

ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО

**РЕГЕНЕРАЦІЯ ЛАБОРАТОРНОЇ  
ПЩАНО-ГЛИНЯСТОЇ СУМІШІ ПІСЛЯ БАГАТОРАЗОВОГО  
ВИКОРИСТАННЯ**

**Шифр «Регенерація суміші»**

2018

## АНОТАЦІЯ

Структура роботи: 3 розділи, основна частина 32 с., 20 рис., 3 табл., 17 першоджерел.

Актуальність теми. Суміш із лабораторії кафедри ливарного виробництва чорних та кольорових металів є універсальною, тому що її застосовують і для сирої і для сухої формовки. Її багаторазово використано впродовж декількох років для виготовлення навчальних, художніх виливків та дослідних промислових зразків. Номенклатура сплавів: силуміни; бронза олов'яниста; чавуни сірі, високоміцні та леговані; сталі вуглецеві та високолеговані. На сьогодні вміст глинястої складової біля 20%, газопроникність <70 одиниць, а для забезпечення міцності при стисканні >50 кПа необхідно додавати 7...8% вологи та прикладати значні зусилля при ущільненні. Якість поверхонь виливків із чавуну і сталі, навіть у сухих формах, незадовільна. Необхідно проводити комплексну регенерацію цієї суміші для відновлення її властивостей і забезпечення належної якості литва.

Об'єкт дослідження. Оборотна піщано-глиняста формувальна суміш.

Предмет дослідження. Зерновий склад, фізико-механічні та технологічні властивості суміші; якість виливків із залізобуглецевих і кольорових сплавів.

Мета роботи. Проведення регенерації піщано-глинястої лабораторної суміші до забезпечення рівня фізико-механічних і технологічних властивостей, достатнього для отримання якісних виливків із алюмінієвих, мідних та залізобуглецевих сплавів.

Методи дослідження. Проведення мокрої регенерації та освіження додаванням річкового піску і бентонітової глини; визначення фізико-механічних та технологічних властивостей у сирому та сухому станах за стандартними методиками.

Практичне значення отриманих результатів. Після мокрої регенерації видалено біля 90% пилоподібної фракції; регенована суміш із 7% бентонітової глини має на 10...15% більшу міцність у сирому стані, газопроникність понад 150 од. Додавання до 20% свіжого піску дає змогу підвищити рівень властивостей у сирому стані і не впливає на властивості в сухому стані. Суміш придатна для виготовлення якісних виливків із різних сплавів.

**БЕНТОНІТОВА ГЛИНА, ВИЛИВОК, ВЛАСТИВОСТІ, ГЛИНЯСТА СКЛADOVA, ЗЕРНОВИЙ СКЛАД, РЕГЕНЕРАЦІЯ, ФОРМУВАЛЬНА СУМІШ**

## ЗМІСТ

|  | с. |
|--|----|
| 1 ПРОЦЕСИ ПРИГОТУВАННЯ ТА РЕГЕНЕРАЦІЇ ФОРМУВАЛЬНИХ СУМІШЕЙ.....      | 4  |
| 1.1 Область використання формувальних піщано-глинястих сумішей ....  | 4  |
| 1.2 Роль формувальних сумішей у забезпеченні якості виливків.....    | 7  |
| 1.3 Технології регенерації та відновлення властивостей сумішей ..... | 10 |
| 1.4 Висновки і постановка задач .....                                | 16 |
| 2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....   | 18 |
| 2.1 Матеріали для приготування суміші .....                          | 18 |
| 2.2 Методика регенерації суміші .....                                | 19 |
| 2.3 Приготування сумішей.....  | 20 |
| 2.4 Визначення властивостей.....                                     | 20 |
| 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....                                      | 23 |
| 3.1 Оцінка якості лабораторної суміші .....                          | 23 |
| 3.2 Вплив мокрої регенерації на властивості суміші .....             | 25 |
| 3.3 Вплив свіжого піску на властивості суміші .....                  | 27 |
| 3.4 Оцінка ефективності регенерації .....                            | 31 |
| 3.5 Оцінка якості литва .....  | 33 |
| ВИСНОВКИ.....  | 35 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....  | 36 |

# 1 ПРОЦЕСИ ПРИГОТУВАННЯ ТА РЕГЕНЕРАЦІЇ ФОРМУВАЛЬНИХ СУМІШЕЙ

## 1.1 Область використання формувальних піщано-глинястих сумішей

Для сирих піщано-глинястих форм економічно найефективнішим матеріалом є бентоніт. У країнах СНД для потреб ливарного виробництва на даний час споживається близько 15% всього використовуюваного в них бентоніту, тоді як в Європі цей показник становить понад 50% [3].

Частка литва, одержуваного в сирих формах, складає в Японії – 40%, Німеччині – 40%, Англії – 39%, Франції – 39%. Більш свіжі дані маркетингових досліджень фірми "ІКО Minerals GmbH" свідчать, що в загальному обсязі випуску лиття промислово розвинених країн 65...70% сталевих і чавунних виливків виготовляють у формах з піщано-глинястих сумішей (ПГС) і ця тенденція буде зберігатися в майбутньому. Витрата бентоніту на виготовлення 1 т виливків з чавуну на даний час складає 60...90 кг, а із сталі – 90...120 кг.

Один із основних «інструментів» цієї технології – єдина ПГС. Її склад і властивості зазвичай підбирають залежно від способу ущільнення, розміру і конструкції опок, способів їх транспортування і вибивання, а також вимог до якості поверхні і геометричної точності виливків. При цьому основна проблема – підтримка заданих складу і властивостей суміші в процесі її рециркуляції або багаторазових оборотів, що досить складно, так як в умовах багатомініклатурного виробництва можуть істотно змінюватися теплові навантаження на суміш при виготовленні виливків різної маси, кількість використовуваних стрижнів і їх залишків, які потрапляють в оборотну суміш при вибиванні, величини втрат суміші з виливками, з вентиляцією тощо. До недавнього часу облік всіх цих змінних факторів був неможливим, що призводило до різких коливань складу суміші [4].

Глина являє собою гірську породу полімінерального землистого виду, яка утворює із водою пластичну масу, здатну зберігати надану їй форму. У складі глин розрізняють глинясту та неглинясту частини, органічні домішки, обмінні іони та солі. Глиняста частина представлена гідросилікатами алюмінію, які називаються глинястими мінералами [5].

Головні мінерали глин: каолінит  $(Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$  – скорочено  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ), монтморилоніт (від Ca, Na)  $(Mg, Fe_2)(OH)_2 \cdot nH_2O$  до (Na, Ca)  $(Al, Mg)_2 \cdot [AlSi_3O_{10}] \cdot nH_2O$  – скорочено  $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O \cdot nH_2O$ , гідрослюди  $(K_X(H_2O)_N Al_2[Si_{4-X}Al_XO_{10}](OH)_2)$  – де  $X \leq 0,5$ ,  $N \leq 1,5$ .

Глинясті мінерали є представниками групи шаруватих силікатів. У основі будови більшості з них лежать два структурних елементи [6]. Перший – глиноземний елемент – складається із двох шарів щільно упакованих атомів кисню або гідроксильних груп, між якими на однаковій відстані в октаедричній координації розташовуються атоми алюмінію. Глиноземні (алюмокисневі) шари мають склад  $Al(OH)_6$ . Другий елемент складається із кремнекисневих тетраедрів, у яких атом кремнію рівновіддалений від чотирьох атомів кисню або гідроксильних груп. Це кремнеземний шар.

Формувальні глини поділяють на три основні класи [1, 7]: бентонітові – основним мінералом у них є монтморилоніт (від 30% до 90%); каолінові – основним мінералом є каолінит; полімінеральні – основним є інший глинястий мінерал, або жоден із мінералів не переважає за відсотковим складом.

Найбільш об'єктивним параметром якісної оцінки глини у формувальних сумішах є поняття «активна глина», під яким розуміють вміст у суміші виключно глинястих мінералів, які мають зв'язувальну здатність [7].

Зв'язувальна здатність глин виражається у двох основних параметрах:

1. Схильність до водопоглинання та набухання. Ця схильність, у свою чергу, залежить від:

- будови кристалічної ґратки;
- міжшарової відстані у кристалічній ґратці.

2. Схильність до іонного обміну. Вона залежить від:

- наявності у кристалічній ґратці іонів активних металів (Na, K, Ca, Mg);
- незрівноваженості заряду кристалічної ґратки.

Кристалічна ґратка монтморилоніту (рис. 1.1, а) складається із двох кремнеземних шарів і розташованого між ними глиноземного шару. Така структура здатна до активного водопоглинання (залучення молекул води у міжшарові проміжки). Кристалічна ґратка каолініту складається із одного кремнеземного і одного глиноземного шарів. Міцний зв'язок структурних шарів у кристалах каолініту за допомогою водневих зв'язків ускладнює можливість проникнення дисперсійного середовища (води) у міжплощинний простір. Молекули води можуть лише адсорбуватись на поверхні із ОН-груп.

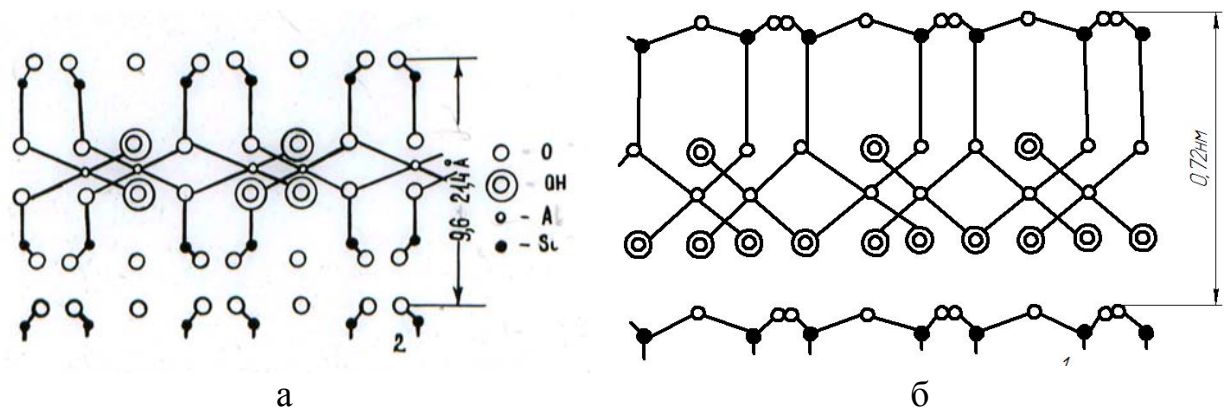


Рисунок 1.1 – Схеми будови кристалічних ґраток монтморилоніту (а) і каолініту (б)

Міжшарова відстань у ґратці монтморилоніту 0,96 нм, а у каолініту 0,72 нм. Це є другим фактором, який погіршує здатність до водопоглинання каолінових глин. Внаслідок активного поглинення води міжшарова відстань монтморилоніту збільшується у три рази – до 2,14 нм, а частинка глини при цьому збільшується в об'ємі у 10...15 разів [7].

При нагріванні волога випаровується, і глинясті оболонки в суміші переходять із пластичного (м'якого) стану в твердий, тим самим значно збільшуючи міцність системи. Але для бентонітових глин процес

висушування спостерігається значною усадкою, і через це кінцева міцність менша у порівнянні з каоліновою глиною [8].

Кожен з етапів видалення води, а також розпаду глинястої речовини на вільні молекули глинозему і кремнезему, супроводжується зростанням міцності. Збільшення рівня міцності при руйнуванні глинястої речовини (при стисканні до 4...7 МПа при 15% глини в суміші) пояснюється тим, що зв'язувальна дія глини зумовлена не міцністю її окремих кристалів, а ступенем їх зв'язку між собою. Молекули, які раніше належали двом різним кристалам, при руйнуванні ґратки можуть досягти більшого контакту між собою і стати більшою мірою взаємозв'язаними. Матеріал формувальної суміші стає за таких умов більш однорідним, а тому міцним. У результаті вибиваємість виливків із глинястих форм може бути ускладненою за умови їх значного прогрівання [9].

Форми, виготовлені з піщано-бентонітових сумішей, використовують для формовки по-сирому. Форми з піщано-каолінової суміші сушать при температурах 200...350 °С.

Постачають глини у порошкоподібному або у комовому вигляді. Для порошкоподібного стану ГОСТ 3226-93 регламентує гранулометричний склад, згідно з яким залишок глини при просіюванні не повинен перевищувати 3% на ситі з розміром вічка 0,4 мм та 10% на ситі з розміром вічка 0,16 мм, тобто більше 87% за масою глини повинна мати часточки, розмір яких менше 0,16 мм.

## **1.2 Роль формувальних сумішей у забезпеченні якості виливків**

За сучасною класифікацією [10] існує 5 груп дефектів литих деталей:

- невідповідність геометрії (налічує 14 різних дефектів);
- дефекти поверхні (13 різновидів);
- несучільності в тілі виливка (16 різновидів);
- вкраплення (4 різновиди);

– невідповідність структури (3 різновиди).

Проведений нами аналіз показав, що із 50 загальновідомих дефектів 22 (або 44%) тією чи іншою мірою пов'язані із якістю ливарної форми і виникають через її незадовільні властивості. До переліку таких дефектів відносяться недолив, обтиск, подутість, стрижневий залив, незалив, прорив металу, пригар, ужимина, наріст, просік, груба поверхня, газова шорсткість, засміченість, гаряча тріщина, холодна тріщина, газова раковина, ситоподібна раковина, піщана раковина, газова пористість, скипання, неметалеві вкраплення, відбіл.

Формування по-сирому з успіхом може застосовуватися для широкого асортименту виливків, але для цього суміш повинна готуватися з якісних і добре підготовлених матеріалів (тонко розмелені глини, кам'яне вугілля та ін.) Обстеження зарубіжних ливарних цехів показало, що 45...55% втрат від браку виливків обумовлено коливаннями складу і, відповідно, властивостей ПГС. Відмінності в їх властивостях пов'язані:

- на 10...20% – з неточністю дозування і незадовільною роботою сумішоприготувального обладнання;
- на 20...25% – з коливаннями властивостей вихідних матеріалів;
- на 40...60% – з нестабільним складом оборотної ФС внаслідок різного термічного навантаження при виготовленні виливків [4].

Бентоніт є найважливішим компонентом суміші, і його властивості багато в чому зумовлюють якість форми. Найважливішими показниками якості бентоніту є міцність суміші при стисканні, міцність при розриванні в зоні конденсації вологи, термостійкість, швидкість засвоєння води, а також залишкова міцність у висушеному стані, чим зумовлюється вибиваємість форм. Непрямими показниками якості бентоніту є такі показники як колоїдальність і величина водопоглинання.

Вода – одна з важливих складових ПГС, яка значною мірою визначає їх основні властивості – міцність, здатність до ущільнення, газотвірність, вибиваємість, схильність до утворення багатьох дефектів виливків [11].



Фактично вода у формі є вкрай небажаним компонентом з точки зору якості одержуваних виливків, але без неї неможливо забезпечити необхідну зв'язувальну здатність бентоніту. Тому бажано працювати з сумішшю з мінімальним вмістом води.

Найважливішими властивостями формувальних сумішей, які завжди регламентуються і контролюються, є вологість, газопроникність, міцність по-сирому і міцність по-сухому (для стрижнів і форм, висушуваних перед заливанням). Решта властивостей – схильність до утворення пригару, газотвірність, формувальність, гігроскопічність, міцність при високій температурі, податливість, прилипаємість, вибиваємість, схильність до утворення ужимин, зазвичай відпрацьовуються при підборі складу формувальної суміші і потім періодично контролюються.

Як показують результати численних досліджень і практика роботи ливарних цехів, коливання складу та властивостей ПГС – основна причина раптових спалахів дефектів і браку виливків – ужимин, «вибухового» пригару, ситоподібної пористості, обвалу тощо. Наприклад, одночасне підвищення міцності і зниження ущільнювальності (підвищення насипної щільності) може призвести до виникнення «вибухового» пригару. Протипригарні компоненти суміші – вугілля, мазут та інші, обумовлюючи виділення піролітичного (блискучого) вуглецю, сприяють запобіганню пригару на чавунних виливках. Але при збільшенні їх вмісту вище оптимального рівня внаслідок надлишку блискучого вуглецю може виникнути дефект «складчастість». Чим більше відхилення складу і властивостей сумішей від оптимальних, тим важче наслідки [4].

Важливий компонент суміші (не баласт!) – неактивна частина загальної глинястої складової, при підвищенні якої в складі суміші зменшується витрата свіжого піску. Практичний вміст дрібної фракції в єдиних формувальних сумішах, залежно від специфіки виробництва виливків, має становити 9...12%. Критичний вміст загальної глинястої складової для високоміцних сумішей – 15%, вище починається утворення

грудок, підвищується ймовірність виникнення ужимин і «вибухового» пригару [4].

До добавок, які стабілізують вологість сумішей, відносяться продукти, які містять крохмаль. Вони покращують відбиток моделі і підвищують міцність суміші у вологому і сухому станах, а також у зоні конденсації вологи, знижують обсипаємість форм, оберігають кромки форми від передчасного обсихання. Ці добавки поліпшують також вибиваємість виливків з форм [1, 12, 13].

### **1.3 Технології регенерації та відновлення властивостей сумішей**

Основу будь-якої формувальної суміші складає наповнювач, вміст якого, як правило, більший за 90%. Наповнювачі являють собою вогнетриви різного мінералогічного складу. При цьому відомо, що формувальна суміш, яка вже була використана для виготовлення разових форм, може бути використана повторно один чи декілька разів.

Літературні дані свідчать, що під час виготовлення чавунних і сталевих виливків масою до 100 кг методом формування по-сирому частка оборотної суміші становить 85...95% в єдиних і наповнювальних композиціях, 40...75% в облицювальних композиціях. Для формування по-сухому оборотна суміш міститься у кількості 30...90%, залежно від масової групи виливків [1, 8, 14, 15, 16, 17].

**Оборотна суміш** – формувальна (стрижнева) суміш, яка після вибивання форми використовується як наповнювач для приготування нової суміші.

**Відпрацьована суміш** – формувальна (стрижнева) суміш, яка після вибивання форми не може бути використана повторно і вивозиться у відвали.

У відпрацьованих сумішах, які вивозяться у відвал, міститься до 80% кварцового піску і до 8% металу. Для відвалів відпрацьованих сумішей необхідні великі земельні площі. Щорічно вивозиться у відвали близько 80% відпрацьованих сумішей (від загального об'єму), для перевезення яких

потрібні тисячі залізничних вагонів. Тому **багаторазове використання формувальних матеріалів є важливою проблемою ливарного виробництва.** Це є добрим прикладом ресурсоощадної технології.

Перероблення формувальних сумішей, які були у використанні, має мету наблизити (відновити) властивості формувальних пісків у них до властивостей свіжих пісків. Таке перероблення називають регенерацією. Вона має величезне економічне й екологічне значення.

**Регенерат** – це оборотна суміш, яка пройшла ряд послідовних операцій очищення (регенерацію). За мінералогічним і гранулометричним складом регенерат наближений до свіжого піску.

З точки зору можливості повторного використання вибиті з форм суміші можна поділити на три групи [8]:

- формувальна суміш, вибита з опок ( $4...12 \text{ м}^3/\text{тонну}$  виливків, або  $90...95\%$  усієї формувальної суміші). Значна частина її після перероблення використовується повторно;

- стрижнева суміш, вибита з виливків ( $0,60...0,75 \text{ м}^3/\text{тонну}$  виливків). Через значне прогрівання стрижнів, основна частина цієї суміші спікається. Тому повторному використанню підлягає лише  $30...60\%$ , решта йде у відвал;

- формувальна суміш, видалена з поверхні виливків при їх очищенні ( $0,16...0,35 \text{ м}^3/\text{тонну}$  виливків, або  $5...10\%$  усієї формувальної суміші). Ця суміш повторно не використовується через значні зміни її властивостей.

Загальну кількість формувальних сумішей, які йдуть у відвал, необхідно компенсувати введенням свіжих формувальних матеріалів – піску і глини. Для середнього машинобудівного литва кількість свіжих матеріалів дорівнює  $0,7...0,9 \text{ м}^3/\text{тонну}$  виливків [8].

Відомо, що при заливанні металу і при подальшому контакті його з формою (її компонентами) у шарі формувальної суміші, який прогривається до високих температур, відбувається ряд фізичних, хімічних і фізико-хімічних змін: модифікаційні перетворення кварцу, які призводять до збільшення кількості пилу в суміші, горіння та розпад зв'язувальних та

інших органічних добавок, що призводить до утворення золи, коксу, сажистого вуглецю й запилення сумішей. Формувальні глини після втрати кристалізаційної води при нагріванні втрачають зв'язувальну здатність і також наповнюють суміш пилом.

Пилоподібна фракція піску закупорює пори між піщинками, поглинає зв'язувальний компонент, в результаті цього практично не надає міцності і знижує газопроникність формувальних сумішей. Тому пилоподібну фракцію необхідно видаляти з оборотних сумішей для повторного їх використання.

Якщо термін виготовлення крупних виливків досить великий, а освіження не коригується, властивості ПГС можуть різко змінитися. Відбувається перерозподіл складу так званої глинястої фракції в бік збільшення відносної кількості неактивних дрібних частинок, які зазвичай не повинні перевищувати 30...50% від активного бентоніту. При зменшенні їх кількості зазвичай збільшується чутливість суміші до перезволоження, тобто зменшується різниця допустимої вологості суміші в одному і тому ж інтервалі ущільнювальності (насипної щільності). Збільшення кількості неактивних дрібних частинок в суміші понад допустиме призводить до утворення грудок в суміші, погіршення умов ущільнення форми і якості поверхні виливків, збільшення трудомісткості очисних робіт [4].

Легкоплавкі домішки, які вміщують лужні сполуки, призводять до спікання окремих зерен піску і утворення міцних шматків (грудок) суміші. Ці грудки необхідно подрібнити, відсіяти крупні шматки і видалити утворений пил.

При складанні форми використовуються також різні допоміжні матеріали: гачки, цвяхи, формувальні шпильки тощо. Усі ці металеві предмети після вибивання форми залишаються в оборотній суміші. Але їх наявність там є небажаною з точки зору приготування нової суміші. Тому металеві частинки потрібно обов'язково видалити.

Після значного термічного удару, який сприймає на себе формувальна суміш при заливанні розплавом, деякі зерна наповнювача внаслідок

швидкого проходження поліморфних перетворень кварцу розтріскуються і розпадаються на частини неправильної (складної) форми. Наявність таких зерен наповнювача в оборотній суміші значно знижує властивості. На жаль, якимось чином відокремити ці зерна або виправити їх форму неможливо.

Основні операції регенерації [7]:

- видалення металевих частинок (краплі та бризки металу, формувальні шпильки і т. ін.);
- видалення спечених шматків, їх розмелювання і просіювання;
- очищення піщинок від плівок затверділих зв'язувальних компонентів;
- видалення пилоподібної фракції;
- класифікація піску за зерновим складом.

Можливість проведення регенерації залежить від того, який зв'язувальний компонент використаний в суміші. З точки зору зручності відновлення і багаторазового використання суміші класифікуються у вигляді табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Придатність для регенерації сумішей з різними ЗК

| Придатні до багаторазового використання із незмінним рівнем властивостей | Придатні до повторного використання після неповної регенерації | Необхідна повна регенерація   | Регенерація практично неможлива |
|--|--|---|---------------------------------|
| Формувальні глини, ЛСТ,  | Масла, полісахариди, цементи, гіпс, смоли карбамідні, фосфати  | Смоли карбамідо-фуранові, фенол-формальдегідні, феноло-фуранові, поліфуранові | Рідке скло, гіпс, етилсилікат   |

### 1.3.1 Механічна регенерація

Суміш, вибита з опок, перетирається між двома дисками з абразивного матеріалу, зазор між якими становить розмір у декілька піщинок. Таким чином, піщинки труться не тільки об абразивну поверхню, а й між собою. При цьому відбувається подрібнення спечених грудок, а в основному – відтираються плівки зв'язувальних компонентів з поверхонь зерен піску.

Одним із різновидів механічних способів регенерації є дробометна. При безопочному формуванні можливим є об'єднання процесів вибивання та очищення виливків за допомогою дробу на автоматичних лініях. У барабанах безперервної дії потік дробу розбиває ком форми, спечені грудки, очищує поверхню виливків і частково видаляє плівки зв'язувальних компонентів (глини, ЛСТ тощо), які мають невелику міцність зчеплення з поверхнею піщинок.

### **1.3.2 Пневматична регенерація**

Суть пневматичного методу регенерації полягає у використанні енергії високошвидкісного повітряного потоку під тиском 0,02...0,03 МПа [8]. Для цього суміш розганяють повітряним напором, а потім її рух різко гальмують при ударі об відбійний щит (ковпак). Піщинки при цьому піддаються удару і тертю, в результаті чого інертні плівки відокремлюються від піщинок.

Пневматична регенерація є єдиним способом, при якому можливо відновити властивості суміші з рідким склом. Швидкість розгону рідкоскляних сумішей має бути 46...50 м/с, число циклів перегонки піску 8...10. За такого режиму пневматична регенерація дозволяє майже повністю звільнити поверхні піщинок від оболонок затверділого рідкого скла.

Для піщано-глинястих формувальних сумішей достатньо швидкості розгону суміші 25 м/с.

### **1.3.3 Гідравлічна регенерація**

Спосіб полягає у відмиванні від піщинок пилоподібної фракції і плівок зв'язувального компонента у потоці проточної води з наступним висушуванням.

Суміш заливають водою і спрямовують потік з великою швидкістю. На шляху потоку розташовані ємності (відстійники) для осідання піску. При цьому важкі зерна піску осідають у першому відстійнику, а більш легкі –

залишаються підвішеними у воді й осідають у наступних відстійниках. Пилоподібна фракція уноситься потоком води і не осідає.

Гідравлічна регенерація дозволяє видалити з суміші формувальну глину або різні водорозчинні зв'язувальні компоненти, активувати поверхню зерен піску і розділити пісок за величиною зерна. Великою перевагою цього способу є відсутність пилу.

Недоліками способу є велика витрата води (15 м<sup>3</sup>/тонну суміші) для промивання піску і для освітлення відпрацьованої води, необхідність зневоднення і наступного сушіння піску, на яке додатково витрачається паливо, і потреба у великих виробничих площах.

### **1.3.4 Термічна регенерація**

При цьому способі оборотна суміш прожарюється у печах при 500...800 °С з наступним охолодженням і повітряною сепарацією.

Плівки зв'язувального компонента та усі органічні складові вигорають. Спосіб використовується для сумішей з органічними зв'язувальними компонентами (особливо із смолами). У результаті прожарювання піску активується його поверхня, що сприяє підвищенню міцності сумішей. Спосіб найдорожчий через значні витрати енергії на нагрівання і наступне охолодження, тому його раціонально використовувати для дорогих сумішей, наприклад на основі цирконового піску із синтетичними смолами.

### **1.3.5 Приготування сумішей**

Найважливішим процесом, який відбувається при перемішуванні, є нанесення плівок зв'язувального компонента на поверхню зерен наповнювача. Науково обґрунтовано залежність товщини плівок зв'язувального компонента від його поверхневого натягу. Так, синтетичні смоли, які мають низький поверхневий натяг, утворюють найтонші плівки (2...3 мкм), і при низькому вмісті таких зв'язувальних компонентів (1...2%)

у суміші досягається висока міцність. Щодо формувальної глини, то утворена нею в суміші водо-глиняста паста має високий поверхневий натяг, товщина утворених плівок 30...40 мкм, і тому вміст глини в суміші має складати 4...12% [7, 8].

Якщо піщинки мають неправильну геометричну форму й дефекти на поверхні (тріщини, раковини тощо), на них витрачається більша кількість зв'язувального компонента. Суміші з округлою формою зерен потребують меншої кількості зв'язувального компонента.

При збільшенні тривалості перемішування ступінь розосередження зв'язувальних плівок по поверхні піщинок збільшується, що призводить до підвищення міцності суміші.

ПГС в умовах сучасного ливарного виробництва є багатокомпонентною системою багаторазового використання, яка складається з наповнювача, зв'язувальних матеріалів, води і різних технологічних добавок.

Для забезпечення сталості складу і властивостей суміші, що знаходиться в обороті, необхідно стабілізувати загальну кількість цієї суміші і співвідношення між окремими її компонентами. Загальна кількість оборотної суміші зазвичай залежить не тільки від обсягу випуску виливків, але і від оборотності суміші. На оборотність суміші впливають як її загальна кількість в цеху, так і співвідношення між витратою суміші на формування і випуском придатних виливків. Залежно від маси виливків, це співвідношення коливається від 5:1 до 20:1, причому зі зменшенням маси воно зростає.

#### **1.4 Висновки і постановка задач**

Внаслідок тривалої експлуатації у сумішах накопичується значна кількість шкідливих домішок (пил, вуглецеві та органічні добавки, неактивна глина, тощо). Вони знижують міцність, газопроникність та технологічні властивості сумішей, призводять до появи у виливках дефектів.



Суміш у ливарній лабораторії кафедри ливарного виробництва чорних і кольорових металів КПІ ім. І. Сікорського (загальний обсяг близько 3 тонн) використовується багато років із невеликим відсотком освіження. Вона витримала понад тисячу заливань алюмінієвими, мідними сплавами, чавуном та сталлю. На сьогодні вміст глинястої складової біля 20%, газопроникність <70 одиниць, а для забезпечення міцності при стисканні >50 кПа необхідно додавати 7...8% вологи та прикладати значні зусилля при ущільненні. Якість поверхонь виливків із чавуну і сталі, навіть у сухих формах, незадовільна. Нанесення протипригарного покриття ускладнене через підвищену обсипаємість.

Таким чином, суміш потребує або повної заміни, або комплексної регенерації. Зважаючи на необхідність економії матеріалів та можливість виникнення аналогічних проблем у подальшому, в роботі прийнято рішення про регенерацію лабораторної суміші.

**Мета роботи:** проведення регенерації піщано-глинястої лабораторної суміші до забезпечення рівня фізико-механічних і технологічних властивостей, достатнього для отримання якісних виливків із Al, Cu- і Fe-C-сплавів.

**Задачі:**

1. Проаналізувати варіанти процесів регенерації та відновлення властивостей формувальних сумішей.
2. Встановити вплив мокрої регенерації на зміну основних показників суміші.
3. Дослідити вплив типу і кількості формувальної глини на властивості оборотної суміші.
4. Встановити мінімально необхідний відсоток освіження оборотної суміші за рахунок кварцового піску для забезпечення її необхідних властивостей.
5. Порівняти якість виливків, отриманих з використанням оборотної та регенерованої сумішей.

## 2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Матеріали для приготування суміші

Наповнювачем формувальної суміші є річковий пісок на основі кварцу, який добувають у місті Києві. Проведено лабораторний аналіз даного піску з метою встановлення вмісту глинястої складової, а також його гранулометричних показників. Визначення глинястої складової здійснено на приладі моделі 021 у точній відповідності до ГОСТ 29234.1–91. Зерновий аналіз проведено відповідно до ГОСТ 29234.3–91 на приладі моделі 029, оброблення даних здійснено у комп'ютерній програмі «GranN».

Результат гранулометричного аналізу наведено на рис. 2.1.

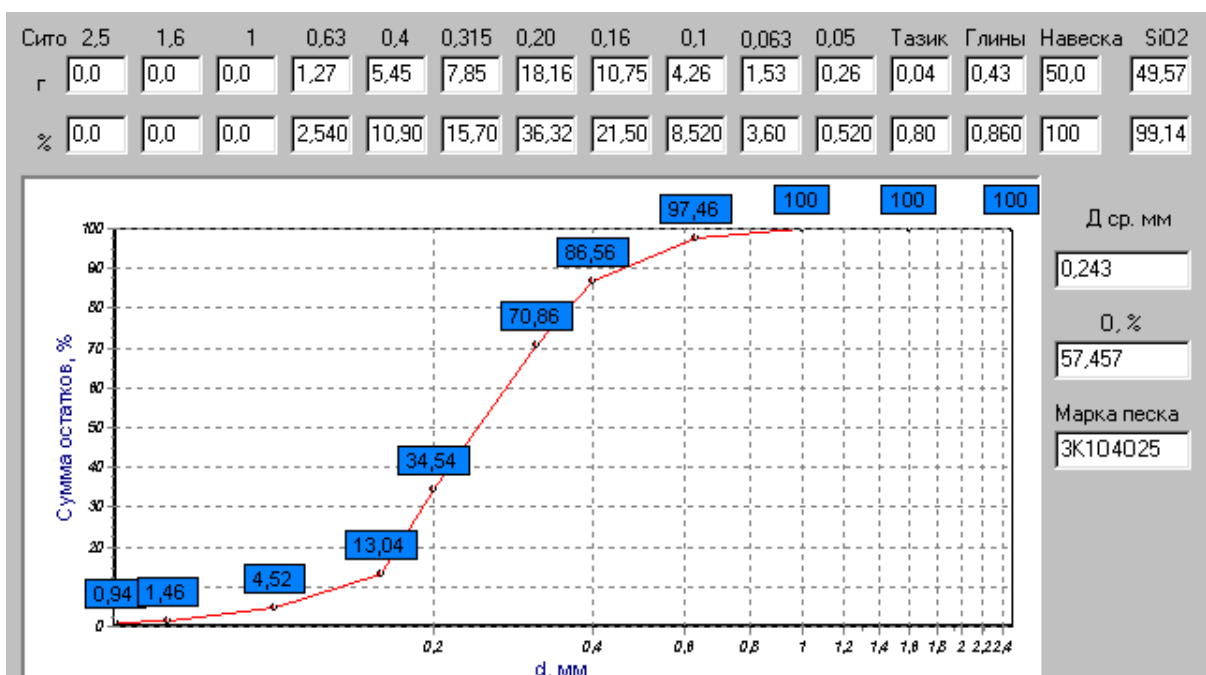


Рисунок 2.1 – Ситовий аналіз піску

Установлено, що пісок відноситься до кварцових, має середній (0,86%) вміст глинястої складової та розмір зерен 0,243 мм.

У ливарній лабораторії застосовують глину, марка якої постачальниками не вказана. Для її встановлення проведено стандартне випробування за ГОСТ 3226-77:

– приготували суміш, яка містить 90% піску, 10% глини і 4% води. Визначили міцність у сирому стані, середнє значення якої дорівнює 0,0136 МПа. За цим показником глина не може бути віднесена навіть до класу «слабкозв'язувальна»;

– приготували суміш, яка містить 95% піску, 5% глини і 7% води. Визначили міцність у сухому стані, середнє значення якої дорівнює 0,05 МПа. За цим показником глина не може бути віднесена навіть до класу «слабкозв'язувальна».

Таким чином, присвоїли глині марку КМЗТ<sub>3</sub>, але навіть цій найнижчій марці вона не відповідає. Тому прийнято рішення про заміну цього зв'язувального компонента на більш ефективний. В роботі використано Костянтинівську бентонітову глину марки ППТ<sub>1</sub>.

## **2.2 Методика регенерації суміші**

Суміш у ливарній лабораторії була використана для виготовлення сирих та сухих форм більше 1000 разів. У ній накопичено величезну кількість пилу, залишки вуглецевих часток, неактивну глину. Ці складові не видаляються із суміші, а накопичуються в ній. Перед сумішоприготованням проводять лише видалення металевих часток. Такої суміші у лабораторії накопичилось понад 3 тонни.

Аналіз існуючих процесів регенерації показав, що для очищення цієї суміші найкращим і найпростішим способом є мокра регенерація. Теоретично таким способом можна у незначний термін регенерувати усю суміш.

Регенерацію проводили наступним чином:

- відбирали пробу суміші масою 1...1,5 кг;
- заливали суміш проточною водою в кількості 3...4 л і ретельно перемішували за допомогою електричної мішалки;
- після відстоювання тривалістю 1 хв забруднену воду зливали;

– повторно заливали суміш проточною водою і зливали забруднену воду (операцію проведено 3 рази);

– висушили суміш.

Очищену оборотну суміш використано як основний наповнювач для приготування регенованих сумішей. Зважаючи, що під час мокрої регенерації суміш втратила майже усю активну та неактивну глину, було передбачено додавання свіжої бентонітової глини у кількості від 5 до 10%.

### **2.3 Приготування сумішей**

Для приготування сумішей використали лабораторний змішувач з вертикально розташованими котками моделі 018М. Тривалість перемішування кожної суміші 5 хв. У змішувач додавали компоненти у наступній послідовності: регенерат, кварцовий пісок (за необхідністю), бентонітова глина, вода. Воду додавали для забезпечення необхідного рівня вологості, рекомендованого для сумішей подібного типу. Під час приготування відбирали проби для контролю вологості прискореним методом, і тільки у разі задовільної вологості вивантажували суміш.

Зважування компонентів проводили на лабораторних терезах 2-го класу моделі ВЛТК-500г-М з механізмом компенсації тари, похибка зважування яких становить  $\pm 500$  мг. Зважування піску та інших компонентів, кількість яких у суміші становила 100 г і більше, відбувалося на терезах марки РН10Ц13У, похибка зважування яких становить  $\pm 5$  г, мінімальна маса зваженого матеріалу 50 г.

Готові суміші зберігали у пластмасових тазиках, поміщених у целофанові пакети.

### **2.4 Визначення властивостей**

Глинясту складову визначали згідно ГОСТ 29234.1–91 на приладі моделі 021 (рис. 2.3) на двох наважках суміші, висушеної при 105...110 °С,

масою по  $(50 \pm 0,01)$  г. Випробування проводили протягом 60 хв. Вміст глинястої складової визначали за втратою маси наважки після випробування і висушування.

**Гранулометричний аналіз** проводили після визначення вмісту глинястої складової на тій же самій пробі (наважці) піску. Визначали зерновий склад ситовим аналізом – просіюванням наважки сухого безглинястого піску на стандартному комплекті сит на приладі моделі 029. Випробування здійснювали протягом 15 хв.

Результати ситового аналізу для встановлення марки піску або гранулометричного складу суміші обробляли за допомогою комп'ютерної програми «GranN».

**Міцність при стисканні** визначали у сирому та у сухому станах. В сирому стані виготовляли стандартні циліндричні зразки на копрі моделі 030М трьома ударами (стандартне ущільнення), а міцність контролювали на приладі моделі 051. Для визначення міцності у сухому стані зразки сушили в печі при температурі 150...200 °С протягом 1 год, після чого контролювали міцність на установці моделі УС-700.

**Обсипаємість** визначали на приладі моделі 056 після обертання стандартного циліндричного зразка в барабані протягом 60 с. Цю властивість визначали як для сирих, так і для сухих зразків, вона являє собою відсоток втрати маси зразка під час випробування.

**Газопроникність** визначали на стандартних зразках прискореним методом на приладі моделі 042. Використовували ніпель з діаметром отвору 1,5 мм. Для визначення газопроникності сухих зразків їх після виготовлення не діставали з гільзи, а безпосередньо у ній ставили до сушарки. Після висушування протягом 1 год при температурі 180...200 °С і охолодження зразки у гільзі ставили на прилад 042 і визначали газопроникність прискореним методом.

**Текучість** визначали за пробою Г.М.Орлова (ГОСТ23409.17–78). Для виготовлення зразка у стандартну гільзу висотою 120 мм вставляється металевий вкладень висотою 30 мм. Після цього гільза заповнюється

формувальною сумішшю, а потім суміш ущільнюється трьома ударами лабораторного копра для отримання зразка стандартної висоти ( $50 \pm 0,8$ ) мм.

Отриманий зразок зі сходиною виймають з гільзи і вимірюють за допомогою кулькового твердоміра твердість у нижній і верхній частинах зразка. Текучість оцінюють за відношенням твердостей.

**Ущільнювальність** оцінювали згідно ГОСТ23409.13–78. Для цього стандартну гільзу висотою 120 мм до верху заповнюють неущільненою (пухкою) формувальною сумішшю, після чого встановлюють на лабораторний копер. Проводять ущільнення трьома ударами копра, після чого отриманий зразок виймають з гільзи і вимірюють його висоту  $H_3$ . Ущільнювальність розраховується за зміною висоти зразка після ущільнення у відсотках.

**Формувальність** визначали за методикою ГОСТ 23409.15–78. Вона полягає у здатності суміші просіюватися через сито з отворами певних розмірів. Наважку суміші масою 200 г розміщують у барабані (розмір комірки 2,5x2,5 мм) установки моделі 056 для випробування зразків на обсипаємість. Вмикають прилад і проводять випробування протягом 10 с. Суміш, яка просипалась крізь сито барабана, зважують. Формувальність визначають як відсоток суміші, яка присипалась крізь сито.

**Вологість** контролювали під час кожного циклу сумішоприготування. Для оперативного контролю використовували прискорений метод. Для точного контролю вологості оборотної та регенерованої сумішей використано також нормальний метод.

Для визначення вологості прискореним методом використано прилад моделі 062, для випробувань брали по три наважки масою по ( $10 \pm 0,01$ ) г. Вміст води для кожної з трьох наважок визначали за втратою маси після остаточного висушування.

Сутність нормального методу аналогічна. З метою підвищення точності брали наважку ( $50 \pm 0,01$ ) г суміші і висушували в сушильній шафі при температурі 105...110 °C протягом 30 хв, після чого зважували. Далі висушували один або декілька разів по 15 хв, до досягнення постійної маси.

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Оцінка якості лабораторної суміші

Результати контролю комплексу властивостей оборотної суміші, яку використовують у ливарній лабораторії, наведено у табл. 3.1.

Таблиці 3.1 – Властивості лабораторної суміші

| Властивості                 | Значення | Нормативний показник |
|-----------------------------|----------|----------------------|
| Суміш у сирому стані        |          |                      |
| Вологість, %                | 6,2      | 3,0...3,5            |
| Міцність при стисканні, МПа | 0,049    | >0,050               |
| Газопроникність, од         | 73       | >90                  |
| Обсипаємість, %             | 0,3      | <1,0                 |
| Текучість, %                | 32       | >50                  |
| Формувальність, %           | 62       | >50                  |
| Ущільнювальність, %         | 43       | –                    |
| Глиняста складова, %        | 18,94    | 10...12              |
| Суміш у сухому стані        |          |                      |
| Міцність при стисканні, МПа | 0,55     | >0,50                |
| Обсипаємість                | 1,35     | <1,00                |
| Газопроникність             | 123      | >100                 |

Більшість властивостей у сирому та сухому стані мають незадовільні значення. Особливо низькою є газопроникність. Низька текучість ускладнює процес формовки. Це пояснюється значним забрудненням суміші пилоподібною фракцією, що виражається у занадто високому відсотку глинястої складової, а також у наявності великої кількості часток дрібних розмірів (рис.3.1).

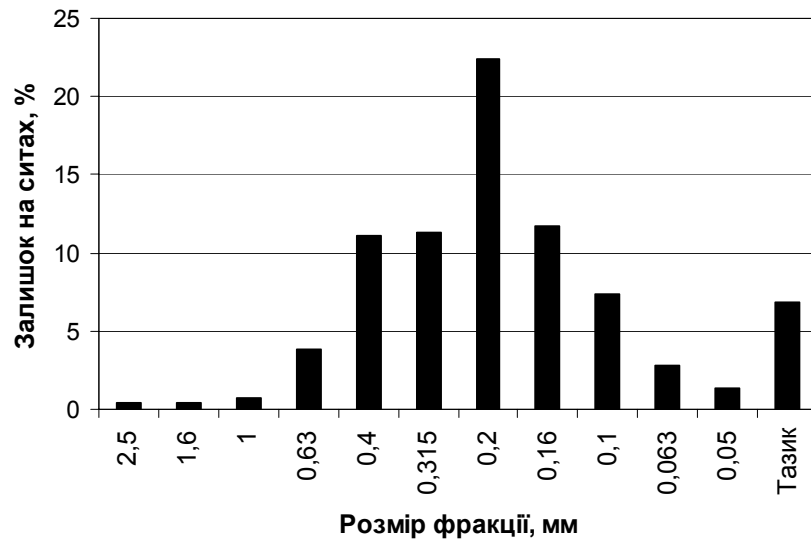


Рисунок 3.1 – Гранулометричний аналіз суміші з ливарної лабораторії

Також у суміші наявні частки крупних розмірів, які являють собою спечені грудки, особливо помітні після видалення глинястої складової (рис.3.2, б). Наповнювач має гострокутну та складну форму зерен, що є наслідком тривалого використання і термічних навантажень. Такий пісок потребує збільшеної витрати глини, підвищеного водовмісту, і все одно міцність у сирому стані залишається низькою (див. табл. 3.1).

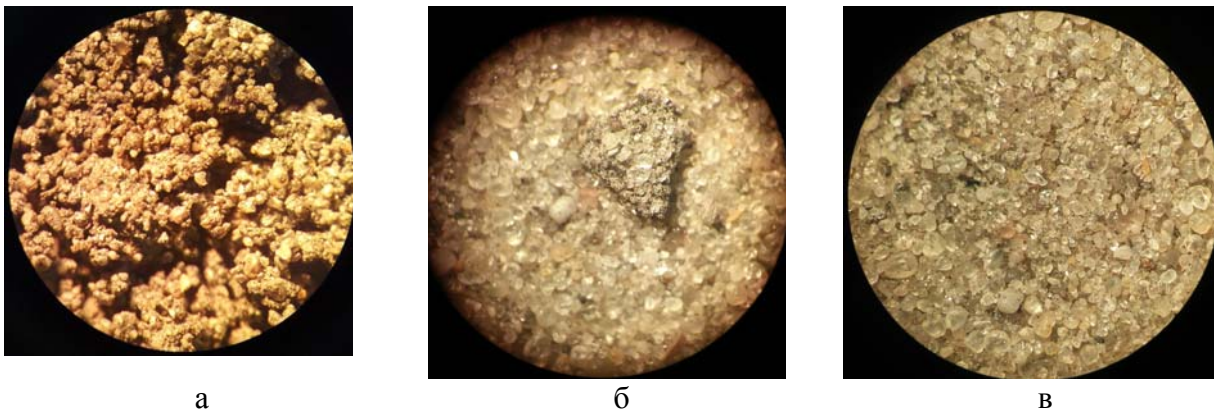


Рисунок 3.2 – Вигляд формувальної суміші під оптичним мікроскопом: а – у вихідному стані; б, в – після видалення глинястої складової за методикою ГОСТ 29234.1 – 91

Для досягнення достатнього ступеню ущільнення, про який можна судити за показником міцності при стисканні, необхідно докласти значних



зусиль. Стандартні зразки випробовували на міцність при 3, 5, 7 та 9 ударах копра (рис. 3.3). При нормальному ущільненні (3 удари копра) міцність низька, і зростає зі збільшенням кількості ударів копра до 128 кПа. Але переущільнена форма має незадовільну газопроникність. Очевидно, що працювати з такою сумішшю складно і не вигідно.

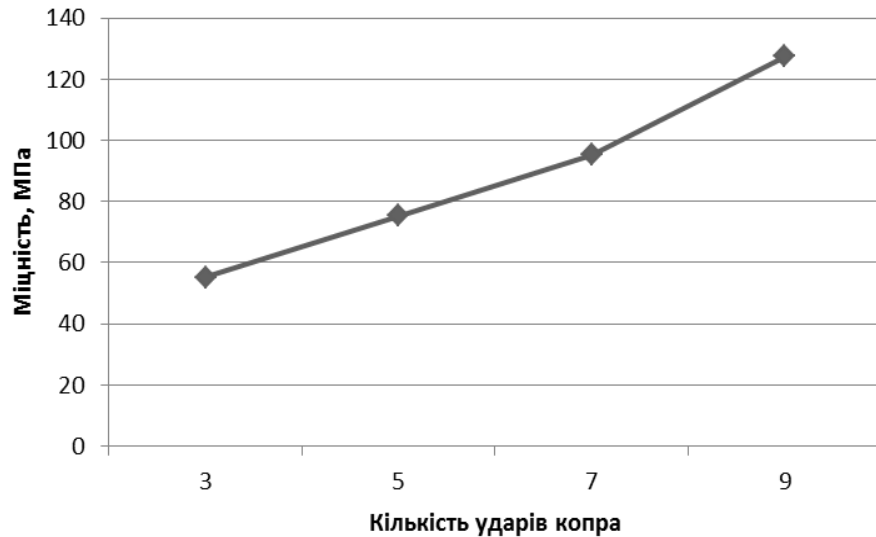


Рисунок 3.3 – Залежність міцності оборотної суміші від кількості ударів копра

У сухому стані всі значення наближені до нормативних показників. Але якість виливків, які отримують останнім часом, є дуже низькою. Суміш потребує або повної заміни або серйозної регенерації.

### 3.2 Вплив мокрої регенерації на властивості суміші

Регенерацію проводили за методикою, описаною в п. 2.2. Використано вибиту із форм суміш з мінімальною (близькою до нуля) вологістю.

Спочатку суміш просіяли через крупне сито із розмірами вічка 5 мм для видалення спечених грудок. Після трьох циклів відмивання суміш змінила свій колір із чорного на сірий. Таким чином, її було очищено від сажистого вуглецю, неактивної та активної глини, пилу. Це позначилося на

зерновому складі (рис. 3.4): він став більш однорідним, а пилоподібні фракції зникли. Вміст глинястої складової зменшився у 7...8 разів і становить 1,4%.

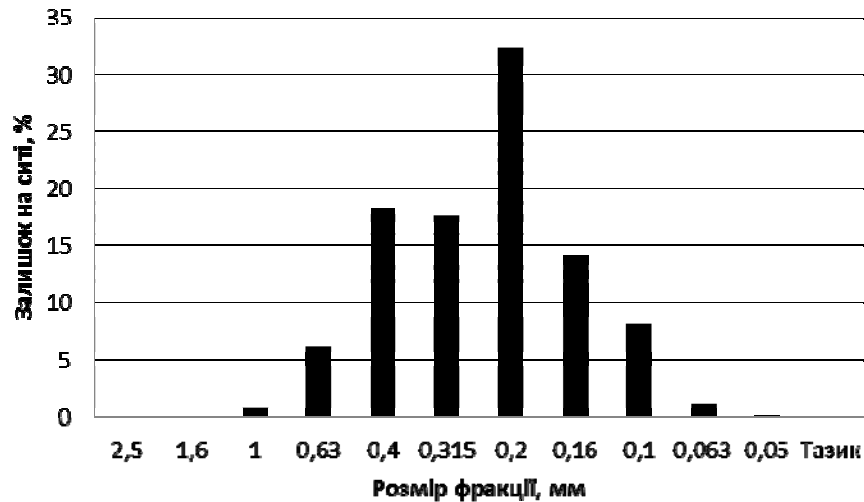


Рисунок 3.4 – Ситовий аналіз регенерату

Зернову основу регенованої суміші показано на рис. 3.5. Часточки наповнювача не містять поверхневих забруднень, але їх форма абсолютно різна – від округлої до складної. Ймовірно, для досягнення високого рівня властивостей зернову основу суміші необхідно буде освіжити за рахунок додавання піску.

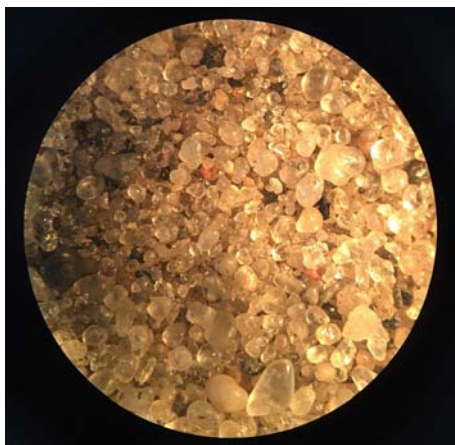


Рисунок 3.5 – Зернова основа лабораторної суміші після регенерації

результати визначення її властивостей і встановлено, що глина дуже неякісна і не відноситься навіть до найнижчої марки.

Оскільки після мокрої регенерації суміш позбулася майже всієї глинястої складової, то для повернення їй основних властивостей необхідним є додавання глини у досить значній кількості. В лабораторії використовують вогнетривку каолінову глину, марка якої не вказана. У розділі 2 наведено

Було прийнято рішення замінити її на Костянтинівську бентонітову глину марки П1Т<sub>1</sub>. Цей вибір буде вигідним і економічно: тонна «цехової» глини коштує 2500 грн, а обраної нами 3300 грн, тобто різниця незначна. Вже при 7% бентонітової глини міцність досягає 60 кПа, тому цієї кількості достатньо для відновлення властивостей суміші.

Оскільки значення міцності достатнє для лабораторної формувальної суміші, провели контроль решти властивостей (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Властивості регенованої суміші з 7% глини П1Т<sub>1</sub>

| Властивості                 | Значення | Нормативний показник |
|-----------------------------|----------|----------------------|
| Суміш у сирому стані        |          |                      |
| Вологість, %                | 3,2      | 3,0...3,5            |
| Міцність при стисканні, МПа | 0,060    | >0,050               |
| Газопроникність, од.        | 165      | >90                  |
| Обсипаємість, %             | 0,19     | <1,0                 |
| Текучість, %                | 21       | >50                  |
| Формувальність, %           | 11       | >50                  |
| Ущільнювальність, %         | 53       | –                    |
| Суміш у сухому стані        |          |                      |
| Міцність при стисканні, МПа | 0,72     | >0,50                |
| Обсипаємість, %             | 1,8      | <1,00                |
| Газопроникність, од.        | 250      | >100                 |

Особливу увагу слід звернути на значне підвищення газопроникності. Також при дуже незначній вологості вдалось отримати достатні показники міцності та обсипаємості. В сухому стані міцність також зросла, отже регенерація суміші принесла позитивні результати.

### 3.3 Вплив свіжого піску на властивості суміші

Суміш після регенерації набула задовільних властивостей. Але такі показники як текучість, формувальність, а також поверхнева міцність у сухому стані понизилися. Відомо, що додавання свіжого наповнювача, як

правило, покращує ці властивості. Тому в роботі додавали річковий Дніпровський кварцовий пісок у кількостях 5%, 10%, 15%, 20% та здійснювали контроль усіх властивостей. Після кожного додавання піску додавали також формувальну глину в розрахунку 7% від порції свіжого піску.

### 3.3.1 Фізико-механічні властивості

Додавання піску позитивно впливає на міцність у сирому стані (рис. 3.6), яку можна порівняти навіть із сумішами для ліній автоматичної формовки. Пісок має округлу форму зерен, невисокий вміст домішок, і тому адгезії зв'язувального компонента (глини) нічого не заважає.

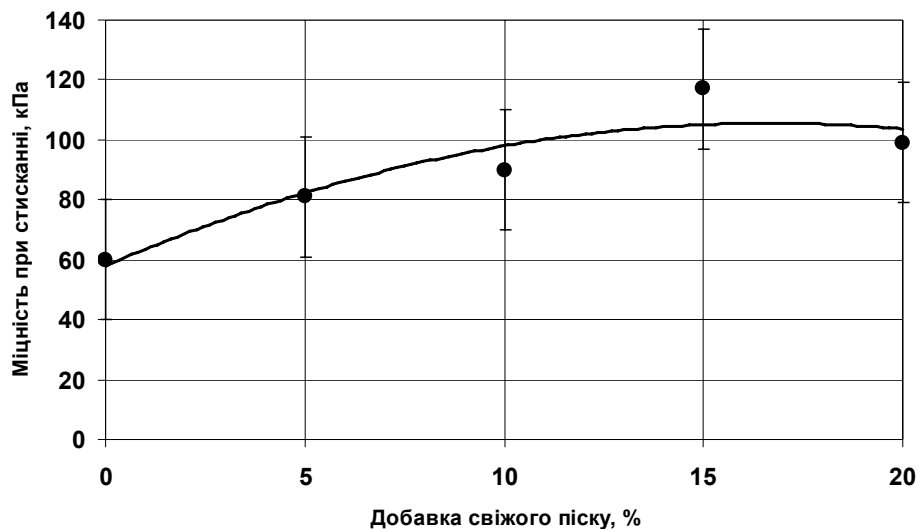


Рисунок 3.6 – Вплив свіжого піску на міцність суміші у сирому стані

Газопроникність (рис. 3.7) із додаванням свіжого піску збільшилась від 165 од. до 225 од. У суміші до регенерації вона становила 73 од. Зростання газопроникності пов'язано із додаванням більш однорідних і відносно крупних часток піску, які підвищують пористість ущільненої суміші.

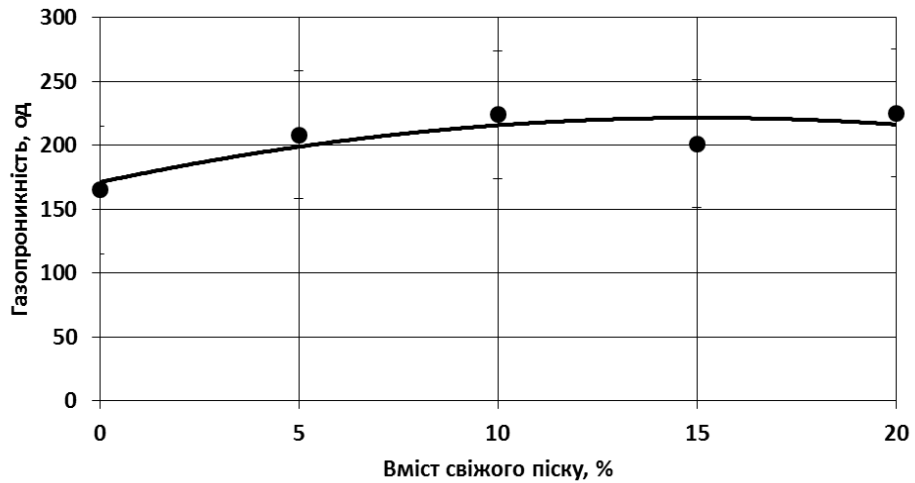


Рисунок 3.7 – Вплив свіжого піску на газопроникність суміші у сирому стані

На поверхневу міцність (обсипаємість) свіжий пісок навпаки впливає негативно (рис 3.8). Але обсипаємість не перевищує 1%, що задовільно.

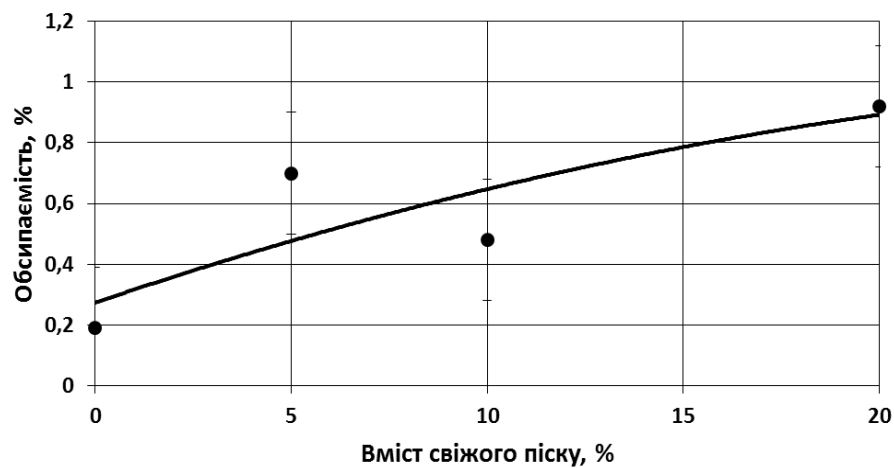


Рисунок 3.8 – Вплив свіжого піску на обсипаємість суміші у сирому стані

### 3.3.2 Технологічні властивості

Значного підвищення текучості досягти не вдалося. Але ця властивість має велике значення тільки при машинній формовці, коли ступінь ущільнення різних частин форми варіювати не можна. Для лабораторної суміші текучість на рівні 30...40% вважається задовільною. Додавання піску у межах 5...10% позитивно впливає на цей показник (рис. 3.9).

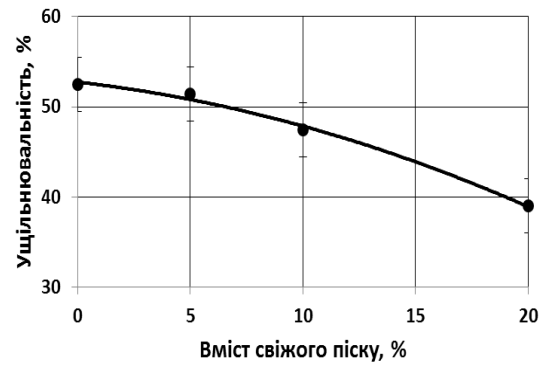
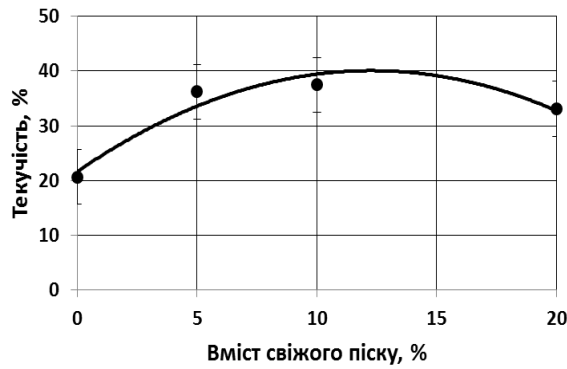


Рисунок 3.9 – Вплив свіжого піску на текучість суміші у сирому стані      Рисунок 3.10 – Вплив свіжого піску на ущільнювальність суміші у сирому стані

Ущільнювальність для процесів ручної формовки також не контролюють. Але вона певною мірою визначає зусилля, потрібне для ущільнення форми. Як видно із рис. 3.10, після додавання свіжого піску суміш менше змінює об'єм після стандартного ущільнення. Ймовірно, що процес виготовлення форми потребуватиме менших зусиль.

Підвищення формувальності, яке спостерігається вже при 5% піску (рис 3.11), сприятиме покращенню якості відбитку моделі та відповідно поверхні виливків. Свіжий пісок знижує загальні зусилля внутрішнього тертя у суміші, тому вона стає більш сипкою і формувальність підвищується.

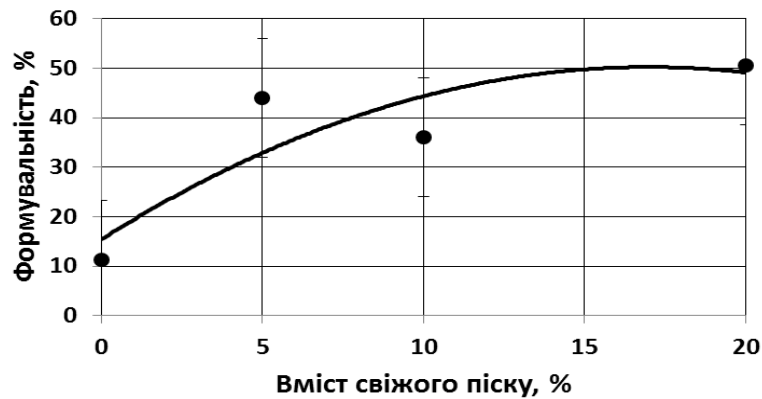


Рисунок 3.11 – Вплив свіжого піску на формувальність у сирому стані

### 3.4 Оцінка ефективності регенерації

Після проведення мокрої регенерації, додавання 7% бентонітової глини та 20% річкового піску зерновий склад став одноріднішим, кількість дрібної фракції зменшилась (рис. 3.12), а також додалися зерна більш округлої форми (рис. 3.13). Це додані часточки піску.

Основні показники суміші до і після регенерації наведено у табл. 3.3. Вдалось досягти покращення властивостей формувальної суміші у сирому стані після регенерації за умови додавання 7% глини та 20% піску. Навіть при зниженому значенні вологості міцність та газопроникність мають досить високі гарні показники.

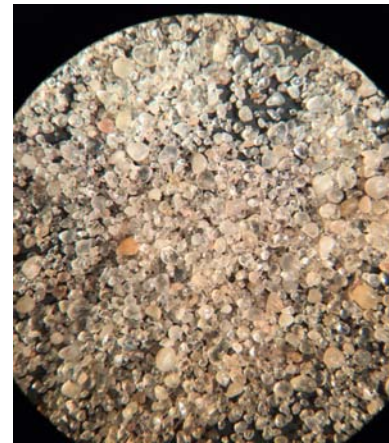
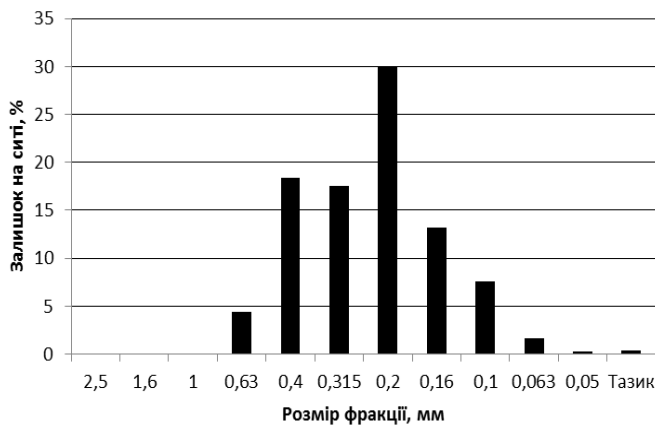


Рисунок 3.12 – Ситовий аналіз остаточно регенерованої суміші

Рисунок 3.13 – Вплив свіжого піску на ущільнювальність суміші у сирому стані

Відсоток глинястої складової зменшився до 7,82%, що набагато менше від рекомендованих значень. Отже, з метою підвищення міцності можливим є додавання ще 4...5% глини. З іншого боку, такий малий відсоток глинястої складової вказує на занадто ретельне проведення мокрої регенерації. Отже, кількість циклів промивання суміші можна зменшити, залишивши у ній необхідну кількість дрібної фракції в межах 4...7%.

У сирому стані додавання свіжого піску має позитивний вплив. Обсипаємість хоч і зросла, але залишилась у допустимих межах. Але резервом для її зниження може бути збільшення вологості суміші до 3...4%. Значення текучості та формувальності не змінились після регенерації.

Таблиця 3.3 – Порівняння властивостей суміші

| Властивості                 | Значення       |                   | Нормативний показник |
|-----------------------------|----------------|-------------------|----------------------|
|                             | до регенерації | після регенерації |                      |
| Суміш у сирому стані        |                |                   |                      |
| Вологість, %                | 6,17           | 2,2               | 3,0...3,5            |
| Міцність при стисканні, МПа | 0,049          | 0,099             | >0,050               |
| Газопроникність, од         | 73             | 225               | >90                  |
| Обсипаемість, %             | 0,31           | 0,92              | <1,00                |
| Текучість, %                | 32             | 33                | >50                  |
| Формувальність, %           | 62             | 51                | >50                  |
| Ущільнювальність, %         | 43             | 39                | –                    |
| Глиняста складова, %        | 18,94          | 7,82              | 10...12              |
| Суміш у сухому стані        |                |                   |                      |
| Міцність при стисканні, МПа | 0,55           | 0,81              | >0,50                |
| Обсипаемість                | 1,35           | 6,3               | <1,00                |
| Газопроникність             | 123            | 285               | >100                 |

Формувальна суміш після регенерації та без додавання піску (рис. 3.14, а) комкується. Із збільшенням вмісту піску глина більш рівномірно розподіляється по зернам, та суміш стає одноріднішою.

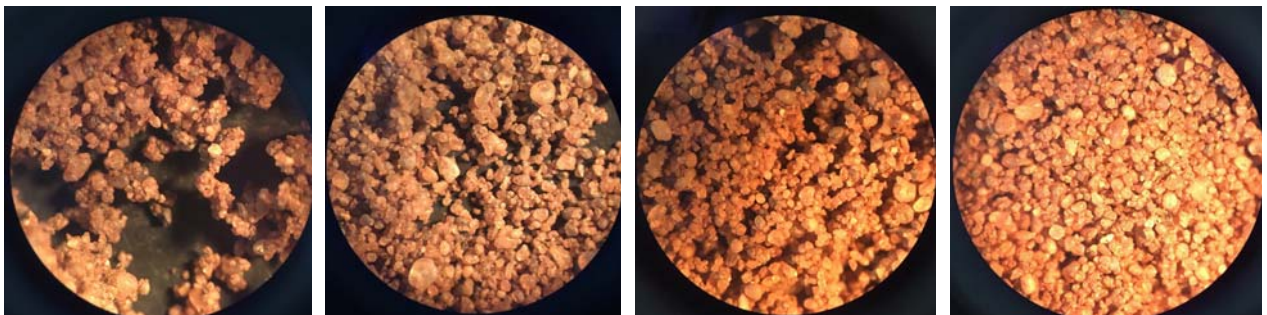


Рисунок 3.14 – Вигляд суміші після регенерації: а – з 7% бентонітової глини без додавання піску; б – з 5% піску; в – з 15% піску; г – з 20% піску

У результаті проведеної роботи можемо запропонувати наступну схему: мокра регенерація та додавання 7% бентонітової глини. Для формовки по-сирому бажаним є освіження 20% піску, для формовки по-сухому ця операція не потрібна.



### 3.5 Оцінка якості литва

Після регенерації суміш має задовільний рівень властивостей, що дає змогу методом ручної формовки виготовляти виливки із різних сплавів. На рис. 3.15 наведено дві півформи і вилівок із сплаву АК12. Як видно, болван має чіткі контури, а якість внутрішньої поверхні вилівка також задовільна.



а



б

Рисунок 3.15 – Ливарна форма (а) і вилівок «Корпус коробки передач» із сплаву АК12

Чавунні виливки відносно складної конфігурації до оброблення суміші мали поверхневі дефекти (рис. 3.16, а, б) типу пригару, піщаних раковин та ужимин. Регенована суміш дає змогу виготовляти такі виливки без поверхневих дефектів (рис. 3.16, в).

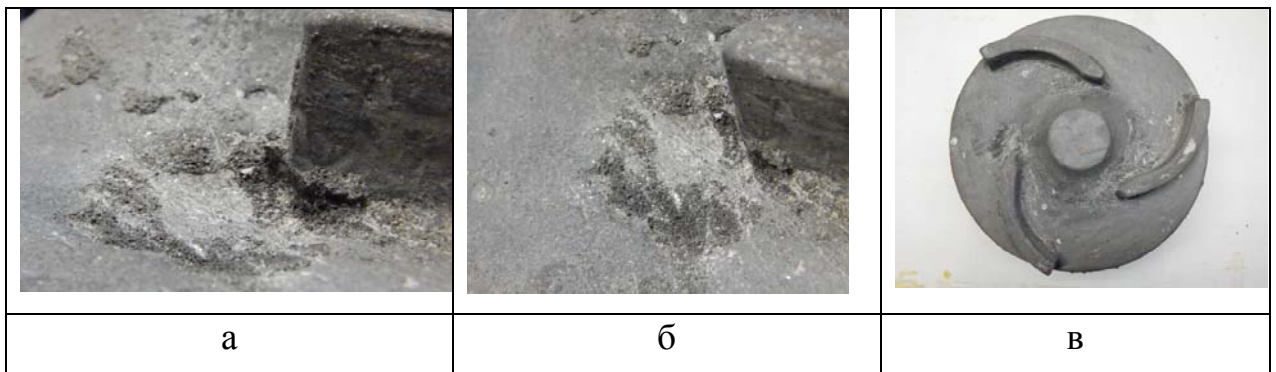


Рисунок 3.16 – Поверхневі дефекти (а, б) та якісний вилівок «Крильчатка» із сплаву СЧ25

Для виготовлення чавунних та сталевих виливків, як правило, ливарні форми піддають сушінню при температурі 150...180 °С. Після сушіння підвищується обсипаємість суміші, це призводить до неякісного відтворення внутрішніх контурів або поверхонь, які розташована вертикально під час заливання (рис. 3.17,а). Регенерація суміші усунула проблему (рис. 3.17, б).



а



б

Рисунок 3.17 – Якість внутрішніх контурів виливка «Корпус» із сплаву СЧ20 до (а) і після (б) регенерації суміші



Рисунок 3.18 – Художній виливок із сплаву БрО5Ц5С5 після розкриття форми (без оброблення)

Під час заливання художніх виливків із бронзи останнім часом спостерігалася значна кількість дефектів – ужимини, газові та піщані раковини. Після регенерації суміші дефекти практично відсутні (рис. 3.18).

## ВИСНОВКИ

1. Визначено, що формувальна суміш із ливарної лабораторії має незадовільні показники, в першу чергу газопроникності, вологості, кількості глинястої складової. Внаслідок цього для досягнення достатньої міцності в сирому стані необхідні значні зусилля ущільнення, а у сухому стані суміш непридатна для отримання якісних виливків.

2. Аналіз можливих процесів регенерації даної суміші показав, що в умовах лабораторії, без наявності спеціального обладнання і з метою мінімізації витрат часу, найбільш доцільною є мокра регенерація суміші із подальшим незначним освіженням додаванням кварцового наповнювача.

3. Внаслідок мокрої регенерації суміш очищено від пилу, вуглецевих домішок, неактивної глини. Вміст глинястої складової зменшився з 18,94% до 1,4%, що викликало необхідність додавання свіжої глини. Регенерована суміш із вмістом 7% бентонітової глини П1Т<sub>1</sub> при вологості на рівні 3%, у порівнянні із оборотною сумішшю, має підвищену на 10...15% міцність, вдвічі більшу газопроникність, а технологічні властивості збереглись на попередньому рівні.

4. Встановлено вплив добавок свіжого річкового кварцового піску від 5 до 20% на властивості регенерованої суміші у сирому та у сухому стані. Показано ефективність подібного освіження для формовки по-сирому, а для формовки по-сухому додавання піску не підвищує рівень властивостей, а тому є непотрібним.

5. Вирішено основні задачі для забезпечення стабільності процесу формовки і отримання якісних виливків – підвищено газопроникність та знижено вміст вологи в суміші. Виливки із алюмінієвих сплавів, бронзи, чавуну та сталі мають належну якість поверхонь та мінімум дефектів з боку ливарної форми.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Болдин А.Н., Давыдов Н.И., Жуковский С.С. и др. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия. – М.: Машиностроение, 2006. – 507 с.
2. Федоров Н.Н. Аддитивный способ изменения свойств бентонитовой формовочной глины // Вісник Донбаської державної машинобудівної Академії, 2010. - №3(20). – С.249...253.
3. Илларионов И. Е. Формовочные материалы и смеси. Ч.1: Монография / И. Е. Илларионов, Ю. П. Васин. – Чебоксары: Издательство Чувашского государственного университета, 1992. – 223 с.
4. Кваша Ф.С. Влияние колебаний состава и свойств формовочных смесей на вероятность образования дефектов отливок // Библиотечка литейщика, 2013. – №8. – С. 9...14.
5. Мороз И.И. Фарфор, фаянс, майолика. – М.: Техника, 1975. – 352 с.
6. Круглицкий Н.Н. Физико-химические основы регулирования свойств дисперсных глинистых минералов. – К.: Наукова думка, 1968. – 320 с.
7. Дорошенко С.П., Авдокушин В.П., Русин К., Мацашек И. Формовочные материалы и смеси. – К.: Вища школа, 1980. – 416 с.
8. Дорошенко С.П. Формувальні суміші. – К.: ІЗМН, 1997. – 140 с.
9. Виленская И.А. Свойства формовочных материалов при высоких температурах / В сб. «Формовочные материалы» под общ. ред. П. П. Берга. – М: Машгиз, 1954. – С.25...36.
10. Федоров Г.Є., Фесенко А.М., Ямшинський М.М., Фесенко М.А. Контроль якості продукції в машинобудуванні. – Краматорськ: ДДМА, 2008. – 332 с.
11. Туманова Л. П. О контроле влажности песчано-глинистых смесей / Л. П. Туманова, Ф.С. Кваша //Литейное производство. – 2003. - №1. - С. 33...35.

12. Матвеевко И.В. Классификация и маркировка литейного оборудования // Библиотечка литейщика, 2013. – №5. – С. 2...7.
13. Пономаренко О.И. Оптимизация технологических решений для цехов литейного производства // Библиотечка литейщика, 2013. – №1. – С. 6...11.
14. Макаревич О.П., Федоров Г.С., Платонов С.О. Виробництво виливків із спеціальних сталей. – К.: Видавництво НТУУ «КПІ», 2005. – 712 с.
15. Федоров Г.Е., Платонов Е.А., Ямшинский М.М., Лютый Р.В. Стальное литье. – К.: «ВПОЛ», 2013. – 896 с.
16. Жуковский С.С., Болдин А.И., Яковлев А.Н. и др. Технология литейного производства: Формовочные и стержневые смеси: Учебное пособие для вузов. – Брянск: Изд-во БГТУ, 2002. – 470 с.
17. Голотенков О.Н. Формовочные материалы: Учебное пособие. – Пенза: Изд-во Пензенского государственного университета, 2004. – 164 с.