

Баландіна Г.Ф. тривалість твердіння і охолодження виливка до певної заданої температури. Також існує можливість визначити тривалість відведення теплоти перегрівання (час, який проходить з моменту заливання металу в форму до початку його кристалізації).

2. Задача про зміну температури поверхні виливка. Найпростіший шлях – прийняти температуру у всіх точках виливка однаковою. В такому разі в момент завершення твердіння, наприклад, вона буде дорівнювати температурі солідусу. Але насправді на поверхні виливка температура буде нижчою, ніж у його термічному центрі, і цей перепад по можливості має бути визначено.

3. Задача про зміну температури поверхні форми. Для встановлення аналітичного рівняння $T_{\text{пов}} = f(\tau)$ потрібно як мінімум знати значення цієї температури в декілька моментів часу. Для цього можна скористатися методом Стефана – Шварца, задавши у розрахунку точку на мінімальній відстані (наприклад 0,1 мм) від поверхні.

4. Задача про вирівнювання температур поверхонь виливка і форми. Для вирішення можна скористатися критеріальним рівнянням Фур'є (1). Крім цього, можна узяти за основу результати попередніх двох задач. Якщо будуть відомі функції зміни температури поверхонь виливка і форми, то прирівнявши їх, знайдемо час, а також значення температури на цей момент. Після цього вилівок продовжує охолодження, а поверхня форми перестає нагріватись і починає охолоджуватись разом із вилівком.

5. Розрахунок теплових полів у формі. Їх визначення проведемо за методом кінцевих різниць. Знаючи закон зміни температури поверхні форми, це стане можливим.

Отже, теплові розрахунки у системі «вилівок – форма» в процесі затвердіння і охолодження металу є складними і багатограними. Але розділення загальної задачі на декілька більш простих дає змогу знайти ряд аналітичних вирішень, які значною мірою уточнюють існуючу інформацію.

Лютий Р.В., Скирденко М.В.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЇ РІДКИХ ЗАТВЕРДЖУВАЧІВ НА СУМІШІ З ФОСФАТНИМИ ЗВ'ЯЗУВАЛЬНИМИ КОМПОНЕНТАМИ

E-mail: rvl2005@ukr.net

Стрижневі суміші, з якими проведено цю роботу, розроблені за попередні декілька років на кафедрі ЛВЧКМ та вже перевірені в лабораторних умовах. Всі вони мають високий рівень властивостей, а виливки, отримані з їх використанням, мають належну якість.

Загальним недоліком сумішей, за переконанням ливарних підприємств, являється режим їх зміцнення. Всі вони не є самотвердними: зміцнення відбувається при нагріванні в межах від 150 °С до 300 °С. Також технологічно нераціональною є тривалість теплового оброблення – від 30 хв для малих стрижнів до 2 і більше годин, якщо стрижень важить 3...5 кг.

Отже, завданням проведеної роботи був пошук варіантів холодного зміцнення. Характеристику сумішей представлено у вигляді табл.1. Наповнювач у всіх – Дніпровський пісок на основі кварцу 3K₅O₃025.

Ці суміші відрізняються від раніше відомих тим, що не містять затверджувача як такого, а їх зміцнення відбувається не самочинно, а при тепловому обробленні внаслідок взаємодії H₃PO₄ з конкретною добавкою (SiO₂; Na₂CO₃; KCl та іншими).

Наведені у табл. 1 стрижневі суміші можна розділити на дві загальні групи:

1) Суміші, які містять H₃PO₄ у вільному стані: №1; №4; №6; №7; №8; №9. Хоча окрім кислоти до складу сумішей входять інші компоненти, вони при нормальних умовах із нею не взаємодіють. Дію хімічних затверджувачів на такі системи раніше не досліджено.

2) Суміші із зв'язувальними композиціями: №2; №3; №5. Тут вільної H_3PO_4 немає, вже відбулися певні хімічні процеси її взаємодії з неорганічними солями металів. Наприклад, суміш №2 є умовно самотвердною: тобто стандартний циліндричний зразок із неї повністю твердне за три і більше діб (залежно від температури і вологості у лабораторії). Від цієї групи сумішей можна очікувати позитивних результатів по холодному зміцненню.

Таблиця 1 – Характеристика стрижневих сумішей

Інд.	Компоненти, які утворюють зв'язувальну систему	Темп. зміцнення, °С	Хімічні процеси під час зміцнення	Рік розроблення	Додаткова інформація
1	Пилоподібний кварц + H_3PO_4	300	$SiO_2 + 2H_3PO_4 \rightarrow SiP_2O_7 + 3H_2O$	2003	ЗК утворюється під час теплового зміцнення суміші
2	Триполіфосфат натрію $Na_5P_3O_{10}$ + H_3PO_4	150	$2 Na_5P_3O_{10} + H_3PO_4 \rightarrow 5Na_2H_2P_2O_7 + H_2O$	2012	Попередньо змішують $Na_5P_3O_{10}$ з H_3PO_4 і витримують при 150 °С. Готовий сухий продукт додають у суміш
3	Сульфат марганцю $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ + H_3PO_4	150	Не встановлено	2017	Попередньо змішують $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ з H_3PO_4 і витримують при 150 °С. Готовий сухий продукт додають у суміш
4	Карбонат натрію Na_2CO_3 + H_3PO_4	150	$Na_2CO_3 + H_3PO_4 \rightarrow Na_3PO_4(Na_2HPO_4, NaH_2PO_4) + H_2O + CO_2$	2014	ЗК утворюється під час теплового зміцнення суміші
5	Сульфат алюмінію $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ + H_3PO_4	200	За складною схемою з утворенням: $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16,5H_2O$ – сульфат алюмінію $Al_2(HPO_4)_3$ -фосфат алюмінію	2015	Попередньо змішують $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ з H_3PO_4 і витримують при 200 °С. Готовий сухий продукт додають у суміш
6	Хлорид калію KCl + H_3PO_4	250	$KCl + H_3PO_4 \rightarrow K_3PO_4 + 3HCl$ (Не підтверджено)	2014	ЗК утворюється під час теплового зміцнення суміші
7	Нітрат алюмінію $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ + H_3PO_4	200	$Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O + H_3PO_4 \rightarrow 2AlPO_4 + 3N_2O_5 + 21H_2O$	2015	ЗК утворюється під час теплового зміцнення суміші
8	Сульфат заліза $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ + H_3PO_4	200	Не встановлено	2017	ЗК утворюється під час теплового зміцнення суміші
9	Дистен-силіманіт + H_3PO_4	300	$Al_2SiO_5 + H_3PO_4 \rightarrow Al_2(HPO_4)_3 + SiO_2 + 3H_2O$ (Не підтверджено)	2015	ЗК утворюється під час теплового зміцнення суміші

Як потенційні затверджувачі було використано 30 хімічних сполук різних класів: тетраетоксисилан (етилсилікат); О-ксилол; гексан; 1,4-діоксан; триацетин; діацетат етиленгліколю; моноацетат етиленгліколю; етиленгліколь; диформіат етиленгліколю; ефір «ГАРТ»; концентрат низькомолекулярних кислот; скипидар; гідроксихлорид алюмінію (20%-й водний розчин); трилон-Б (5%-й водний розчин); Na_2CrO_4 ; амоній щавлевокислий (5%-й водний розчин); лимонна кислота (20%-й водний розчин); алюмогель (10%-й водний розчин); щавлева кислота (10%-й розчин у $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$); нітрат амонію (20%-й водний розчин); амоній сірчаноокислий (20%-й водний розчин); дифеніламін (50%-й розчин в О-ксилолі); бензойна кислота (20%-й розчин у $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$); амоній лимоннокислий (20%-й водний розчин); амоній фосфорнокислий (20%-й водний розчин); калій щавлевокислий (20%-й водний розчин); фенілендіамін (20% розчин у $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$); малеїнова кислота (20%-й водний розчин); карбамід (20%-й водний розчин); пероксид водню.

У більшості випадків рідкі затверджувачі не призвели до зміцнення сумішей. Деякі з них забезпечили більш позитивний результат – хоча і повільне (понад 24 год), але зміцнення при нормальних умовах. Результати дослідів із визначення властивостей цих сумішей, проведеного на стандартних циліндричних зразках, наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Фізико-механічні властивості сумішей із застосуванням рідких затверджувачів

Індекс суміші (табл. 1)	Затверджувач	Властивості	
		міцність при стисканні, МПа	обсипаємість, %
2	тетраетоксисилан	2,33	0,12
2	триацетин	2,04	0,08
2	діацетат етиленгліколю	1,94	0,37
2	20%-й водний розчин гідроксихлориду алюмінію	3,40	0,16
2	10%-й розчин щавлевої кислоти у $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	2,12	0,15
2	20%-й розчин бензойної кислоти у $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	1,97	0,12
2	50%-й розчин дифеніламіну в О-ксилолі	0,40	0,52
2	без затверджувача	3,2...3,5	0,2...0,4
3	20%-й водний розчин амонію лимоннокислого	0,36	0,12
3	20%-й водний розчин амонію фосфорнокислого	0,32	0,12
3	20%-й водний розчин калію щавлевокислого	1,59	0,09
3	без затверджувача	1,0...1,5	0,3...0,6

В результаті проведених експериментів встановлено наступне:

1. Суміші, які містять як окремий компонент ортофосфорну кислоту, не зміцнюються при нормальних умовах із будь-яким із перевірених хімічних реагентів. Отже, для утворення у них зв'язувальних компонентів єдиним дієвим засобом є нагрівання, під час якого ортофосфорна кислота взаємодіє з іншою складовою і утворює зв'язувальний компонент (фосфат).

2. Суміші, які містять зв'язувальні композиції на основі солей ортофосфорної кислоти, зміцнюються внаслідок видалення вологи, для чого необхідним і достатнім є нагрівання, тому жоден із досліджених хімічних затверджувачів відчутного позитивного результату не дав.

3. У всіх зразків твердіння на початкових стадіях носить поверхневий характер, про що свідчать мінімальні значення обсіпаємості (табл. 2). Дія затверджувачів не поширюється на весь об'єм зразка, що знижує його остаточну міцність у порівнянні з такою ж сумішшю без затверджувача.

Таким чином, усі розроблені стрижневі суміші не відносяться до класу холоднотвердних, а використання досліджених рідких затверджувачів є нераціональним. Єдиним на сьогодні способом зміцнення стрижнів є теплове оброблення при температурах, вказаних у табл. 1.

Лютий Р.В., Шейко О.І., Скирденко М.В., Кушерева А.С.
(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗМІЦНЕННЯ СУМІШЕЙ З АЛЮМІНАТОМ НАТРІЮ

E-mail: rvl2005@ukr.net

Одним із перспективних напрямів у розробленні та використанні холоднотвердних сумішей (ХТС) є використання алюмінату натрію як неорганічного зв'язувального компонента (ЗК).

Відоме використання цього матеріалу у протипригарних покриттях (в тому числі для лиття за моделями, що газифікуються) при виготовленні чавунного і сталевих литва [1]. Також відома формувальна суміш, яка складається з корунду Al_2O_3 та ЗК алюмінату натрію $NaAlO_2$. При вибиванні форми легко розмиваються водою, тому що алюмінат – це водорозчинна сіль. Із розчину, який утворився, знову отримують $NaAlO_2$, отже він є ЗК з оборотним характером зміцнення.

На сьогодні стрижневі суміші із алюмінатом натрію не знайшли широкого застосування в ливарному виробництві, оскільки для їх зміцнення потрібне теплове сушіння [2], що знижує ефективність його застосування.

Алюмінат натрію має багато спільного з широко відомим у технологіях формоутворення рідким склом. Його, також як і рідке скло, представляють як комбінацію складових – Al_2O_3 та Na_2O . При цьому виявляють таку характеристику як каустичний модуль (мольне співвідношення Na_2O до Al_2O_3) [3].

Приготування цього ЗК здійснюють розчиненням гідроксиду алюмінію $Al(OH)_3$ в концентрованому розчині $NaOH$, тоді як для приготування рідкого скла змішують кремнезем SiO_2 з $NaOH$. Можливо є схожими фізико-хімічні процеси, які призводять до зміцнення сумішей із цими ЗК.

Твердіння рідкого скла є процесом гелеутворення: золь кремнієвої кислоти переходить у гель і зміцнюється на поверхні зерен наповнювача. Можливо, що подібне гелеутворення відбувається і в алюмінаті натрію. В такому разі цим процесом можливо управляти додаванням різних хімічних реагентів, які впливають на коагуляцію алюмінату і призводять до зміцнення суміші при нормальній температурі.

У проведених дослідженнях до суміші на основі кварцового піску ZK_5O_3025 із 5% розчину алюмінату натрію з каустичним модулем 1,0 додавали затверджувачі, які використовують для затвердження сумішей із рідким склом. Крім них використано декілька інших речовин.

Виготовляли конічні проби в алундових чашечках з діаметром більшої основи 15 мм і висотою близько 20 мм. Суміш в оснащенні ущільнювали вручну, після чого зразок вилучали на паперову підставку. Затверджувачі наносили на поверхню зразків загальним об'ємом 0,5...0,6 мл. Реактив розподілявся по поверхні зразка, частково проникаючи усередину, але об'ємного просякання не було. Таким чином, була можливість відрізнути динаміку твердіння зони зразка, куди потрапив реактив, і зони, де його немає. Динаміку зміцнення контролювали голкою $\varnothing 1$ мм, обережно встромляючи її у зразок. Дану операцію