

<https://doi.org/10.15407/plit2025.04.044>

УДК 621.742

І.М. Гурія, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри ливарного виробництва; e-mail: guriya@ukr.net; ORCID 0000-0003-0394-9708, Web of Science Researcher ID: AAA-9338-2022

Р.В. Лютий, докт. техн. наук, професор, професор кафедри ливарного виробництва; e-mail: rvl2005@ukr.net; ORCID 0000-0001-6655-6499; Web of Science Researcher ID: ABC-2809-2020

Я.О. Смірнова, доктор філософії, старший викладач кафедри ливарного виробництва; e-mail: yana.luschay@gmail.com, ORCID 0000-0002-6371-3716, Web of Science Researcher ID: AAA-9477-2022

А.К. Бондар, здобувач вищої освіти,

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Київ, Україна)

СТАБІЛІЗАЦІЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ УНІВЕРСАЛЬНОЇ ПІЩАНО-ГЛИНЯСТОЇ СУМІШІ ШЛЯХОМ ГІДРАВЛІЧНОЇ РЕГЕНЕРАЦІЇ

Підвищення рівня екологічності та запровадження безвідходних технологій — важливі задачі сучасного успішного виробництва. Лиття в піщано-глинясті форми, незважаючи на свою давню історію, залишається одним із найбільш поширених та екологічно ефективних методів виготовлення виливків. Нині близько 70 % відходів ливарних підприємств складають відпрацьовані суміші. Тож питання регенерації сумішей є актуальним як з точки зору підвищення екологічності виробництва, так і з точки зору зниження собівартості литва. Статтю присвячено дослідженню впливу процесу регенерації на властивості оборотної піщано-глинястої суміші для виготовлення виливків із сплавів чорних і кольорових металів у сирих та сухих ливарних формах. Встановлено, що збільшення кількості циклів гідравлічної регенерації оборотної суміші до п'яти призводить до зниження кількості глинястої складової до рівня, який відповідає піскам кварцової групи (в межах 2,0 %). Додавання свіжого піску в межах до 20 % до регенованої суміші дає змогу підвищити рівень властивостей у сирому стані. Збільшення кількості циклів регенерації також позитивно впливає на фізико-механічні й технологічні властивості сумішей із додаванням свіжого піску та глини. Проте вже одного (першого) циклу регенерації достатньо для зниження вмісту глинястої складової до рекомендованих меж. Збільшення тривалості перемішування регенованої суміші з доданими свіжими піском та глиною до 15–20 хв позитивно впливає на властивості суміші в сухому стані, що пов'язано із гомогенізацією її складу та рівномірним розосередженням глини по частинках доданого піску. Таким чином, суміш після одного циклу регенерації, для якої забезпечено встановлену тривалість перемішування з доданими свіжими піском і глиною, є універсальною

для виготовлення як сирих, так і сухих форм для отримання виливків із залізовуглецевих і кольорових сплавів.

Ключові слова: оборотна суміш, регенерація, формувальна суміш, кварцовий пісок, глина, властивості.

Вступ

Успішна інтеграція України у світову промисловість вимагає готовності до конкуренції, яка залежить від витрат на виробництво продукції, оптимізації використання ресурсів, підвищення рівня екологічності та запровадження безвідходних технологій.

У ливарному виробництві для виготовлення деталей широко використовують разові піщано-глинясті форми, які, хоч і вважаються історично одним із найдавніших способів лиття, мають гарні перспективи в майбутньому.

Виливки, виготовлені у піщаній формі складають третину всього світового ринку [1], з якого лиття у піщано-глинясті форми було оцінено у 25 млрд доларів США на 2023 р. [2]. За прогнозами аналітиків, ринок виливків, отриманих литтям у піщано-глинясті форми, сягне 38 млрд доларів США до 2032 р. Витрати бентонітової глини на виготовлення 1 т виливків із чавуну становлять 60–90 кг, а зі сталі — 90–120 кг, піску ж необхідно близько 5 т. Для зниження витрат на його закупівлю та очищення, а також для підвищення рентабельності виробництва піщано-глинясті суміші мають проходити процедуру регенерації.

При цьому основна проблема — це підтримка заданих складу і властивостей суміші в процесі її рециркуляції або багаторазових оборотів. Це доволі складно, тому що в умовах виробництва можуть істотно змінюватися теплові навантаження на суміш під час виготовлення виливків різної маси, а також поступово накопичується вміст залишків стрижневої суміші, які потрапляють в оборотну суміш після вибивання.

Із загальної кількості відходів ливарних підприємств близько 70 % становлять відпрацьовані суміші. Занепокоєння громадськості та нові екологічні закони вимагають впровадження альтернативних способів їх утилізації. Найдоцільнішим є відновлення властивостей формувального піску з таких сумішей. Технології регенерації та повторного використання піску дають змогу ливарним підприємствам приймати відповідні рішення, впроваджувати заходи щодо ресурсозбереження і досягати економічних переваг [3]. Промислова практика показує зниження собівартості литва, наприклад із марганцевої сталі, на 35–65 % за умови використання у складі ливарних форм 50–80 % регенованого піску [4].

У техніко-економічних обґрунтуваннях [5] показано економічну доцільність процесу механічної регенерації формувальної суміші після багаторазового використання за такими показниками, як чиста поточна вартість (NPV), внутрішня норма прибутку (IRR), період окупності (DPBP) і співвідношення прибутків і витрат (BCR). Установка регенерації потужністю 1 т/год показала перспективну економічність, а NPV, IRR, DPBP і BCR становили \$ 0,76 млн; 29,78 %; 2,82 року та 5,48 відповідно. Виливки, виготовлені з використанням регенованого піску, виявилися повною мірою конкурентноздатними.

Багаторазове використання формувальної суміші призводить до деградації структури бентоніту та утворення нових видів відкладень на поверхнях піщинок. Це, у свою чергу, веде до дезактивації зв'язувального матеріалу і зниження придатності піску для подальшого використання.

Встановлено, що зв'язувальний матеріал у складі піщано-бентонітових сумішей існує у чотирьох різних формах: активна глина, слабкозв'язана неактивна глина, міцно зв'язана спечена глина і високотемпературні фази. Останні три форми необхідно видалити в процесі регенерації. Процес механічної регенерації дає змогу видалити тільки слабкозв'язану неактивну глину, але не може видалити інші дві форми, які називають оолітовими відкладеннями спеченої глини та високотемпературних фаз. Для цього може знадобитися агресивне стирання або хімічне оброблення [6].

У результаті проведених досліджень [7] досягнуто результату зниження загального вмісту глини у формувальній суміші від 12 % до 2,2 %. Оброблення суміші проводили у вертикальному киплячому шарі, горизонтальному псевдозрідженому шарі та в новому кульовому млині типу подрібнювально-просіювального агрегата. Також розраховано, що вартість тонни регенованого піску більша за свіжий пісок після оброблення у вертикальному киплячому шарі, тоді як у випадку кульового млина вона становить менше половини від вартості свіжого піску.

Автори [8] поєднали процеси механічної та пневматичної регенерації і досягли значного результату щодо видалення дрібних частинок глини, пов'язаних із частинками піску. Випробування проводили в псевдозрідженому шарі, обладнаному форсункою для стирання, яка працює в діапазоні тисків від 350 до 550 кПа. За найвищого тиску отримано найбільш сприятливі результати, тобто втрата маси під час процесу регенерації становить 14 %. Але об'єм повітря, необхідний для реалізації процесу, досить великий, і це може негативно вплинути на економічну складову.

У роботі [9] було проведено оригінальне дослідження, щоб знайти відповідний спосіб для регенерації піщано-смоляної суміші та оцінки ступеню її очищення. Зміни кольору зразків виміряно за допомогою техніки оброблення зображень. Встановлено, що фенольні сполуки поступово видаляються під час процесу термічної регенерації, що відображається у зміні кольору оборотної суміші з чорного на майже білий, а це забезпечує достатньо точну візуальну оцінку рівня регенерації суміші.

Відновлення властивостей формувального піску в оборотних сумішах є значною проблемою перш за все через наявність у їх складі оксидів металів (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O). Ці оксиди металів, як слабо- і міцно зв'язані частинки глини, вважаються шкідливими домішками. Для їх видалення доцільною є технологія хімічної регенерації суміші з використанням свіжих кислотних розчинів або кислих промислових стоків. Потреби в кислоті становлять 1,5 мл/100 г піску. Промислові випробування показали, що регенований пісок можна ефективно використовувати навіть для виробництва ливарних стрижнів.

У роботі [10] розглянуто регенерацію сумішей, які складаються з кварцового піску, вугільного пилу та глини. Досліджено два види мокрої регенерації, які реалізуються на заводах «Safond» і «Sasil» у Північній Італії, а також суху механічну регенерацію, яку реалізує компанія «Gemco Engineering» у Нідерландах. З економічної точки зору, суха механічна регенерація виявилася найкращим рішенням, але мокра регенерація забезпечує кращу якість ливарної продукції.

Відомо, що певна кількість пилоподібних домішок, у тому числі неактивної глини (до 5 %) у формувальних сумішах позитивно впливає на міцність і технологічні властивості, тому повне відмивання суміші від таких компонентів не є доцільним. Критичний вміст загальної глинястої складової для високоміцних сумішей — 15 %, при перевищенні якого починається утворення грудок, підвищується ймовірність виникнення ужимин і «вибухового» пригару на поверхнях виливків.

Об'єктом нашого дослідження є формувальна піщано-глиняста суміш, яку використано протягом понад 20 років як оборотну в технологічному процесі виготовлення ливарних форм ручним формуванням, зокрема й для художнього литва. Підтримання суміші в процесі багаторазового використання здійснювалося лише додаванням нових порцій кварцового піску (не більше 5 % в новому циклі) і глини (не більше 0,5 %). Тривале використання призвело до того, що властивості суміші по всіх показниках опустились нижче належного рівня. Особливо низькою є газопроникність, яка не перевищує 50 одиниць при необхідному рівні 100 одиниць. Це не дає можливості виготовляти виливки належної якості. Якість поверхонь чавунних і сталевих виливків, навіть за умови сушіння і фарбування форм, незадовільна.

Досліджувана суміш є універсальною, тому що її застосовують для формування по-сирому та по-сухому. Зважаючи на це, завданням регенерації є одночасне підвищення властивостей у сирому і сухому станах.

Аналіз публікацій показав, що найбільш доцільним процесом відновлення властивостей цієї суміші, а також аналогічних сумішей у цехах дрібносерійного виробництва є гідравлічна регенерація, яка передбачає видалення пилоподібних

домішок та очищення наповнювача від плівок неактивної глини. Наступним етапом має бути освіження додаванням кварцового піску та свіжої глини в необхідній кількості. Такий процес регенерації має забезпечити підвищення рівня властивостей і збереження його стабільності на декілька десятків циклів сумішоприготування наперед.

Метою роботи є розроблення процесу регенерації оборотної піщано-глинястої суміші для виготовлення виливків зі сплавів чорних і кольорових металів у сирих та сухих ливарних формах.

Досягнення мети передбачало розв'язання таких завдань:

1) проаналізувати властивості оборотної піщано-глинястої формувальної суміші у сирому та в сухому станах та визначити конкретні причини незадовільної якості литва;

2) дослідити вплив гідравлічної регенерації на залишковий вміст глинястої складової в оборотній суміші;

3) встановити вплив добавок свіжого формувального піску і бентонітової глини на комплекс властивостей оборотної суміші та визначити оптимальну кількість цих добавок;

4) встановити залежності зміни фізико-механічних і технологічних властивостей оборотної суміші від кількості етапів гідравлічної регенерації; 5) дослідити вплив тривалості перемішування регенованої суміші на комплекс її властивостей у сирому та в сухому станах.

Матеріали та методи досліджень

Для досліджень використано оборотну формувальну суміш на основі кварцового піску та бентонітової глини.

Регенерацію суміші проводили шляхом відбирання проб масою 4–5 кг, заливанням суміші проточною водою, ретельного перемішування і зливання забрудненої води. Операції повторювали від 1 до 5 разів (циклів). Регеновану суміш висушували в лабораторній печі при температурі 110–115 °С.

Для приготування сумішей використовували лабораторний змішувач із вертикально розташованими котками моделі 018М; тривалість перемішування в основному експерименті становила 5 хв. Компоненти у змішувач додавали в такій послідовності: регенерат, кварцовий пісок (за необхідністю), бентонітова глина, вода. Під час приготування відбирали проби для контролю вологості прискореним методом. Після досягнення задовільного рівня вологості (3,5–5,0 %) суміш вивантажували.

Властивості формувальних сумішей визначали за стандартними методиками: вміст глинястої складової — на приладі моделі 021; міцність на стискання — на приладі 051 з використанням стандартних циліндричних зразків; міцність на розривання — на приладі моделі 081 з використанням стандартних зразків-вісімок; газопроникність — на приладі моделі 042 з діаметром ніпеля 1,5 мм; обсипаємість та формувальність — на приладі моделі 056; текучість — за пробою Г.М. Орлова; ущільнювальність — із використанням стандартної гільзи висотою 120 мм.

Результати та їх обговорення

Визначені фізико-механічні та технологічні властивості оборотної суміші мають низький або незадовільний рівень. Так, обсипаємість у сухому стані перевищує допустимий максимум і складає 1,2 %, значення газопроникності в сирому стані — 46 од., у сухому — 123 од., текучість — не більше 30 %. У свою чергу, вміст глинястої складової в суміші перевищує допустиму межу (в середньому за результатами експериментів дорівнює 18,9 %). Зазначені характеристики призводять як до ускладнення процесу виготовлення форм, так і до зниження якості виливків з вини форми. Отже, проведення регенерації є необхідним, в іншому випадку суміш підлягає повній заміні на нову.

Крім цього, в оборотній формувальній суміші наявні спечені грудки (рис. 1, а), особливо помітні після видалення глинястої складової (рис. 1, б). Для їх видалення суміш просіяли через сито з розміром комірки 2,5 мм. У результаті проведення п'яти циклів гідравлічної регенерації спостерігалася зміна кольору (рис. 1, в) та гранулометричного складу суміші (рис. 2), що спричинено її очищенням від сажистого вуглецю, пилу, неактивної та активної глини.

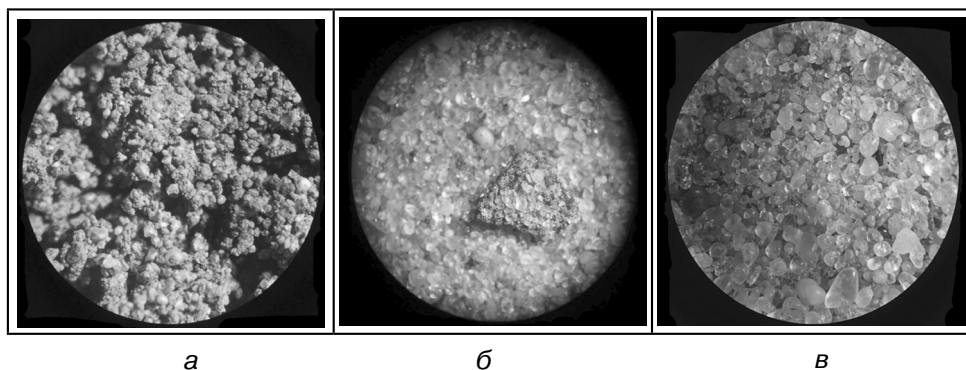


Рис. 1. *а* — оборотна формувальна суміш у сирому стані, *б* — після видалення глинястої складової та *в* — після п'яти циклів гідравлічної регенерації

Зерна наповнювача не містять поверхневих забруднень (рис. 1, *в*), проте вони мають різну форму, що може негативно вплинути на властивості майбутньої суміші. Вміст глинястої складової зменшився від 18,9 % до 1,5 % після п'яти циклів гідравлічної регенерації, що відповідає кварцовому піску 4К (четвертої групи за вмістом глинястої складової).

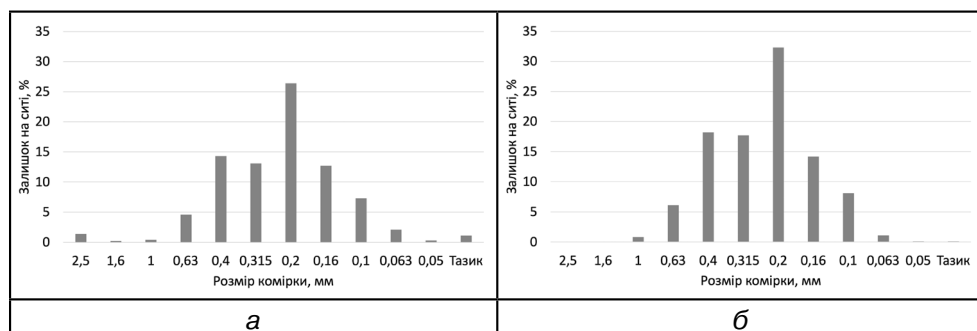


Рис. 2. Гранулометричний склад оборотної формувальної суміші *а* — у сирому стані та *б* — після п'яти циклів гідравлічної регенерації

Під час попереднього експерименту встановлено, що міцність на стискання формувальної суміші у сирому стані, виготовленої з регенованого наповнювача, збільшується від 28 до 60 кПа за збільшення вмісту бентонітової глини від 5 до 7 %. Оскільки значень міцності, досягнутих за вмісту 7 % глини достатньо для виготовлення форм належної якості, подальші дослідження проводили за такого, фіксованого вмісту глини.

Досліджено вплив додавання свіжого кварцового піску на міцність на стискання у сирому та сухому станах, обсипаємість, газопроникність та технологічні властивості (рис. 3).

Додавання до 15–20 % свіжого кварцового піску позитивно впливає на значення міцності на стискання у сирому стані (рис. 3, *а*). Натомість міцність на стискання у сухому стані, навпаки, знижується за умов додавання 5, 10 та 15 % піску. Збільшення вмісту свіжого піску негативно вплинуло також і на обсипаємість: у сирому і сухому станах показники збільшилися від 0,25 % до 1,0 % та від 2,15 % до 6,25 % відповідно (рис. 3, *б*). Імовірно, така ситуація спричинена недостатнім часом перемішування суміші, що призвело до недостатньої гомогенізації її складу та нерівномірного розосередження глини по зернах наповнювача.

Значення газопроникності як у сирому, так і у сухому стані збільшуються (рис. 3, *в*), що спричинено зменшенням відносного вмісту дрібнозернистої фракції у суміші.

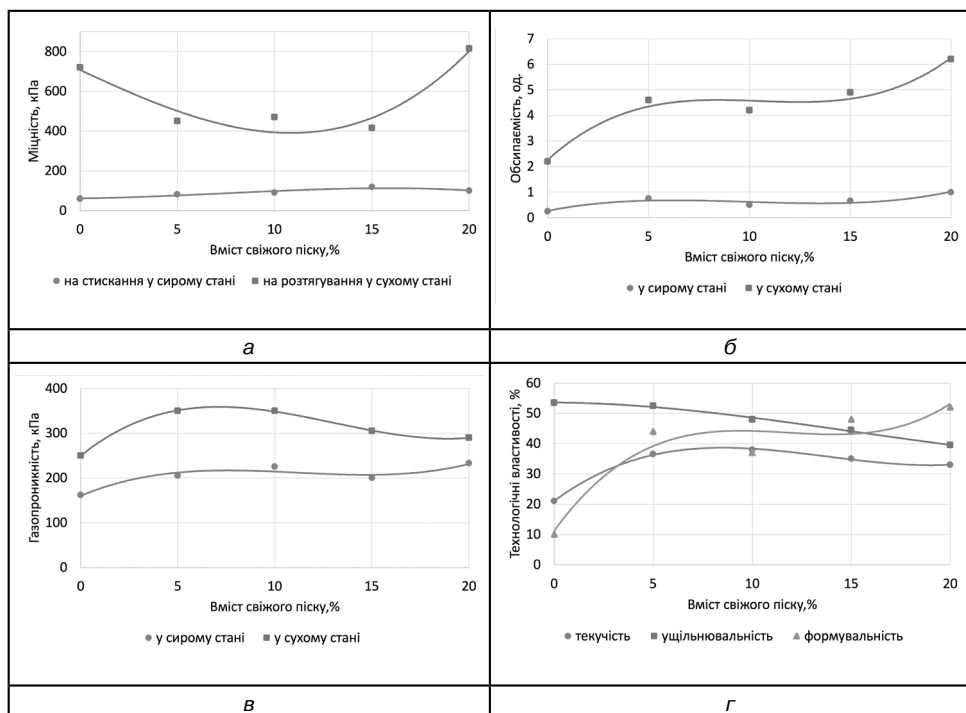


Рис. 3. Вплив кількості доданого свіжого кварцового піску на міцність на стискання *а* — у сирому та сухому станах, *б* — обсипаемість, *в* — газопроникність та *г* — технологічні властивості

Технологічні властивості, такі як текучість та формувальність, збільшуються, тоді як ущільнювальність, навпаки, зменшується зі збільшенням вмісту чистого піску (рис. 3, *г*). Додавання свіжого піску знижує внутрішнє тертя в суміші, роблячи її більш сипкою та підвищуючи рівень властивостей, які відповідають за якість відтворення сумішшю поверхні модельного оснащення.

Отримані результати демонструють, що додавання свіжого піску в цілому позитивно впливає на властивості сумішей, тому подальші дослідження проводили за умови додавання 15 % свіжого кварцового піску як достатньої кількості.

У роботі досліджено вплив гідравлічної регенерації, зокрема кількості її циклів, на властивості формувальної суміші. Встановлено, що збільшення кількості циклів регенерації призводить до покращення в першу чергу міцності на розтягування у сухому стані — з менше ніж 50 кПа для нерегенованої суміші до 335 кПа після 5 циклів регенерації (рис. 4, *а*). Після 5 циклів регенерації більше ніж удвічі знижуються значення обсипаемості як у сухому, так і в сирому станах (рис. 4, *б*). Очевидно, що позитивний вплив на міцнісні характеристики справили загальне зменшення пилоподібної фракції та очищення від неактивної глини разом зі збільшенням вмісту активної глини в суміші за рахунок додавання 7 % свіжого бентоніту.

Зменшення кількості пилоподібної фракції та неактивної глини в результаті збільшення кількості циклів регенерації позитивно впливають на газопроникність, підвищуючи її до 165 од. (рис. 4, *в*).

Видалення пилоподібних неактивних фракцій та збільшення адгезійної активності свіжої глини до зерен наповнювача у результаті очищення їх поверхонь під час регенерації призводить до зниження текучості суміші внаслідок підвищення сил внутрішнього тертя та ускладнення процесу ущільнення. Збільшення вмісту активної глини, здатної до набухання, і її зменшення у розмірах під час ущільнення призвело до збільшення ущільнювальності.

Після першого циклу вміст глинястої складової складає 10–14 %, що потрапляє в рекомендовані межі. Крім цього, відомо, що тривалість перемішування формувальних сумішей напряду впливає на розкриття зв'язувальних властивостей глин, тому подальші дослідження, спрямовані на вивчення впливу часу перемішування,

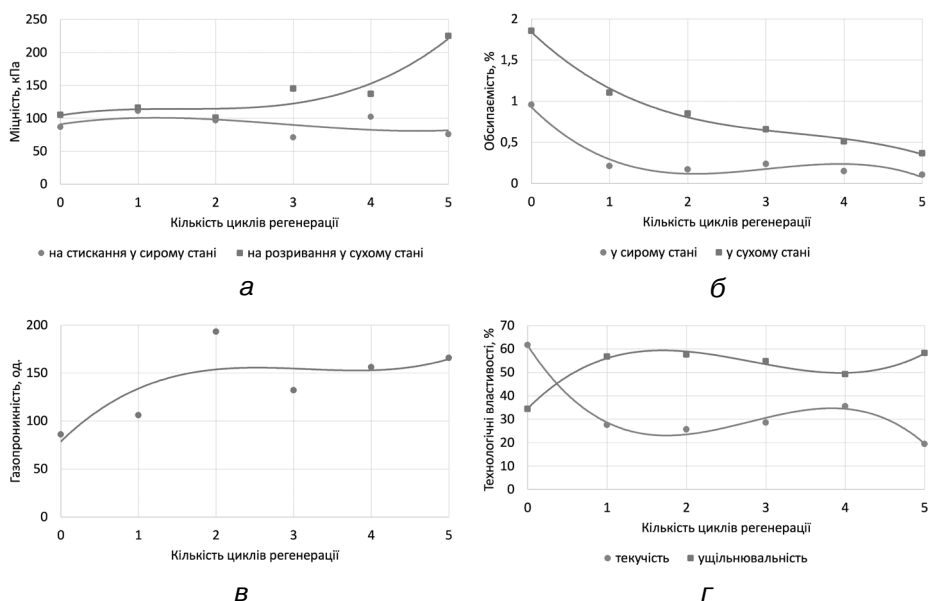


Рис. 4. Вплив кількості циклів регенерації на міцність на стискання у сирому стані, міцність на розтягання *а* — у сухому стані, *б* — обсапаємість, *в* — газопроникність та *г* — технологічні властивості

проводили із сумішшю після одного циклу регенерації з додаванням 15 % свіжого піску та 7 % глини.

Встановлено, що зі збільшенням часу перемішування з 5 до 30 хв. міцність на стискання у сирому стані залишається майже незмінною, натомість міцність на розтягання у сухому стані збільшується більше ніж у два рази — від 115 до 367 кПа (рис. 5, *а*). Також зростає поверхнева міцність у сухому стані, тобто значення обсапаємість знижуються від 1,11 % до 0,14 % (рис. 5, *б*). Покращуються газопроникність і технологічні властивості (рис. 5, *в*, *г*). Тому можна стверджувати,

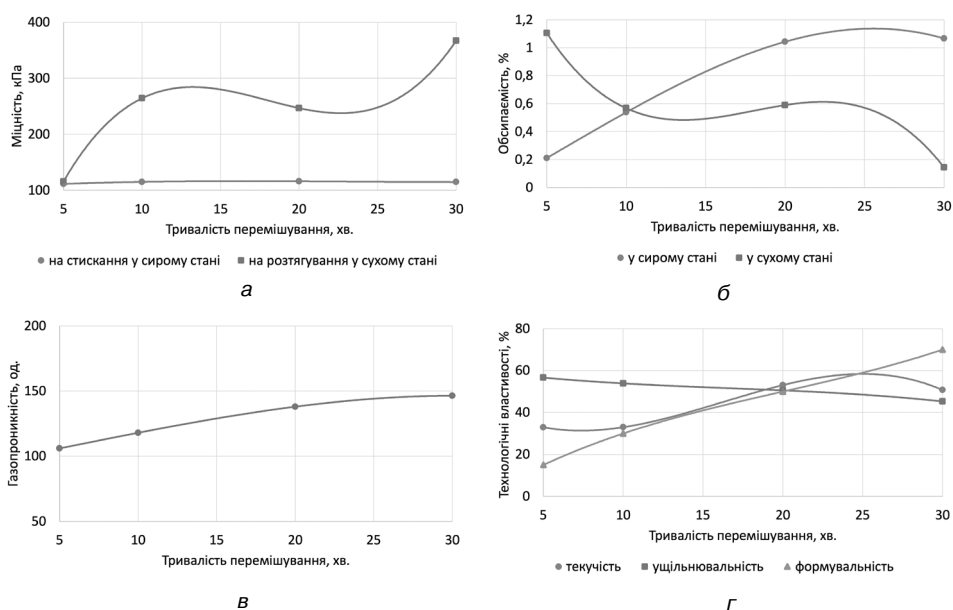


Рис. 5. Вплив часу перемішування на *а* — міцність та стискання у сирому стані та міцність на розтягання в сухому стані, *б* — обсапаємість, *в* — газопроникність та *г* — технологічні властивості

що встановлені зміни властивостей у результаті збільшення часу перемішування спричинені підвищенням рівномірності розподілу глини по поверхнях зерен піску, гомогенізацією складу суміші та збільшенням упорядкованості зерен наповнювача.

Отримані результати (рис. 5) демонструють, що достатнім часом приготування суміші на основі регенованого наповнювача, з додаванням 15 % свіжого піску та 7 % глини, є 15–20 хв. Цього часу достатньо для досягнення рівня властивостей (табл. 1), що забезпечать виготовлення форм належної якості.

Таблиця 1

Властивості оборотної суміші до та після регенерації

Властивості	Значення		Нормативний показник
	до регенерації	після регенерації	
Суміш у сирому стані			
Вологість, %	5,0	5,0	3,0–5,0
Міцність при стисканні, кПа	30	115	> 50
Газопроникність, од	46	146	> 100
Обсипаємість, %	0,29	0,21	< 1,00
Текучість, %	30	51	> 50
Формувальність, %	52	70	> 50
Ущільнювальність, %	46	45	–
Глиняста складова, %	18,9	13,3	10–14
Суміш у сухому стані			
Міцність на розтягування, МПа	34	248	> 100
Обсипаємість, %	1,2	0,14	< 1,00
Газопроникність, од.	123	225	> 100

Висновки

Для відновлення властивостей піщано-глинястої суміші, призначеної для формування по-сирому і по-сухому, ефективним є проведення від 1 до 5 циклів гідравлічної регенерації. Це дає змогу значною мірою знизити вміст неактивної глинястої складової та пилоподібних домішок, підвищити міцність і газопроникність у сирому та в сухому стані.

Показано, що для забезпечення стабільного вмісту загальної глинястої складової в суміші на рівні 10–14 %, з урахуванням додавання 5–7 % свіжої глини після регенерації, достатнім є проведення лише одного етапу гідравлічної регенерації.

Для підвищення комплексу властивостей суміші в сирому стані доцільним є додавання свіжого піску в кількості близько 15 %. Така добавка, однак, негативно позначається на міцності та обсипаємості в сухому стані через недостатню однорідність складу суміші (недостатнє розосередження глини по частинках доданого піску).

Значному покращенню властивостей суміші в сухому стані сприяє збільшення тривалості перемішування від 5 до 30 хв, що пов'язано із гомогенізацією її складу та рівномірному розосередженню глини по частинках доданого піску. Достатньою тривалістю перемішування, як встановлено, є 15–20 хв.

У результаті усього комплексу досліджень встановлено, що після проведення

одного циклу гідравлічної регенерації, додавання 7 % свіжої бентонітової глини та 15 % піску, а також забезпечення встановленої тривалості перемішування досягається збільшення міцності в сирому стані в 2 рази, міцності в сухому стані в 2,5 рази, газопроникності в 2–3 рази, зниження обсипаємості в сухому стані до рівня менше 0,3 %. Комплекс властивостей цієї оборотної суміші робить її універсальною для виготовлення сирих і сухих форм для отримання виливків із залізовуглецевих і кольорових сплавів.

Список літератури

- 1 Metal Casting Market. Allied Market Research. URL: <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/10/17/2535739/0/en/Metal-Casting-Market-Size-Worth-226-8-Billion-by-2031-CAGR-5-8-AMR.html>
- 2 Green Sand Casting Market. Dataintel. URL: <https://dataintel.com/report/global-green-sand-casting-market>
- 3 Douglas M. An Analysis of the Disposition of Used Foundry Sand with Thermal Reclamation. Graduate Research Papers. 1995. 3676. <https://scholarworks.uni.edu/grp/3676>
- 4 Josan A., Pinca-Bretotean C., & Ratiu S. Management of the regeneration process of the moulding mixtures in order to reduce the costs of the foundry type industrial enterprises. *Materials Today: Proceedings*. 2021. 45, 4161-4165. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.034>
- 5 Khan M. M., Mahajani S. M., Jadhav G. N., Vishwakarma R., Malgaonkar V., & Mandre S. A multistakeholder approach and techno-economic analysis of a mechanical reclamation process for waste foundry sand in the Indian context. *Resources, Conservation and Recycling*. 2021. 167, 105437. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105437>
- 6 Khan M. M., Mahajani S. M., & Jadhav G. N. Transformation of bentonite used in green sand molds during metal casting process and its relevance in sand reclamation. *Applied Clay Science*. 2021. 206, 106072. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2021.106072>
- 7 Khan M. M., Singh M., Mahajani S. M., Jadhav G. N., & Mandre S. Reclamation of used green sand in small scale foundries. *Journal of Materials Processing Technology*. 2018. 255, 559-569. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2018.01.005>
- 8 Cruz N., Briens C., & Berruti F. Green sand reclamation using a fluidized bed with an attrition nozzle. *Resources, Conservation and Recycling*. 2009. 54 (1), 45-52. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.06.006>
- 9 Sabour M. R., Akbari M., & Dezvareha G. Utilization of color change and image processing to evaluate the Waste Foundry Sand reclamation level. *Journal of Materials Research and Technology*. 2020. 9 (1), 1025-1031. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.11.041>
- 10 Zanetti M. C., & Fiore S. Foundry processes: the recovery of green moulding sands for core operations. *Resources, Conservation and Recycling*. 2003. 38 (3), 243-254. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(02\)00154-4](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(02)00154-4)

Received 13.06.2025

I. M. Huriia, PhD (Engin.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Foundry Production; e-mail: guriya@ukr.net; ORCID 0000-0003-0394-9708, Web of Science Researcher ID: AAA-9338-2022

R. V. Liutyi, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Foundry Production; e-mail: rvl2005@ukr.net; ORCID 0000-0001-6655-6499; Web of Science Researcher ID: ABC-2809-2020

Y. O. Smirnova, PhD, Senior Lecturer of the Department of Foundry Production; e-mail: yana.luschay@gmail.com; ORCID 0000-0002-6371-3716; Web of Science Researcher ID: AAA-9477-2022

A. K. Bondar, higher education student

National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (Kyiv, Ukraine)

STABILIZATION OF UNIVERSAL SAND-CLAY MIXTURE PROPERTIES BY HYDRAULIC RECLAMATION

Increasing the level of environmental friendliness and introducing waste-free technologies are necessary tasks of modern successful production. Casting in sand-clay molds, despite its long history, remains one of the most common and environmentally effective methods of casting manufacturing. Currently, about 70% of foundry waste consists of spent mixtures. Therefore, the mixture reclamation issue is relevant both from the point of view of increasing the environmental friendliness of production and from the point of view of reducing the cost of casting. The article is devoted to studying the influence of the reclamation process on the properties of a reversible sand-clay mixture for castings manufacturing from alloys of ferrous and non-ferrous metals in raw and dry casting molds. It was established that increasing of hydraulic reclamation cycle numbers leads to decrease of clay component amount to a level corresponding to quartz group sands (within 2,0%). Adding of fresh sand up to 20% to the regenerated mixture allows to increase the level of properties in the wet state. Increasing of reclamation cycle number cycles also has a positive effect on the physical, mechanical, and technological properties of mixtures with the addition of fresh sand and clay. However, one (first) reclamation cycle is enough to reduce the content of the clay component to the recommended limits. Increasing the mixing time of the regenerated mixture with added fresh sand and clay to 15–20 min has a positive effect on the properties of the mixture in the dry state, which is associated with the homogenization of its composition and uniform dispersion of clay over the particles of the added sand. Thus, the mixture after one regeneration cycle, for which a set mixing time with added fresh sand and clay is provided, is universal for wet and dry molds manufacturing for producing for ferrous and non-ferrous castings.

Keywords: reversible mixture, reclamation, moldind mixture, quartz sand, clay, technological properties.