Застосування РС, модифікованого ПАР, дає змогу зменшити витрату зв'язувального в суміші та в 1,5-2 рази поліпшити вибивання суміші з виливок. В якості ПАР використовують поліакриламід, ДС-РАС, стеарат кальцію, технічний диспергатор. Введення до сполучного диспергуючої добавки істотно змінює пористу структуру гелю за рахунок утворення на глобулах захисного адсорбційного шару, що сприяє зменшенню внутрішніх напруг у плівках сполучного, а від так - підвищенню міцності суміші. Завдяки цьому вміст РС може бути знижено до 2...3 мас. ч., за міцності суміші понад 1 МПа.

Наведені відомості про шляхи вдосконалення технологічних властивостей РСС, затверджуваних CO₂, дадуть змогу розширити обсяг їхнього застосування.

Поліпшення вибивання РСС досягнуто за допомогою затверджуваних порошкоподібних речовин (ферохромового шлаку, нефелінового шламу тощо). Так, Київський політехнічний інститут рекомендує вводити в РС речовини з несисипними зв'язками, наприклад сульфід натрію, також дисперговані фенолоформальдегідні смоли новолачного типу. Такі суміші відносяться до легко вибиваних і добре зарекомендували себе при виробництві виливків з алюмінієвих, мідних і чорних сплавів.

Великий досвід роботи за кордоном і менший у нашій країні накопичено щодо пластичних РСС, що тверднуть складними ефірами. Як ефіри перевагу віддають ацетатам етиленгліколю, оскільки їхнє виробництво базується на доступній сировині, невисокій вартості, крім того, суміші легко регенеруються. Ряд підприємств випробували ефіри виробництва Польщі та Болгарії і підтвердили доцільність застосування складноефірних затверджувачів із класу ацетатів етиленгліколю.

1.2 Визначення вибиваємості РСС

Вибивання з виливок стрижнів, виготовлених з сумішей з рідким склом, викликає великі труднощі.

У спеціальній літературі та в практиці ливарного виробництва часто зустрічаються суперечливі думки. Так, на одних заводах стрижні легко вибиваються з виливок, на інших трудомісткість вибивання стрижнів зростає,

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вибивання виявилось настільки ускладненим, що створилися серйозні ускладнення у використанні сучасних механізованих засобів видалення стрижнів.

В Україні, наприклад, було перевірено вплив безлічі добавок на умови вибивання стрижнів: деревного і кам'яного вугілля, коксу, чорного і сріблястого графітів, деревного пеку, бітуму, нафтових олій, патоки, декстрину, сульфітно-спиртової барди, пульвербакеліту, МСБ, деревного борошна та тирси, глини, цементу, крейди, вапна, шамоту, магнезиту, фосфориту тощо. Ті ж, та інші добавки як сахар, нафталін, залізна окалина, патентовані добавки тощо перевірялися в зарубіжних роботах.

У більшості випадків рекомендації зводилися до введення в суміші невеликої кількості органічних добавок. В одних випадках введення цих добавок дійсно було ефективним, а в інших виявлялося марним.

Використовуючи результати проведених досліджень, властивості одних і тих самих добавок різні фахівці оцінювали по різному, іноді діаметрально протилежно. Як це буде показано нижче, причина настільки суперечливих суджень полягає в різних умовах роботи стрижня у формі. Деякі дослідники виходили з уявлення про необхідність викликати руйнування міцної плівки рідкого скла, що цементує окремі зерна кварцового піску, за допомогою різноманітних добавок, переважно органічного походження. Ці дослідження не дали вирішення проблеми, що, звичайно, не виключило можливості в окремих випадках поліпшення вибивання стрижнів з виливків. Л. Петржела зазначає, що суміші, продуті CO₂, легше вибиваються з виливків, ніж суміші, які піддаються тепловому висушуванню, внаслідок меншого вмісту рідкого скла і "у зв'язку зі зменшенням міцності гідрогелю під впливом температури. У доповіді на 24-му конгресі ливарників він наводить інші міркування, вказуючи, що вирішальне значення має хімічна реакція між продуктами розкладання лужного силікату, тобто реакція між гідратованою кремнієвою кислотою та карбонатом натрію, або далека реакція утвореного силікату з кристалічним кварцом:



Зазначається, що труднощі вибивання визначаються вмістом лугу. Чим менше Na₂O, тим легше вибивання. Мінімальну міцність мають зразки, попередньо нагріті до 600 - 700 °С, а максимальну при 100 - 200 °С і 800 - 900 °С. Крім того, він вважає, що утворення склоподібної плівки є головною причиною спікання стрижнів і форм і погіршення вибивання.

Міцність склоподібної плівки можна зменшити шляхом додавання горючих порошкоподібних речовин, наприклад: кам'янисто-вугільного пилу, деревної тирси, меленого коксу, графіту і т. п. Додавання таких органічних речовин, як: сахар, каніфоль, смоли і т. п. - не приносить ніякої користі.

Умовам вибивання стрижнів із виливків присвячені роботи зарубіжних авторів, таких як: Аттертон, Нілд і Енштейн, Тейлор, Бемер, Шумахер, Герстманн, Ле Серва і Сегро та ін.

У багатьох англійських, американських і німецьких роботах рекомендується введення сахара, який розчиняється в РС, не викликаючи його коагуляції.

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вказується, що він нейтралізує лужність силікату, тим самим забезпечуючи сумішам із РС таку саму вибивальність, як піщано-масляним сумішам.

Дослідження інших авторів приводять до протилежних висновків. Зазначається, зокрема, що добавка сахара ще більше ускладнює вибивку. Л. Петржела, вивчивши рідке скло з патентованими добавками, повідомив, що воно містить найчастіше розчинені вуглеводи (сахар) або синтетичні смоли, які знімають міцність після продувки CO_2 , що викликає необхідність збільшення в суміші рідкого скла і тим самим погіршує вибивання стрижнів з виливків.

Він дійшов висновку, що, так звані, спеціальні сполучні речовини закордонного походження не мають жодних переваг перед стандартними рідким склом, і їхні рекомендації переслідують насамперед комерційні цілі.

Старр, рекомендуючи введення в суміші сахару, водночас песимістично оцінює перспективи поліпшення вибиваємості сумішей із рідким склом, бо, на його думку, створяться саме ті умови, що з'явилися нерозв'язаною проблемою використання лужних силікатів у ливарному виробництві.

Систематичні дослідження загальних закономірностей умов вибивання сумішей з рідким склом було проведено в нашій країні в ЧДУ ім. І.М. Ульїнова та за кордоном у французькому технічному центрі ливарної індустрії.

У результаті досліджень, проведених І.Є. Ілларіоновим і Ю.П.Васіним, було встановлено, що зразки із сумішей кварцового піску з рідким склом мають два максимуми міцності при попередньому нагріванні до 200 і до 1000 °С і два мінімуми - в інтервалі 500 - 800 °С і вище 1250 °С.

Головна заслуга І. Є. Ілларіонова полягає в тому, що він, на підставі ретельно проведеної експериментальної роботи, спростував існуючу думку і довів, що вигораючі органічні добавки не дають ефекту під час нагрівання стрижнів до високих температур. Введення вигораючих добавок може бути корисним лише під час нагрівання стрижнів до температур, що перевищують 600 - 700 °С.

Декро і Гогюллон, на підставі визначення міцності зразків на стиснення, після їхнього попереднього нагріву, відзначають два максимуми: 1 - за 500 °С і 2 - за 900 - 1000 °С і, відповідно, мінімальні міцності спостерігаються: 1 - при 700 °С і 2 - понад 1000 °С. Вони намагаються пояснити виявлені ними та іншими дослідниками

максимуми і мінімуми, які, відповідно, ускладнюють або полегшують вибивання стрижнів з виливків тим, що перший максимум міцності після нагрівання до 500 °С пов'язаний з висиханням рідкого скла і початком його спікання. Мінімум міцності при 700 °С вчені спочатку намагалися пояснити швидким розширенням кварцу в цьому інтервалі температур (перехід кварцу в альфа кварц при 575 °С, що може викликати утворення тріщин між зернами. Однак, заміна цирконовим піском, який не має модифікаційних змін у цьому інтервалі температур, дала той самий характер кривої. Також були відкинуті гіпотези, що пояснюють падіння міцності за 700 °С виділенням CO_2 із силікату та дегідратацією силікагелю. Тому Декро і Гогюлпон залишилися на припущенні, що падіння міцності за 700 °С пов'язане з перетвореннями бісилікату натрію, кристалічна форма якого змінюється за 678 і 707 °С; під час нагрівання до цих температур, на їхню думку, утворюється неоднорідна структура, позбавлена зв'язувальної здатності.

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Другий максимум при 900 – 1000 °С спричиняється тим, що некарбонізований кріпитель стає рідким, починаючи з 800 °С, і взаємодіє з поверхнею зерен кварцу. Другим джерелом міцності є Na_2O , що утворюється в результаті розкладання силікату вуглекислим газом. Na_2O , що вивільняється, взаємодіє з кремнієвою кислотою й утворює силікат.

Зниження міцності зразків при температурах вище 1000 °С Декро Гогюллон пояснюють переходом Na_2O з розплаву силікату в зерна кварцу, що сприяє більш швидкому перетворенню кварцу на кристобаліт, що викликає водночас поступове зникнення зв'язуючої речовини між зернами. Це явище супроводжується у сумішій кварцового піску з РС, нагрітих до 1300 °С, ясно вираженим припиненням спікання, яке може знову розпочатися в сумішах, нагрітих до більш високих температур (понад 1500 °С). Мабуть, ці міркування здаються Декро і Гогюллоу недостатньо переконливими, оскільки вони доходять висновку, що мінімум міцність після попереднього нагрівання зразків до 1000 °С важко пояснити.

Усе вище сказане вказує на протиріччя між експериментальними даними і думками різних авторів. Це свідчить про те, що нині ще недостатньо вивчені загальні закономірності фізико-хімічних процесів, що протікають під час нагрівання і подальшого охолодження сумішей з рідким склом. Зокрема, не запропоновано гарантійних заходів, що забезпечують легке вибивання стрижнів із виливків.

1.3 Зміна роботи вибивання суміші залежно від температури нагріву

Суперечності в експериментальних даних, отриманих різними дослідниками, зумовлені, насамперед, недотриманням сталості умов експериментів і недосконалістю застосованих методів.

Треба визнати, що об'єктивну оцінку вибивання стрижнів з виливків дати дуже важко, оскільки суміші при їх руйнуванні піддаються різним видам навантажень. Плівки сполучного матеріалу випробовуються при цьому одночасну дію сколювальних, згинальних і розтягувальних зусиль. Якщо з цієї позиції розглянути найпоширеніші методи вибивання стрижнів, то спільним для них є ударний вплив на стрижень.

Багато дослідники визначали вибиваємість сумішей за міцності стандартних зразків на стиск, що не може характеризувати здатність до руйнування під дією ударного навантаження, хоча певна залежність між міцністю на стиснення і вибиваністю, мабуть, існує.

З іншого боку, використання для визначення вибивання стрижнів струшувальних вибивних решіток, вібраційних машин, пневматичних зусиль та інших аналогічних пристосувань неминуче вносить істотний елемент суб'єктивності, так як важко визначити момент кінця в'їдання через утворення пригарної кірки різної товщини. І нарешті, ці методи застосовують зазвичай під час виготовлення якої-небудь однієї, спеціально вибраної досвідченної виливки, тому отримані результати можуть бути використані лише, як порівняльні, стосовно до даних або подібних виливків, і не можуть бути переписані без істотних поправок на інші виливки. Очевидно, різноманітність конфігурацій, ваги, типу сплаву

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виливків із відповідно, умов прогріву стрижнів настільки велике, що практично неможливо знайти таку форму і розміри досвідченого вилівка, щоб отримані закономірності могли бути перенесені на велику номенклатуру лиття. Оскільки плівки, що склеюють зерна наповнювача, у разі продування сумішшю вуглекислим газом, і в разі видалення вологи під час нагрівання відрізняються, то під час вивчення загальних закономірностей умов вибивання стрижнів у роботах проводилися досліді з різними зразками. У першому випадку були зразки, продуті вуглекислим газом протягом 45 с, у другому - зразки, висушені при 200 °С протягом 20 хв. Суміш містила кварцевий пісок (1КО25А) - 100 вагових частин; рідке скло (модуль 2,7, питома вага 1,48 г/см³) - 5 вагових частин; NaOH (10 %-ий розчин) - і вагова частина. Було встановлено безпосередню залежність роботи А, що витрачається на вибивання зразків, від температури їх попереднього нагрівання (рис. 1.1).

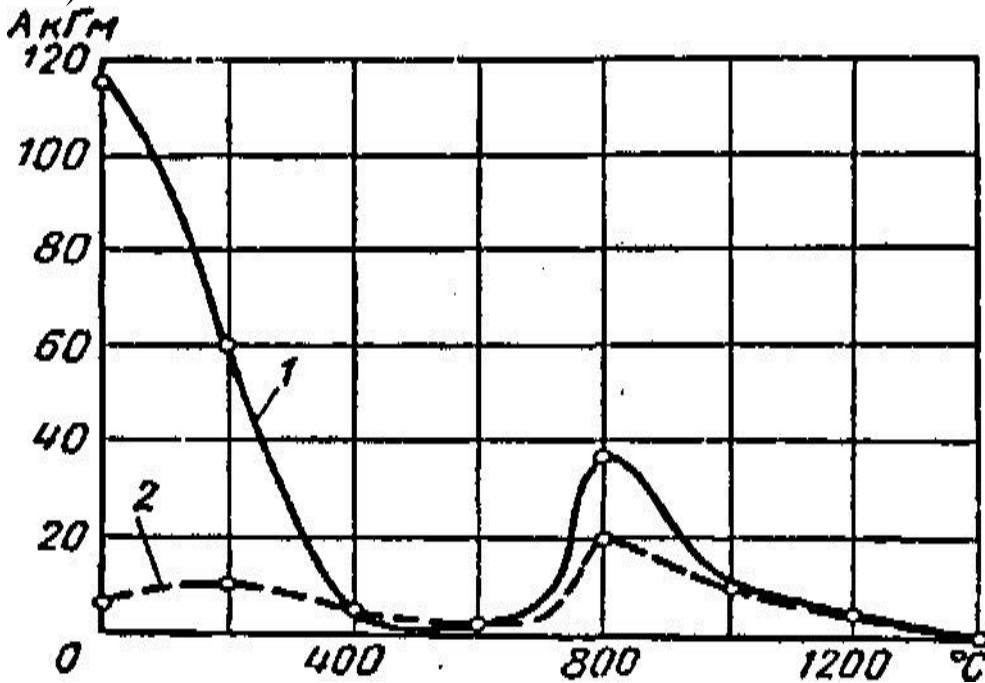


Рис.. 1.1 Робота , витрачена на вибивку зразків з сумішшю з РС:
1-висушених при 200 °С;
2- продутих СО₂.

Як видно з цієї залежності, крива, що характеризує роботу вибивання А, має два максимуми і два мінімуми.

Перший максимум відповідає вихідному стану зразків, нагрітих до 200 °С та охолоджених, а також продутих СО₂. Під час подальшого нагрівання й охолодження зразків робота, що витрачається на їхнє вибивання, безперервно падає, досягаючи мінімальних значень ("перший мінімум") в інтервалі 400 – 600 °С.

Нагрівання до більш високих температур викликає нове значне зростання роботи, що витрачається на вибивання, яка досягає максимальних значень за 800 °С ("другий максимум").

З наведених на рис. 1.1 залежностей видно також, що робота, що витрачається на вибивання зразків, продутих СО₂, за всіх температур їхнього попереднього нагріву виявилася нижчою від роботи, що витрачається на вибивання висушених

зразків. Однак, якщо за першого максимуму роботи різниця вельми істотна, то за другого максимуму ця різниця значною мірою зменшується, а за обох мінімумів величина A практично однакова. Це свідчить про те, що при нагріванні до високих температур і охолодженні дослідних зразків у суміші відбуваються однакові або подібні процеси.

Наявність мінімуму роботи, що витрачається на вибивання зразків, попередньо нагрітих до температур, що лежать в інтервалі 400 - 600 °С, говорить про те що можливості створення в стрижнях умов, при яких зв'язок між окремими зернами наповнювача порушувалася б після заповнення ливарної форми рідким металом, і не відновлювалася б у процесі подальшого охолодження стрижня. Для досягнення цієї мети можуть бути використані два шляхи:

- завдяки регулюванню ступеня прогрівання стрижней, з використанням для цього різних теплопровідних і теплоізоляційних сумішей;
- полягає в значному розширенні сприятливого для вибивання інтервалу температур.

На практиці доводиться стикатися з дуже великим діапазоном температур прогріву стрижнів. Але зазвичай ідеться про те, що ближче до центру стрижня температура мінімальна, а на його поверхні - максимальна, тому що близька до температури металу, що заливається.

Теоретично, для успішного вибивання стрижня достатньо мати легку вибиваємість його основного обсягу. Тоді його зовнішня частина, що стикається з виливкою, може бути так само легко видалена. Це підтверджує, наприклад, досвід застосування оболонкових стрижнів із суміші з ЗС, які, як правило, не спричиняють труднощів під час вибивання з виливків.

Першим шляхом було перевірено й отримано залежність регулювання ступеня прогріву стрижнів за допомогою матеріалів із різними теплофізичними властивостями (рис. 1.2).

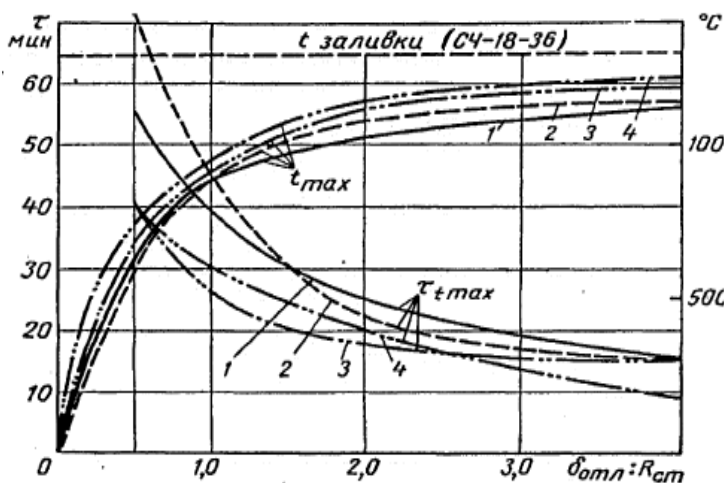


Рис.1.2 Вплив товщини стінки виливки на умови нагріву стрижней із суміші з РС: 1 – з хромомагнетитовим наповнювачем; 2 – кварцевий пісок і 10% азбесту; 3 – кварцевий пісок і 20 % чавуної стружки; 4 – чисте скло

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД					

Однак введення в суміш з рідким склом 20%-тів чавуної стружки 10% окалини застосування в якості наповнювача хромомангнетита і інших високотеплопровідних матеріалів ,а також введення суміші матеріалів гальмуючих відвід тепла,(наприклад азбесту), не дозволило суттєво змінити температуру в центрі стрижней (рис.1.2).

Для вирішення другої задачі необхідно встановити наслідки, що визначають залежність роботи, що витрачається на вибивання стрижнів, від температури їхнього попереднього нагрівання.

Істотна відмінність роботи, витраченої на вибивання висушених зразків (рис. 1.1) у ділянці першого максимуму (вихідний стан), пояснюється відмінністю природи плівок, що зв'язують зерна кварцового піску. Невелике збільшення міцності зразків, продутих вуглекислим газом і нагрітих до 200 °С, закономірне і пояснюється короткою тривалістю (45 с) продування зразків вуглекислим газом. При подальшому нагріванні зразків до температур 400-600 °С спостерігається значне зменшення роботи, що витрачається на вибивання зразків.

Важливо зазначити, що величина роботи в цьому інтервалі температур є мінімальною і практично однаковою, як для зразків, попередньо висушених, так і для зразків продутих CO₂. Плівка рідкого скла має надзвичайно високу адгезію до кварцових зерен. Це особливо сильно проявляється в умовах високих температур, коли відбувається хімічна взаємодія між лужним силікатом натрію і поверхнею кварцових зерен.

З огляду на когезійний тип руйнування сумішей з рідким склом, зміна міцних властивостей сумішей в умовах їхнього нагрівання та подальшого охолодження пояснюється змінами, що відбуваються в плівці рідкого скла. Внаслідок різних температурних коефіцієнтів об'ємного і лінійного розширення склоподібного силікату натрію і кварцового піску, під час повторного нагрівання й охолодження висушених зразків у плівці, що склеїла зерна наповнювача, виникають напруження, які призводять до утворення тріщин, що порушують її суцільність і знижують міцність зразків на удар. Під час нагрівання зразків до 600 °С і подальшого охолодження, до напружень, що виникають внаслідок відмінності температурних коефіцієнтів розширення плівки і зерна, додаються напруження, що виникають унаслідок модифікації змін кварцу.

Зниження величини А утворення першого мінімуму пояснюється повною втратою вологи гелем кремнієвої кислоти і дисилікатом натрію в інтервалі температур приблизно до 350 - 400 °С. Ці дані підтверджуються термограмами висушених при 200 °С і продутих вуглекислим газом сумішей, що містять 6% РС. Однак, тут мається на увазі вплив не власне втрати вологи, а впливу цього процесу виникнення в плівці, що зв'язує зерна кварцу, напруг, що призводять до утворення в ній тріщин, які різко знижують загальну міцність суміші. Вплив цих чинників на умови вибивання стрижнів і підтвердження превалюючого значення напружень, що виникають у плівках і призводять до падіння величини А, знаходили експериментально, при повторному нагріванні й охолодженні міцність зразків різко падає. Очевидно, що склоподібна плівка, що містить в основному гідратований дисилікат натрію, буде значно крихкішою, ніж плівка, що складається в основі з гелю кремнієвої кислоти. Остання, особливо в початкових умовах,

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матиме еластичність і здатність частково релаксувати напруження, що виникають. Тому міцність попередньо висушених зразків при повторному нагріванні й охолодженні падає набагато різкіше, ніж у зразків, попередньо продутих вуглекислим газом.

Таким чином, у разі висушених і в разі продутих CO_2 зразків при їх нагріванні до 400-600 °С і подальшому охолодженні в результаті виникаючих напружень, що призводять до утворення в плівках тріщин, робота, що витрачається на вибивання, виявляється мінімальною.

Перехід до розгляду одного з головних питань - причин утворення другого максимуму, насамперед, слід відзначити надзвичайно швидке збільшення роботи, що витрачається на вибивання зразків, попередньо нагрітих до 800 °С. Настільки різке зростання міцності під час нагрівання зразків до 800 °С свідчить про те, що приблизно за цієї температури відбувається коренна зміна умов склеювання кварцових зерен наповнювача. Причина утворення другого максимуму стає очевидною з розгляду подвійної діаграми стану системи $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ (рис. 1.4).

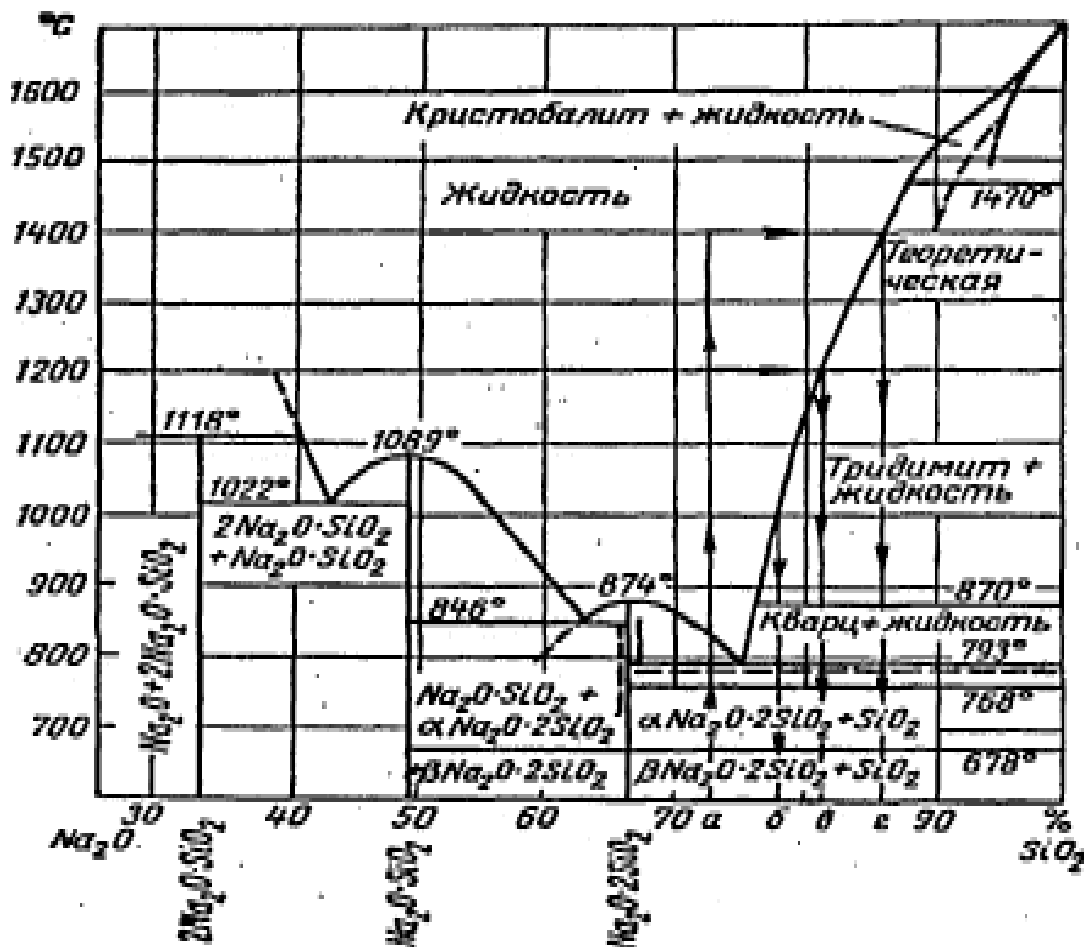


Рис.1.4 Подвійна діаграма стану $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$

Під час нагрівання рідкого скла, модулів, які зазвичай застосовують, рідка фаза починає з'являтися за температури 795 °С, а під час нагрівання до 850 °С (для модуля, що дорівнює 2,5) утворюється повністю рідкий розплав.

Рідка фаза силікатного розплаву, що утворилася, обволікає зерна кварцового піску, "заліковує" тріщини, що з'явилися раніше, і під час подальшого охолодження надає суміші високу міцність, що призводить до значного збільшення роботи, що витрачається на вибивання сумішей. Цей процес відбувається як у висушених, так і продутих CO_2 зразках. Однак якщо у висушених сумішах відбувається просте розплавлення вже раніше утвореного силікату натрію, то в сумішах, продутих CO_2 , утворюється розплав із самостійно існуючих компонентів - головним чином NaHCO_3 і SiO_2 , що утворилися в результаті розкладання рідкого скла під час продування суміші вуглекислим газом. Це, мабуть, є причиною меншої величини другого максимуму в зразках, продутих CO_2 , оскільки умови утворення розплаву з окремих складових у тонкій плівці сполучної речовини не можуть вважатися сприятливими. Підтвердженням такого припущення є досліди (рис. 1.5), проведені під час заливання стрижнів сталлю 30Л. Вони підтвердили загальну закономірність - яскраво виражений максимум роботи, витраченої на вибивання стрижнів, прогрітих до температури приблизно 800°C .

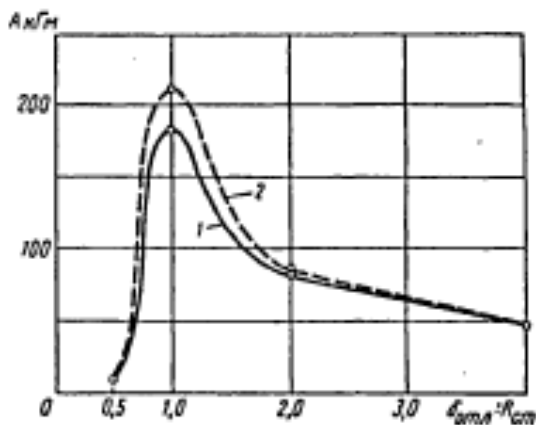


Рис. 1.5 Робота вибивання стрижнів

Внаслідок значного впливу на стрижень тепла залитого металу, малої теплопровідності суміші та дуже повільного охолодження стрижнів процеси утворення рідкої фази в плівках зв'язувального матеріалу в цьому разі протікають повніше, ніж під час випробувань зразків. Тому в сумішах, продутих CO_2 , при цьому повністю здійснюється процес утворення рідкої фази, внаслідок чого спостерігається майже однаковий перебіг кривих, що характеризують роботу, витрачену на вибивання стрижнів, висушених і продутих CO_2 .

Таким чином, при нагріванні суміші до 800°C утворюється рідкий розплав, який енергійно взаємодіє з кварцовим піском, розчиняючи останній, внаслідок чого чітко виражена межа розділу плівки і зерна стирається і утворюється суцільний моноліт, що має велику міцність. У цих умовах з'являється "другий максимум", що різко ускладнює вибивання стрижнів з виливків.

Розглядаючи причини зниження величини A під час нагрівання сумішей до більш високих температур і умови утворення "другого мінімуму", спостерігаємо таке: під час нагрівання сумішей до температур, що перевищують 800°C , взаємодія силікатного розплаву з кремнеземом піску посилюється. Як відомо, швидкість

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дифузії зростає в міру підвищення температури і зменшення в'язкості середовища. Тому за високих температур дифузія SiO_2 від поверхні до поверхні розчинення в розплаві значно зростає і загалом процес розчинення кремнезему в силікатному розплаві прискорюється. У результаті розчинення вміст SiO_2 у розплаві безперервно збільшується, аж до межі розчинності за даної температури, згідно з діаграмою стану $\text{Na}_2 - \text{SiO}_2$. Після досягнення межі розчинності цей процес припиняється.

При охолодженні зразка з розплаву, що утворився, починають випадати надлишкові кристали спочатку тридиміту, а при температурах нижче 870°C - кварцу. Тверді кристали, що випали, у затверділому розплаві відіграють роль чужерідних включень - надрізів, що порушують повноту плівок іконцентруючих напруження, які виникають при охолодженні зразка до кімнатної температури. Нарешті, слід врахувати, що чим енергійніше йде процес розчинення SiO_2 у розплаві, тим меншим стає відносний вміст в ньому Na_2O .

Ці фактори є основною причиною зменшення роботи, що витрачається на в'їдання зразків за їхнього попереднього нагрівання до температур, що перевищують 800°C . Природно, що чим вища температура нагрівання розплаву, тим швидше відбувається розчинення кремнезему і тим більша розчинність у розплаві. Отже, під час охолодження з більш високих температур розплав міститиме відносно більшу кількість твердих іпородних включень і суцільність силікатної плівки буде більшою мірою порушена, що призводитиме до подальшого зменшення величини A .

Тому робота, що витрачається на вибивання зразків, що нагріваються вдруге, буде приблизно однаковою за всіх температур, аж до 1200°C . Однак величина A має бути нижчою, ніж при першому нагріванні до 1200°C , так як при вторинних нагріванні й охолодженні збільшуються напруження за рахунок модифікованих змін кварцу і виниклих теричних напружень. Підтвердження знаходимо в дослідях, наведених на рис. 1.6.

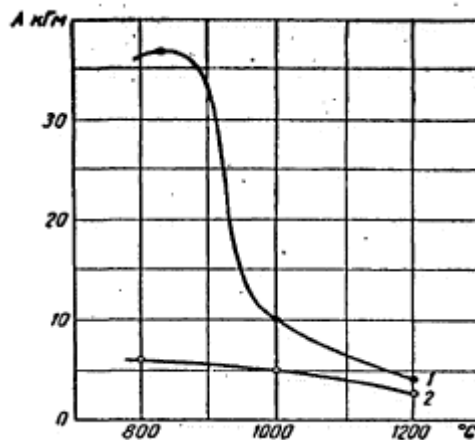


Рис. 1.6 Робота, що витрачається на вибивання

Справедливість останньої гіпотези підтверджується також дослідями, за яких як наповнювач замість кварцового піску був узятий цирконовий. У цьому випадку не тільки не було виявлено зменшення міцності після досягнення температури

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

другого максимуму, але, навпаки, під час нагрівання до більш високих температур (1400 °C) міцність безперервно зростала.

Одним із головних питань, що мають основне значення для практичного поліпшення вибивання сумішей, є максимальне розширення інтервалу першого мінімуму роботи, що витрачається на вибивання стрижнів.

Вибором складніших, наприклад, потрійних систем із певним співвідношенням компонентів, можна отримати необхідну задану температуру утворення певного максимуму.

Звернемося до діаграми стану системи $\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ (рис.1.7).

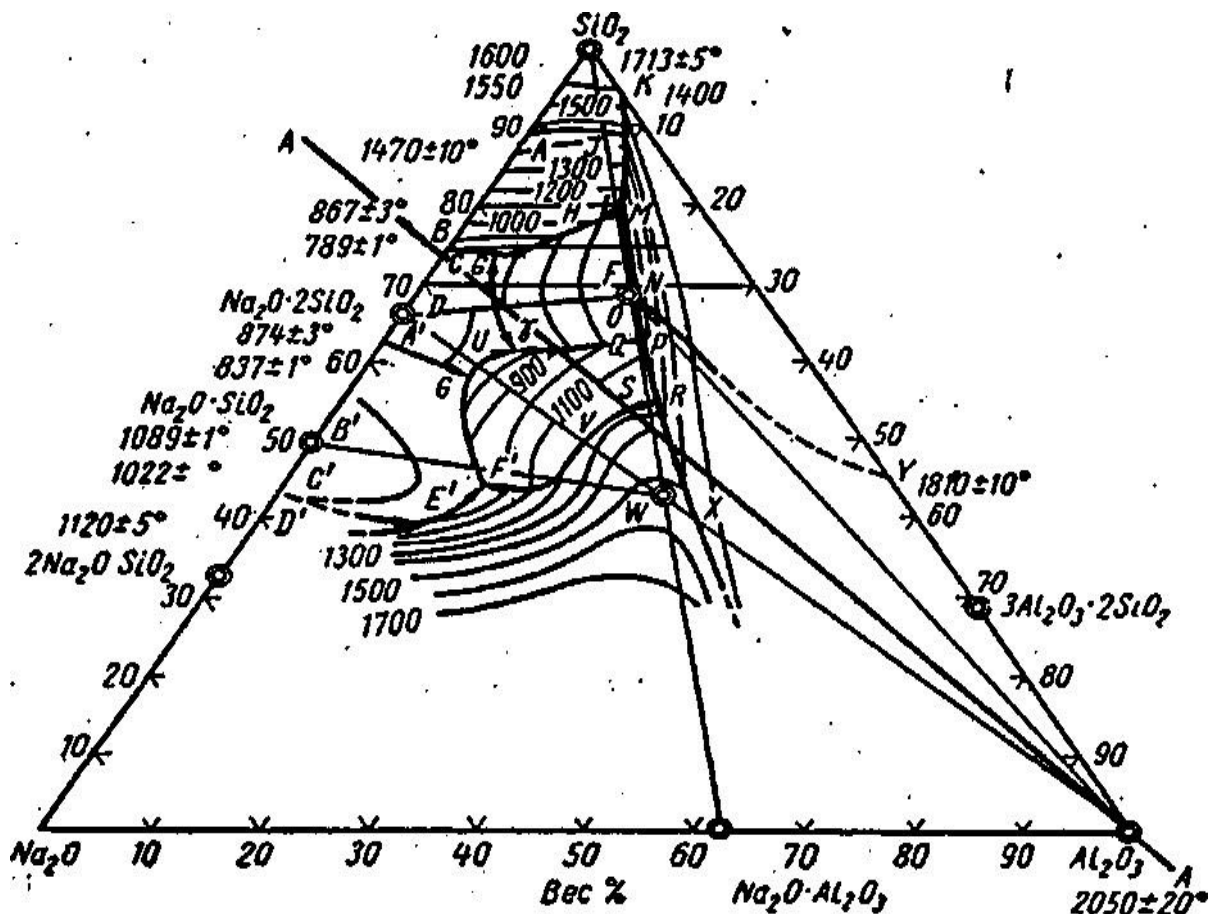


Рис. 1.7 Діаграма стану системи $\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$

Лінія А-А відповідає сплавам, у яких модуль рідкого скла дорівнює 2.7.

Розрахунок за відповідною ізотермою діаграми стану (рис. 1.7) показує, що для одержання другого максимуму, за 1400 °C у суміш, яка містила 5 % РС, модуля 2,7 ($\text{SiO}_2 - 31,6\%$; $\text{Na}_2\text{O} - 12,0\%$), необхідно додати 0,97 % Al_2O_3 .

Із дослідів (рис. 1.8) видно, що при додаванні Al_2O_3 другий максимум, у відповідно до розрахункових даних, "пересунувся" з 800 до 1400 °C. При цьому інтервал першого максимуму збільшився з 400 - 600 до 600 - 1200 °C. Крім того, величина другого максимуму при додаванні в суміш Al_2O_3 також помітно зменшилася, що пояснюється появою на зернах наповнювача інертного шару глінозему, що не прореагував із силікатом натрію глінозему і значною мірою знизив адгезію плівок, а також, можливо, меншою міцністю алюмосилікатів

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД				

натрію. Початкові властивості суміші при додаванні глинозему змінилися незначною мірою. При вмісті 5 % РС і 3 % Al_2O_3 суміш після продування CO_2 мала межу міцності при стисненні 11.0 кГ/см^2 , що цілком задовольняє технологічним вимоги.

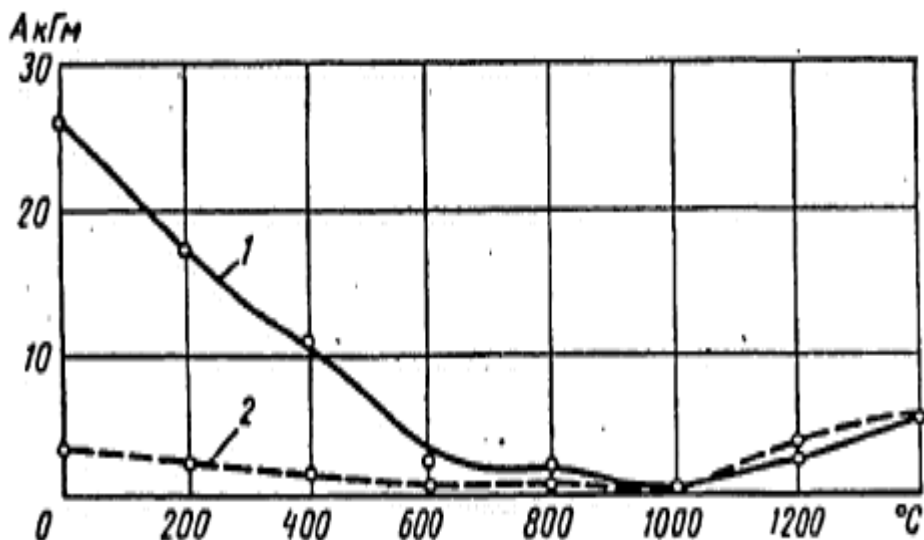


Рис. 1.8 Робота ,затрачена на вибивку зразків із сумішею з добавкою 3% Al_2O_3

1.4.Залежність вибиваємості РСС від різних чинників

1.4.1 Вплив неорганічних добавок на вибиваємість РСС

Вплив глини

Однією з найпоширеніших добавок, що вводять у формувальні суміші для поліпшення вибивання, зокрема в суміші з рідким склом, є глина. У проведених дослідях вона містила 27 % Al_2O_3 . Розрахунок показує, що для утворення другого максимуму при $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ у суміш необхідно ввести 3% глини (0,81 % Al_2O_3); при подальшому збільшенні глини максимум відповідно переміщатиметься праворуч і складатиме 1300 і $1400 \text{ }^\circ\text{C}$.

Як видно з діаграми стану (рис 1.7), змінам модуля скла і введенням в суміші належної кількості Al_2O_3 можуть бути обрані силікатні системи, що забезпечують отримання другого максимуму при 1500 , $1600 \text{ }^\circ\text{C}$ і більш високих температурах.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД

Арк.

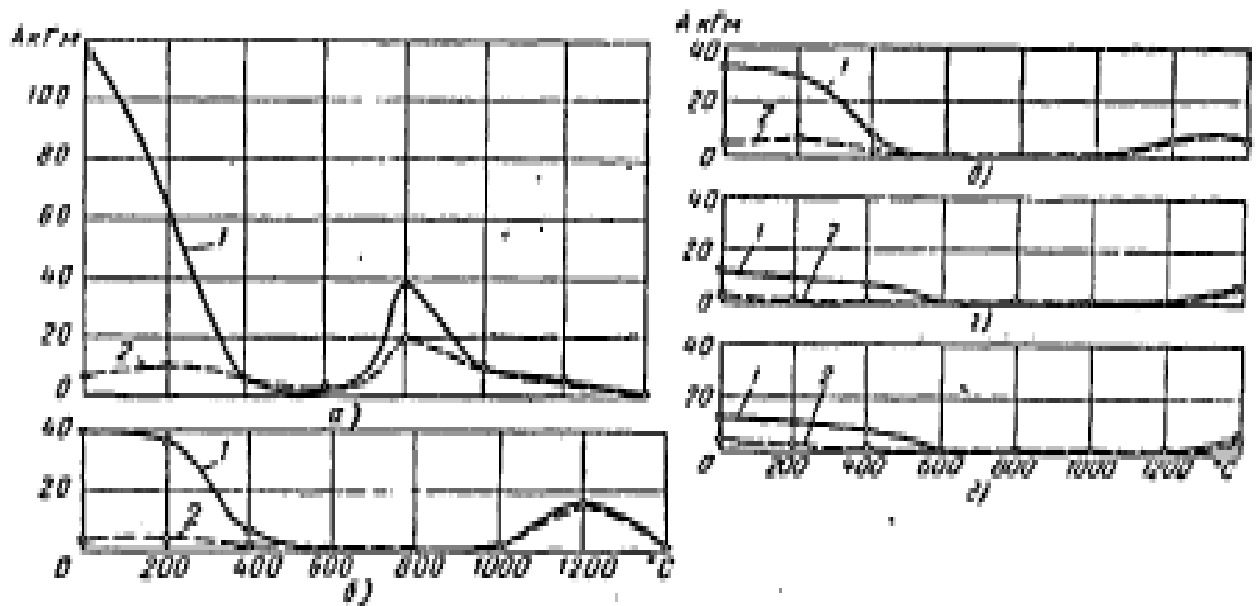


Рис. 1.9 Робота, витрачена на вибивання зразків із сумішей:
 а- без глини; б - 3 % глини ; в - 5 % глини ; г - 9 % глини

Результати дослідів показують збіг експериментальних даних з розрахунковими (рис.1.9). Вони засвідчують доцільність введення в суміші з твердим склом глини і дають задовільне пояснення ефективності її дії як засобу, що істотно полегшує вибивання стрижнів із виливків. Зазначимо, що в разі переміщення другого максимуму вправо, робота, витрачена на вибивання зразків, нагрітих до температури другого максимуму, знімається в кілька разів (рис. 1.9). За значного вмісту в сумішах глини (понад 5 %) різко полегшується вибивання стрижнів, однак вихідна міцність виявляється низькою, що ускладнює практичне використання цих сумішей. Для поліпшення вихідних властивостей доцільно замінити глину речовиною, яка здатна вступати в іоногенну взаємодію з рідким склом і містити велику кількість Al_2O_3 .

Вплив шамоту

Як інертний до рідкого скла матеріал, багатий на Al_2O_3 , був досліджений шамот. Як і слід було очікувати, фізико-механічні властивості шамоту суміші при додаванні шамоту не погіршилися (межа міцності на стиск після продування CO_2 становила 1,2-1,3 МПа). Однак вплив шамоту на температуру утворення другого максимуму не виявлявся (рис. 1.10) – другий максимум з'явився при 800 °С, тобто за тієї самої температури, що і в сумішах без добавок.

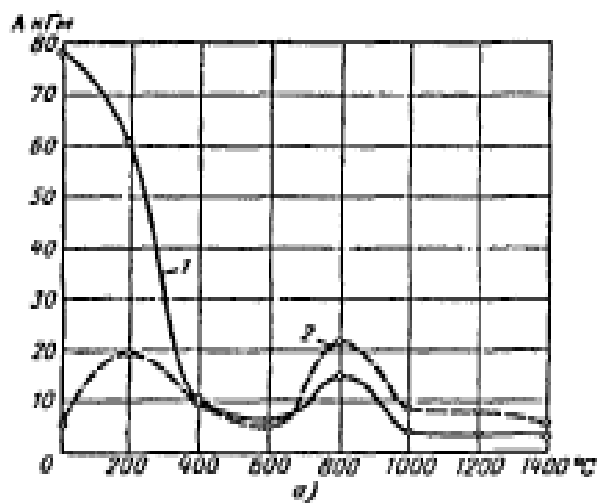
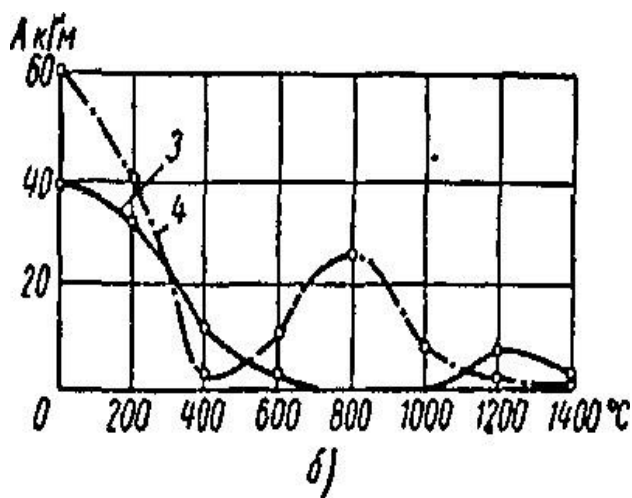


Рис. 1.10 Робота, витрачена на вибивку зразків із суміші з додаванням 7 % шамоту (а) і 5 % глини (б): / - висушених за 200 °С; 2-продутих CO₂; 3- прокалених при 600 °С; прокалених при 1300 °С

Пояснюється це тим що муліт (3Al₂O₃ - 2SiO₂), основна складова шамоту, інертний до розплаву РС і не дає з останнім потрібних сполук.

За високих температур муліт дуже стійкий і не піддається розкладанню навіть поряд температури плавлення (1810 °С).

За температури 500-600 °С із глини видаляється практично вся волога, зокрема й кристалізаційна, водночас процес мулітизації за цих температур ще не розпочинається і хімічна активність глини зберігається, що повинно сприяти зміщенню другого максимуму в область більш високих температур. Дійсно, з рис. 1.10, б видно, що суміш із добавкою 5 % глини, прожареної за 600 °С, дає другий максимум міцності за 1200 °С, тобто там, де і суміш із добавкою необпаленої глини. Навпаки, у глині, прожареної за 1300 °С, процес мулітизації пройшов практично повністю, тому її додавання до суміші не змінило температуру утворення другого максимуму (рис. 1.10, б), так само як це мало місце в разі додавання шамоту (рис. 1.10, а).

Вплив бокситу

Досліди І. В. Валісовського і А. М. Лясса показали, що для зменшення величини роботи, що витрачається на вибивання стрижнів, необхідно застосовувати матеріали, що містять Al₂O₃, здатні утворювати потрібні сполуки з Na₂O і SiO₂. Одним із таких матеріалів, що містять значну більшу кількість кількості Al₂O₃, ніж глина, є боксит, до складу якого входять гідраргіліт Al₂(OH)₃, беміт AlOOH, діаспор HAlO₂. Усі ці матеріали під час нагрівання розкладаються з утворенням активного γ— Al₂ O₃.

Хімічний склад бокситів (табл. 1.1).

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД					

Таблиця 1.1 Хімічний склад бокситів

Месторождение боксита	Содержание компонентов в %							Потери при прокаливании в %
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	
Краснооктябрьское	40,1	3,1	30,9	0,46	0,2	1,9	0,12	23,0
Североуральское	55,6	3,09	23,4	1,92	—	2,3	—	12,72
Тихвинское	47,12	19,4	13,51	1,6	0,31	—	0,05	18,24

Фізико-механічні властивості сумішей з добавками бокситу - високі (межа міцності під час стискання зразків, продуктів CO₂, 1,0 - 1,2 МПа). Таким чином, введення в суміші з рідким склом невеликих добавок бокситу дає змогу розширити зону, сприятливу для умов вибивання ("перший мінімум"), з 400 - 600 °С до 400 - 1000 °С і в кілька разів скоротити трудомісткість вибивання стрижнів після їхнього нагрівання до температури утворення другого максимуму.

За даними Ново-Краматорського машинобудівного заводу в експериментальних умовах були отримані хороші результати при одночасному введенні в суміші з рідким склом 3 % бокситу і 12 % шамотного порошку (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 Зерновий склад шамотного порошку (глиниста складова 18,29 %)

№ сит	Остаток в %	№ сит	Остаток в %	№ сит	Остаток в %	№ сит	Остаток в %
2,5	1,0	063	17,47	020	3,2	0063	1,5
1,6	12,4	04	8,5	016	5,8	005	1,0
1,0	24,6	0315	3,2	010	2,6	Тазик	0,44

Аналогічні результати були отримані при введенні в суміші з рідким склом не тільки Al₂O₃, а й інших добавок, здатних утворювати з Na₂O і SiO₂ потрійні системи з високою температурою плавлення. Як такі добавки були взяті CaO і MgO.

Згідно з діаграмою стану (рис. 1.11) максимальна температура плавлення потрійних сполук, які лежать на лінії AA і містять SiO₂ / Na₂O = 2,5 - 3,0 і становить 1200 °С. Розрахунок показує, що для досягнення цієї температури плавлення за 5 % РС достатньо ввести в суміш 0,5- 0,6 % чистого окису кальцію. Однак суміш, що містить навіть таку незначну кількість CaO, має дуже погані фізико-механічні властивості: низьку міцність і велике осипання стрижнів, очевидно, через високу гігроскопічність окису кальцію. Попереднє гасіння CaO, додавання в суміш необхідної кількості води або використання гідроокисі кальцію Ca(OH)₂ не покращило суттєво властивості суміші.

Вплив крейди

Замість окису кальцію в опмтах було застосовано крейду в кількості 1,1%, необхідній для отримання другого максимуму при 1200 °С. Суміш мала задовільні технологічні властивості. Межа міцності зразків при стисненні після продування CO₂ становила 12 кГ/см³. Поява другого максимуму (рис. 1.12) спостерігалася при температурі 1200 °С, що відповідає розрахунку. Збільшення в 3 - 5 разів кількості крейди, що вводиться в суміш, практично не змінює положення другого максимуму, що впливає з розгляду діаграми стану (рис.1.11).

Таким чином, добавка крейди в стрижневу суміш підтвердила справедливність описаних загальних закономірностей і показала перспективність застосування крейди в якості засобу, полегчуючого вибивку стрижней з виливок.

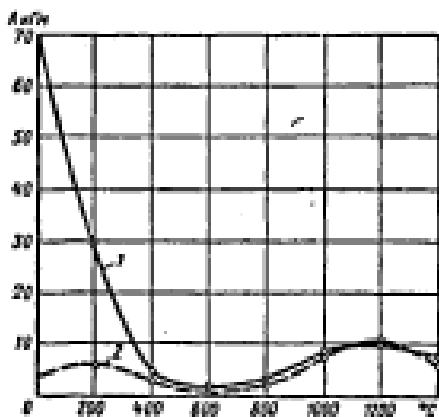


Рис. 1.12.Робота, затрачена на вибивку зразків з суміші з добавкою 1,1%крейди висушених при 200 °С; 2 – продутих CO₂

Вплив окису магнію

Додавання окису магнію в суміш у невеликих кількостях (до 0,6%) дає змогу, відповідно до потрійної діаграми Na₂ O-MgO-SiO₂ (лінія А-А на рис. 1.13), підвищити температуру другого максимуму роботи вибивання до 1400 °С (рис. 1.14). Однак суміш, яка містить окис магнію, так само, як і СаО, гігроскопічна, тому для отримання задовільних фізико-механічних властивостей суміші в неї необхідно вводити додаткову кількість води, або попередньо "гасити" MgO.

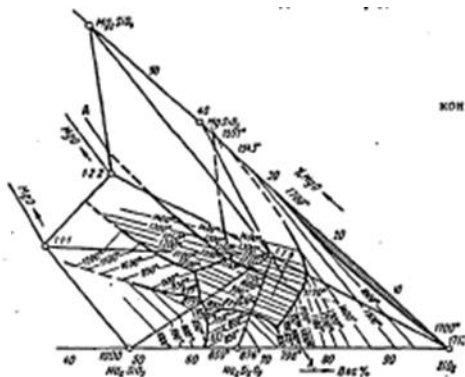


Рис.1.13 Діаграма стану системи

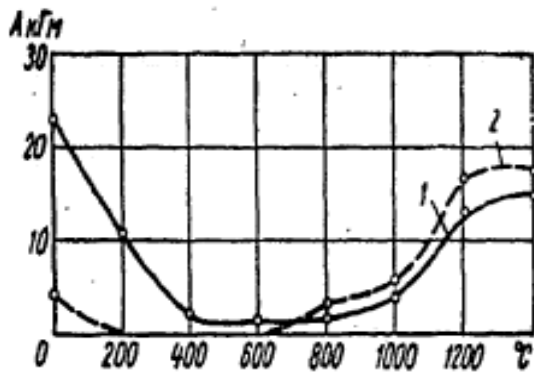


Рис.1.14. Робота, витрачена на вибивання $\text{Na}_2\text{O-MgO-SiO}_2$ зразків із суміші з добавкою 0,5 % MgO ; 1-висушених при 200°C ; 2- продуктів CO_2

Вплив добавок доменного шлаку

Було досліджено можливість використання гранульованих доменних шлаків Київського металургійного заводу у складі РСС для поліпшення їхньої в'язучості.

Доменні шлаки представляють собою комплексну добавку неорганічної речовини і містять 40-50% CaO ; 3-5 % MgO ; 6-10% Al_2O_3 . За гранулометричним складом вони значно відрізняються від кварцових пісків (60% складала зерна розміром до 2,5 мм, близько 20% - 2,5-5 мм), що не викликає утруднень при приготуванні сумішей. Встановлено, що застосування шлаків у стані поставки з вологістю 20-25 % неможливо, у зв'язку з різким погіршенням властивостей суміші. Використання висушених шлаків через їх високої гідравлічної активності призводить до зниження пластичності та живучості сумішей. Оптимальні властивості сумішей досягаються при введенні до їхнього складу доменних шлаків вологістю 8 - 10% і розміром зерен не більше 7 мм.

Введення в суміші 10% шлаку не призводить до зміни їхньої міцності після теплової обробки при 200°C . При 15 і 20% шлаку міцність суміші незначно зменшується, але залишається достатньо високою (відповідно 1,1 і 0,9 МПа).

Газопроникність суміші збільшується з 49 до 326 при додаванні 20% доменного шлаку.

Застосування навіть 10 - 15% шлаку знімає в 2 - 5 разів роботу вибивання сумішей. Ще більшою мірою зменшується робота вибивання за 20% шлаку.

Суміші з 10- і 15 % шлаку були використані для виготовлення стрижнів виливків вагою від 0,5 до 3,0 т. При цьому трудомісткість вибивання стрижнів із РСС з доменним шлаком і піщано-глинистими сумішами практично не відрізнялася.

Вплив фосфориту

Цікаві результати при використанні неорганічних добавок були отримані П. А. Лобановим і М. М. Козьміним. Вони встановили, що добавка в суміші фосфориту різко полегшує вибивання стрижнів (табл. 1.3). При цьому слід врахувати небезпеку насичення поверхні виливків надлишковим вмістом фосфору.

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 Вплив добавки фосфориту на вибивання сумішей із РС

Компоненты смесей	Состав в весовых частях			
Луховицкий песок	100,0	100,0	100,0	100,0
Тихвинский боксит	—	3,5	—	—
Фосфорит	—	—	1,0	3,0
Жидкое стекло	6,5	6,5	6,5	6,5
Мазут	0,5	0,5	0,5	0,5
Вода	1,0	1,0	1,0	1,0
Число ударов копра до разрушения образцов	35	8	3	2

1.4.2 Вплив органічних добавок на вибивну здатність

У першому розділі розділу глави було показано, що багато дослідників рекомендують введення в суміші органічних добавок, які під час вигорання мають розривати плівку зв'язувального матеріалу й у такий спосіб полегшувати вибивання стрижнів. Таке твердження як загальний принцип не може бути прийнято.

Вигорання органічних сполучних добавок відбувається, як правило, під час температурах нижчих, ніж 800 °С, а при 800 °С починається утворення рідкої фази силікатів. Тому, якщо прориви плівок унаслідок вигорання органічних добавок мають місце, то вони зникнуть, щойно відбудеться розпавлення силікатів і утворення рідкої фази.

Отже, жодні органічні вигоряючі добавки не можуть змінити температуру утворення другого максимуму, а введення таких добавок з метою розширення сприятливого для вибивання інтервалу температур (першого мінімуму) є марним. Це повною мірою підтверджується експериментальними даними, отриманими при введенні в суміші з РС багатьох органічних добавок, зокрема часто рекомендованих у нашій країні та за кордоном - розчину бітуму в уайт-спирті (рис. 1.15, а), сечовин (рис. 1.15, б), деревного борошна (рис. 1.15, в), деревинних пеків, сахара та ін.

За всіх застосувань органічних добавок температура утворення другого максимуму 800 °С залишалася незмінною. Це, однак, не означає, що введення органічних добавок для полегшення вибивання стрижнів у всіх випадках є марним.

Насамперед, за низьких температур прогрівання стрижнів, до 400 °С, введення органічних добавок може сприяти прориву плівок і зниженню роботи, що витрачається на вибивання стрижнів. За високих температур, що перевищують 800 °С в умовах нестачі кисню може відбуватися неповне згоряння органічних добавок, унаслідок чого між силікатною плівкою зв'язуючої речовини і зерном утворюється інертний прошарок піровуглецю.

Відомо, що інертні прошарки знижують адгезію плівок і зменшують міцність суміші. Тому введення таких добавок може зменшити абсолютне значення величини А, при температурі утворення другого максимуму або близьких до неї.

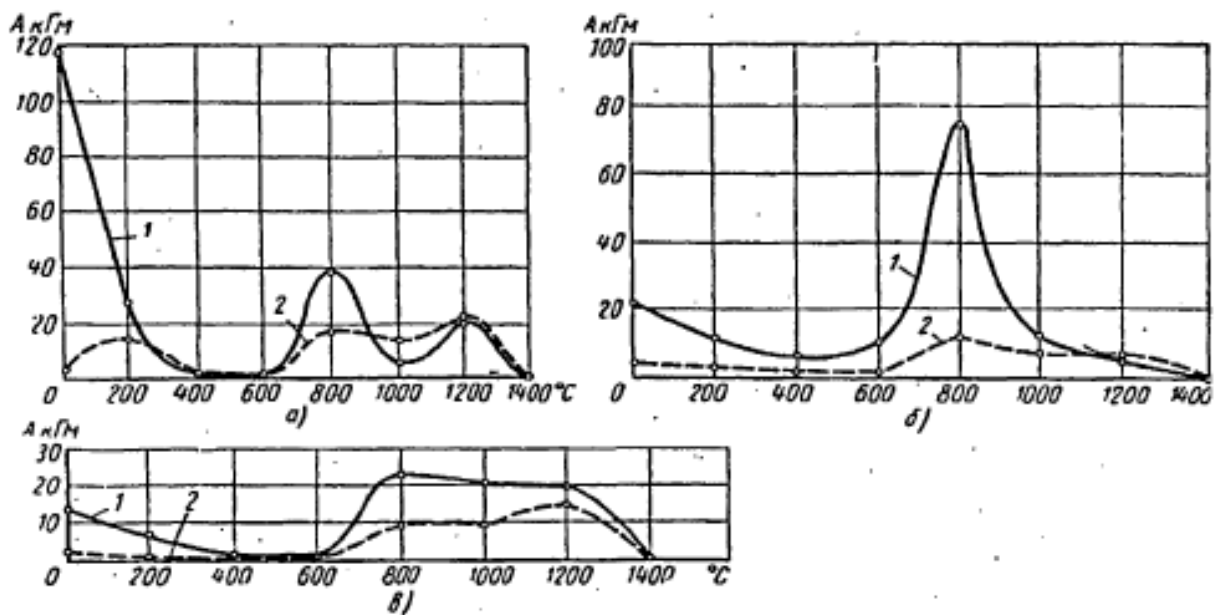


Рис.1.15 Робота, затрачена на вибивку зразків з суміші: а- с добавкою 2% розчину бітума в уайт-спирті; б- з добавкою сечовини; в- з добавкою 2% дерев'яного борошна; 1- висушені при 200°C; 2- продутих CO₂

Позитивні результати можуть бути досягнуті лише в тому разі, якщо органічна добавка буде розташована на поверхні зерен наповнювача під силікатною плівкою. Тому під час вибору органічних добавок слід віддавати перевагу розчинним добавкам (рис. 1.15, б), які попередньо (перед добавкою рідкого скла) необхідно змішувати з наповнювачем.

Найбільш раціональними та економічними слід вважати такі добавки: деревна тирса (0,6 – 1,0 %), деревний пек або кріпитель ДП (1,0-1,5 %), кам'яне вугілля або кокс (1,5-2,0 %) та ін. За більшого вмісту цих добавок знімається плинність РСС. Щоб зменшити вплив тирси на плинність РСС, їх необхідно замочувати у воді у співвідношенні 1:1, а ще краще - у воді з добавкою 0,025 % ПАВ. При цьому в РСС вводиться, відповідно менша кількість води і ПАВ. Найкращі результати отримано при додаванні тирси з розмірами ситової фракції близько 2 мм. Вибивання РСС при прогріванні до 700-800 °C поліпшується також, якщо додати до неї 0,5-1,0% патоки; 1,0-1,5% торфу; 1,5-2,0 % графіту; 0,7-1,0% твердої СДБ тощо.

Із добавок, які суттєво не впливають на плинність і міцність РСС, але покращують вибиваємість.

Вплив добавки гідролу на вибивання РСС після нагрівання до різних температур показано в табл. 1.4.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД				

Таблиця 1.4 Вплив добавки гідролу на вибиваємість РСС

Добавка гідролу, %	Робота вибивки, Дж								
	после нагрєва до температур, °С							Из отливок	
	20	200	400	600	800	1000	1200	Чугуна	стали
—	2,2	1,8	1,4	1,6	2,2	3,2	5,0	10—12	20—25
1	2,2	1,6	1,2	1,0	1,0	1,8	2,8	7,0	18
2	2,2	1,8	1,5	0,8	0,8	1,5	2,5	5,0	16
3	2,2	2,2	1,8	0,6	0,7	1,4	2,2	3,0	13
5	2,2	2,8	2,0	0,5	0,7	1,3	2,0	1,0	12

З таблиці 1.4 видно, що добавка гідролу покращує вибивання РСС при прогріванні їх до температури не вище 800 °С, тому гідрол помітно покращує вибивання РСС тільки з чавунних виливків.

Новолачні смоли (№ 15, 18, 76, 104, 180, пульвербакеліт, ідитол та ін.) покращують вибивання РСС лише під час прогрівання до 800 °С. При прогріванні вище цієї температури вибивання РСС різко зменшується. Тому добавка новолачних смол покращує вибивання РСС лише з чавунних виливків. Вибивання РСС зі сталевих виливків покращується тільки в разі додавання ідитолу.

Резольні смоли (№ 214, 236, 228 та ін.), при додаванні їх 0,3-0,5%, різко зменшують роботу вибивання при нагріванні НСС до 1200 °С, тобто вони ефективні для поліпшення вибивання РСС як із чавунних, так і з сталевих виливків. Однак ці смоли знижують плинність сумішей.

Поліхлорвінілова смола (ПВХ-С60) знижує міцність РСС під час прогрівання до 1000-1200 °С, і також покращує вибивання з чавунних і сталевих виливків.

З продуктів коксохімічного виробництва на особливу увагу заслуговують інден-кумаронові, стирольно-інденкові та кам'яновугільні смоли. Вплив інден-кумаронових смол на вибивання та інші властивості РСС після нагрівання до різних температур показано в таблиці 1.5 і 1.6.

Таблиця 1.5 Вплив добавки інден-кумаронової смоли на вибиваємість РСС

Марка інден-кумаронової смоли	Добавка смоли, %	Робота вибивання, Дж, після нагріву до температур, °С						
		20	200	400	600	800	1000	1200
РСС без смоли	-	2,2	1,6	1,4	1,8	2,2	3,2	5,0
ВІ	0,3	2,2	0,7	0,4	0,2	0,2	0,4	0,6
	0,5	2,2	0,4	0,2	0,0	0	0,2	0,4
	1,0	2,2	0,1	0,1		0	0,1	0,3
ДІV	0,3	2,2	1,0	0,6	0,5	0,5	0,6	0,8
	0,5	2,2	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,7
	1,0	2,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,6
ДІV	0,3	2,2	1,0	0,8	0,6	0,6	0,8	1,0
	0,5	2,2	0,7	0,5	0,5	0,5	0,8	0,9
	1,0	2,2	0,5	0,3	0,3	0,3	0,6	0,8

З табл. 1.5 видно, що всі інден-кумаронові смоли різко знімають міцність РСС під час прогрівання до 1000 °С і тільки за 1200 °С робота вибивання дещо

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД				

збільшується. Тому інден-кумаронової смоли покращують вибивання стрижнів із РСС зі сталевих виливків. Стрижні з РСС за додавання смоли ВЛ у кількості 1,0 % висипалися з виливки. Перевагою інден-кумароїових смол є також і те, що за додавання до 2% вони практично не впливають на плинність, міцність та інші технологічні властивості РСС (див. табл. 1.6).

Таблиця 1.6 Вплив добавки інден-кумаронової смоли на властивості РСС

Марка індеп-кумаронової смоли	Добавка смоли, %	Плинність, мм	Стійкість піни, хвилини	Міцність на стиснення, кгс/см ² (9,8·10 ⁴ Па), через, год	
				1	24
РСС без смоли	-	110	8-10	2,0	6,0
ВП	0,3	110	8	2,0	6,0
	0,5	108	7	2,0	6,0
	1,0	108	8	2,2	6,2
	1,5	106	8	2,2	6,5
	2,0	105	7	2,5	6,5
Д/IV	0,3	112	8	2,0	6,0
	0,5	110	7	2,9	6,0
	1,0	110	7	2,0	6,5
	1,5	108	8	2,2	6,2
	2,0	106	7	2,0	6,0
Д/V	0,3	110	8	2,0	6,0
	0,5	110	8	2,0	6,0
	1,0	110	8	2,0	6,2
	1,5	108	7	2,2	6,2
	2,0	106	7	2,2	6,5

Різка поліпшення вибивання РСС за додавання інден-кумаронової смол пояснюється виділенням під час нагрівання значної кількості сажистого вуглецю, що розподіляється в рідинно-склянофільній композиції і тому знімає міцність суміші. Розкладання цих смол під час нагрівання докладно розглядається в роботах Д.М. Колотило.

Інден-кумаронової смоли випускають коксохімзаводи за ГОСТ 9263 - 66.

Хороші результати щодо поліпшення вибиваємості РСС отримано (таблиця 1.7) при додаванні в суміш кам'яновугільної смоли марки В (ГОСТ 4492-65).

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.7 Вплив добавки кам'яновугільної смоли на вибивання РСС

Добавка кам'яновугільної Смоли, %	Робота вибивання, Дж								
	Після нагрівання до температури, °С							З виливків	
	20	200	400	600	800	1000	1200	Чавуну	Сталі
-	2,2	1,6	1,4	1,8	2,2	3,2	5,0	10-12	20-25
0,5	2,2	2,4	1,5	0,8	1,3	1,8	2,6	1,0	17,0
1,0	2,2	3,0	1,5	0,8	0,6	1,4	2,2	0,5	7,0
2,0	2,2	4,0	2,8	1,0	0,2	0,6	1,7	0,2	1,5

Для поліпшення вибивання звичайних швидко-твердіючих РСС додають мазут.

Спосіб поліпшення вибивання РСС добавкою мазуту приваблює своєю дешевизною, простотою і зручністю дозування. Однак спроби багатьох ливарників застосувати мазут для поліпшення вибивання РСС виявлялися безуспішними, оскільки не всі його марки придатні для цієї мети: при введенні 0,1-0,3 % мазуту різко зменшувалася рідка рухливість РСС, вона зникала ще в змішувачі.

У зв'язку з цим у КПП було вивчено вплив різних марок мазуту на технологічні властивості РСС. Відомо, що на нафтопереробних заводах нафтопереробних заводах поділяють нафту на складові залежно від температури ніпєння (конденсації) останніх. Отриманий у результаті перегонки нафти мазут є напівпродуктом і має назву прямогонного або мазуту АВТ (від назви установки - атмосферно-вакуумно-трубчаста). Під час крекінгу мазуту утворюється крекінг-залишок, частина якого використовується як товарний мазут, а частина - для отримання нафтового коксу.

Згідно з ГОСТ 10585-65, товарний мазут як паливо випускається таких марок: флотський (Ф5 і Ф12); топковий (40, 100 і 200) і для мартенівських печей.

Основною частиною мазуту будь-якої марки є прямогонний мазут, крекінг-залишок або їхня суміш. Мазути різних марок розрізняються в'язкістю, температурами спалаху і застигання, теплотою згоряння, Вміст у мазуті гасу, газойлю, солярної фракції та інших домішок ГОСТом не регламентується. На багатьох заводах у мазут, для зниження температури застигання, зменшення в'язкості тощо, вводять гас, газойль та інші складові.

Нафтопродукти по-різному впливають на властивості РСС. Наприклад, гас, газойль, солярова фракція різко зменшують плинність РСС, але тільки за умови додавання їх у дуже малій кількості (0,1%). Водночас прямогонний мазут і крекінг-залишок можна вводити в РСС у кількості до 3% без значної зміни плинності суміші. Це зумовлено більшою молекулярною масою прямогонного мазуту та крекінг-залишку порівняно з легкокиплячими нафтопродуктами, а внаслідок цього малою здатністю його до гасіння піни.

Дослідження зміни поверхневого натягу рідкостекольної композиції з ДС-РАС за додавання до неї різних нафтопродуктів показали, що за додавання гасу її поверхневий натяг зростає з 32×10^{-3} Н/м до 41×10^{-3} Н/м, тоді як за додавання

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мазуту він зберігається гранично постійним. Тому в РСС можна вводити прямогонний мазут, крекінг-залишок або їхню суміш, які не забруднені легкокиплячими нафтопродуктами. У РСС не можна додавати мазут Ф5, який згідно з ГОСТом містить не менше 20% гасово-газойлевої фракції.

У КПІ досліджено вплив на властивості РСС мазутів різних марок, що випускаються Одеським, Херсонським, Кременчуцьким, Надвірнянським, Дрогобицьким, Херсонським, нафтопереробними заводами. Дослідження показали, що мазути марки 40, що випускаються Одеським, Херсонським, Дрогобицьким заводами, через вміст у них гасу, солярової фракції тощо, не придатні для поліпшення вибивання РСС, тому що різко знижують плинність суміші.

Прямогонний мазут і крекінг-залишок зазначених заводів цілком придатні для введення в РСС з метою поліпшення вибивання, оскільки не містять легкокиплячих фракцій. За додавання 2-3% прямогонного мазуту або крекінг-залишку РСС зберігає добру плинність, високу міцність.

Хороші результати дає мазут марки 100, що випускається Кременчуцьким, Ухтинським і Новокуйбишевським заводами. Мазут марки 100 Кременчуцького заводу являє собою звичайний прямогонний мазут, і його можна вводити в РСС до 3%. При цьому плинність РСС цілком задовільна, міцність висока (0,2-0,35 МПа через 1 год) і газопроникність хороша.

Мазут марки 100, а також прямогонний мазут і крекінг-залишок можна вводити до 4% без помітного погіршення плинності та інших властивостей РСС, оскільки вони не містять домішок, які легко киплять. У табл. 1.8 показано вплив кількості мазуту на вибивання РСС.

Таблиця 1.8 Вплив добавки мазуту на вибивання РСС

Добавка, %	Робота вибивання, Дж, при нагріванні РСС до температури, °С						
	20	200	400	600	800	1000	1200
-	2,2	1,8	1,4	1,6	2,2	3,2	5,2
0,5	2,2	3,0	2,4	2,0	1,5	2,0	2,5
1,0	2,2	4,0	2,0	1,5	1,0	1,5	1,7
2,0	2,2	6,0	1,8	1,3	0,8	0,7	0,7

З табл. 1.8 видно, що мазут різко покращує вибивання РСС, навіть за умови прогрівання суміші до 1200 °С

При введенні органічних добавок вибивання РСС великою мірою залежить від кількості сажистого вуглецю, що утворюється з цієї добавки під час нагрівання суміші. Добавки, що виділяють велику кількість сажистого вуглецю (іденкумаронові смоли, мазут тощо), покращують вибиваємість набагато більше, ніж вуглець - вміст добавки, що утворюють менше сажистого вуглецю.

Такий вплив сажистого вуглецю підтверджують також досліди, в яких у РСС разом зі смолами вводили окислювач - нітрат амонію. Окислювач зменшував кількість сажистого вуглецю, внаслідок чого вибивання погіршувалося. Розмір частинок і розподіл утвореного сажистого вуглецю мають великий вплив на вибивання РСС. Наприклад, при введенні 0,25% сажі вибиваемість РСС становила близько 17Дж, тоді як при введенні 0,5% інден-кумаронової смоли, при якій утворюється теж приблизно 0,25% сажистого вуглецю, вибивання становить лише 1Дж.

Кількість сажистого вуглецю, що виділяється під час нагрівання, залежить від будови органічних речовин, що вводяться в РСС. Воно зростає зі збільшенням молекулярної маси і при переході від лінійної до циклічної будови молекули речовини. Так, інден-кумаронові смоли, молекули яких мають два бензольних кільця, утворюють 40-45% сажистого вуглецю, а синтетичні смоли, молекули яких мають одне бензольне кільце - 25-30 відсотків.

Під час нагрівання фенолоформальдегідних смол кількість сажистого вуглецю, що утворюється, і вплив смол на вибивання РСС залежать від кількості фенолу, який міститься в них. Чим більше в них фенолу, тим більше утворюється сажистого вуглецю і тим краща вибиваемість РСС. Розглянуті вище резольні смоли (№ 228, 214 і ін.) містять більше зв'язаного фенолу, тому виділяють під час нагрівання більше сажистого вуглецю та покращують вибивання РСС порівняно з новолачними смолами (№ 15, 104 та ін.).

За механізмом дії на поліпшення вибивання РСС органічні речовини можна розділити на три групи. До першої групи можна віднести речовини, вплив яких на вибивання суміші пов'язаний з виділенням під час нагрівання великої кількості газів, наприклад, тирсу з окислювачем. Такі добавки ефективні при нагріванні РСС не вище 700-720 °С. При температурі вище 720 °С, пори в розплавленій рідинно-скляній композиції заварюються, і вибиваемість суміші не покращується. Речовини першої групи покращують вибиваемість РСС тільки з чугунних виливок.

До другої групи входять речовини, які при нагріванні зазнають агрегатних змін. У речовин даної групи, при нагріванні до 1200 °С, коксовий залишок становить 90-95%. До речовин цієї групи належать чорний і сріблястий графіт, нафтовий і кам'яновугільний кокс тощо. Речовини цієї групи покращують вибиваемість РСС в основному з чугунних виливок і лише незначною мірою зі сталевих.

До третьої групи належать речовини, що утворюють під час нагрівання значну кількість сажистого вуглецю, який, розподіляючись у РСС, перешкоджає спіканню півки композиції. Залежно від кількості сажистого вуглецю, що виділяється при 1200 °С, речовини третьої групи також можна розділити на три підгрупи.

1- Речовини, що містять до 20% сажистого вуглецю (торф, патока, гідрол та ін.). Вони ефективно зменшують вибивання РСС із чавунних виливків під час прогрівання суміші до 700-720 °С.

2- Речовини, які виділяють 20-30% сажистого вуглецю (смоли № 74 і 104, тирса та ін.). Вони значною мірою покращують вибивання РСС із чавунних виливків і певною мірою і зі сталевих (за нагрівання НСС не більше 1000-1200 °С).

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3- Речовини, які виділяють понад 30% сажистого вуглецю й ефективно покращують вибивання РСС як із чавунних, так і зі сталевих виливків. До цієї групи відносяться смоли інден-кумаронові, стирильно-інденова, кам'яновугільна, №-236, мазут тощо.

1.4.3 Вплив крихкої усадки на вибивання

Зіставляючи результати випробувань зразків, що піддавалися дії рідкого металу, і зразків, що заливалися металом, можна помітити, що робота, що витрачається на вибивання стрижнів при температурі їхнього нагрівання, відповідної до другого максимуму або близької до неї, в останньому випадку в кілька разів вища, ніж у першому.

Основна причина цього полягає в тому, що стрижні, встановлені в ливарній формі, піддаються не тільки нагріву, а й дії сил стиснення, що проявляються при усадці виливків у процесі їх охолодження.

Що тонша зернова будова наповнювача або спеціальної добавки, то вищою є величина роботи, що витрачається на вибивання стрижнів. З іншого боку, для більш активної хімічної взаємодії речовин їх доцільно застосовувати в тонко-розмолотому вигляді.

Таким чином, спеціальні добавки, що вводять у суміш у тонкоподрібненому стані, забезпечили значне розширення температурного інтервалу першого максимуму, в місцях затиску стержня, що прогриваються до температури другого максимуму або близьких до неї, величина роботи, що витрачається на вибивання, залишається значною. Для зниження роботи вибивання необхідно приймати додаткові заходи, до яких відноситься наприклад, забезпечення "крихкої" усадки стрижнів під час їх охолодження. Це може бути досягнуто додатковим охолодженням стрижнів повітрям або водою, прискореним вивільненням виливків із форм, застосуванням оболонкових стрижнів, армуванням стрижневої суміші волокнуотворювальними матеріалами, двошарових стрижнів із полегшеною серцевиною та ін.

Результати дослідів (рис. 1.16) на виливках за різного відношення товщина стінок виливки до радіуса стрижнів показали, що другий максимум утворюється приблизно за 800 °С, а ті самі суміші з добавкою 1,5% азбестової крихти не досягли другого максимуму навіть за 1150 °С ($\delta_{отл} : R = 4.0$). Аналогічні результати були отримані при введенні в суміші хімічно чистого Al_2O_3 , MgO , крейди і бокситу. Оскільки усадка сталі більша, ніж чавуну, вибивання РСС зі сталевих виливків у 1,5-1,6 раза гірше, ніж із чавунних, унаслідок збільшення сил стиснення на стрижень.

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

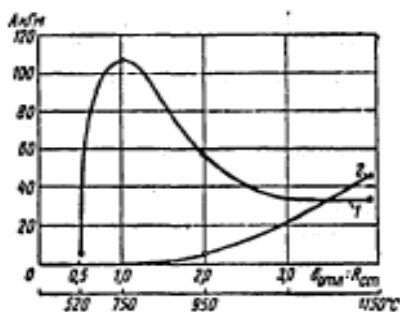


Рис.1.16 .Робота, витрачена на вибивання з виливок стрижнів, продуктів CO_2 і виготовлених із сумішей: 1- кварцового піску з 4% РС; 2 кварцового піску з 3% глини і 4 % РС.

1.4.4 Вплив прискореного охолодження на вибиваємість

Ефективність прискореного охолодження стрижнів видно з дослідів, проведених у них із сумішшю, що містила кварцовий пісок, 5 % РС і 1% NaOH.

Досліди (рис.1.17) показали, що шляхом збільшення швидкості охолодження зразків попередньо нагрітих до температури виникнення другого максимуму (800°C), можна приблизно в 3 рази скоротити величину А.

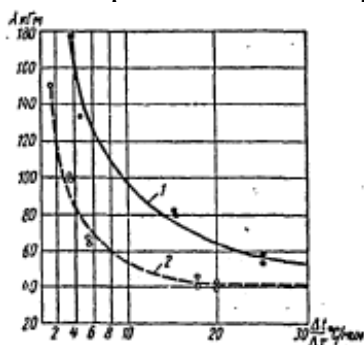


Рис.1.17 Робота, витрачена на вибивку стрижней, продуктів CO_2 з виливок при різній швидкості їх охолодження : 1- остивання разом з формою; 2- продувка повітрям після заливки.

Аналогічні результати були отримані при збільшенні швидкості охолодження стрижней,залитих металом.

Тут трудомісткість вибивання стрижня з виливок при застосуванні методів прискореного охолодження також скоротилася приблизно у 3 рази (рис.1.18).Це підтверджує уявлення про когезійний тип руйнування РСС і вплив на міцність стрижня напружень, що виникають у плечах, на міцність стрижня.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.РМ.136.24.544с-15.01.АЗД				

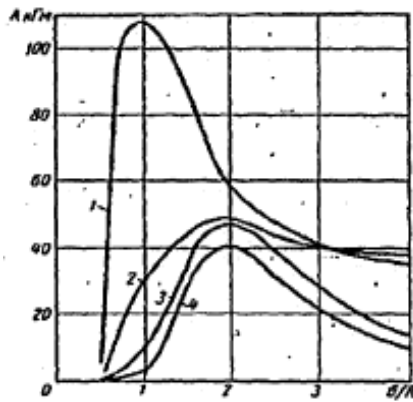


Рис. 1.8 Робота, витрачена на вибивку стрижней, продутих CO_2 з виливок при різній швидкості їх охолодження : 1 - остивання разом з формою; 2 - вибивка чеуез 1 год.; 3 – вибивка через 15 хвилин; 4 - продування повітрям після заливки.

1.4.5 Вплив кількісного введення рідкого скла на вибірковість

Відомо, що при даному наповнювачі та данному сполучному матеріалі в разі когезійного типу руйнування міцність

суміші буде безпосередньо залежати від кількості введеного в неї сполучного матеріалу. Отже, чим більше рідкого скла буде введено в суміш, тим важче виявиться вибивання стрижнів із виливків (рис. 1.19). Тому одним із дієвих засобів полегшення вибивання є максимальне (допустиме за іншими технологічними показниками) зниження кількості рідкого скла в суміші.

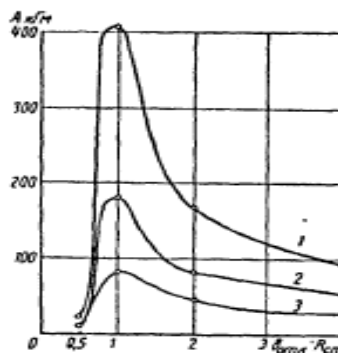


Рис.1.19 Робота, витрачена на вибивку стрижнів, продутих CO_2 , з РСС зі зниженим вмістом в них РС: 1 – остивання разом з формою; 2 – вибивка через 1 год; 3 - вибивка через 15 хвилин; 4 - продування повітрям після заливк

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.02.МПЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Методики проведення експерименту

2.1 Особливості експериментів та об'єкти досліджень

Метою дослідження є – максимально можлива низька залишкова міцність (δ_B) стержня після заливки у форму розплавленого металу - (1 умова) при максимально можливій високій міцності стержня після затвердіння (σ_B) - (2 умова), тобто:

$$K_p \rightarrow \infty \text{ при } \sigma_B \rightarrow \max, \text{ а } \delta_B \rightarrow 0$$

де $K_p = \sigma_B / \delta_B$

- У роботі досліджувалося:
- вплив часу зберігання готових розчинів органічних речовин на зміну їхньої густини та в'язкості з плином часу;
 - вплив густини і в'язкості розчинів органічних речовин на міцність зразків після сушіння в печі;
 - вплив температури сушіння суміші в печі на міцнісні (σ_B) показники зразків;
 - вплив часу затвердіння в печі суміші на міцнісні (σ_B) показники зразків;
 - вплив концентрації розчинів органічних зв'язувальних речовин на міцнісні (σ_B) показники зразків, що тверднуть у печі, CO₂-процес;
 - вплив концентрації розчинів органічних зв'язувальних речовин на міцнісні (δ_B) показники суміші після прожарювання;
 - вплив кількості введення в РСС органічних добавок на міцність (σ_B) зразків після затвердіння в печі, CO₂-процес;
 - вплив кількості введення в РСС органічних добавок на міцність (δ_B) зразків після прожарювання;
 - вплив кількості введення органічних добавок на коефіцієнт розміщення суміші, що визначається як відношення значень міцності після затвердіння σ_B , до значень міцності після прожарювання δ_B .

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.02.МПЕ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			
Розробив		Шестопад С.С.			Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Губін Г.В.				1	
Рецензент		Скідін І.Е.			Кафедра МЧМЛВ Група ЛВ-23-1м		
Н.контроль		Губін Г.В.					
Затвердив		Савельєв С.Г.					
Методики проведення експерименту							

2.1.2 Фізико-механічні методи досліджень

Щоб забезпечити отримання придатної деталі, необхідно, щоб формувальні або стержієві суміші володіли низкою певних заданих властивостей, і відповідали:

- технології виготовлення форм і стрижнів;
- умови взаємодії форми з рідким металом при заливанні форми, при охолодженні виливки;
- технології приготування формувальної та стрижневої суміші;
- умовам вибивання форм і видалення стрижнів.

Міцність, вологість, газопроникність, осипання, плинність та інші технологічні властивості суміші залежать від вихідних компонентів і структури формувальної або стрижневої суміші.

Дослідження характеристик міцності зв'язувальних композицій і сумішей здійснювали за ГОСТ 23409.7-78 шляхом визначення міцності на стиск і розтягнення з дотриманням загальних вимог до методу випробування ГОСТ 23409.7-78. Зразки готували за ГОСТ 23409.6-78 і випробовували на машині моделі 064-M2/Г947 з відносною похибкою вимірювань не більше 32%.

Живучість визначали за різницею міцності з моменту виготовлення зразків і до часу, коли їхня міцність на 15% вища за первісну. Відбір проб здійснювали за ГОСТ 23408-78, а їхню підготовку за ГОСТ 23409.0-78. Формованість контролювали за ГОСТ 23409.15-78.

Осипаємість сумішей контролювали за ГОСТ 23409.9-78 із дотриманням вимог до методу випробування за ГОСТ 23409.0-78.

Газопроникність сумішей визначали за ГОСТ 23409.6-78 на приладі мод. 042М, а їхню залишкову вологість - за ГОСТ 23409.5-78.

Гігроскопічність сумішей проводили за ГОСТ 23409.10-78. Зразки після їхнього затвердіння зважували, поміщали в ексікатор на фільтрувальний папір, розміщений на упажпом піску. Через 24 години зразок витягували і зважували. Гігроскопічність розраховували у відсотках, за збільшенням маси проби.

Ущільнюваність і насипну щільність суміші визначали за ГОСТ 23409.13-78 в'язкість розчинів заміряли ареометром, градуйованим за питомою вагою рідини, в'язкість визначали на віскозиметрі В-4.

Замкнуто - багатоциклове використання сумішей визначалося так:

- після вибивання опок, повернення вловлювали і використовували як формувальний пісок для приготування суміші, з подальшим виготовленням з неї стрижнів;

- властивості суміші контролювалися шляхом визначення її формованості, газопроникності, обсипаємість, гігроскопічності та шляхом визначення характеристик міцності.

Обробку отриманих вимірювань проводили за формулою (І):

$$S(A) = (Z(x_i - A)^2 / \pi(n-1))^{1/2}, \quad (1)$$

де $S(A)$ - оцінка середнього квадратичного відхилення результату вимірювання;

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.02.МПЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

x_i - результат спостереження;
А - середнє арифметичне результатів вимірювань;
п - число результатів вимірювань.

2.2 Вихідні матеріали для виготовлення стрижневої суміші

Для контролю властивостей і якості одержуваних стрижневих сумішей використовувались слідуючі прилади і інструменти:

- мікроскоп МНМ;
- ваги технічні, аналітичні;
- різноваги;
- прилад для прискореного визначення вологості суміші мод. 062 М;
- прилад для визначення газопроникності суміші мод. 042 М;
- прилад для визначення міцності суміші на стиск у сирому стані мод. 5078;
- твердомір;
- лабораторний копер мод. 2М030;
- прилад для визначення осипання і формуваності суміші мод. 056;
- гільза для виготовлення стандартного зразка;
- порцелянові чашки;
- сушило марки СНОЛ;
- секундомір.

Вихідні матеріали: РС (М 2,4, $\gamma = 1,49 \text{ г/см}^3$),

Хімічний аналіз піску:

SiO_2 - 95,5; Fe_2O_3 - 0,74; MqO - 0,68; CaO - 0,29; K_2O - 0,1; Na_2O - 0,56; рН - 9,0.

Початкова вага навішування - 50 грам.

Після сушіння і прожарювання вага суміші - 49,93 залишкова маса 99,86%

Після смочування і прожарювання - 49,52 залишкова маса 99,04 %.

Марка піску $3\text{K}_4\text{O}_0\text{O}_3$ - кварцовий пісок із глинистою складовою від 0,5 до 1% з масовою часткою SiO_2 - 95,5; коефіцієнтом однорідності від 70 до 80%; середнім розміром зерна понад 0,28, ГОСТ 2138-91 пісок відповідає марці $3\text{K}_4\text{O}_0\text{O}_3$.

2.3 Вибір органічних добавок для поліпшення вибивання рідкоскляних сумішей

Полівиниловий спирт (ПВС) - твердий полімер білого кольору формули:
 $(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-)_n$,

причому ступінь полімеризації (п) може досягати 5000. Ця речовина містить до 68% кристалічної фази у вигляді мікрокристалічних утворень, нетоксичний, горючий, $T_{\text{займистий}} = 205 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_{\text{самозайм.}} = 344 \text{ }^\circ\text{C}$. При нагріванні ПВС вище $180 \text{ }^\circ\text{C}$ у повітря виділяється окис вуглецю, формальдегід, пари оцетової кислоти.

Єдиним для ПВС розчинником на практиці слугує вода. Він не розчиняється в органічних розчинниках, особливо стійкий до дії олій, жирів, бензину та інших вуглеводнів, а також до дії розбавлених кислот та лугів. У промисловості ПВС

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.02.МПЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отримують омиленням полівінілацетату в розчині метилового спирту, каталізатори

сильні кислоти і луги. Регулюючи ступінь омилення, можна одержувати ПВС, що містять до 30% за масою залишкових ланок вінілацетату (так звані сольвари або совіоли).

Залежно від ступеня омилення полівінілацетату і властивостей ПВС випускається низка таких марок: 6/1; 8/1; 11/2; 16/1; 20/1. Зовнішній вигляд ПВС - дрібнодисперсний кристалічний порошок яскраво білого кольору. Володіючи низкою ланцюгових і специфічних властивостей (універсальні адгезійні та зв'язувальні властивості, стійкість до окиснення, атмосферостійкість) ПВС знайшов широке застосування в різних галузях народного господарства:

- для синтезу полівінілацетатів як емульгатор і стабілізатор при емульсійній полімеризації вінілацетату та інших мономерів;

- у виробництві клеїв, у чистому вигляді та в суміші з наповнювачем для склеювання шкіри, тканини, паперу;

- для шліхтування волокон і пряжі з натуральних, штучних і синтетичних сполучний матеріал при виготовленні тонких формувальних порошоків для кераміки і стрижневих сумішей для ливарного виробництва;

- як добавку в крейдяну суспензію.

Властивості полівінілових спиртів, визначаються ступенем полімеризації:

- що вищий ступінь полімеризації, то вищою є в'язкість розчину і адгезійна міцність клейового шару;

- чим вищий ступінь полімеризації, тим менша розчинність;

- чим вищий ступінь полімеризації, тим вища механічна міцність шару ПВС;

- чим вищий ступінь полімеризації, то менша проникність і вища жорсткість плівок ПВС;

- чим вищий ступінь полімеризації, тим кращі захисні властивості покриттів на основі ПВС.

Наразі ПВС можна розділити:

1. За ступенем гідролізу:

- на частково гідролізовані (частково омилені), ступінь гідролізу нижче 95;

- повністю гідролізовані (повністю омилені), ступінь гідролізу від 95 до 99.5.

2. За в'язкістю і відповідно ступенем полімеризації:

- низьков'язкі полівінілові спирти, в'язкість від 4.0 mPas до 12.0 mPas;

- середньов'язкі полівінілові спирти, в'язкість від 13.0 mPas до 38 mPas;

- високов'язкі полівінілові спирти, в'язкість вище 40 mPas.

Водорозчинні плівки з ПВС успішно конкурують з іншими видами

полімерних плівок завдяки високій прозорості, еластичності, малому накопиченню статичної електрики. Головною відмінною рисою плівок є здатність їх розчинятися у воді, як за кімнатної температури, так і за більш високих. Водорозчинність, поряд з високою стійкістю до олій, жирів і більшості органічних розчинників, а також низькою киснепроникністю, дозволяє використовувати цю плівку в будь-яких галузях промисловості. При поміщенні плівки у воду вона

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.02.МРЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повністю розчиняється. Нерозчинні у воді плівки на основі ПВС отримують шляхом взаємодії його з

сополімерами, наприклад з етиленом. Таким чином, можна зазначити, що ПВС є одним із небагатьох синтетичних волокноутворювальних полімерів, що розчиняються у воді. Технологічні та фізико-механічні властивості розчинів і плівок ПВС наведено в табл. 2.9 - 2.10.

Таблиця 2.9 Технологічні характеристики ПВС

Найменування властивостей	показника	Значення
Товщина, мкм		60±12;80 ±15
Руйнівне напруження під час розтягування, МПа		30 - 50
Відносне подовження, %		180 - 250
Рівноважний вміст води, % мас.		8 - 10
Температура крихкості, °С		-11 ... -23
Проникність за 24 години при 20 °С, г/м ²		
кисень		0,28
пари води		3,0
Час руйнування у воді за 20 °С, с		5 - 10
Час повного розчинення у воді за 20 °С, с, не більше		180

2.4 Обґрунтування застосування дисперсного армування і двостадійної обробки РСС

Для виконання поставлених цілей і завдань необхідно знизити частку рідкого скла в суміші до 2-4%. Для зниження вмісту рідкого скла в РСС необхідно не тільки правильно підібрати добавку, а й правильно ввести її в суміш, щоб фізико-механічні і технологічні властивості суміші не погіршилися. Для вибору добавки і способу її введення в роботу запропонований спосіб, за якого вибір робиться залежно від величини внутрішньої напруги $\sigma_{вн.маж}$, що виникають у РС і добавках під час їхнього затвердіння через усадку.

У результаті, під час порівняння $\sigma_{сж.маж}$, РСС з 5 вага.год. (понад 100 %) РС різного модуля з ($\sigma_{вн.маж}$) для РС цих же модулів було встановлено, що чим менше ($\sigma_{вн.}$), тим вище ($\sigma_{сж.}$) суміші. При цьому для РСС була встановлена залежність, з якої виявилось, що якщо ($\sigma_{вн.}$) знімається в 5 разів, то міцність ($\sigma_{вн.}$) суміші після

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

КНУ.РМ.136.24.544с-15.02.МПЕ

затвердіння зростає в 1,5 раза. Тому для підвищення міцності суміші після затвердіння необхідно знижувати внутрішню напругу ($\sigma_{вн.}$).

Одним зі шляхів зниження внутрішніх напружень і підвищення міцності ($\sigma_{в}$) РСС після затвердіння, є зниження модуля рідкого скла.

Відомо, що знизити модуль РС, можливо, якщо вводити в суміш 8-10% розчини луку (NaOH). Відомо, що сухий порошок Н-КМЦ найкраще розчиняється в лужному розчині 8-10%-вої концентрації. Тому введення в суміш водно-лужних розчинів Н-КМЦ 5-, 10-, 15- або 30%-ної концентрації в воднолужних розчинах концентрації, які дають змогу знизити модуль РС, і як наслідок знизяться внутрішні напруги, що виникають у РСС під час затвердіння.

Знизити внутрішні напруження також можливо, якщо застосувати спосіб, за якого необхідною умовою є створення на межі наповнювача - РС податливого прошарку, здатного релаксувати напруження. Такий підшар можна отримати, якщо застосувати ДСТ отримання суміші.

ДСТ передбачає послідовну обробку мінерального матеріалу - кварцового піску двома типами в'яжучих: на першій стадії - в'яжучим, що має високу адгезію до поверхні кварцу; на другій - в'яжучим, що забезпечує хорошу когезію. На першій стадії необхідно використовувати органічні в'яжучі, що містять у своєму складі високоактивні компоненти. Ці компоненти, вступаючи в хімічну взаємодію з поверхнею мінеральних матеріалів, забезпечують розірвання зв'язків з утворенням гідроксильних сполук на поверхні мінеральних матеріалів. Крім того, при виборчій фільтрації агресивні компоненти проникають по порах і капілярах всередину зерна кварцу, взаємодіючи з поверхнею пір і капілярів. У результаті цих процесів відбувається кольматація пір і капілярів зерна кварцу компонентами в'яжучого,

використовуваного на початковій стадії, а також відбувається блокування глинистих складових піску. Додатково наповнювач може активуватися або модифікуватися даними добавками. Відомо, що обробка поверхні наповнювача 10%-вим розчином ПВС у кількості 3% від маси піску дозволяє збільшити міцність РСС після затвердіння на 30-40% при зниженому вмісті РСС у суміші до 4-6%.

На другій стадії проводиться обробка отриманої органомінеральної суміші неорганічним в'яжучим (НВ). При введенні на другій стадії в отриману органомінеральну суміш РС, процес проникнення РС в пори і капіляри мінерального матеріалу не матиме місця, оскільки пори і капіляри вже заповнені компонентами органічного в'яжучого на першій стадії. Отже, плівки РС перебуватимуть не на поверхні зерна кварцу, а на поверхні плівок органічної добавки, що сформувалася під час плакування, що позитивно впливатиме на осередкову міцність суміші після заливання рідкого металу у форму.

Для зниження внутрішніх напружень у РСС після затвердіння можливе також армування суміші.

Цілі армування РСС можуть формулюватися таким чином:

- збільшення міцності при розтягуванні та вигині;
- компенсація недоліків фракційного складу;
- зниження усадки, яка виникає при затвердінні рідкого скла;

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КНУ.РМ.136.24.544с-15.02.МПЕ

- як наслідок, збільшення тріщиностійкості (за рахунок релаксації напруги в наповнювачі – кварцевому піску, як при процесах кристалообразовання так і при в експлуатації);

- підвищення деформаційної здатності стержня або форми;
- зниження осипання.

При дисперсному армуванні зв'язувального, що вводиться в формувальну або стрижневу суміш, підвищення міцності відбувається в результаті формування з волокон дисперсійної арматури об'ємних структур. Розмір і форма таких структур (кластерів) визначають характеристики армованих матеріалів. Отримані до теперішнього часу результати дають підстави вважати, що адекватний опис залежності міцнісних та ін. характеристик армувальних сумішей від розмірів, форми, орієнтації та концентрації елементів дисперсної арматури можливий на основі понять фізики фракталів і теорії перколяції.

Для дослідження процесів структуроутворення армованих сумішей важливим є той фактор, що виникнення фракторів було виявлено при формуванні структур із випадково розташованих елементів. Звідси випливає висновок, що при дисперсному армуванні, армуючі елементи зв'язуються в кластери, які мають фрактальну геометрію. Розміри максимального кластера R_{max} залежать від об'ємної концентрації елементів. Дуже важливою особливістю процесу кластеризації є й те, що наявна критична концентрація n_c елементів. Так, при $n > n_c$ розмір максимального кластера прагне до нескінченності, а суміш володіє підвищеними міцнісними

характеристиками, при концентрації $n < n_c$ окремі фрактальні кластери не зв'язуються між собою в єдину структуру, суміш при цьому характеризується нерівномічністю. Результат при нерівномічності суміші досягнутим бути не може, тому що при руйнуванні сусідніх маломіцних ділянок стержня або форми знижуються всі фізико-механічні і технологічні показники даної суміші. Щоб не отримувати нерівномічну суміш, необхідно прагнути до того, щоб концентрація дисперсної арматури n , наближалася до критичної n_c , і в результаті формувався єдиний кластер, що заповнює весь простір армування. Але якщо після досягнення критичного значення n_c продовжувати збільшувати концентрацію, то це призведе до зменшення середнього розміру "комірок", більш щільного заповнення армованого простору, і, як наслідок, зниження технологічних властивостей суміші, газопроникності, міцності після затвердіння і т. ін. Слід також зазначити,

що переважна просторова орієнтація армувальних елементів приходить до залежності величини по від напрямку.

Під час ущільнення дисперсно армованих сумішей відбувається часткова переорієнтація армувальних волокон. Під впливом ущільнювального навантаження армувальні волокна тією чи іншою мірою прагнуть розташуватися паралельно площині ущільнення, внаслідок чого може виникнути анізотропія властивостей суміші.

Таким чином впливає, що під час армування РСС для створення рівномічного стержня необхідна певна кількість дисперсної арматури, яка забезпечила б наявність перколяційного ефекту.

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.02.МПЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Дослідження впливу органічних добавок на міцнісні властивості стрижневої суміші

У данному розділі було досліджено:

- вплив часу зберігання готових розчинів органічних добавок на їхній вміст та їх;
- вплив густини розчинів органічних добавок 5-,10-,15- і 30%-ної концентрації, що змінюється з часом, на міцність зразків після сушіння;
- вплив концентрації та процентного вмісту розчинів органічних добавок у суміші на міцність після сушіння;
- вплив температури та часу сушіння на формування міцності суміші з додаванням розчинів органічних речовин.

3.1 Дослідження властивостей міцності стрижневих сумішей із добавкою натрієвої солі карбоксиметилцелюлози

Для приготування водних розчинів Н-КМЦ розраховували кількість сухого порошку попередньо замочували на 3 год. і у 8-10%-ному розчині NaOH кімнатної температури, а потім, після ретельного перемішування, отримували добавку (Н-КМЦ), готову до використання.

Досліджували 5-, 10-, 15- і 30% розчини Н-КМЦ, приготовані за технологією, описаною вище: розчини витримували протягом 2-24-48-72-168 год, визначаючи їхню густину ареометрами та в'язкість за ВЗ-4. На рис. 3.1 наведено залежність густини (γ , г/см³) розчинів Н-КМЦ 5-, 10-, 15-, 30 %-ної концентрації часу (t год.) витримки їх у закритих ємностях (табл. 3.1).

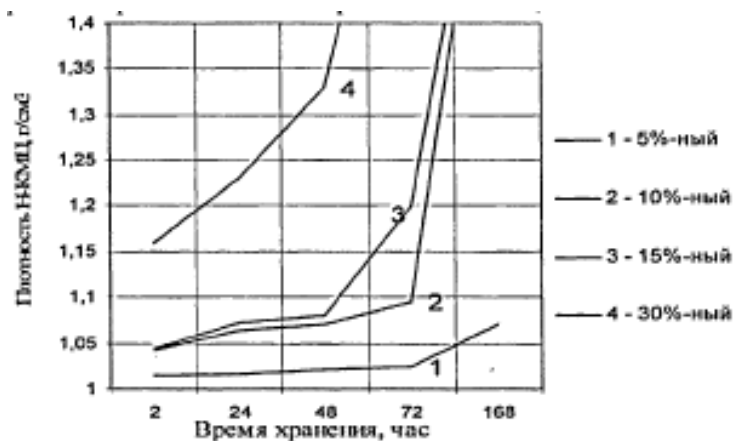


Рис. 3.1 Залежність щільності розчинів добавки Н-КМЦ від часу їх зберігання, г/см³.

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.03.ДВОД					
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Дослідження впливу органічних добавок на міцнісні властивості					
Розробив		Шестопад С.С.						Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Губін Г.В.							1	
Рецензент		Скідін І.Е.						Кафедра МЧМЛВ		
Н.контроль		Губін Г.В.						Група ЛВ-23-1м		
Затвердив		Савельєв С.Г.								

Таблиця 3.1 Значення щільності та в'язкості готових розчинів Н-КМЦ

Концентрація водного розчину Н-КМЦ	Час витримки, t годин	Щільність розчину Н-КМЦ, γ , г/см ³	В'язкість розчину Н-КМЦ, сек
5%-ний	3	1,015	16
	24	1,016	18
	48	1,021	21
	72	1,024	28
	168	1,070	68
10%-ний	3	1,043	38
	24	1,065	55
	48	1,070	68
	72	1,095	170
	168	гель	гель
15%-ний	3	1,045	40
	24	1,072	75
	48	1,08	94
	72	1,20	220
	168	гель	гель
30%-ний	3	1.16	300
	24	1,23	550
	48	1,330	565
	72	гель	гель
	168	гель	гель

Як видно з рис. 3.1, для розчинів добавки Н-КМЦ зі збільшенням часу (t) витримки готового розчину 5%-ої концентрації до 72 год, густина розчину практично не змінюється ($\gamma=1,015-1,024$ г/см). Густина водних розчинів 10- і 15%-ної концентрації Н-КМЦ за $t = 72$ год змінюється: для 10%-ного розчину до $\gamma = 1,095$ г/см, для 15%-ного до $\gamma = 1,20$ г/см³, а за умови збільшення витримки розчинів 10 і

5%-ної концентрації до 168 год різко підвищується з переходом розчину в гель.

Порівнюючи дані в'язкості табл. 3.1 із загальноприйнятими нормами (до 300 с. для РС), можна зробити висновок, що водно-лужні розчини Н-КМЦ 10-15%-вої концентрації придатні к використанню при зберіганні 72ч, а 5%-ної концентрації,

при зберіганні 168 год і більше (тобто протягом тижня). Розчини 30%-ної концентрації зберігати більше 24 годин недоцільно з технологічної точки зору через збільшення в'язкості та втрати плинності.

Далі готували стрижневу суміш, де розчини Н-КМЦ 5,10,15 і 30%-ної концентрації використовували як основу зв'язуючого, причому розчини по кожній

концентрації зводилися в наповнювач після витримки їх протягом 2-24-48-72-168 ч. Потім отриману стрижневу суміш досліджували на міцність після витримки в

КНУ.РМ.136.24.544с-15.03.ДВОД					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

печі. Для отримання зразка суміш готували за такою технологією: у 120 г. кварцевого піску вводилося 2-, 3-, 4-, 5- і 6% (2,4-; 3,6-; 4,8-; 6,0-; 7,2 г. - відповідно) - 5-, 10-,

15- і 30%-ного розчину добавки Н-КМЦ (на 100 в.ч. зв'язувального доводиться: 95-, 90-, 85- і 70 в.ч. води і 5-, 10-, 15- і 30 в.ч. відповідно сухого порошку Н-КМЦ). Усі отримані зразки перед випробовуванням витримувалися протягом 24 год. за температури 18 °С. Результати експериментів представлені в таблицях 3.2-3.13.

Таблиця 3.2 Вплив щільності 5%-ного розчину Н-КМЦ. Час витримки розчину 3 години; $\gamma=1,015 \text{ г/см}^3$

Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{сж}$, МПа	Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{сж}$, МПа
2	20	120	0,03	4	40	200	0,28
	20	150	0,06		60	120	0,38
	20	200	0,06		60	150	0,4
	40	120	0,09		60	200	0,09
	40	150	0,13	5	20	120	0,18
	40	200	0,09		20	150	0,34
	60	120	0,13		20	200	0,32
	60	150	0,16		40	120	0,38
60	200	0,03	40		150	0,46	
3	20	120	0,13		40	200	0,26
	20	150	0,37		60	120	0,4
	20	200	0,13		60	150	0,4
	40	120	0,22	60	200	0,13	
	40	150	0,5	6	20	120	0,03
	40	200	0,16		20	150	0,06
	60	120	0,28		20	200	0,17
	60	150	0,3		40	120	0,35
60	200	0,03	40		150	0,45	
4	20	120	0,16		40	200	0,24
	20	150	0,32		60	120	0,38
	20	200	0,3		60	150	0,43
	40	120	0,35	60	200	0,16	
	40	150	0,4				

Таблиця 3.3(Час витримки розчину 72 години; $\gamma=1,024 \text{ г/см}^3$)

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.03.ДВОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа	Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа
2	20	120	0,03	4	40	200	0,26
	20	150	0,09		60	120	0,37
	20	200	0,03		60	150	0,38
	40	120	0,09		60	200	0,12
	40	150	0,15	5	20	120	0,18
	40	200	0,13		20	150	0,34
	60	120	0,13		20	200	0,32
	60	150	0,15		40	120	0,38
	60	200	0,03		40	150	0,38
	3	20	120		0,13	40	200	0,24
20		150	0,35		60	120	0,35
20		200	0,16		60	150	0,38
40		120	0,20		60	200	0,16
40		150	0,38		6	20	120	0,03
40		200	0,14	20		150	0,09
60		120	0,3	20		200	0,07
60		150	0,28	40		120	0,35
60	200	0,06	40	150		0,40	
4	20	120	0,16	40		200	0,24
	20	150	0,30	60		120	0,38
	20	200	0,16	60		150	0,38
	40	120	0,34	60	200	0,16	
	40	150	0,40				

Таблиця 3.4 (Час витримки розчину 168 годин; $\gamma=1,070 \text{ г/см}^3$)

Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа	Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа
2	20	120	0,06	4	40	200	0,24
	20	150	0,13		60	120	0,36
	20	200	0,03		60	150	0,38
	40	120	0,09		60	200	0,12
	40	150	0,12	5	20	120	0,16
	40	200	0,1		20	150	0,34
	60	120	0,1		20	200	0,32
	60	150	0,15		40	120	0,38
	60	200	0,06		40	150	0,38
	3	20	120		0,13	40	200	0,24
20		150	0,32		60	120	0,35
20		200	0,16		60	150	0,38
40		120	0,18		60	200	0,16
40		150	0,35		6	20	120	0,05
40		200	0,13	20		150	0,09
60		120	0,3	20		200	0,07
60		150	0,26	40		120	0,38
60	200	0,06	40	150		0,38	
4	20	120	0,16	40		200	0,24
	20	150	0,28	60		120	0,32
	20	200	0,16	60		150	0,36
	40	120	0,32	60	200	0,14	
	40	150	0,36				

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.РМ.136.24.544с-15.02.МПЕ

Арк.

Таблиця 3.5 Вплив щільності 10%-ного розчину Н-КМЦ (час витримки розчину 3 години; $\gamma=1,043 \text{ г/см}^3$)

Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа	Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа
2	20	120	0,3	4	40	200	0,44
	20	150	0,4		60	120	0,63
	20	200	0,28		60	150	0,74
	40	120	0,38		60	200	0,28
	40	150	0,42	5	20	120	0,6
	40	200	0,26		20	150	0,79
	60	120	0,36		20	200	0,75
	60	150	0,4		40	120	0,69
60	200	0,13	40		150	0,8	
20	120	0,38	40		200	0,56	
20	150	0,56	60		120	0,72	
20	200	0,47	60		150	0,78	
3	40	120	0,53	6	60	200	0,35
	40	150	0,66		20	120	0,47
	40	200	0,25		20	150	0,53
	60	120	0,47		20	200	0,5
	60	150	0,6	40	120	0,56	
	60	200	0,16	40	150	0,68	
	20	120	0,47	40	200	0,44	
	20	150	0,69	60	120	0,68	
4	20	200	0,66	60	150	0,7	
	40	120	0,53	60	200	0,24	
	40	150	0,75				

Таблиця 3.6 (Час витримки розчину 24 години; $\gamma=1,065 \text{ г/см}^3$)

Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа	Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа
2	20	120	0,35	4	40	200	0,48
	20	150	0,4		60	120	0,66
	20	200	0,28		60	150	0,75
	40	120	0,38		60	200	0,33
	40	150	0,42	5	20	120	0,68
	40	200	0,26		20	150	0,8
	60	120	0,38		20	200	0,76
	60	150	0,4		40	120	0,72
60	200	0,13	40		150	0,85	
20	120	0,40	40		200	0,58	
20	150	0,58	60		120	0,74	
20	200	0,47	60		150	0,83	
3	40	120	0,53	6	60	200	0,33
	40	150	0,72		20	120	0,49
	40	200	0,25		20	150	0,55
	60	120	0,52		20	200	0,52
	60	150	0,6	40	120	0,59	
	60	200	0,18	40	150	0,73	
	20	120	0,49	40	200	0,46	
	20	150	0,73	60	120	0,68	
4	20	200	0,66	60	150	0,71	
	40	120	0,59	60	200	0,36	
	40	150	0,82				

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.РМ.136.24.544с-15.03.ДВОД

Арк.

Таблиця 3.7 (Час витримки розчину 72 годин; $\gamma=1,095 \text{ г/см}^3$)

Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа	Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа
2	20	120	0,26	4	40	200	0,42
	20	150	0,38		60	120	0,59
	20	200	0,25		60	150	0,66
	40	120	0,36		60	200	0,24
	40	150	0,40	5	20	120	0,55
	40	200	0,25		20	150	0,72
	60	120	0,35		20	200	0,68
	60	150	0,39		40	120	0,66
	60	200	0,12		40	150	0,73
	20	120	0,35		40	200	0,56
20	150	0,5	60		120	0,72	
20	200	0,44	60		150	0,76	
40	120	0,52	60		200	0,33	
40	150	0,63	6		20	120	0,36
40	200	0,24		20	150	0,52	
60	120	0,45		20	200	0,47	
60	150	0,59		40	120	0,55	
60	200	0,14		40	150	0,59	
20	120	0,45		40	200	0,39	
20	150	0,64		60	120	0,63	
20	200	0,62		60	150	0,65	
40	120	0,50		60	200	0,22	
40	150	0,68					

Таблиця 3.8 Вплив щільності 15%-ного розчину Н-КМЦ (Час витримки розчину 3 години; $\gamma=1,045 \text{ г/см}^3$)

Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа	Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа
2	20	120		4	40	200	0,28
	20	150			60	120	0,69
	20	200			60	150	0,78
	40	120			60	200	0,23
	40	150		5	20	120	0,6
	40	200			20	150	0,75
	60	120			20	200	0,56
	60	150			40	120	0,68
	60	200			40	150	0,95
	20	120			0,35	40	200	0,50
20	150	0,5	60		120	0,79	
20	200	0,44	60		150	0,97	
40	120	0,52	60		200	0,3	
40	150	0,63	6		20	120	0,38
40	200	0,24		20	150	0,68	
60	120	0,45		20	200	0,56	
60	150	0,59		40	120	0,63	
60	200	0,14		40	150	0,84	
20	120	0,45		40	200	0,54	
20	150	0,64		60	120	0,66	
20	200	0,62		60	150	0,89	
40	120	0,50		60	200	0,34	
40	150	0,68					

Таблиця 3.9 (Час витримки розчину 24 години; $\gamma = 1,072 \text{ г/см}^3$)

Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа	Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа
2	20	120	0,03-0,09	4	40	200	0,30
	20	150			60	120	0,73
	20	200			60	150	0,84
	40	120			60	200	0,30
	40	150		5	20	120	0,65
	40	200			20	150	0,79
	60	120			20	200	0,62
	60	150			40	120	0,74
	60	200			40	150	1,04
3	20	120	0,38	5	40	200	0,54
	20	150	0,47		60	120	0,81
	20	200	0,28		60	150	1,08
	40	120	0,54		60	200	0,32
	40	150	0,57	6	20	120	0,42
	40	200	0,29		20	150	0,74
	60	120	0,65		20	200	0,58
	60	150	0,67		40	120	0,65
	60	200	0,19		40	150	0,92
4	20	120	0,57	6	40	200	0,56
	20	150	0,69		60	120	0,68
	20	200	0,37		60	150	0,9
	40	120	0,70		60	200	0,35
	40	150	0,79				

Таблиця 3.10 (Час витримки розчину 72 години; $\gamma = 1,200 \text{ г/см}^3$)

Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа	Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа
2	20	120	0,03-0,09	4	40	200	0,18
	20	150			60	120	0,66
	20	200			60	150	0,72
	40	120			60	200	0,16
	40	150		5	20	120	0,53
	40	200			20	150	0,69
	60	120			20	200	0,52
	60	150			40	120	0,64
	60	200			40	150	0,80
3	20	120	0,33	5	40	200	0,45
	20	150	0,42		60	120	0,76
	20	200	0,25		60	150	0,77
	40	120	0,48		60	200	0,28
	40	150	0,49	6	20	120	0,37
	40	200	0,22		20	150	0,66
	60	120	0,60		20	200	0,56
	60	150	0,63		40	120	0,59
	60	200	0,16		40	150	0,78
4	20	120	0,50	6	40	200	0,52
	20	150	0,64		60	120	0,63
	20	200	0,28		60	150	0,78
	40	120	0,63		60	200	0,35
	40	150	0,74				

Таблиця 3.11 Вплив щільності 30%-ного розчину Н-КМЦ. (Час витримки розчину 3 години; $\gamma=1,160\text{г/см}^3$)

Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа	Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{с}$, МПа	
2	20	120	0,03-0,09	4	40	200	0,77	
	20	150			60	120	0,85	
	20	200			60	150	1,04	
	40	120			60	200	0,36	
	40	150		5	20	120	0,72	
	40	200			20	150	0,94	
	60	120			20	200	0,85	
	60	150			40	120	1,0	
60	200	40	150		1,22			
3	20	120	0,69		5	40	200	0,8
	20	150	0,9			60	120	1,09
	20	200	0,79			60	150	1,19
	40	120	0,75	60		200	0,54	
	40	150	1,0	6	20	120	0,6	
	40	200	0,53		20	150	0,89	
	60	120	0,95		20	200	0,8	
	60	150	1,0		40	120	0,89	
60	200	0,44	40		150	1,09		
4	20	120	0,72		40	200	0,85	
	20	150	0,94		60	120	1,04	
	20	200	0,8		60	150	1,17	
	40	120	0,98	60	200	0,78		
	40	150	1,08					

Таблиця 3.12 (Час витримки розчину 24 години; $\gamma=1,230\text{ г/см}^3$)

Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа	Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{с}$, МПа	
2	20	120	0,03-0,09	4	40	200	0,77	
	20	150			60	120	0,89	
	20	200			60	150	1,08	
	40	120			60	200	0,40	
	40	150		5	20	120	0,76	
	40	200			20	150	0,95	
	60	120			20	200	0,89	
	60	150			40	120	1,02	
60	200	40	150		1,256			
3	20	120	0,72		5	40	200	0,84
	20	150	0,93			60	120	1,15
	20	200	0,82			60	150	1,22
	40	120	0,79	60		200	0,59	
	40	150	1,02	6	20	120	0,62	
	40	200	0,56		20	150	0,93	
	60	120	0,97		20	200	0,87	
	60	150	1,04		40	120	0,96	
60	200	0,48	40		150	1,17		
4	20	120	0,74		6	40	200	0,89
	20	150	0,98			60	120	1,14
	20	200	0,85			60	150	1,22
	40	120	1,02	60		200	0,85	
	40	150	1,17					

Таблиця 3.13 (Час витримки розчину 48 годин; $\gamma=1,330 \text{ г/см}^3$)

Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа	Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа
2	20	120	0,03-0,09	4	40	200	0,73
	20	150			60	120	0,82
	20	200			60	150	1,02
	40	120			60	200	0,36
	40	150		5	20	120	0,70
	40	200			20	150	0,92
	60	120			20	200	0,83
	60	150			40	120	0,96
3	60	200	40	150	1,08		
	20	120	40	200	0,75		
	20	150	60	120	1,0		
	20	200	60	150	1,12		
	40	120	60	200	0,49		
	40	150	6	20	120	0,54	
	40	200		20	150	0,86	
	60	120		20	200	0,75	
60	150	40		120	0,85		
4	60	200	40	150	1,04		
	20	120	40	200	0,82		
	20	150	60	120	1,0		
	20	200	60	150	1,12		
	40	120	60	200	0,74		
40	150	1,04					

У добавки Н-КМЦ зі збільшенням густини розчину і кількості введення добавки в суміш міцність після затвердіння зразків зростає, а потім після проходження максимуму падає. Це пов'язано з тим, що при збільшенні густини значною мірою змінюється в'язкість розчину Н-КМЦ. А при високій в'язкості плинність розчину Н-КМЦ різко зменшується, що веде до поганого розподілу розчину в об'ємі суміші і зниження міцності. Максимальна міцність зразків отримана при введенні в суміш 5%-ків 30%-ного розчину Н-КМЦ з щільністю $1,23 \text{ г/см}^3$ (тобто час витримки готового розчину не більш як 24 години), що узгоджується з даними реологічних випробувань (табл. 3.1).

Видно, що зі збільшенням густини розчину добавки Н-КМЦ її вміст у суміші не повинен перевищувати 6%. При збільшенні вмісту розчину в суміші вище 6% або зниження його менше 3%, міцність зразків падає. Це пов'язано, в першому випадку - з високим перезволоженням суміші, а в другому - з недостатньою кількістю сполучного матеріалу для рівномірного розподілу його по поверхні піску. Температура сушки для суміші з вмістом добавки розчину Н-КМЦ у кількості 4-6 %, перебуває в інтервалі 130-170 °С упродовж 30-60 хвилин. Це підтверджується, що зі зменшенням часу прогрівання зразків до 30 хв, температуру в сушарці необхідно підняти до 150-170 °С, а при зменшенні

температури сушки до 130-150 °С час сушіння збільшується до 50 хв.

Аналізуючи додаткові дані, можна дійти висновку, що готові розчини добавки Н-КМЦ 5%-ї концентрації можна використати через тиждень їхнього зберігання в закритій ємності. Розчини 10- і 15%-ної концентрації зберігаються

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.РМ.136.24.544с-15.03.ДВОД				

не більше 72 год, а 30%-ві розчини Н-КМЦ доцільно використати протягом 24 год, зважаючи на збільшення в'язкості і втрати плинності.

Максимальні значення міцності на 5%-ному розчині досягають $\sigma_b = 0,38-0,4$ МПа, на 10- і 15%-них розчинах Н-КМЦ міцність перебуває в межах $\sigma_b = 0,85-1,08$ МПа. Міцність $\sigma_b = 1,18-1,256$ МПа досягається при введенні в суміш 4,0-5,5% 25-30%-ного розчину Н-КМЦ. Оптимальна температура сушіння суміші на основі Н-КМЦ перебуває в інтервалі 140-160 °С протягом 30-40 хв. При більш високій температурі, відбувається термодеструкція карбоксиметилцелюлози і як наслідок падіння міцності.

3.2 Дослідження міцносних властивостей стержневих сумішей з добавкою полівінілового спирту

Відомо, що розчини полівінілового спирту зазвичай застосовують як основний зв'язувальний засіб для приготування стрижневої суміші з концентрацією ПВС у суміші 8-12%. При цьому його густина і в'язкість з плином часу змінюється. Аналізуючи дослідження щодо зміни густини та в'язкості розчинів ПВС, з'ясували, що час набрякання, температура розчинника та розчину впливають суттєво на характеристики міцності суміші, а основний вплив мають густина, концентрація та відсотковий вміст ПВС у суміші. Виходячи з цього, перевагу віддають менш трудомісткому способу приготування розчину ПВС: розрахункову кількість порошку ПВС попередньо замочували на 2 години, а потім, при безперервному перемішуванні, отриманий гель за 70-80 °С за 30-50 хвилин доводили до світлого водного розчину, який після охолодження був готовий до використання.

Досліджували 5-, 10-, 15- і 30% розчини ПВС. Розчини витримували протягом 2-24-48-72-168 год, визначаючи їхню густина та в'язкість за ВЗ-4 (табл. 3. 14), а потім готували суміш і досліджували вплив густини розчину ПВС та його концентрації на міцність зразків після витримання в печі.

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.03.ДВОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.14 Значення зміни густина і в'язкості добавки ПВС залежно від часу її зберігання, год

Концентрація водного розчину Н-КМЦ	Час витримки, t годин	Щільність розчину Н-КМЦ, γ , г/см ³	В'язкість розчину Н-КМЦ, сек
5%-ний	2	1,011	18
	24	1,015	18
	48	1,016	21
	72	1,021	85
	168	1,033	105
10%-ний	2	1,018	20
	24	1,020	45
	48	1,023	60
	72	1,025	68
	168	гель	гель
15%-ний	2	1,048	300
	24	1,056	456
	48	гель	гель
	72	гель	гель
	168	гель	гель
30%-ний	2	1,048	360
	24	1,065	550
	48	гель	гель
	72	гель	гель
	168	гель	гель

На рис. 3.6 наведена залежність густина (γ , г/см³) розчинів ПВС 5- 10-15-30%-ної концентрації або часу (t годин) витримки їх у закритих ємностях.

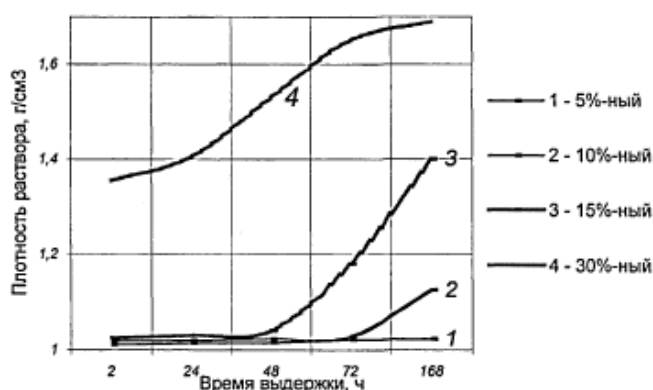


Рис. 3.6 Вплив часу зберігання готових розчинів ПВС на густина, г/см³.

З рисунка 3.6 видно, що зі збільшенням витримки готового розчину ПВС 5%-ної концентрації до 48 годин густина розчину практично не змінюється: $\gamma=1,011-1,016$ г/см³; за збільшення витримки до 168 год. густина розчину збільшується до 1,033г/см³. Густина водних розчинів ПВС 10%-ної концентрації, при $\tau = 72$ год,

змінюється незначно, а понад 72 год - різко зростає розчин переходить в гель. Підвищення концентрації водних розчинів ПВС з 15 до 30%-ної концентрації значною мірою змінює значення густини, навіть після 24 год зберігання в закритій ємності.

Порівнюючи дані в'язкості розчинів ПВС із табл. 3.14 із загально прийнятими нормами (до 300 с. для РС), можна сказати, що водні розчини ПВС 10%-ної концентрації придатні до використання під час зберігання 72 год, а 5%-ної концентрації - 168 год. і більше (протягом тижня). Розчини 15- і 30%-ної концентрації зберігати понад 24 год недоцільно.

Далі готували стрижневу суміш, де розчини ПВС 5-, 10-, 15- і 30%-ної концентрації використовували як основний зв'язувач, причому розчини за кожною кінцевою позицією вводили в наповнювач після витримки їх упродовж 2-24-48-72-168 год. і досліджували отриману стрижневу суміш на міцність після затвердіння в печі.

Для отримання зразка суміш готували за такою технологією:

У 120 г кварцевого піску вводимо 2,3,4,5,6% (2,4; 3,6; 4,8; 6,0; 7,2 г- відповідно) - 5-, 10-, 15- і 30%-ного розчину добавки ПВС.

Усі отримані зразки перед випробовуванням витримують протягом 24 год при температурі 18 °С. Результати експериментів наведені у таблицях 3.15 -3.18.

Таблиця 3.15 Вплив 5%-ного розчину ПВС. (Час зберігання 24 години $\gamma=1,015$ г/см³)

Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа	Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа	
2	10	150	0,03-0,06	4	15	250	0,5	
	10	200			20	150	0,9	
	10	250			20	200	0,85	
	15	150			20	250	0,16	
	15	200		5	10	150	0,13	
	15	250			10	200	0,47	
	20	150			10	250	0,36	
	20	200			15	150	0,79	
20	250	15	200		0,91			
3	10	150	0,06-0,09		5	15	250	0,4
	10	200				20	150	0,95
	10	250				20	200	0,9
	15	150		20		250	0,22	
	15	200		6	10	150	0,12	
	15	250			10	200	0,18	
	20	150			10	250	0,25	
	20	200			15	150	0,28	
20	250	15	200	0,67				
4	10	150	0,18	6	15	250	0,33	
	10	200			20	150	0,66	
	10	250			20	200	0,75	
	15	150			20	250	0,22	
	15	200				0,89		

Таблиця 3.16 (Час зберігання 24 години; $\gamma=1,020 \text{ г/см}^3$)

Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа	Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа
2	10	150	0,25	4	15	250	0,52
	10	200	0,28		20	150	1,17
	10	250	0,06		20	200	1,09
	15	150	0,28		20	250	0,36
	15	200	0,44	5	10	150	0,66
	15	250	0,09		10	200	0,94
	20	150	0,34		10	250	0,7
	20	200	0,38		15	150	0,785
20	250	0,16	15		200	1,46	
10	150	0,28	15		250	0,65	
10	200	0,44	20		150	1,256	
10	250	0,12	20		200	1,413	
3	15	150	0,47	6	20	250	0,32
	15	200	0,63		10	150	0,18
	15	250	0,36		10	200	0,78
	20	150	0,49		10	250	0,42
	20	200	0,59		15	150	0,65
	20	250	0,12		15	200	1,64
	10	150	0,9		15	250	0,45
	10	200	0,98		20	150	0,89
4	10	250	0,55	20	200	1,5	
	15	150	1,08	20	250	0,45	
	15	200	1,17				

Таблиця 3.17 (Час зберігання 24 години; $\gamma=1,056 \text{ г/см}^3$)

Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа	Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{см}$, МПа
2	10	150	0,18	4	15	250	0,56
	10	200	0,35		20	150	0,98
	10	250	0,34		20	200	1,35
	15	150	0,4		20	250	0,3
	15	200	0,48	5	10	150	0,65
	15	250	0,28		10	200	0,94
	20	150	0,42		10	250	0,45
	20	200	0,45		15	150	0,89
20	250	0,22	15		200	1,727	
10	150	0,22	15		250	0,36	
10	200	0,56	20		150	1,08	
10	250	0,24	20		200	1,56	
3	15	150	0,56	6	20	250	0,22
	15	200	0,95		10	150	0,53
	15	250	0,26		10	200	0,98
	20	150	0,8		10	250	0,89
	20	200	0,75		15	150	1,02
	20	250	0,22		15	200	1,38
	10	150	0,35		15	250	0,45
	10	200	0,8		20	150	1,17
4	10	250	0,75	20	200	1,28	
	15	150	0,72	20	250	0,23	
	15	200	1,41				

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.РМ.136.24.544с-15.03.ДВОД

Арк.

Таблиця 3.18 (Час зберігання 24 години; $\gamma=1,065 \text{ г/см}^3$)

Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{св}$, МПа	Концентрація Н-КМЦ, %	Время сушки, мин	Температура сушки °С	Прочность смеси, $\sigma_{св}$, МПа
2	10	150	0,13	4	15	250	0,47
	10	200	0,47		20	150	1,75
	10	250	0,33		20	200	1,58
	15	150	0,44		20	250	0,29
	15	200	0,6		5	10	150	0,65
	15	250	0,32	10		200	1,17
	20	150	0,53	10		250	0,75
	20	200	0,55	15		150	0,98
	20	250	0,12	15		200	1,946
	3	10	150	0,56	5	15	250	0,7
10		200	1,08	20		150	1,28
10		250	0,68	20		200	1,75
15		150	1,08	20		250	0,56
15		200	1,256	6		10	150	0,55
15		250	0,56		10	200	0,94
20		150	1,256		10	250	0,75
20		200	1,17		15	150	0,86
20		250	0,18		15	200	1,256
4		10	150	0,64	6	15	250	0,78
	10	200	0,89	20		150	1,08
	10	250	0,65	20		200	1,23
	15	150	1,29	20		250	0,68
	15	200	2,198				

Видно, що оптимальний вміст у суміші розчину ПВС 10-20% концентрації знаходиться в інтервалі 4,0-5,5%. При збільшенні вмісту розчину в суміші вище 5,5% або зниженні його в суміші до 4%, призводить до падіння міцності.

Температура сушіння зразків зі стрижневої суміші, що містить як основний сполучний матеріал добавку ПВС у кількості 4,0-5,5%, перебуває в інтервалі 190-210 °С протягом 20-25 хв. Зі зменшенням часу прогрівання зразків до 10-15 хв., температуру в сушарці необхідно підняти до 210-230 °С, а в разі зменшення температури сушіння до 160-180 °С час сушіння збільшується до 40 хв.

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що у готових розчинів ПВС густиною $1,015 \text{ г/см}^3$ міцність перебуває в межах 0,19-0,4 МПа. Зі збільшенням концентрації водних розчинів добавки ПВС до густини $1,065 \text{ г/см}^3$ отримані значення міцності після затвердіння знаходяться в межах 1,42,6 МПа.

Оптимальна температура сушіння сумішей на основі водних розчинів ПВС перебуває в інтервалі 180-200 °С протягом 15-20 хв., тому що при цій температурі міцність зростає не тільки завдяки випаровуванню розчинника, а й за рахунок зшивання молекул ПВС. При більш високій температурі (понад 240 °С) відбувається термодеструкція ПВС і спостерігається різке падіння міцності.

4 Особливості технологічного процесу виготовлення виливків з кольорових і чорних сплавів з використанням дисперсно-армованих стрижнів із РСС, приготованої за двостадійною технологією

Процес виготовлення виливок, з використанням при їх виготовленні армованих стрижнів із суміші, приготованої згідно з ДСТ, розділяється на окремі етапи.

1 етап. Підготовка свіжих матеріалів, що полягала в сушінні та просіюванні кварцових пісків, розведенні порошку натрієвої солі карбоксиметилцелюлози (марка "КМЦ - 55/450 "О" ТУ 6-55-39-90) полівінілового спирту (марка "ПВС 16/1").

Для сушіння пісків застосовують установку, де пісок сохне під час транспортування в гарячому потоці повітря.

Оскільки органічні добавки необхідно вводити в пісок у вигляді розчину, тому необхідне співвідношення води і порошку попередньо змішували в спеціальному баку і:

- для Н-КМЦ, настоювали протягом 3 годин, а потім використовували;
- для ПВС, настоювали протягом 2 годин, перемішували і нагрівали отриману суспензію до 80-90 °С протягом 30-50 хвилин, остигали і потім використовували.

Контроль одержуваних розчинів здійснювали ареометром: за високої густини розчину додавали воду, за низької густини одержуваного розчину додавали порошок.

Макулатуру замочували в гарячій воді (у співвідношенні 2:1, тобто 2 частини паперу на 1 частину води), температура води, що заливається, 70-100 °С. Після охолодження і настоювання протягом 2-3 год отриману суспензію перемішували до утворення однорідної консистенції, віджимали і висушували, в результаті розпушення отримували МРМ.

Для отримання армованої РСС МРМ вводили в РС ($M_{2,8}; \gamma = 1,49 \text{ г/см}^3$) у співвідношенні, відповідно, РС до МРМ: 1:1 або 1:2, після цього перемішували суміш у магнітній мішалці впродовж 5-8 хвилин. Потім отримане дисперсно-армоване сполучне "Армжист" вводили в плакований добавками Н-КМЦ або ПВС наповнювач.

2етап. Попередня обробка відпрацьованої суміші полягає в частковій регенерації вибитої з опок після охолодження суміші та повторного її використання для виготовлення форм і стрижнів. Часткова регенерація здійснюється шляхом дроблення, сушіння, просіювання суміші через сито. Унаслідок того, що частка рідкого скла в суміші перебуває в кількості не більше ніж 4 %, а органічні добавки (Н-КМЦ, ПВС і МРМ) під час заливання

металу повністю вигоряють, повернення відпрацьованої суміші становить 70-80 %.

3етап. Обволікання зерен піску (плакування) розчинами добавки Н-КМЦ або ПВС.

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.04.ОТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Плакування починається зі змішування чистого піску (20-30%), з відпрацьованою сумішшю (70-80 %), а потім у бігуни вводиться розчин добавок Н-КМЦ або ПВС. Ця суміш перемішується в бегунах протягом 2-4 хв, а потім вивантажується в ємність.

Вологість цієї суміші перед подальшим використанням не повинна перевищувати 0,2-0,25%.

Видалення води з піску після плакування може здійснюватися за допомогою одного з методів:

- 1 - пров'ялюванням на повітрі в приготованих для цього ємностях;
- 2- сушіння в печі;
- 3- продувкою, при перемішуванні в бігунах, гарячим або холодним повітрям від компресора;
- 4- вакуумуванням;
- 5- введенням розчину Н-КМЦ або ПВС у нагрітий до 120-150 °С пісок. У міру охолодження піску відбуватиметься видалення вологи.

Унаслідок того, що міцність суміші після сушіння з добавкою Н-КМЦ має високу міцність ($\sigma_b \text{ max} = 1,18 - 1,256 \text{ МПа}$), видалення вологи здійснювали пров'ялюванням на повітрі.

Для розчинів ПВС, що мають досить високу міцність після сушіння ($\sigma_b \text{ max} = 1,4 - 2,198 \text{ МПа}$), видалення вологи здійснювали перемішуванням піску в бігунах з продувкою холодним повітрям від компресора.

Контроль проводили стандартним способом визначення залишкової вологості суміші за ГОСТ 23409.5-78.

Після плакування пісок вивантажували в ємність (мет. ящик). Отриманий плакований пісок використовували при приготуванні стрижнів на основі РСС.

4етап. Приготування армованої РСС: плакувальний пісок із вологістю не більше 0,2-0,3 % завантажували в лопастний змішувач і вводили в нього органомінеральну добавку "Армжист" у кількості не більше 5-6 %. Після суміш перемішували протягом 2-3 хв і вивантажували на стрічковий конвеєр, що постачав готову РСС у відділення формування.

Контроль якості здійснюють шляхом визначення фізико-механічних та технологічних характеристик, передбачених ГОСТ 23409-78.

В умовах цеху виготовляли стрижні, які встановлювали у форму, призначену для отримання:

1.Виливки типу "Футерівка" - вага виливки 540 кг (у формі розташовуються 4 стрижня, об'єм стрижня $V_{\text{стр}} = 1,5 \text{ л}$).

Технічні вимоги до виливки "Футерівка": припуски на механічну обробку відповідно до ГОСТ 26645-85, ряд 6; допуски на розміри і масу виливок відповідно до ГОСТ 26645-85, клас точності від 9Т до 15; ливарні ухили за ГОСТ 3212-80.

Виливки типу "Ніж підрізний - 4553" для бульдозера "Катапіллер" Д9 (у формі розташовується 7 стрижнів, об'єм $V_{\text{стр}} = 0,45 \text{ л}$, вага виливки 260 кг).

Технічні вимоги до виливки "Ніж підрізний - 4553" за ОСТ5Р. 9285-95: припуски на механічну обробку згідно з ГОСТ 26645-85, ряд 7; допуски на розміри і масу виливків згідно з ГОСТ 26645-85, клас точності від 9 до 15; ливарні ухили за ГОСТ 3212-80.

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.02.МПЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обидві виливки сталеві з матеріалу марки 110Г13Л, 1 групи ГОСТ 977-88, Температура сталі на випуску з печі 1530-1560 °С, випуск сталі з ковша 1440 - 1470 °С.

Для виготовлення виливки типу "Ніж" у формі розташовували 4 стрижні:

1 - базовий (заводський) стрижень №1 із суміші №5 марки ЖГШ (див.табл. 5,1), оброблений протипригарною фарбою;

1 - базовий (заводський) стрижень №2 із суміші №6 марки ЖО, оброблений протипригарною фарбою;

2,3,4 - стрижень, виготовлений із суміші №1, приготованої за ДСТ, з використанням на першій стадії добавки Н-КМЦ без протипригарного покриття;

2,3,4 - армований МРМ стрижень, виготовлений із суміші №2, приготовленої за ДСТ, з використанням на першій стадії добавки Н-КМЦ, без протипригарного покриття;

2,3,4 - стрижень, виготовлений із суміші №3, приготований по ДСТ, з використанням на першій стадії добавки ПВС, без протипригарного покриття;

2,3,4 - армований МРМ стрижень, виготовлений із суміші №4, приготованої за ДСТ, з використанням на першій стадії добавки ПВС, без протипригарного покриття.

Як наповнюючу суміш використовували заводську суміш марки ЖГЗ. Виливки після охолодження і вибивання піддавали візуальному огляду. Якість порожнистих отворів контролювали після термічного оброблення відповідно до технічних вимог до відпилювання за ОСТ 5Р.9285-95, клас точності від 9Т до 15.

Результати дослідно-промислових випробувань зведено в таблицю 5.1

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.04.ОТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 Результати дослідно-промислових випробувань стрижневих сумішей для виготовлення отвору в тілі виливки "Ніж підрізний" на основі РС.

№п/п	Склад суміші	Вміст компонентів	Бв, МПА		Характеристики суміші
			Після сушіння	СО ₂ -процес	
1	Пісок Н-КМЦ РМ-Ж	100 2-3 4-6	1,7-2,3	1,6-1,8	Формованість суміші на рівні базової №1, поверхня гладенька, краща, ніж у базової №2, вибиваємість краща, ніж у базової суміші №2 і сумішей №2 і №3, механічного і хімічного пригару немає.
2	Пісок Рідке скло Н-КМЦ	100 3-4 4-6	1,6-1,9	1,5-1,6	Формуваність суміші на рівні базової №1, вибиваємість краще ніж у базової №1 механічний і хімічний пригар після термообробки.
3	Пісок Рідке скло ПВС	100 3-4 3-5	1,7-2,1	1,6-1,7	Формуваність суміші на рівні базової №1, суміш менш плинна порівняно із сумішшю №2, в'ється легко, механічного пригару немає, після термообробки з'явився хімічний пригар.
4	Пісок ПВС РМ-Ж	100 2-3 4-6	2,0-2,4	1,5-1,9	Формуваність суміші на рівні базової №1, вибивання суміші відмінне, механічного і хімічного пригару на поверхні отвору немає.
5	Пісок Рідке скло Шамотний порошок Мазут Глина вогнетривка	100 7-7,5 14,1 0,4 5,1	1,4-1,6	1,0- 1,2	Базова суміш №1
6	Пісок Рідке скло Тирса	80 7-8 20	1,0-1,2	≥1,0	Базова суміш №2

Під час отримання виливки типу "Футеровка" у формі розташовували 7 стрижнів, наступним чином:

1- базовий (заводський) стрижень із суміші №5 марки ЖГШ (табл. 5.2), що оброблений протипригарною фарбою;

1- базовий (заводський) стрижень №2 із суміші №6 марки ЖО, оброблений протипригарною фарбою;

2,3,4 - стрижень, виготовлений з суміші №1, приготовленої за ДСТ, з використанням на першій стадії добавки Н-КМЦ, без протипригарного покриття;

5,6,7- армований МРМ стрижень, виготовлений із суміші №2, приготованої за ДСТ, з використанням на першій стадії добавки Н-КМЦ, без протипригарного покриття;

						Арк.
КНУ.РМ.136.24.544с-15.02.МПЕ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2,3,4 - стрижень, виготовлений із суміші №3, приготовленої за ДСТ, з використанням на першій стадії добавки ПВС, без протипригарного покриття;

5,6,7- армований ДСТ стрижень, виготовлений із суміші №4, приготованої за ДСТ, з використанням на першій стадії добавки ПВС, без протипригарного покриття.

Як наповнюючу суміш використовували заводську суміш марки ЖГЗ.

Результати дослідно-промислових випробувань наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Результати дослідно-промислових випробувань стрижневих сумішей для виготовлення отворів у тілі виливки "Футеровка" на основі РС

№п/п	Склад суміші	Вміст компонентів	Бр, МПА		Характеристики суміші
			Після сушіння	СО ₂ -процес	
1	Пісок Н-КМЦ Армжист	100 2-3 4-6	1,7-2,3	1,6-1,8	Формованість суміші на рівні базової №1, вибиваемість відмінна, механічного і хімічного пригару немає.
2	Пісок Рідке скло Н-КМЦ	100 3-4 4-6	1,6-1,9	1,5-1,6	Формуваність суміші на рівні базової №1, вибиваемість краще ніж у базовій №1. механічний і хімічний пригару немає поверхність гладка, без дефектів.
3	Пісок Рідке скло ПВС	100 3-4 3-5	1,7-2,1	1,6-1,7	Формуваність суміші на рівні базової №1, вибиваемість суміші краща, ніж у сіміші №2, механічного і хімічного пригару немає, поверхність без дефектів.
4	Пісок ПВС Армжист	100 2-3 4-6	2,0-2,4	1,5-1,9	Формуваність суміші на рівні базової №1, вибивання суміші відмінне, механічного і хімічного пригару немає, поверхність в відливці гладка, без дефектів.
5	Пісок Рідке скло Шамотний порошок Мазут Глина вогнетривка	100 7-7,5 14,1 0,4 5,1	1,4-1,6	1,0- 1,2	Базова суміш №1
6	Пісок Рідке скло Тирса	80 7-8 20	1,0-1,2	≥1,0	Базова суміш №2

У результаті практичного використання технологій дисперсійного армування і ДСТ встановили, що введення добавок Н-КМЦ, ПВС і МРМ до РСС різко полегшує вибивання стрижнів (табл. 5.3-5.4).

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.04.ОТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблица 5.3 Влияние добавок "Армжист", Н-КМЦ и ПВС на выбивание РСС затвержденных в печи.

Компоненты смесей	Состав в весовых частях:						
Шамотный порошок.....	-	14,1	-	-	-	-	-
Мазут.....	-	0,4	-	-	-	-	-
Н-КМЦ.....	-	-	-	4	4	-	-
Жидкое стекло	6-8	7,5	7-8	4	3	4	3
Мазут	-	0,4	-	-	-	-	-
Опилки	-	-	20	-	-	-	-
МРМ.....	-	-	-	-	3	-	3
Глина огнеупорная.....	-	5,1	-	-	-	-	-
ПВС.....	-	-	-	-	-	3	-
Песок.....	-	-	-	-	-	-	3
	100	100	80	100	100	100	100
Число ударов копра до разрушения образцов	20	8	8	3	1	3	1

Таблица 5.4 Влияние добавок "Армжист", Н-КМЦ и ПВС на выбивание РСС затвержденных углецевым газом

Компоненты смесей	Состав в весовых частях:						
Шамотный порошок.....	-	14,1	-	-	-	-	-
Мазут.....	-	0,4	-	-	-	-	-
Н-КМЦ.....	-	-	-	4	4	-	-
Жидкое стекло	6-8	7,5	7-8	4	3	4	3
Мазут	-	0,4	-	-	-	-	-
Опилки	-	-	20	-	-	-	-
МРМ.....	-	-	-	-	3	-	3
Глина огнеупорная.....	-	5,1	-	-	-	-	-
ПВС.....	-	-	-	-	-	3	-
Песок.....	-	-	-	-	-	-	3
	100	100	80	100	100	100	100
Число ударов копра до разрушения образцов	35	15	12	5	1	5	1

Висновки

1. Аналіз літературних джерел показав, що для отримання якісного отвору в тілі виточки стрижнем, виготовленим із суміші на РС, необхідно, щоб первинна міцність такого стрижня була максимальною, а залишкова - мінімальною.

1. Рідке скло має винятково високу адгезію до кварцу і під час вибивання протікає когезійний тип руйнування РСС. Рекомендований вміст РС у суміші не більший за 2-4 %, тому що чим менше РС буде введено в суміш, тим легше виявиться вибивання стрижнів з виливків, крім того, за такої кількості РС повернення суміші, що регенерується, досягає 60-80 %.

3. Для поліпшення вибивання РСС з виливків застосовують такі методи:

- введення в суміш неорганічних добавок, дія яких на умови формування залишкової міцності РСС принципово однакова. Вона заснована на тому, що в процесі нагрівання речовина, що вводиться, реагує зі складовими РС Na_2O і SiO_2 , утворюючи відповідну потрійну сполуку. Температура плавлення потрійної сполуки з'єднання відповідає температурі другого максимуму роботи, що витрачається на вибивання стрижнів.

- введення в суміш органічних добавок, дія яких ґрунтується на тому, що за низьких температур прогрівання стрижнів до $400\text{ }^\circ\text{C}$ їхнє введення може сприяти прориванню плівок і зниженню роботи, що витрачається на вибивання стрижнів. При високих температурах, (що перевищують $800\text{ }^\circ\text{C}$) в умовах нестачі кисню може відбуватися повне згоряння органічних добавок. У результаті цього між силікатною плівкою зв'язувального і зерном наповнювача утворюється іпертний прошарок сажистого вуглецю, який, як відомо, знімає адгезію плівок ЗС до поверхні наповнювача. Тому введення таких добавок може зменшити абсолютне значення велечини А, при температурі утворення другого максимуму або близьких до неї.

- позитивні результати можуть бути досягнуті також у разі, якщо органічна добавка буде розташована на поверхні зерен наповнювача під силікатною плівкою. Тому під час вибору органічних добавок слід віддавати перевагу розчинним добавкам, які попередньо (перед додаванням РС) необхідно змішувати з наповнювачем.

4. Найкращі результати за якістю і властивостями стрижневої РСС можуть бути досягнуті у випадках спільного використання зниженого вмісту в суміші РСС і введення прийнятних органічних добавок.

5. Дослідження розчинів Н-КМЦ (ПВС) показало, що тимчасово - в'язкісні співвідношення для водних розчинів целюлози та полівінілового спирту мають велике практичне значення, тому що від цього в багатьох випадках залежить їхнє використання.

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.В					
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Висновки					
Розробив		Шестопал С.С.						Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Губін Г.В.							1	1
Рецензент		Скідін І.Е.						Кафедра МЧМЛВ Група ЛВ-23-1м		
Н.контроль		Губін Г.В.								
Затвердив		Савельєв С.Г.								

6. Для розчинів Н-КМЦ, зі збільшенням витримки τ готового розчину 5%ної концентрації до 72 годин, густина розчину практично не змінюється $\gamma=(31,015-1,024 \text{ г/см}^3)$. Густина водних розчинів 10 і 15%-ної концентрації НКМЦ за $\tau = 72$ год, змінюється для 10%-ного розчину до $\gamma= 1,095 \text{ г/см}^3$, для 15%-ного до $\gamma= 1,20 \text{ г/см}^3$, а за збільшення витримки розчинів 10 і 15%-ної концентрації до 168 год різко підвищується з переходом розчину в гель. Підвищення концентрації водних розчинів Н-КМЦ з 15 до 30%-ної концентрації, значно змінює значення густини розчину навіть після 24 годин зберігання в закритій ємності.

7. Для розчинів ПВС зі збільшенням витримки τ готового розчину ПВС 5 %-ної концентрації до 48 годин густина ($\gamma= 1,011-1,016\text{г/см}^3$) практично не змінюється, при збільшенні витримки до 168 с. густина розчину збільшується до $\gamma= 1,033 \text{ г/см}^3$. Густина водних розчинів ПВС 10%-ної концентрації за $\tau = 72$ год змінюється незначно, а вже після різко зростає до $\gamma= 1,56 \text{ г/см}$. Підвищення концентрації водних розчинів ПВС з 15 до 30%-ної концентрації, значно змінює значення густини розчину навіть після 24 год зберігання в закритих ємностях.

8. Порівнюючи отримані значення в'язкості розчинів Н-КМЦ або ПВС із загальноприйнятими нормами в'язкості (до 360 с.) для рідкого скла, можна сказати, що водні розчини Н-КМЦ 10-15%-ної концентрації, придатні до використання під час зберігання 72 год., водні розчини ПВС 10%-ї концентрації придатні для використання під час зберігання 72 год., а розчини НКМЦ та ПВС 5%-ї концентрації навіть 168 і більше годин (тобто протягом тижня). Розчини 15-30%-ної концентрації для ПВС і 30%-ної концентрації для Н-КМЦ зберігати понад 24 години недоцільно з технологічної точки зору з огляду на збільшення в'язкості та втрати плинності.

9. При дослідженні міцнісних властивостей сумішей на розчинах Н-КМЦ, виявилось, що зі збільшенням часу зберігання готових розчинів Н-КМЦ, і подальшого приготування суміші на основі цих розчинів, міцність (σ_b) одержуваних зразків падає.

10. Значення тимчасового опору при розтягуванні (σ_p) 5%-ному розчині Н-КМЦ досягають $\sigma_p= 0,38-0,4\text{МПа}$ за густини розчину $\gamma= 1,015 \text{ г/см}^3$. При введенні в суміш у кількості 4-5% 10 і 15%-них розчинів Н-КМЦ, показники міцності суміші перебувають у межах $\sigma_b = 0,85-1,08\text{МПа}$ при густині розчину для 10%-ної концентрації $\gamma=1,065 \text{ г/см}^3$, для 15%-ної $\gamma=1,072 \text{ г/см}$. Максимальна міцність $\sigma_b, =1,18-1,256 \text{ МПа}$ досягається при введенні в суміш 4,0-5,5% 25-30%-го розчину Н-КМЦ густиною $\gamma=1,230 \text{ г/см}^3$.

11. Оптимальна температура сушіння сумішей на основі Н-КМЦ знаходиться в інтервалі 140-160 °С протягом 30-40 хвилин. При зниженні температури сушіння необхідно збільшувати час прогрівання, тому що зразки повністю не просушуються. При більш високій температурі, відбувається термодеструкція сполучного - розчину Н-КМЦ і падіння міцності (σ_b).

12. Для сумішей на основі розчинів ПВС температура сушіння перебуває в інтервалі 180-210 °С протягом 10-25 хв, за вмісту розчину ПВС у суміші 4,0-5,5%. При зменшенні температури сушіння до 160-180 °С час сушіння збільшується до 40 хвилин. Міцність зразків за температури 180-200 °С формуються не тільки за рахунок випаровування розчинника - води, а й за рахунок зшивання молекул полівінілового спирту. При збільшенні температури сушіння вище 220 °С

відбувається різке падіння міцності, зважаючи на термодеструкцію ПВС.

Арк.

КНУ.РМ.136.24.544с-15.В

Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

13. У готових розчинів полівінілового спирту повністю $\gamma=1,015 \text{ г/см}^3$ значення тимчасового опору на розрив перебувають у межах $\sigma_b=0,19-0,4 \text{ МПа}$. Зі збільшенням концентрації водних розчинів ПВС до густини $\gamma=1,065 \text{ г/см}^3$ $\sigma_b=1,4-2,198 \text{ МПа}$.

14. Встановлено технологічні особливості та зміну властивостей РСС на основних технологічних операціях її приготування і в процесі формоутворення стрижнів.

15. Показано, що дисперсне армування і ДСТ введення добавок Н-КМЦ, ПВС і РС дає змогу зменшити витрату РС па 35-50 % при забезпеченні повернення відпрацьованої суміші до 60-80 % і отримувати виливки, що відповідають класу точності від 9т до 15т.

16. Як базові виливки було взято виливок типу "Футерівка" (у формі розташовуються 4 стрижні, об'єм стернітя $V_{1\text{ст}}=1,5 \text{ л}$, маса виливки 540 кг) і виливок "Ніж середній - 4553" для бульдозера "Катарпіллар" (у формі розташовують 7 стрижнів, об'єм $V_{1\text{ст}}=0,45 \text{ л}$, маса виливки 260 кг). Виливки виготовляли зі сталі (марка 110Г13Л), температура заливки 1450-1470° С.

17. Стрижні для базових виливків виготовляли за ДСТ введення добавок Н-КМЦ, ПВС і РС при приготуванні дисперсно-армованих і неармованих РСС. Так було виготовлено стрижні з РСС з добавкою розчину Н-КМЦ 10-15%-ної концентрації в кількості 3-5%, з розчином ПВС тієї ж концентрації в кількості 2-4%. При цьому вміст РС у суміші становило 3-4 %. Виготовляли також стрижні з дисперсно-армованих РСС із добавкою розчину Н-КМЦ 5-10%-ної концентрації - 2-4 %; або з розчином ПВС 5-10%-ної концентрації - 23 %. Склад РС при цьому - 2-4 %, МРМ - 2-4 % від маси кварцового піску.

18. Розроблені ДСТ і технологія дисперсійного армування РСС пройшли промислово апробацію в умовах ливарних цехів ОАО "АСЗ", ОАО "КНААПО", і показали свою працездатність. Ці технології впроваджено також у навчальний процес на кафедрі ливарного виробництва в КНАГТВ. Так, впровадження тільки в умовах ОАО "АСЗ" дає економічний ефект у сумі 156 р. (у цінах на 2004 рік) на виробництво тонни суміші.

Ливарні ухили за ГОСТ 3212-80. Технічні вимоги до геометричної та розмірної точності виливків оцінювали за ОСТ5Р.9285-95.

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.02.В	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Економічна ефективність застосування технології виготовлення легковибивних стрижневих рідкоскляних сумішей

На основі результатів попередніх розділів де досліджувалося декілька технологічних особливостей приготування та використання стрижневих сумішей можна в залежності від особливостей діяльності підприємства чи його можливостей (технологічних чи фінансових) запропонувати на вибір один із варіантів. Але при цьому необхідно не забувати про основні принципи забезпечення ефективності та її сталого підвищення до яких можна віднести:

- максимальне зменшення часу технологічних операцій та вартості їх проведення, включаючи виготовлення ливарної технологічної оснастки із забезпеченням якщо не максимальної, то хоча б достатньої для серійного виробництва стійкості та тривалості використання;

- вибір структурних прийомів виробництва лиття з можливістю гнучкого регулювання часу, послідовності виконання окремих технологічних операцій та звісно продуктивності технологічного процесу за кількістю виробництва;

- універсальність технологічних процесів, виробничих запасів та устаткування, що забезпечило б підприємству отримувати відливки з різних сплавів в широкому діапазоні розмірів.

Використовуючи ці рекомендації, підприємства зможуть виготовляти навіть в умовах мілкосерійного чи одиничного виробництва такі обсяги лиття які затребувані ринком та продавати їх з вигодою для себе отримуючи не просто доход, а максимально можливий для себе прибуток.

До шляхів, що забезпечують таку ефективність можна віднести і оптимізацію приготування стрижневих сумішей які б забезпечували вибиваємість. Головне при прийнятті рішення про вибір домішки до основного складу суміші це економічні витрати та час на підготовку до використання.

Використання різних добавок в сучасному ливарному виробництві дозволяє використовувати різні підходи в залежності від особливостей кінцевої продукції, а також безпосередньо в процесі виробництва варіювати підходи для оптимізації якості та виробничих витрат. При невеликих серіях виробництва конкретного виду лиття часто виникає потреба оновлювати номенклатуру відливок. Тому використання уніфікованих прийомів може забезпечити ефективність виробництва як складову, що відображає віддачу та ефективність технологічних операцій. В основному вона дає кількісну оцінку не приросту виробництва, а вартості ресурсів, використаних для досягнення цього приросту, тобто визначає якість економічного зростання. Як відомо характерною рисою функціонування ливарного підприємства, яке має за мету максимізувати свій прибуток, є постійний пошук своєї ніші в на ринку ливарної продукції. При чому він дуже динамічний, тому ливарним

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.05.ЕЕ	
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		
		Шестопал С.С.			Економічна ефективність	
		Бондарчук О.М				Літера
		Скідін І.Е.				Аркуш
		Губін Г.В.				Аркушів
		Савельєв С.Г.				1
					1	
					Кафедра МЧМЛВ Група ЛВ-23-1м	

підприємствам постійно потрібно знаходитися в пошуку оптимізації діяльності. В основі цього процесу лежить обмеженість ресурсів, бажання економити час, отримати максимально можливу кількість продукції з доступних в даний час ресурсів. Проблема ефективності – це завжди проблема вибору для підприємства і сенсі вибору добавки до стрижневих сумішей в ливарному виробництві в тому числі. Вибір взагалі стосується того, яку саме ливарну продукцію виготовляти, з якими технологічними підходами, як потім цю продукцію розподіляти між замовниками та які ресурси і який їх обсяг при цьому використовувати для поточного споживання та з урахуванням технологічних змін. Рівень ефективності впливає на рішення низки соціальних та економічних проблем, таких як забезпечення сталого економічного зростання, покращення рівня життя працівників підприємства та основних замовників його продукції. Необхідно також враховувати, що рівень цін на продукцію, в тому числі і ливарну, впливає на рівень інфляції. Тому необхідно враховувати не тільки виробничу ефективність, що забезпечує виконання виробничих планів по задоволенню вимог споживачів ливарної продукції, а й інтереси самого підприємства та його працівників. В цьому сенсі необхідно враховувати і можливість забезпечення достойних умов праці при виробництві лиття з використанням запропонованих легковибивних стрижневих сумішей і витрати на їх покращення. При виготовленні стрижневих сумішей необхідно враховувати обсяги її приготування в залежності від потреби у відповідності з обсягами ливарної продукції. Також необхідно розуміти перелік і потужності технічних засобах, що використовуються підприємством у відповідності з технологічними прийомами приготування суміші. Від цих характеристик певним чином залежить якість кінцевої ливарної продукції придатної до реалізації, її виробнича собівартість та продуктивність праці працівників, що задіяні в процесі виробництва. Чим більш узгодженим є функціонування всіх перерахованих факторів виробництва та чим вищий рівень пропорційності кількісного їх співвідношення та можливої взаємозамінності, тим вищим буде ефективність виробництва. Відомо, що ресурси можуть бути замінними. Якраз в даній роботі і доведено, що для отримання різних властивостей можуть використовуватися різні добавки до стрижневих сумішей. Така замінність обумовлена не тільки специфікою технологічних потреб та особливостями ливарного процесу і кінцевого продукту, але й обмеженістю доступу до ресурсів (рівнем їх дефіцитності) окремих підприємств. В залежності від технологічних особливостей підприємства отримують різну ефективність від використання однієї й тієї ж добавки до стрижневих сумішей. Тому кожне окреме підприємство обирає відповідний набір компонентів суміші, в якому в меншій мірі використовуються дефіцитні та дорогі добавки і максимально реалізується поставлена задача (в нашому випадку простота їх вибивання). Хоча ефективність у загальному вигляді представляється як співвідношення результату (по кількості, якості, трудомісткості) до витрат, існує низка показників (табл. 5.1), що це співвідношення характеризує. Крім того необхідно уточнити, що вищий результат визначається як фізико-механічними властивостями отриманих сумішей так і виходом придатної продукції за одиницю часу. Як раз це залежить від легкості вибивання стрижнів. І чим вищий цей результат при однакових витратах, тим вищою є ефективність.

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.05.ЕЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Показники ефективності, що характеризують економічну доцільність технології

Показник	Метод розрахунку	Економічний зміст
1	2	3
Використання технічних засобів (ТЗ)		
Фондовіддача, грн./грн. (або т/грн.)	$\Phi B = \frac{ВД(Q)}{B_{O3}}$	Частка валового доходу (грн.) або продукції (т) на 1 грн. вартості ТЗ
Фондомісткість, грн./грн. (або грн./т)	$\Phi M = \frac{B_{O3}}{ВД(Q)}$	Частка вартості ТЗ на 1 грн. валового доходу (грн.) або випущеної продукції (т)
Рентабельність ТЗ, %	$R_{O3} = \frac{\Pi}{B_{O3}}$	Відсоток прибутку отримано за рахунок використання ТЗ
Використання виробничих запасів (ВЗ)		
Матеріаломісткість, грн./грн. (або грн./т)	$M_{\text{міст}} = \frac{B_{\text{мат}}}{ТП(Q)}$	Вартість матеріальних затрат на од. виробу або на 1 грн. виготовленої продукції
Рентабельність оборотних коштів, %	$R_{OK} = \frac{\Pi_{\text{реал}}}{OK_{\text{сер}}} \cdot 100\%$	Відсоток прибутку отримано від використання ВЗ
Використання персоналу (П)		
Продуктивність праці, грн./особу (або /особу)	$ПП = \frac{Д(Q)}{Ч}$	Величина доходу (грн.) або продукції (т) на 1 працівника
Зміна продуктивності праці від зниження трудомісткості, %	$\Delta ПП = \frac{T_0}{T_1} \times 100 - 100$ $\Delta E_{\text{ч}} = \frac{(T_0 - T_1) \times Q}{T_{\text{реал}} \times K}$	Вплив зміни часу на виготовлення одиниці продукції

Вим.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

КНУ.РМ.136.24.544с-15.05.ЕЕ

Аркуш

Продовження табл. 5.1

1	2	3
Використання капіталу (К)		
Коефіцієнт економічної ефективності капіталовкладень	$E = \frac{\Delta\Pi}{KB}$	Приріст прибутку (грн.) отриманий за рахунок капіталовкладень (грн.)
Термін окупності капіталовкладень, роки	$T = \frac{1}{E}$	Час за який повертаються вкладені кошти
Ефективність виробництва		
Рентабельність продукції, %	$R_n = \frac{\Pi_{\bar{o}}}{S_{mn}} \cdot 100\%$	Ефективність витрат на виробництво та збут товарної продукції
Рентабельність виробництва, %	$R_{zag} = \frac{\Pi_{\bar{o}}}{S_{zag}} \cdot 100\%$	Рівень перевищення прибутку над собівартістю
Ритмічність виробництва	$P = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$	Постійність обсягів випуску протягом однакового часу на всіх етапах технологічного процесу
Ефективність оновлення продукції	$E_{on} = \frac{Q_{on}}{\Delta B_{vir}}$	Додаткова кількість нової продукції в порівнянні зі зміною витрат
Коефіцієнт ритмічності	$K_p = \frac{Q_{факт}}{Q_{пл}}$	Рівень фактичного обсягу випуску у плановому завданні
Ефективність робіт від покращення якості продукції	$E_{я} = \frac{\Delta B_{я}}{\Delta B_{бр}}$	Приріст витрат на забезпечення якості на 1 грн. зменшення втрат від браку

Вим.

Арк.

№ Докум.

Підпис

Дата

КНУ.РМ.136.24.544с-15.05.ЕЕ

Аркул

Високу ефективність забезпечує і варіант навпаки – коли підприємство витрачає все меншу вартість ресурсів (що мінімізує собівартість) при однаковому обсязі виробництва. Головне щоб ця мінімізація витрат не впливала на якість.

Використовуючи економічний зміст показників ефективності та методику їх розрахунку оцінювали економічну ефективність наших пропозицій в умовах ливарного виробництва. Так як запропоновані нами рішення при виготовленні стрижнів з рідкоскляних сумішей передбачає використання добавок, які по суті є відходами виробництва, реальному підприємству необхідно розуміти скільки цих матеріалів йому потрібно і де воно може отримати цю кількість.

На відміну від традиційного виробництва стрижнів, запропонований нами підхід передбачає зменшення кількості використання добавок. Так, за нашими розрахунками для виготовлення одного стрижня вагою біля 3 кг необхідно всього 0,06 кг добавки. І при умові, що річна виробнича програма передбачатиме виготовлення, наприклад, 100 стрижнів, потреба у добавці складатиме всього 6 кг/рік.

Для порівняння ефективності варіантів технологій використовували інформацію про кількість використаних ресурсів при виготовлення стрижнів та їх ринкову ціну (табл. 5.2). За результатами порівняння видно, що базова технологія має середній рівень витрат на виготовлення одного стрижня (10,57 грн./од). Варіант запропонованої технології (2) з використанням розчину полівінілового спирту та відпрацьованої суміші повторного використання значно менше (6,93 грн./од). Тож за величиною витрат можемо говорити про доцільність останнього із порівнюваних варіантів. При використанні саме цього складу для виготовлення стрижнів підприємства може отримати економію:

$$E_1 = 10,57 - 6,93 = 3,64 \text{ грн./од.}$$

В про цесі виготовлення стрижнів використовують певний набір устаткування, вартість якого визначає величину амортизаційних відрахувань, а його характеристики – потужність по використанню електроенергії та час роботи – визначають величину експлуатаційних витрат (табл. 5.3).

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.05.ЕЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2 – Порівняння вартості використаних виробничих запасів на виготовлення стрижнів

Вид	Ціна, грн./кг	Кількість використання на один стрижень	Вартість, грн./од.
Базовий склад суміші			
Кварцовий пісок	2,4	2,63	6,31
Рідке скло	9,1	0,177	1,59
Формувальна глина	17,8	0,15	2,67
Всього			10,57
Запропонований склад суміші 1			
Кварцовий пісок	2,4	2,52	6,05
Рідке скло	9,1	0,177	1,61
Формувальна глина	17,8	0,15	2,67
Розчин (6%) полівінілового спирту	11,8	0,044	0,52
Відходи виробництва резини	5,6	0,06	0,34
Всього			11,19
Запропонований склад суміші 2			
Кварцовий пісок	2,4	1,12	2,69
Рідке скло	9,1	0,118	1,07
Формувальна глина	17,8	0,118	2,10
Розчин (6%) полівінілового спирту	11,8	0,06	0,71
Відходи виробництва резини	5,6	0,06	0,36
Суміш повторного використання	-	1,48	-
Всього			6,93

Річну величину амортизаційних відрахувань визначали за тривалістю експлуатації устаткування (від 7 до 30 років).

Таблиця 5.3 – Визначення рівня експлуатаційних витрат та амортизаційних відрахувань

Тип устаткування	Вартість, грн.	Експлуатаційні витрати, грн./машино-год.	Амортизаційні відрахування, грн./рік
Шнековий змішувач	90500	325,8	4525
Вібраційний стіл	60650	650,7	3567
Млин для подрібнювання добавок	418000	1602,1	13933
Вибивна решітка	212700	818,1	4254
Відбійний молоток	28100	107,8	5620
Сито електричне	111000	426,9	7400
Дробарка валкова	65120	250,5	3256
Всього		4181,9	42555

Рівень експлуатаційних витрат ($B_{експ}$) на один стрижень для кожного із варіантів порівнюваних технологій буде залежати від переліку типів устаткування, який при цьому використовується. А величина амортизаційних відрахувань (AB) від річної виробничої програми

						КНУ.РМ.136.24.544с-15.05.ЕЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$\overline{AB} = \frac{\sum AB}{Q_{\text{рік}}} \text{ грн./од.}$$

Заробітна плата основних робітників, яку включатимемо в вартість виготовлення стрижнів визначаються в залежності від професії, погодинної тарифної ставки та кількості відпрацьованих годин (5.4).

Таблиця 5.4 – Характеристики основних видів робіт за технологією виготовлення стрижнів

Професія	Вид технологічної операції	Тарифна ставка, грн./год.	Трудомісткість робіт, год/од.	Оплата праці, грн./од
Землероб	Приготування стержневої суміші	105	2,5	262,5
	Подрібнення добавок на млині	105	0,0024	0,3
	Робота на дробарці валковій	110	0/0,009	0/0,1
Стрижневщик	Виготовлення стрижнів	115	2	230
Вибивальник	Робота на вибивній решітці	125	0,17/0,1	21,3/12,5
	Робота з відбійним молотком	210	0,5	105,0
				619,1/610,4

То ж видно, що вартість виконання робіт працівниками робітничих професій зменшилася при додаванні до стрижневих сумішей добавок на

$$E_2 = 619,1 - 610,4 = 8,70 \text{ грн./од.}$$

Загальний рівень економії буде залежати від величини виробничого завдання по виготовленню стрижнів та маси кожної відливки, для яких їх використовують. На кожну тисячу штук цю величину можна розрахувати наступним чином

$$E_{\text{рік}} = E_{\text{річн}}^{\text{очік}} \times 1000 / Q \times m \text{ грн./т}$$

де $E_{\text{річн}}^{\text{очік}}$ – річний очікуваний економічний ефект у відповідності з плановим виробництв завданням; Q – річний фактичний обсяг виробничого завдання по виготовленню стрижнів; m – вага відливки.

Результати розрахунків економічної ефективності для різних марок сплавів для виготовлення лиття з використанням стрижнів з легковибивних рідкоскляних сумішей зведені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Результати розрахунку економічної ефективності для лиття з різних сплавів

Сплав	m , кг	Склад суміші №1		Склад суміші №2	
		$E_{річн}^{очік}$, грн.	$E_{рік}$, грн./т	$E_{річн}^{очік}$, грн.	$E_{рік}$, грн./т
АК7ч	10	96396,8	9639,7	69374,7	6937,5
СЧ20	15	122057,5	8137,2	97865,5	6524,4
Ст. 25Л	25	106023,7	4240,9	77231,0	3089,2
Бр08Ц4	30	81763,5	2725,5	51031,2	1701,0

Тож, при використанні складу суміші №1 найбільший річний економічний ефект може отримати підприємство при виробництві чавунного лиття з масою відливок близько 15 кг кожна – на рівні 122057,5 грн. В перерахунку на кожен виготовлену тону придатного лиття найбільший ефект забезпечується при виробництві алюмінієвого лиття (9639,7 грн./т).

Висновки:

1. Запропоновано систему показників ефективності технологічних розробок за групами критеріїв, що характеризують використання ресурсів

(технічних, виробничих, персоналу та капіталу) та загальну ефективність виробництва при використанні новітніх підходів. Основними з них можна вважати фондівдачу, матеріаломісткість, продуктивність праці, ритмічність виробництва на всіх етапах технології, рентабельність продукції. Всі ці показники можна покращити зменшуючи витрати та отримуючи економію в результаті варіювання складом стрижневих сумішей.

2. Доведено, що запропонована технологія з використанням розчину полівінілового спирту та відпрацьованої суміші повторного використання забезпечує економію на матеріалах 6,93 грн. на кожному стрижні. А вартість виконання робіт працівниками робітничих професій зменшиться при додаванні до стрижневих сумішей добавок на 8,7 грн. на кожному стрижні.

3. Дослідження ефективності впровадження технології використання стрижневих рідкоскляних сумішей показало, що при використанні складу суміші на основі кварцового піску з додаванням рідкого скла (6%), формувальної глини (4%), відходів резини (2%) та розчину полівінілового спирту (1,5%) підприємство може отримати додатковий прибуток. Рівень цього прибутку залежить від виду продукції у виробництві якої застосовуються стрижні виготовлені із зазначеної суміші. Так, на найбільший річний економічний ефект можна розраховувати при виробництві чавунного лиття з масою відливок близько 15 кг кожна – на рівні 122057,5 грн. В перерахунку на кожен виготовлену тону придатного лиття найбільший ефект забезпечується при виробництві алюмінієвого лиття (9639,7 грн./т).

					КНУ.РМ.136.24.544с-15.05.ЕЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		