

УДК 621.74

Лютый Р. В., Федоров М. М., Люта Д. В., Бондар А. К., Павлюх С. В.

## ЗМІНА КОМПЛЕКСУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПІЩАНО-БЕНТОНІТОВОЇ СУМІШІ ПРИ ДОДАВАННІ ЗВОРОТУ СТРИЖНІВ З ФОСФАТНИМ ЗВ'ЯЗУВАЛЬНИМ КОМПОНЕНТОМ

Піщано-бентонітові суміші широко і успішно застосовуються для виготовлення дрібних (до 100 кг) чавунних і сталевих виливків у сирих формах. Важливою перевагою цього способу є можливість багаторазового використання одних і тих же сумішей як оборотних, з невеликим відсотком освіження.

Разом із основною формувальною сумішшю, при виготовленні виливків використовується стрижнева, витрата якої становить до 300 кг на тонну придатних виливків. Як правило, після вибивання форм значна частина цієї суміші потрапляє в оборотну, знижуючи її якість [1–4].

Забруднення оборотних піщано-бентонітових сумішей залишками стрижнів призводить до зниження технологічних властивостей, падіння міцності, збільшення водопоглинання і, як наслідок, вологості й газотвірності. Тому важливим є дослідження впливу стрижневих сумішей і встановлення сумісності їх з формувальними [5, 6].

Розроблені на кафедрі ливарного виробництва чорних і кольорових металів КПІ ім. І. Сікорського протягом 2010–2016 рр. нові суміші для ливарних стрижнів забезпечують високу якість литих поверхонь, але можливість їх застосування при серійному виготовленні виливків у сирих формах не досліджено.

Метою проведеної роботи є встановлення впливу добавок стрижневої суміші, яка містить зв'язувальну систему ортофосфорної кислоти з пилоподібним кварцом, на комплекс властивостей сирій піщано-бентонітової формувальної суміші.

Задачі дослідження:

1. Установлення комплексу властивостей оборотної піщано-бентонітової суміші.
2. Дослідження впливу додавання вибитої з виливків стрижневої суміші у кількості від 5 до 30 % на фізико-механічні та технологічні властивості піщано-бентонітової суміші.
3. Визначення допустимого рівня домішок стрижневої суміші за умови підтримання необхідного рівня властивостей.
4. Розроблення рекомендацій щодо можливостей поєднання нової стрижневої суміші із сумішами для автоматичних ліній.

У роботі використано піщано-бентонітову суміш для формування по-сирому з автоматичної лінії заводу «Дніпропромліт». Було проведено лабораторний контроль ряду властивостей (за стандартними методиками), результати представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Властивості суміші з автоматичної лінії

Властивості	Числові значення
Вологість, %	3,3
Міцність при стисканні, МПа	0,093
Газопроникність, од.	160
Обсипаємість, %	3,3
Текучість, %	74
Формувальність, %	86
Ущільнювальність, %	25
Глиняста складова, %	14,28

Очевидно, що це типова оборотна суміш, неодноразово використана на автоматичній лінії формування. У ній накопичено значну кількість глинястої складової, у яку входять, крім активного бентоніту, пил, сажистий вуглець, неактивна глина тощо. Кількість цих матеріалів дещо перевищує нормативний показник (10...12 %), але при цьому процес формовки за технологією «Сейатцу» здійснюється на належному рівні.

Гранулометричний склад піщано-бентонітової суміші визначено за стандартною методикою. Діаграму розподілу зерен за розмірами наведено на рис. 1.

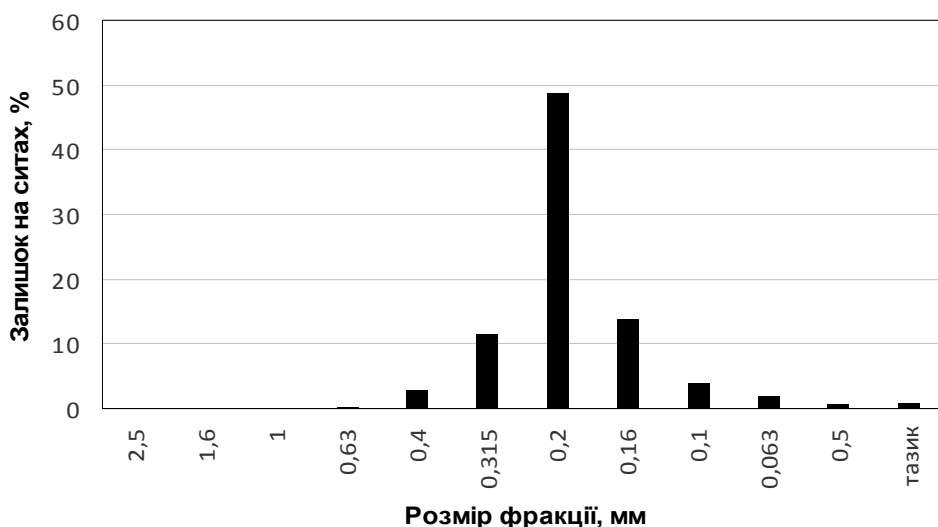


Рис. 1. Гранулометричний аналіз піщано-бентонітової суміші

Стрижневу суміш, використану в дослідженні, розроблено кафедрою ливарного виробництва КПІ ім. І.Сікорського. Вона містить дніпровський річковий кварцовий пісок, а зв'язувальний компонент (пірофосфат кремнію) утворюється при взаємодії ортофосфорної кислоти з пилоподібним кварцом [7, 8]. Стрижні забезпечують відмінну якість поверхонь виливків, досить легко як для неорганічного зв'язувального компонента вибиваються із виливків, а ситовий аналіз цієї суміші після заливання наведено на рис. 2.

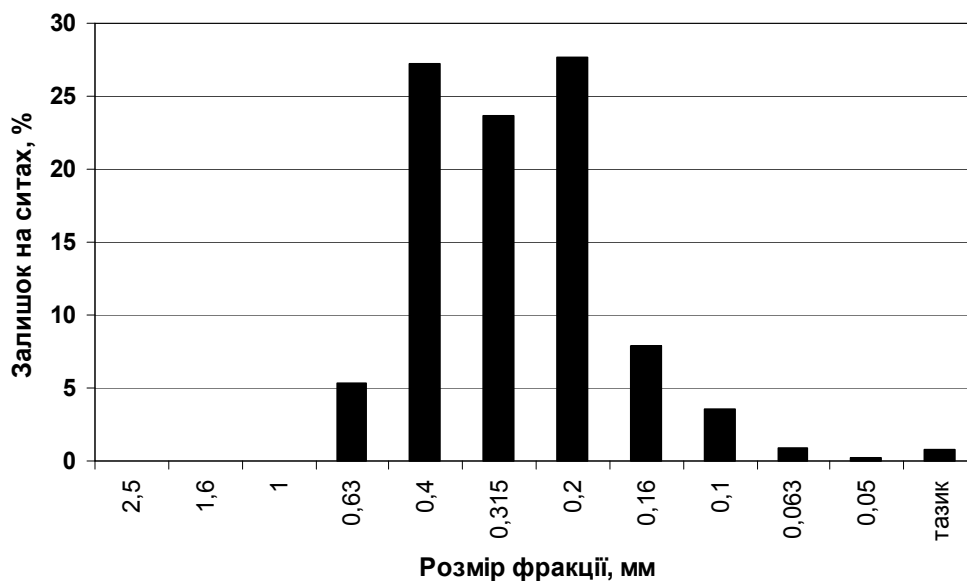


Рис. 2. Гранулометричний склад оборотної стрижневої суміші

Середній розмір зерен даної стрижневої суміші складає 0,32 мм, тоді як у формувальній 0,23 мм. Але слід відмітити, що зв'язувальний компонент (пірофосфат кремнію) утворює досить тонкі плівки на поверхні наповнювача (рис. 3, а, б), тому оборотна стрижнева суміш схожа на свіжий пісок (рис. 3, в).



Рис. 3. Мікроскопічне зображення стрижневої суміші:

а – зернова основа; б – зв'язувальний компонент; в – вигляд після вилучення глинястої складової

Стрижневу суміш після вибивання із внутрішніх порожнин виливків додавали обмеженими порціями до формувальної. Кожна добавка становила 5 %. Максимальна кількість 30 %. Оскільки при додаванні звороту стрижнів питома кількість зв'язувального компонента (глини) знижується, у кожному циклі сумішоприготування додавали по 10 % костянтинівської бентонітової глини марки ПТТ<sub>1</sub>. Також у кожному циклі сумішоприготування визначали прискореним методом вологість. Вона знаходилась у межах 3,0...3,3.

Після додавання звороту стрижнів помітним є збільшення середнього розміру зерна (рис. 4). За відомими теоріями [3], додавання більш крупного наповнювача округлої форми має призвести до підвищення міцності та газопроникності суміші.

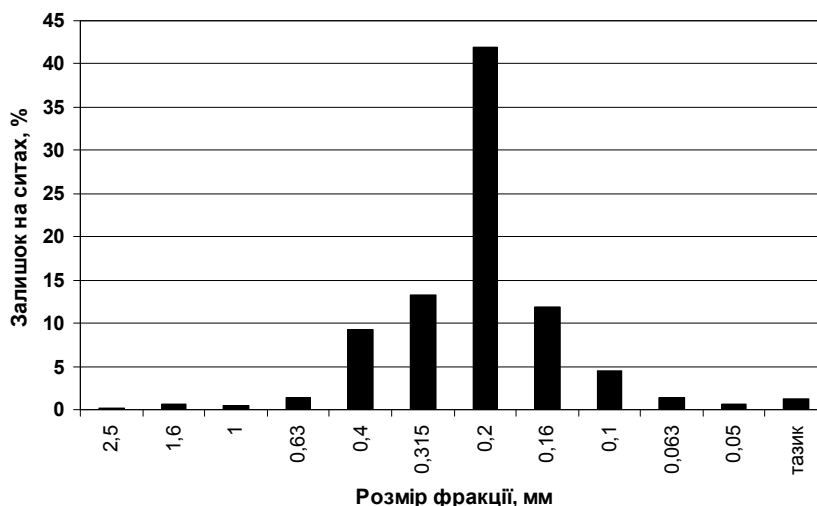


Рис. 4. Гранулометричний склад суміші після додавання 30 % звороту стрижнів

Вплив добавок стрижневої суміші на міцність зразків після стандартного ущільнення наведено на рис. 5. Вона зросла особливо при додаванні до 10 % стрижнів. Це пояснюється тим, що стрижнева суміш має більш крупні зерна правильної округлої форми, які потребують зменшеної витрати глини, завдяки чому і зростає міцність.

Поверхнева міцність зразків після стандартного ущільнення залежно від кількості доданого звороту стрижнів підвищується, що видно із зменшення відсотка обсапаємості (рис. 6). Ця властивість важлива для попередження процесів поверхневої взаємодії форми з виливком.

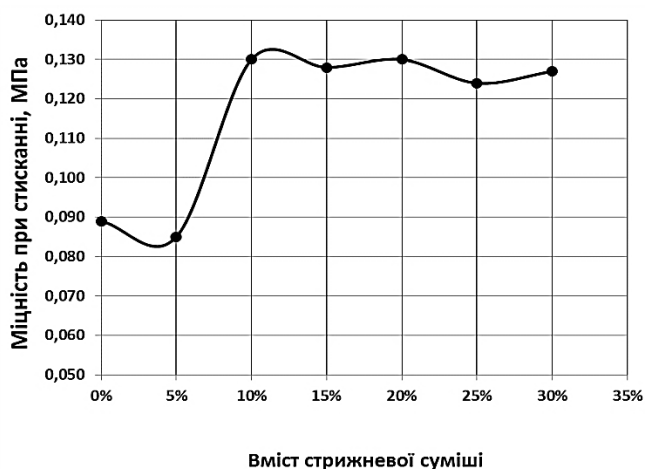


Рис. 5. Зміна міцності при додаванні стрижневої суміші

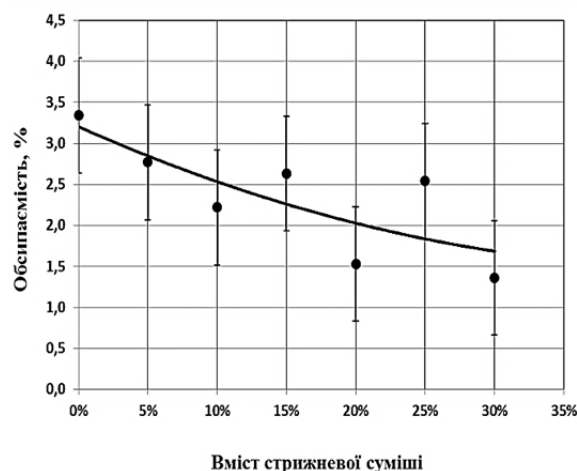


Рис. 6. Зміна обсапаємості при додаванні стрижневої суміші

Газопроникність відповідає за попередження значної кількості дефектів литих деталей. Вихідна суміш мала газопроникність 159 од. (рис. 7), що набагато більше за мінімально допустимий рівень (90 од.). Додавання звороту стрижнів, як і очікувалось, призвело до збільшення цієї характеристики. Причина в тому, що кількість зерен більшої фракції зростає, і це сприяє проходженню повітря через ущільнену форму.

На автоматичних лініях формування велику увагу приділяють контролю технологічних властивостей. Текучість відповідає за точне відтворення конфігурації складних моделей за умови прикладення незначного тиску пресування. Формувальність забезпечує чітке відтворення рельєфу моделей. Ущільнювальність визначає технологічні параметри: висоту наповнювальної рамки, необхідний тиск і роботу пресування, густину суміші.

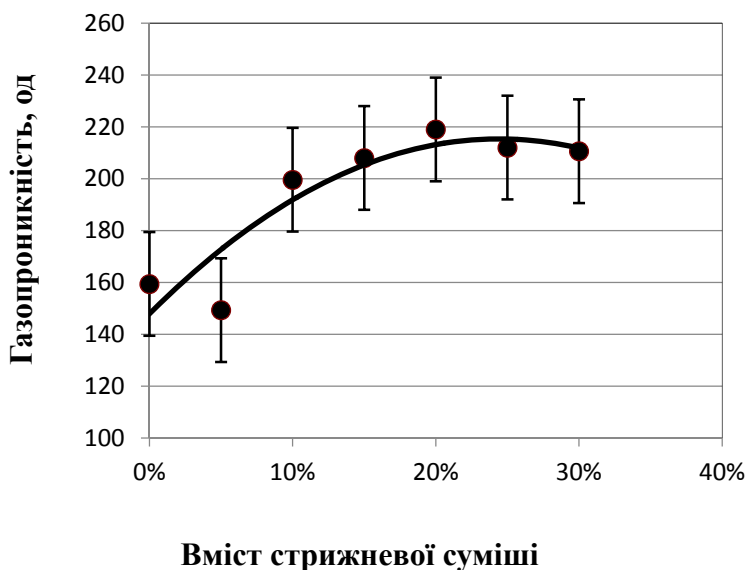


Рис. 7. Зміна газопроникності при додаванні стрижневої суміші

Після додавання будь-якої стрижневої суміші текучість знижується. Це можна спостерігати і на рис. 8. Зерна стрижневої суміші значно відрізняються від зерен формувальної, і тому для гомогенізації складу останньої потрібно тривале перемішування. У дослідженні перемішування тривало не більше 5 хв. Ймовірно високоміцна глина П1Т<sub>1</sub>, розосередившись по новим зернам стрижневої суміші, створила додаткові зусилля внутрішнього тертя, що знизило текучість. Але ця властивість залишилась на технологічно допустимому рівні.

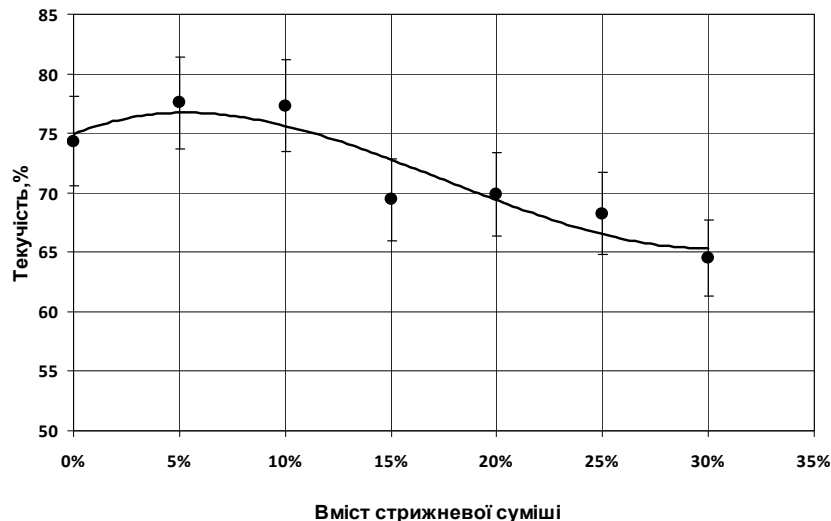


Рис. 8. Зміна текучості при додаванні стрижневої суміші

Формувальність значною мірою залежить від вологості. В процесі експериментів (крім 1-ї точки, рис. 9) вологість була майже незмінною, що і пояснює однакові значення формувальності. У свою чергу, графік підтверджує, що кількість стрижневої суміші не має значного впливу на цю властивість.

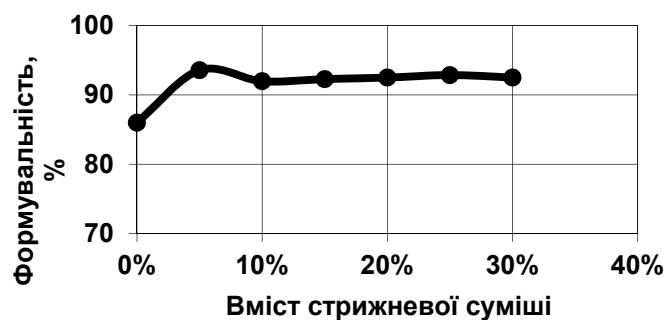


Рис. 9. Зміна формувальності при додаванні стрижневої суміші

За результатами дослідів було проведено порівняння властивостей оборотної формувальної суміші до та після додавання звороту стрижнів (табл. 2). Також у даній таблиці наведено нормативні значення властивостей, згідно з якими можна оцінити не тільки динаміку їх змін, а й загальний рівень. Помітне покращення ряду властивостей:

- газопроникність зросла на 10...30 %;
- обсипаемість зменшилась більше ніж на 50 %;
- міцність зросла на 10...15 %.

Решта показників залишились на рівні задовільних значень.

Кількість глинястої складової майже не змінилась. Це дає змогу не переналаштовувати систему сумішоприготування у бік регулювання кількості пилоподібних фракцій.

Таблиця 2

## Комплекс властивостей оборотної піщано-бентонітової суміші

Властивості суміші	Умовна норма для лінії автоматичного формування	Показники суміші з автоматичної формувальної лінії	Показники після додавання стрижневої суміші
Вологість, %	3,0...3,2	3,3	3,0...3,3
Міцність при стисканні, МПа	$\geq 0,140$	0,093	0,085...0,130
Газопроникність, од.	$\geq 90$	160	150...220
Текучість, %	$\geq 70$	74	64...87
Формувальність, %	$\geq 70$	86	92...94
Обсипаємість, %	$\leq 0,8$	3,3	1,4...2,5
Вміст глинястої складової, %	10,5...11,5	14,28	14,50
Ущільнювальність, %	-	25	24...34

## ВИСНОВКИ

Вперше досліджено вплив добавок стрижневої суміші на основі зв'язувальної системи із ортофосфорної кислоти і пілоподібного кварцу, призначеної для теплового зміцнення стрижнів, на комплекс властивостей піщано-бентонітової суміші для формування по-сирому.

Визначено, що після додавання звороту стрижневої суміші в кількості до 30 %, що становить максимально можливу кількість для реальних виробничих умов, вміст глинястої складової і фракційний склад піщано-бентонітової суміші залишаються майже незмінними.

В результаті експериментів показано, що газопроникність, загальна та поверхнева міцність зростають при додаванні звороту стрижнів, оскільки при цьому в формувальну суміш потрапляють більш крупні зерна правильної округлої форми, які потребують зменшеної витрати глини і забезпечують підвищену пористість в ущільненому стані.

Установлено незалежність формувальності від вмісту звороту стрижневої суміші, при цьому спостерігається незначне (на 5...10 %) зниження текучості. Стабільність вказаних властивостей зумовлено схожими характеристиками вогнетривких наповнювачів формувальної та стрижневої сумішей.

Доведено що стрижневу суміш з ортофосфорною кислотою і пілоподібним кварцом можна без обмежень використовувати на лініях автоматичної формовки, оскільки вона не знижує фізико-механічних та технологічних властивостей піщано-бентонітових форм.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия / Болдин А. Н., Давыдов Н. И., Жуковский С. С. и др. – М. : Машиностроение, 2006. – 507 с.
2. Стальное лите / Федоров Г. Е., Платонов Е. А., Ямиинский М. М., Лютый Р. В. – К. : «ВПОЛ», 2013. – 896 с.
3. Дорошенко С. П. Формувальні суміші / С. П. Дорошенко. – К. : ІЗМН, 1997. – 140 с.
4. Пономаренко О. И. Оптимизация технологических решений для цехов литейного производства / О. И. Пономаренко // Библиотечка литейщика. – 2013. – № 1. – С. 6–11.
5. Кваша Ф. С. Влияние колебаний состава и свойств формовочных смесей на вероятность образования дефектов оливок / Ф. С. Кваша // Библиотечка литейщика. – 2013. – № 8. – С. 9–14.
6. Федоров Н. Н. Комплексная оценка технологических свойств производственных песчано-бентонитовых смесей для формовки по-сырому / Н. Н. Федоров, Е. А. Гаврилова, Т. М. Кочоева // Нові матеріали та технології в машинобудуванні. – К. : НТУУ "КПІ", 2015. – С. 139–140.
7. Особливості структуоутворення систем ортофосфорної кислоти з вогнетривкими матеріалами при їх тепловому зміцненні / Лютый Р. В., Кеуш Д. В., Набока В. О., Пивоцуц А. Р. // Вісник ДДМА : зб. наук. праць. – Краматорьк : ДДМА, 2016. – № 1 (37). – С. 55–59.
8. Лютый Р. В. Связующая система SiO<sub>2</sub> – H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> для литейных стержней / Р. В. Лютый, Д. В. Кеуш // Литейное производство. – 2017. – № 4. – С. 23–28.