

УДК 621.742

Федоров М. М.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОЛОГОСТАБІЛІЗУЮЧИХ ДОБАВОК НА ВЛАСТИВОСТІ ПІЩАНО-БЕНТОНІТОВИХ СУМІШЕЙ

Найважливішим завданням ливарного виробництва є одержання якісних виливків із чистою поверхнею й розмірами, максимально наближеними до готових виробів. Вирішення цього завдання в значній мірі залежить від вибору формувальних сумішей й протипригарних добавок.

У ливарному виробництві України вже в достатній мірі освоєні й налагоджені сучасні технологічні процеси одержання чавунних виливків на лініях автоматичного формування по-сирому. Однак вітчизняні підприємства-виробники литва зазнають серйозних труднощів з добром оптимальних рецептурних складів формувальних піщано-бентонітових сумішей (ПБС), що здатні забезпечити одержання виливків з відсутністю браку з вини ливарних форм і з високою якістю поверхні. З одного боку, на внутрішньому ринку представлено велике різноманіття формувальних матеріалів і допоміжних технологічних добавок, які мають неоднороззначні якісні характеристики, а з іншого боку, закордонні виробники формувальних матеріалів, у тому числі й компаундів комплексного складу, поступово завойовують український ринок видаткових формувальних матеріалів, пропонуючи свою продукцію по завищених для вітчизняного виробника цінах. У зв'язку з цим, дослідницька робота, спрямована на вдосконалення рецептурного складу виробничих ПБС, застосовуваних на лініях автоматичного формування по-сирому, є актуальною.

Одним з основних недоліків більшості ПБС, застосовуваних на лініях автоматичного формування, є підвищена «жорсткість» суміші, що кількісно виражається в низьких показниках характеристик пластичності суміші. Так, показники текучості і формувальності повинні бути не нижче 80 %, тоді як на практиці ці показники, у більшості випадків, не перевищують 60...70 %. Поверхнева міцність ливарних форм (обсипальність) за нормативом не повинна перевищувати 0,8 %, а на практиці значення обсипальності сирих піщано-бентонітових форм, у більшості випадків, перевищує 2 %. Внаслідок відхилень цих властивостей суміші, у формі з високою ймовірністю можуть утворюватися підриви, засмічення та інші подібні дефекти, що спотворюють якість поверхні виливків.

Очевидна причина цьому – комплексний вплив двох факторів: 1) висока температура в ливарному цеху, особливо в літній період часу, провокує швидке локальне пересихання суміші (крайок форми); 2) достатньо велика насиченість відпрацьованих формувальних сумішей залишками стрижневих сумішей на органічних зв'язувальних матеріалах, продукти термодеструкції яких спричиняють негативний вплив на фізико-механічні властивості сумішей, в першу чергу, значно знижуються формувальність, текучість, підвищується обсипальність сумішей, зменшуються зв'язувальні властивості бентонітових глин.

Якщо зі стрижневими залишками проблему практично розв'язати дуже складно, то вологовміст суміші (форм), особливо в літню пору, необхідно підтримувати на стабільному рівні.

У теперішній час у ливарному виробництві нормальною практикою є застосування в складі сумішей поряд з високоякісними бентонітами мікродобавок холоднонабухаючого крохмалю в комбінації з регулярним освіженням сумішей. У виробництві виливків литтям у сирі форми широке застосування одержали два різновиди холоднонабухаючого крохмалю – це крохмаліт й екструзійний крохмальреагент (ЕКР) [1]. Виробники ЕКР в Україні представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристики основних виробників ЕКР в Україні

| Найменування підприємства-виробника | Тип продукції, що випускається | Цільове призначення продукції |
|--|---|--|
| ТОВ «Альтера», Черкаська обл., м. Черкаси | Реагент екструзійний крохмальвмісний, ТУУ 15.6-1333288.001-2004 | 1. Стабілізатор для бурових розчинів; 2. Стабілізатор вологості формувальних сумішей. |
| ТОВ «Ваксан», Черкаська обл., м. Умань | Екструзійний крохмальреагент | 1. Стабілізатор для бурових розчинів; 2. Стабілізатор вологості формувальних сумішей. |
| ТОВ «Органіка», Тернопільська обл., м. Чортків | Реагент кукурудзяний екструзійний | 1. Стабілізатор для бурових розчинів; 2. Стабілізатор вологості формувальних сумішей; 3. Целюлозно-паперова промисловість. |

У виробничих умовах переважної кількості ливарних підприємств України резерв підвищення якості формувальних сумішей за рахунок додавання до їх складу ЕКР у наступний час не задіяний. Тому однією із цілей даної роботи є дослідження впливу мікродобавок ЕКР на властивості виробничих ПБС, насамперед, характеристик пластичності – формувальності й текучості.

У якості дослідного зразка ЕКР у роботі використовувався порошкоподібний Уманський ЕКР виробництва ТОВ «Ваксан». Гранулометричні характеристики Уманського ЕКР представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Гранулометричні характеристики Уманського ЕКР

| Номер сита | Залишок на ситі, % |
|----------------------------|--------------------|
| 1,0 | 0,17 |
| 0,63 | 0,73 |
| 0,4 | 3,33 |
| 0,315 | 4,93 |
| 0,2 | 10,67 |
| 0,16 | 13,50 |
| 0,1 | 58,00 |
| 0,063 | 8,10 |
| 0,05 | 0,43 |
| таз | 0,00 |
| усього | 99,86 |
| коефіцієнт однорідності, % | 65,2 |
| середній розмір часток, мм | 0,088 |

З даних табл. 2 видно, що Уманський ЕКР є достатньо однорідним за гранулометричним складом (однорідність 65,2 %) і, порівняно зі Старовіровським кварцовим піском марки 2К101025, використовуваним у якості вогнетривкого наповнювача дослідних сумішей, більш дрібнодисперсним. Виявлені гранулометричні характеристики Уманського ЕКР створюють передумови для швидкого й ефективного засвоєння цієї добавки в складі ПБС.

Для виявлення оптимальної кількості ЕКР, що забезпечує суттєвий вплив на підвищення фізико-механічних властивостей ПБС, були приготовлені шість зразків лабораторних сумішей однакового базового складу, мас. %: кварцовий пісок (Старовіровський) – 95; бентопорошок активований (Костянтинівський) – 5; вологовміст – 3,5. Кількість Уманського ЕКР у даних сумішах змінювали з кроком 0,05 мас. % у діапазоні 0...0,25.

Після приготування відповідних шести сумішей з різною кількістю ЕКР, вони герметично запаковувалися в багатошарові поліетиленові пакети, далі здійснювали витримку сумішей в герметичному стані (з метою недопущення втрати вологи) протягом 24 годин. Ціль витримки – забезпечення максимального засвоєння ЕКР (набрякання ЕКР в контакт з водою) і прояв зв'язувальних властивостей бентоніту. Після витримки визначали властивості дослідних формувальних сумішей. Результати визначення фізико-механічних властивостей сумішей представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Фізико-механічні властивості ПБС з різним вмістом ЕКР

| Найменування фізико-механічних властивостей ПБС | Кількість ЕКР в суміші, мас. % | | | | | |
|---|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 |
| Міцність на стиск у вологому стані, МПа | 0,088 | 0,090 | 0,093 | 0,094 | 0,095 | 0,095 |
| Міцність на розрив у зоні конденсації вологи, МПа | 0,0027 | 0,0031 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0033 | 0,0033 |
| Формувальність, % | 36 | 40 | 47 | 55 | 68 | 72 |
| Текучість, % | 40 | 46 | 50 | 56 | 62 | 64 |
| Обсипальність, % | 1,60 | 1,20 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,78 |
| Газопроникність, од. | 120 | 118 | 120 | 125 | 122 | 125 |

Механізм дії ЕКР полягає в тому, що ця добавка, додана до складу суміші, вибирає на себе надлишкову вологу, наявну в суміші. За рахунок цього бентоніт набуває максимальної зв'язувальної здатності. При підвищенні вмісту ЕКР у суміші міцність на стиск у вологому стані збільшується з 0,088 МПа (суміш без добавок ЕКР) до 0,095 МПа (суміш із 0,2 % ЕКР).

Міцність на розривання у зоні конденсації вологи для сумішей з активованим Костянтинівським бентонітом і добавками ЕКР підвищилася, але незначним чином: з 0,0027 МПа для вихідної суміші без добавок ЕКР до 0,0033 МПа для суміші з 0,2 % ЕКР. Подальше підвищення вмісту ЕКР у суміші понад 0,2 % на зміну міцності в зоні конденсації вологи не вплинуло. Відомо [2, 3], що у випадку використання у якості зв'язувальних матеріалів неактивованих бентопорошків, введення добавок ЕКР у суміш у кількості 0,3...0,4 мас. % забезпечує підвищення міцності в зоні конденсації вологи практично в 2 рази, наприклад з 0,0007 МПа до 0,0012...0,0017 МПа. Таким чином, виявлений ефект підвищення міцності суміші в зоні конденсації вологи при введенні мікродобавок ЕКР забезпечує додатковий резерв зниження ймовірності утворення на виливках поверхневих дефектів типу ужимин.

Характеристики пластичності суміші, а саме показники формувальності й текучості, змінюються в пропорційній залежності від вмісту в суміші ЕКР (рис. 1, 2).

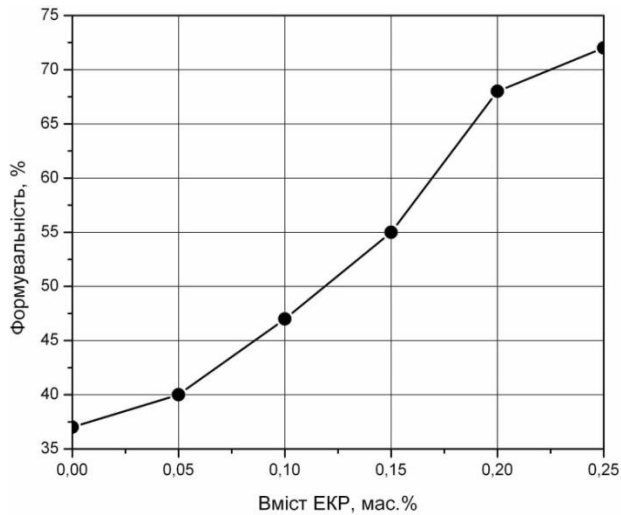


Рис. 1. Залежність формувальності ПБС від вмісту ЕКР

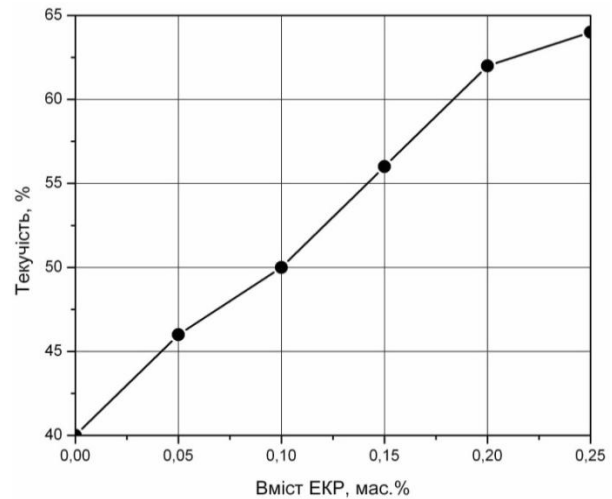


Рис. 2. Залежність текучості ПБС від вмісту ЕКР

Показник формувальності вихідної суміші (без добавок) становить 36 %, а при введенні до її складу ЕКР уже в кількості 0,2 мас. % формувальність підвищується до 68 %. Текучість суміші змінюється з 40 % для вихідної суміші (без добавок) до 62 % для суміші з 0,2 мас. % ЕКР. Виявлений ефект підвищення формувальності й текучості ПБС із додаванням до її складу в якості стабілізатора вологості добавок Уманського ЕКР, безумовно, забезпечить додатковий резерв підвищення комплексу фізико-механічних властивостей ПБС, особливо в літній період часу, і, як наслідок, буде забезпечена можливість одержання високоякісних безопочних і опочних ливарних форм на лініях автоматичного формування, коли суміш набуде здатності добре заповнювати важкодоступні ділянки на поверхні модельних комплектів, що забезпечить утворення чіткого відбитка моделей у формі.

З даних рис. 3 видно, що обсіпальність вихідної ПБС (без добавок ЕКР) достатньо висока – 1,6 %, що перевищує нормативне значення (0,8 %) в 2 рази. Добавки ЕКР істотно підвищили поверхневу міцність зразків ПБС, що виразилося в зниженні характеристики обсіпальності ПБС. Так при вмісті в суміші добавки ЕКР вже в кількості 0,2 мас. % значення обсіпальності складо 0,8 %, що практично відповідає нормативному значенню поверхневої міцності для сумішей даного класу.

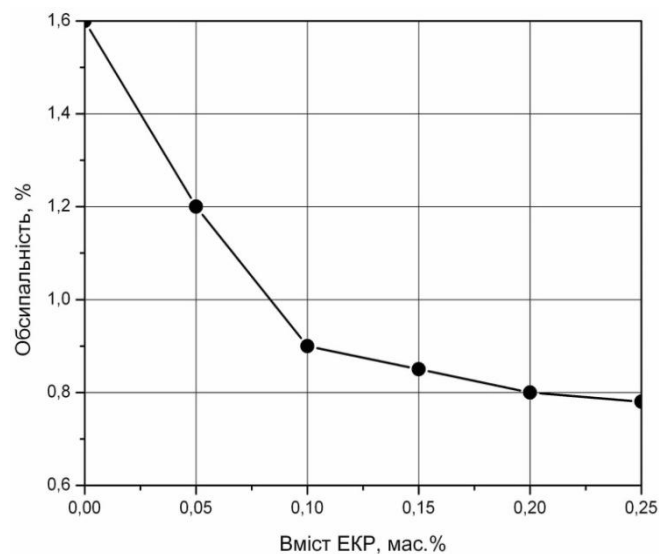


Рис. 3. Залежність обсіпальності ПБС від вмісту ЕКР

Спираючись на раніше отримані практичні дані [1–3] про оптимальний вміст ЕКР у суміші для чавунного лиття в кількості 0,3 % і для сталевого лиття – 0,4 %, а також, ґрунтуючись на власні експериментальні дані, можна констатувати наступне: немає необхідності перевищувати вміст Уманського ЕКР у складі ПБС більш 0,2 мас. %, оскільки більш високий вміст ЕКР у суміші вже не забезпечить суттєвого приросту показників фізико-механічних властивостей, крім цього, перевитрата ЕКР у суміші понад 0,2 мас. % не є вигідною з економічних міркувань. Таким чином встановлена оптимальна кількість ЕКР, рекомендована до введення у склад виробничих ПБС – 0,2 мас. %.

Рецептурні склади формувальних сумішей на базі виробничих сумішей, відібраних на лінії автоматичного формування з одного з діючих вітчизняних ливарних підприємств, що були піддані випробуванням, представлені в табл. 4.

Результати визначення фізико-механічних властивостей сумішей, наведених в табл. 4, представлені в табл. 5.

Таблиця 4

Рецептурні склади дослідних виробничих формувальних сумішей з ЕКР

| Найменування суміші (компонентів суміші) | Вміст компонентів у сумішах, мас. % | | |
|---|-------------------------------------|---------|---------|
| | суміш 1 | суміш 2 | суміш 3 |
| Вихідна виробнича суміш (відібрана на лінії на виході зі змішувача) | 100 | - | - |
| Відпрацьована виробнича суміш (відібрана на дільниці вибивання форм) | - | 100 | 90 |
| Старовіровський кварцовий пісок | - | - | 10 |
| Костянтинівський беніопорошок активований | - | 1,5 | 1,5 |
| Уманський ЕКР | - | 0,2 | 0,2 |
| Вологовміст | 3,5 | 3,5 | 3,5 |

Таблиця 5

Фізико-механічні властивості дослідних виробничих формувальних сумішей з ЕКР

| Найменування фізико-механічних властивостей формувальних сумішей | Значення фізико-механічних властивостей ПБС | | |
|---|--|---------|---------|
| | суміш 1 | суміш 2 | суміш 3 |
| Міцність на стиск у вологому стані, МПа | 0,130 | 0,145 | 0,145 |
| Міцність на розрив у зоні конденсації вологи, МПа | 0,0015 | 0,0022 | 0,0024 |
| Формувальність, % | 72,3 | 80 | 84 |
| Текучість, % | 67,7 | 78 | 80 |
| Обсипальність, % | 1,78 | 0,85 | 0,82 |
| Газопроникність, од. | 118 | 120 | 120 |

Аналіз експериментальних даних, наведених у табл. 5 дозволяє констатувати наступні зміни властивостей виробничих сумішей з добавками 0,2 мас. % ЕКР у порівнянні з вихідною виробничою сумішшю без добавок ЕКР:

- газопроникність в незначній мірі збільшується, хоча слід ураховувати, що суміш із добавкою ЕКР ущільнюється більш ефективно, і в першому наближенні ця характеристика повинна була б знижуватися. Очевидно, у цьому випадку позитивним образом позначається ефект поглинання вологи крохмалистою речовиною, у результаті чого частина вільної вологи зосереджує в крохмалистій речовині й в обмеженій кількості присутня на поверхні піщин кварцового наповнювача;

- міцність у вологому стані для всіх трьох зразків суміші, обмірювана відразу після завершення приготування замісів, практично не змінилася й склала 0,130 МПа. Повторні виміри міцності на стиск у вологому стані, виконані після витримки зразків суміші в герметичному стані (у багатошаровому поліетиленовому впакуванні) протягом 24-х годин показали збільшення міцності зразків суміші з ЕКР на 12 % (з 0,130 МПа для суміші без ЕКР до 0,145 МПа для сумішей з добавкою 0,2 мас. % ЕКР). Слід зазначити, що у виробничих умовах тривалість витримки свіжоприготовленої суміші також становить певний час. Безумовно, при використанні в складі ПБС добавок типу ЕКР слід урахувувати той факт, що позитивний вплив ЕКР на показник міцності на стиск у вологому стані може посилитися лише через кілька годин;

- найбільш чутливо ПБС відреагувала на додавання ЕКР неухильним зростанням своїх найважливіших характеристик пластичності, тобто показників формувальності й текучості. Усі ці характеристики фізично взаємозалежні через агрегування крохмалистою речовиною води, бентонітового зв'язувального матеріалу, а також продуктів термічної деструкції бентоніту (шамотизованої пилоподібної бентонітової глини) і вуглецевмісних протипригарних добавок.

Враховуючи отримані експериментальні дані можна рекомендувати добавку ЕКР до складу виробничих ПБС на лініях автоматичного формування, як радикальний засіб зменшення «жорсткості» сумішей, підвищення показників їх формувальності й текучості в умовах насичення суміші надлишковою кількістю стрижневих залишків на органічних смоляних зв'язувальних матеріалах.

ВИСНОВКИ

Для успішного впровадження добавки ЕКР у складі виробничих ПБС на лініях автоматичного формування слід керуватися наступним:

1. Перед початком уведення ЕКР до складу суміші слід здійснити його вхідний контроль, згідно ТУ В 15.6 1333288.001-2004: 1) гранулометричний аналіз порошкоподібного ЕКР (гранулометричні характеристики ЕКР можна вважати задовільними, якщо прохід матеріалу через сито з розміром вічка 0,2 мм становить не менш 90 %, коефіцієнт однорідності – не менш 50 %, середній розмір часток не більш 0,15 мм); 2) визначення набрякання ЕКР (у якості задовільного значення ухвалюється показник набрякання ЕКР – не менш 8 %).

2. Уведення ЕКР до складу суміші в процесі її приготування в змішувачі забезпечується за такою ж схемою, як і введення інших сипучих компонентів суміші (піску, бентопорошку, вуглецевмісних пилоподібних фракцій). Загальний вміст ЕКР у формувальній суміші повинен становити в середньому близько 0,5 % від загальної маси суміші. Слід урахувувати, що середній вигар ЕКР за один цикл обороту суміші на автоматичній лінії становить близько 20 % [1]. Тому, коли насичення суміші добавкою ЕКР досягне середнього рівня 0,5 %, наступні освіжаючі добавки ЕКР повинні становити не менш 0,1 % у кожний заміс – саме така кількість освіження дозволить компенсувати 20-% вигар ЕКР й забезпечить підтримку його загальної концентрації в суміші на рівні 0,5 %.

3. Середню витрату ЕКР на 1 т придатного литва можна розрахувати в такий спосіб: якщо витрата ЕКР на 1 т єдиної ПБС (після насичення) становить 0,1 % або 1 кг, а середня витрата суміші на 1 т придатного литва в масовому виробництві становить 6...8 т, то середня витрата ЕКР на 1 т придатного лиття, відповідно, становитиме 6...8 кг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Белобров Е. А. О путях улучшения качества формовочных смесей для производства отливок в сырых формах / Е. А. Белобров // *Литье Украины*. – 2007. – № 9. – С. 20–25.
2. Федоров Н. Н. Стабилизаторы влажности для сырых песчано-бентонитовых формовочных смесей / Н. Н. Федоров, С. П. Дорошенко, А. Н. Фесенко // *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії*. – 2005. – №1. – С. 92–97.
3. Белобров Е. А. Крахмалит – радикальное средство повышения качества стальных и чугунных отливок, изготавливаемых в сырых песчано-глинистых формах / Е. А. Белобров // *Литье Украины*. – 2004. – № 11. – С. 10–12.