СКИРДЕНКО М. В., КЕУШ Д. В., ЛЮТИЙ Р. В.
(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СТРИЖНЕВИХ СУМІШЕЙ, ЯКІ ЗМІЦНЮЮТЬСЯ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ОРТОФОСФОРНОЇ КИСЛОТИ З КОМПОНЕНТАМИ НАПОВНЮВАЧА

E-mail: rvl2005@ukr.net

АНОТАЦІЯ. Статтю присвячено дослідженню фізико-механічних і технологічних властивостей стрижневих сумішей, які містять зв'язувальні системи з ортофосфорної кислоти та ряду добавок. Серед них пилоподібні вогнетривкі наповнювачі (кварц, циркон, пірофіліт, дистен-силіманіт), концентрат алюмінієвих шламів та сульфат алюмінію. Визначено міцність зразків цих сумішей після теплового затвердження при стисканні і при розриванні, встановлено співвідношення між цими характеристиками. Уперше визначено такі властивості цих сумішей як газопроникність і газотвірність. Наведено порівняльну характеристику усіх сумішей. Установлено, що за комплексом властивостей вони можуть бути рекомендовані для виготовлення ливарних стрижнів під час отримання виливків із залізовуглецевих сплавів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: газопроникність, газотвірність, зв'язувальний компонент, комбінований наповнювач, міцність, ортофосфорна кислота, стрижнева суміш.

Актуальним питанням у ливарному виробництві є розроблення нових високоефективних формувальних і стрижневих сумішей. За останні роки проведено ряд дослідних робіт із удосконалення технології лиття у сирі піщано-бентонітові форми [1, 2], розроблення процесу синтезу і використання у складі стрижневих сумішей нового органічного зв'язувального компонента [3…5]. Також науковці працюють над впровадженням нових процесів зміцнення сумішей з рідким склом [6]; знову актуальними стали металофосфатні стрижневі суміші [7, 8].

Дослідженнями кафедри ливарного виробництва КПІ імені Ігоря Сікорського вперше в технології виготовлення ливарних стрижнів отримано новий клас зв'язувальних компонентів (ЗК), які являють собою пірофосфати металів, і принципово відрізняються від раніше відомих ортофосфатів, що мають місце в холоднотвердних сумішах. Досліджено температурні і часові умови отримання пірофосфатів кремнію SiP_2O_7 та цирконію ZrP_2O_7 в системах H_3PO_4 – SiO_2 та H_3PO_4 – $ZrSiO_4$. Також отримано нові ЗК під час взаємодії ортофосфорної кислоти з алюмовмісними матеріалами різної хімічної природи.

Важливою перевагою, в порівнянні з холоднотвердними сумішами на металофосфатах, є відсутність дорогих та нестабільних за хімічним складом затверджувачів.

Запропоновано ряд стрижневих сумішей з ортофосфорною кислотою і комбінованими наповнювачами, які зміцнюються при нагріванні, мають міцність при стисканні не менше 2,0 МПа, обсипаємість не більше 0,5%, термічну стійкість до 1000 °С. Приготування і використання 1 тонни розроблених сумішей, залежно від складу, дає змогу зекономити до 1000 грн.

Для отримання якісного литва особливо важливими є такі властивості сумішей як газопроникність, газотвірність, а також міцність при розриванні. Але поки що така інформація про дані суміші відсутня.

Метою проведеного дослідження є визначення цих властивостей для ряду нових стрижневих композицій, встановлення можливої кореляції між міцністю при стисканні і розриванні та розроблення рекомендацій щодо застосування сумішей. Експерименти проведені із сумішами наступного складу (табл. 1), вміст і співвідношення компонентів яких визначено за результатами попередніх досліджень на кафедрі.

Міцність при стисканні визначали на стандартних циліндричних зразках після теплового зміцнення (температури вказані в табл. 1). Для цього використано установку УС-700. Результати наведено на рис. 1.

Оскільки в експерименті використано суміші оптимального складу, тобто такого, який

Таблиця 1 – *Склад дослідних сумішей*

Індекс суміші	Добавка до наповнювача	Наповнювач	H_3PO_4	Температура зміцнення, °С
1	Al-шлам – 5% (90 г)	Пісок кварцовий $3K_5O_3025$ – 1800 г	3% (54 г)	220
2	Зв'язувальна композиція[1)] на основі $Al_2(SO_4)_3$ – 7% (90 г)	Пісок кварцовий $3K_5O_3025$ – 1300 г	–	200
3	Пірофіліт пилоподібний $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ – 5% (90 г)	Пісок кварцовий $3K_5O_3025$ – 1800 г	3% (54 г)	300
4	Суспензія (30% дистен-силіманіт $Al_2O_3 \cdot SiO_2$, 70% H_3PO_4) – 5% (80 г)	Пісок кварцовий $3K_5O_3025$ – 1600 г	–	300
5	SiO_2 пилоподібний – 7% (91 г)	Пісок кварцовий $3K_5O_3025$ – 1300 г	4% (52 г)	300
6	$ZrSiO_4$ пилоподібний – 6% (108 г)	Пісок цирконовий 1800 г	3,5% (63 г)	340

Примітки: 1. До складу композиції входить 10 мас. ч $Al_2(SO_4)_3$ і 1 мас. ч H_3PO_4. Композицію сульфату алюмінію з кислотою попередньо піддають витримці 0,5…1,0 год при 200 °С.

забезпечує максимальний рівень міцності, отримані результати слід порівняти із раніше встановленими показниками. Так для суміші №1 (див. табл. 1) цей показник знаходиться в межах 2,0…2,4 МПа, і отримане значення в нашому експерименті потрапляє в ці межі. Для сумішей №2 та №3 отримані значення також потрапляють у раніше встановлені інтервали. Суміш №4 повинна мати міцність 2,8…3,2 МПа, що також підтверджується в експерименті. Рекомендовані значення для суміші №5 складають 2,5…3,0 МПа, а за експериментом 2,69 МПа. Суміш №6 з цирконовим наповнювачем має міцність 3,5 МПа, що цілком узгоджується із регламентованими межами 3,0…3,5 МПа. Отримані дані свідчать про можливість стабільного отримання ливарних стрижнів із заданою високою міцністю.

Міцність при розриві визначали на стандартних зразках-вісімках, зміцнених при тих же самих температурах. Для визначення зусилля розривання використано прилад моделі 081. Результати наведено на рис.2.

Співвідношення між значеннями міцності при розриві та стисканні наведено в табл. 2.

Міцність при розриві є меншою за міцність при стисканні для усіх сумішей. Але певного по-

Таблиця 2 – *Співвідношення між міцністю при стисканні і при розриві*

Індекс суміші	Міцність, МПа		
	при стисканні	при розриві	коефіцієнт співвідношення
1	2,32	0,26	8,9
2	2,11	0,19	11,1
3	0,69	0,11	6,3
4	2,89	0,79	3,7
5	2,63	0,39	6,7
6	>3,5	1,27	2,9

стійного співвідношення між цими значеннями не існує. В літературі наводяться співвідношення від 2,5…10,0. В своєму експерименті ми отримали також абсолютно різні значення: 2,9…11,1. Це свідчить про те, що дане співвідношення залежить від складу сумішей.

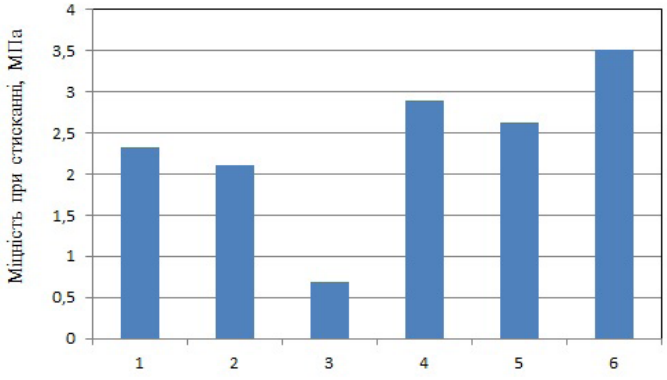

Рис. 1. *Міцність стрижневих сумішей при стисканні (індекси сумішей відповідають табл. 1)*

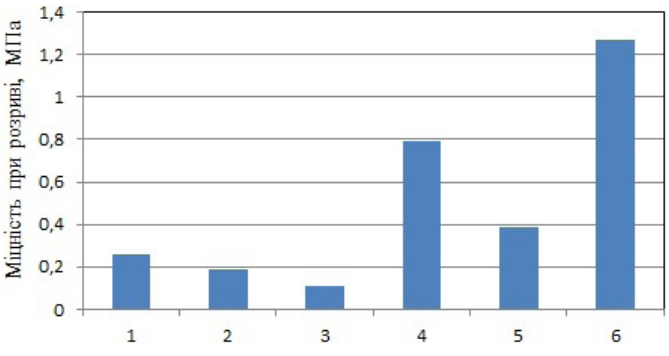

Рис. 2. *Міцність стрижневих сумішей при розриві (індекси сумішей відповідають табл. 1)*

Міцність при розриві є важливою характеристикою при виготовленні особливо складних стрижнів, які несуть значні механічні навантаження. Таким чином, для виготовлення стрижнів першого класу складності можна рекомендувати суміші № 4 і 6 як такі, що мають найвищий рівень міцності.

Обсипаємість визначали на стандартних циліндричних зразках на установці моделі 051. Результати наведено на рис. 3, і вони повністю узгоджуються із раніше отриманими даними.

Для стрижневих сумішей обсипаємість має не перевищувати 1%, що в усіх випадках виконується із значним запасом.

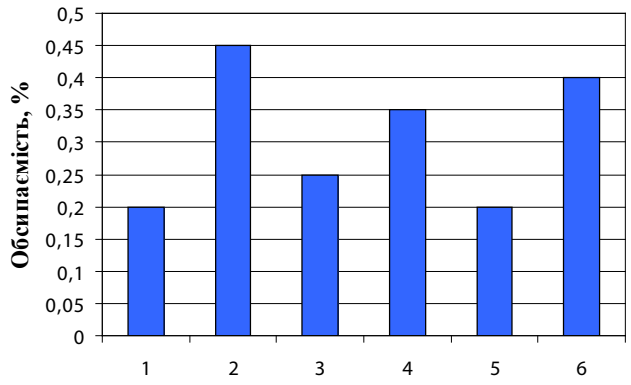

Рис. 3. *Обсипаємість стрижневих сумішей (індекси сумішей відповідають табл. 1)*

Газопроникність є найважливішою характеристикою суміші після міцності, адже стрижень, особливо внутрішній, має забезпечити евакуацію газів і їх непотрапляння у виливок. Газопроникність визначали на стандартних циліндричних зразках у гільзах висотою 120 мм на установці моделі 042 при діаметрі ніпелю 1,5 мм. Результати наведено на рис. 4.

Усі суміші мають достатньо високу газопроникність (більше 150 одиниць), окрім тієї, яка містить цирконовий наповнювач. Це пояснюється тим, що утворені в сумішах зв'язувальні компоненти покривають зерна наповнювача досить тонким шаром, не закупорюючи пори між ними. Низька газопроникність цирконових зразків пов'язана із дрібними розмірами зерен цирконового піску. Відносно невисока газопроникність сумішей з пилоподібним пірофілітом зумовлена особливостями взаємодії цього матеріалу з ортофосфорною кислотою, внаслідок якої в порах залишається певна кількість пилоподібних часток.

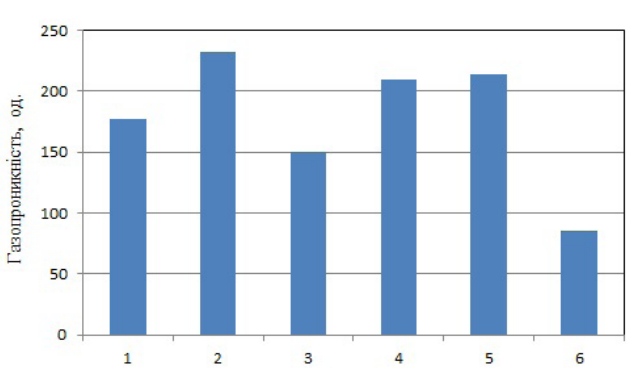

Рис. 4. *Газопроникність стрижневих сумішей (індекси сумішей відповідають табл. 1)*

Другою важливою властивістю, яка впливає на чистоту виливків по газовим дефектам, є газотвірність. Чим вона менша, тим менша ймовірність утворення подібних дефектів у виливку і тим менші значення газопроникності допускаються для таких стрижнів. Взагалі газотвірність якісних сумішей має не перевищувати 10 см^3/г. Цю характеристику визначали непрямим методом при нагріванні наважок масою 1 г до 1000 °С. Результати наведено на рис. 5.

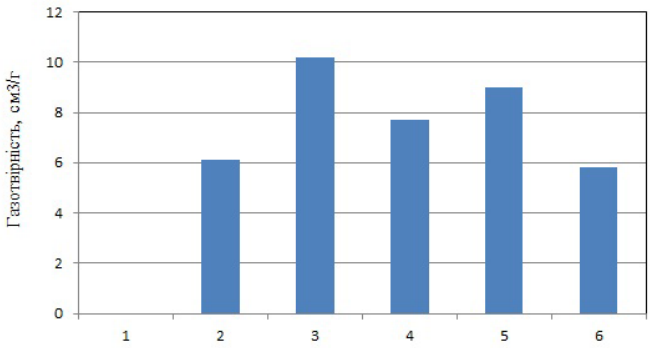

Рис. 5. *Газотвірність стрижневих сумішей (газотвірність суміші №1 не визначали)*

Мінімальні значення отримані на сумішах із зв'язувальними системами ортофосфорної кислоти з сульфатом алюмінію та ортофосфорної кислоти з пилоподібним цирконом. Але і решта сумішей не мають високих (незадовільних) показників. Це в свою чергу свідчить про низьке газовиділення стрижнів при заливанні. Тому зв'язувальні компоненти, які входять до їх складу, є перспективними та мають забезпечити отримання якісного литва.

ВИСНОВКИ

1. Суміші з ортофосфорною кислотою і комбінованими наповнювачами, які зміцнюються при нагріванні, за рівнем міцності при стисканні і обсипаємості можуть бути рекомендовані для виготовлення стрижнів, в тому числі складних. Співпадіння отриманих значень

фізико-механічних властивостей із раніше встановленими для цих сумішей показниками свідчить про стабільність їх властивостей, а також про відтворюваність експериментальних даних.

2. Встановлено, що співвідношення між міцністю при розриві і при стисканні знаходиться в широких межах (від 3 до 11 одиниць) і є залежним в першу чергу від складу стрижневої суміші, тобто певного універсального співвідношення, навіть для схожих за типом зміцнення сумішей, не існує.

3. Контроль гідравлічних властивостей (газопроникність і газотвірність) показав, що суміші мають низьке газовиділення при нагріванні до 1000 °С (менше 10 $см^3$/г), а їх газопроникність за таких умов є достатньою для отримання якісного литва.

4. Як встановлено в лабораторних експериментах, розроблені стрижневі суміші забезпечують отримання якісних виливків із чавуну, вуглецевих і легованих сталей без пригару і поверхневих дефектів, із шорсткістю литих поверхонь у межах 12,5…50 мкм.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Федоров Н. Н. Методические аспекты определения свойств бентонитовых формовочных глин // Литье и металлургия, 2014. – №4(77). – С. 19…23.
2. Федоров Н.Н. Аддитивный способ изменения свойств бентонитовой формовочной глины // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії, 2010. – №3(20). – С. 249…253.
3. Пономаренко О.И., Каратеев А.М., Евтушенко Н.С., Бережная А.В. Использование смолы ОФОС в литейном производстве // Процесы литья, 2010. – №6(84). – С. 27…32.
4. Каратеев А.М., Пономаренко О.И., Евтушенко Н.С., Восковец В.Г., Литвинов Д.А. Получение качественных отливок на основе смоляных связующих // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії, 2010. – №3(20). – С. 150…153.
5. Евтушенко Н.С., Шинский О.И., Пономаренко О.И. Исследование свойств регенерируемых смесей на основе ОФОС // Компрессорное и энергетическое машиностроение, 2013. – №4(34). – С. 48…51.
6. Берлизева Т.В., Пономаренко О.И., Качанова Н.А. Моделирование свойств ХТС на основе хромитового песка и циклокарбонатов // Компрессорное и энергетическое машиностроение, 2015. – №1(39). – С. 48…51.
7. Усенко Р.В., Хрычиков В.Е., Селиверстов В.Ю., Мазорчук В.Ф. Использование вторичных материалов в новых составах железофосфатных холоднотвердеющих смесей // Восточно-европейский журнал передовых технологий, 2006. – №6/1(24). – С. 40…42.
8. Селівьорстов В.Ю., Доценко Ю.В., Бикова А.С. Дослідження технологічних властивостей залізофосфатних формувальних сумішей, що містять високодисперсні золовідходи ТЕС // Молодий вчений, 2016. – №8(35). – С. 156…161.