

Іванов В.Г., Крилова Л.О., Каргінов В.П., Кудін В.В., Матвейшин М.В., Хричиков В.Є
Використання спеціальних добавок для покращення вибивання
рідкоскляних формувальних сумішей

Ivanov V.G., Krylova L.O., Karginov V.P., Kudin V.V. Matveishin M.V. Khrychikov V.E.
The use of special additives for improving the knockout of sodium
silicate-bonded sand molds

Мета досліджень – визначити ефективність технологічних добавок у рідкоскляну формувальну суміш з метою зменшення роботи вибивання.

Методика. У роботі використовували формувальну суміш, що складалася з кварцового піску (марки 1K2O₂O₂) та натрієвого рідкого скла (питома щільність 1,42...1,44 г/см³, силікатний модуль 2,8...3,0). В якості спеціальних технологічних добавок у формувальну суміш використовували суміш комплексну СК-3у, спучений вермикуліт та спучений графіт. Стандартні циліндричні зразки з рідкоскляної суміші попередньо висушували в печі протягом 1 години при температурі 200...220°C, потім прожарювали протягом 1 години при 500, 600 і 800°C та охолоджували з пічкою. Роботу вибивання зразків розраховували за відомою методикою науково-дослідного інституту важкого машинобудування.

Результати. Найменша робота вибивання відповідала додавці в рідкоскляну формувальну суміш вермикуліту та спученого графіту. Робота вибивання формувальної рідкоскляної суміші при температурах 500, 600 та 800 °C з використанням 4,0% спеціальної технологічної добавки, що складалася з СК-3у та вермикуліту, не перевищувала 100 Дж.

Наукова новизна. Використання спеціальних добавок у рідкоскляні формувальні суміші, що при температурах їх використання суттєво збільшуються у об'ємі та порушують суцільність плівок зв'язуючого між зернами піску є резервом зниження трудомісткості вибивних та очисних робіт. Найкраще цьому відповідає спучений вермикуліт дрібної фракції (до 0,4 мм) в порівнянні зі спученим графітом. Останній при висушуванні суттєво збільшує лінійні розміри зразків, що може негативно вплинути на точність виготовлення стрижнів та виливків.

Практична значущість. Результати досліджень можуть бути використанні при розробці технологічних процесів виробництва виливків у піцаних рідкоскляних сумішах для зменшення трудомісткості вибивних робіт.

Ключові слова: формувальна рідкоскляна суміш, технологічні добавки, суміш комплексна, спучений вермикуліт, спучений графіт.

Purpose. Identifying the efficacy of technological additives for sodium silicate-bonded molding sand for reducing knockout work.

Methodology. The study used the molding sand that comprised silicon sand (1K2O₂O₂ grade) and sodium silicate solute (density 1,42...1,44 g/sm³, silica module 2,8...3,0). Complex compound СК-3у, expanded vermiculite and expanded graphite were used as special technological additives for the molding sand. Standard cylindrical samples of sodium silicate-bonded moldingsand were initially dried in a furnace at 200...220°C before being tempered for 1 hour at 500, 600 and 800°C and cooled with the furnace. The knockout work was calculated according to the methodology developed by the heavy engineering research and development institute.

Results. The lowest knockout work corresponded with the addition of vermiculite and expanded graphite into the sodium silicate molding sand. The knockout work of the sodium silicate-bonded molding sand at 500, 600, and 800 oC with the use of 4,0% of the special technological additive, which comprised СК-3у and vermiculite, did not exceed 100 J.

Scientific originality. The use of special additives in sodium silicate molding sand that significantly increase in volume at working temperature and disrupt the integrity of bond films between the sand grains is the reserve of reducing the work intensity of knockout and cleaning operations. Fine expanded vermiculite (up to 0,4 mm) is best suited for this purpose compared to expanded graphite. The latter increases the linear dimensions of the samples during drying, which can negatively affect the precision of cores and castings.

Practical value. The study results can be used in developing the casting technology for sodium silicate-bonded sand molding to reduce the work intensity of mold knockout operations.

Keywords: sodium silicate molding sand, technological additives, complex sand, expanded vermiculite, expanded graphite.

Вступ

Широке використання у формувальних сумішах рідкого скла пов'язано з його перевагами: екологічністю, відносно низькою вартістю, можливістю застосування прискорених технологій виготовлення форм і стрижнів без теплового сушіння, що змі-

нюються за рахунок введення спеціальних добавок – затверджувачів. Однак суттєвим недоліком рідкого скла є утруднене вибивання сумішей з виливків внаслідок розплавлення силікатів натрію при нагріванні форм металом і наступного спікання формувальної суміші. Таким чином вдоскона-

Іванов Валерій Григорович – д.т.н., доц., НУЗП
Крилова Людмила Олександрівна – аспірант НУЗП
Каргінов Володимир Петрович – ТОВ «НПП «Союз»
Кудін Вадим Валерійович – к.т.н., доц., НУЗП
Матвейшин Микита Віталійович – аспірант НУЗП
Хричиков Валерій Євгенович – д.т.н., проф. УДУНТ

Valeriy Ivanov – d.t.s, associate professor. NUZP
Lyudmila Krylova - graduate student of the NUZP
Volodymyr Karginov - LLC "NPP "Soyuz"
Vadim Kudin – c.t.s. Associate Professor. NUZP
Nikyta Matveyshyn - graduate student of the NUZP
Valery Hrychikov – d.t.s., prof. USUST

лення складу рідкоскляних сумішей з метою покращення їх вибивання та зменшення трудомісткості вибивних операцій є актуальною задачею сучасного ливарного виробництва.

Постановка задачі

В роботі пропонується напрямок вдосконалення складу формувальних рідкоскляних сумішей та зменшення трудомісткості фінішних операцій за рахунок використання спеціальних комплексних добавок, що порушують суцільність плівок зв'язуючої композиції у широкому діапазоні температур.

Огляд літератури

Забезпечення необхідної міцності формувальних сумішей на рідкому склі може відбуватися за рахунок теплового сушіння та хімічних реакцій між зв'язуючим та різними затверджувачами. Останній процес вважається більш продуктивним та економічно доцільним [1, 2]. Затверджувачі рідкого скла можуть бути у різному агрегатному стані: газоподібному, рідкому, твердому. Використання того чи іншого затверджувача залежить від багатьох факторів: умов виробництва, серійності, технології отримання форм та стрижнів, відповідальності та ваги виливків.

Найбільш перспективними вважаються рідкі затверджувачі, які технологічно легше дозувати та вводити у суміш, і які, за даним робіт [1-3], забезпечують меншу роботу вибивання. Однак, твердіння таких сумішей відбувається не миттєво, а протягом певного часу: від декількох до десятків хвилин. Крім того, для виробництва крупних виливків більш доцільно використовувати наливні рідкоскляні суміші, де затверджувачем виступає сухий ферохромовий шлак, що імпортується українськими підприємствами. Твердіння суміші за рахунок CO_2 є більш продуктивним та швидким процесом у порівнянні з застосуванням рідкого затверджувача [3]. Тому напрямок вдосконалення складу суміші за рахунок використання затверджувача у певному агрегатному стані має певні обмеження.

Також пропонуються до використання універсальні добавки, які одночасно є затверджувачами холоднотвердіючих сумішей на рідкому склі та такими, що потім покращують вибивання сумішей. Наприклад, є досвід використання фурфурілоксипропилциклокарбонатів (ФОПЦК), що є побічним продуктом інших виробництв, для ливарних форм і стрижнів для виготовлення якісних виливків з вуглецевих та кольорових сплавів [4]. Крім того, відомо [5] використання доменного шлаку для покращення вибивання рідкоскляних сумішей.

Покращенню вибивання рідкоскляних сумішей також сприяє їх попередня обробка в паромікрохвильових печах, яка суттєво змінює вид дегідратованого силікату натрію з суцільних плівок на манжети або піноподібні структури [6, 7].

З усіх методів покращення вибивання рідкого скла [2] найбільш простим є введення в суміш спеціальних добавок, які можна поділити на органічні (патока зелена, бітум, полістирол, синтетичні

смоли тощо) і неорганічні (сланцеві матеріали, спучений перліт, вермікуліт тощо).

Однак і в цьому випадку досягнення бажаного результату стримується певними факторами. Наприклад, органічні добавки підвищують газотворну здатність суміші, знижують міцність суміші через їх часткове вигорання, що може приводити до науглерожування поверхні, утворення пригару, погіршення санітарно-гігієнічних умов праці. Неорганічні, у свою чергу, при невеликих добавках (до 6%) малоефективні, а підвищення їх змісту призводить до зниження вихідної міцності суміші.

Згідно з даними [1, 2], температура нагрівання суміші до 500...600°C відповідає мінімуму роботи вибивання, а при 800°C, навпаки, спостерігається максимум, вслід утворення легкоплавкої евтектики в системі $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$. На практиці тільки дрібні стрижні, що омиваються з усіх боків рідким металом, прогріваються до 800°C та вище. Великі, у свою чергу, нагріваються до невисоких температур, а максимум нагрівання спостерігається лише у поверхневих шарах. При цьому, не дивлячись на мінімальну роботу вибивання при 500...600°C, видалення стрижнів - дуже трудомісткий і проблемний процес.

Тому розробка розміцнюючої добавки, яка забезпечувала б мінімум роботи вибивання, як при низьких, так і при високих температурах нагріву рідкоскляних сумішей є запорукою зменшення трудомісткості фінішних операцій. Для цього розробляють комплексні добавки, де кожен компонент, що входить до її складу, забезпечував б мінімальну роботу вибивання у певному температурному інтервалі. Так багато років деякими підприємствами використовується «Деструктор» (СК-3), що містить Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , MgO , які сприяють крихкості плівки зв'язуючого та знижують текучість силікатної евтектики [8].

Взагалі в сучасній практиці ливарного виробництва все більшого розповсюдження набувають саме комплексні спеціальні добавки, наприклад Dexil 11 або 35 (Foseco, Велика Британія), Furtophen 450 (Furtenbach, Австрія), Poliset (Японія), кероген, диспергатор НФ технічний [9]. Хімічний склад таких добавок невідомий та складає комерційну таємницю.

Таким чином вдосконалення складу комплексних добавок у шляхом введення речовин, які б мали широкий діапазон розміцнення формувальних сумішей є актуальним. На наш погляд зниження роботи вибивання найбільш ефективно досягається шляхом руйнування суцільності плівки зв'язуючого при температурах використання суміші. Такими речовинами можуть виступати спучені графіт, вермікуліт тощо, які при нагріванні суттєво збільшуються у об'ємі, виділяють гази та порушують суцільність плівки затверділого рідкого скла у формувальних сумішах.

Матеріали і методи

Для оцінки трудомісткості вибивання рідкоскляної суміші був застосований широко поширений

метод заснований на підрахунку кількості ударів, витрачених на пробивання стандартного циліндричного зразка, виготовленого з досліджуваної суміші [10]. Для цього охолоджений циліндричний зразок вставлявся в спеціальну оправку і на лабораторному копрі, оснащеному бойком, пробивався на всю товщину.

Склад дослідних сумішей показаний у табл.1. До складу усіх дослідних формувальних сумішей входив кварцовий пісок марки 1K₂O₂O₂ (100 мас. ч)

та натрієве рідке скло (6 мас. ч) з питомою щільністю 1,42...1,44 г/см³ і силікатним модулем 2,8...3,0. Для вдосконалення «Деструктора» СК-3 до його складу вводили спеціальні добавки, що збільшують інертність та створюють пористу структуру зв'язувальних плівок при високих температурах – спучений графіт або вермикуліт. Фракція добавки вермикуліту була наближена до фракції піску (не більше 0,4 мм).

Таблиця 1 – Варіанти складу дослідної рідкоскляної суміші

Номер зразка	Склад суміші, мас. частка, %			
	Пісок кварцовий	Рідке скло	Деструктор (СК-3)	Технологічні добавки
1	100,0	6,0	-	-
2	96,0	6,0	4,0	-
3	96,0	6,0	2,0	2,0 (спучений графіт)
4	96,0	6,0	2,0	2,0 (спучений вермикуліт)

Було виготовлено декілька комплектів стандартних зразків з дослідними сумішами для визначення роботи вибивання та міцності на розтяг.

Результатит досліджень та обговорення результатів.

Виготовлені зразки, виготовлених з рідкоскляних сумішей попередньо висушували в печі протягом 1 години при температурі 200...220°C, потім прожарювали протягом 1 години при температурах 500, 600 і 800°C, охолоджували та піддавали випробуванню. Результати випробування на вибивання наведено на рис. 1.

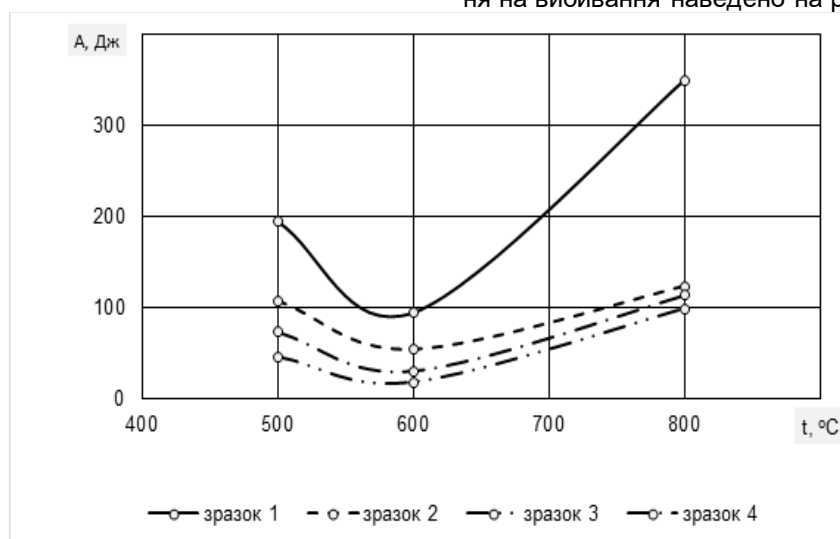


Рисунок 1 – Залежність роботи вибивання зразків від складу формувальної суміші та температури прожарювання

Результати та обговорення

Міцність на розрив усіх зразків після сушки була високою і становила 1,5...2,0 МПа. Найменші показники були відзначені у зразків, що містили спучений графіт, що мабуть було пов'язано з частковим вигоранням добавки. Найменша робота вибивання відповідала добавці вермикуліту та спученому графіту. Але добавка спученого графіту понад 2 % приводила до збільшення розмірів циліндричних зразків після сушіння. Крім того, усі добавки спученого вермикуліту та графіту, внаслідок різниці у щільності, нерівномірно розподілялися при перемішуванні за об'ємом. Тому вірогідно для покращення розподілення таких добавок необхід-

но застосовувати спеціальні методи попередньої обробки. Цьому питанню будуть присвячені наступні дослідження.

Висновки

Таким чином, використання спеціальних добавок у рідкоскляні формувальні суміші, що при температурах їх використання суттєво збільшуються у об'ємі та порушують суцільність плівок зв'язуючого між зернами піску є резервом зниження трудомісткості вибивних та очисних робіт. Найкраще цьому відповідає спучений вермикуліт дрібної фракції (до 0,4 мм) в порівнянні зі спученим графітом. Останній при висушуванні суттєво збільшує лінійні роз-

міри зразків, що може негативно вплинути на точність виготовлення стрижнів та виливків.

Бібліографічний опис

1. Дорошенко С.П. Формувальні суміші: навч. посібник. К.: ІЗМн, 1997. 140 с.
2. Лютий Р. В., Гурія І. М. Формувальні матеріали: підручник для студ. спеціальності 136 «Металургія», освітньої програми «Комп'ютеризовані процеси лиття». КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 258 с.
3. Формовочные материалы и технология литейной формы: Справочник / С. С. Жуковский и др.; Под общ. ред. С. С. Жуковского. М.: Машиностроение, 1993. 432 с.
4. Берлизева Т.В., Пономаренко О.И. Исследование влияния комплексной разупрочняющей добавки на свойства холоднотвердеющих смесей на жидком стекле. Металлургическая и горнорудная промышленность. 2014. № 4. С. 27–30.
5. Вишняков Х.И. Улучшение выбиваемости жидкостекольных смесей добавками доменного шлака. Литейное производство. 1976. №11. С.42.
6. Solonenko L.I., Repiakh S.I., Uzlov K.I., Mamuzich I., Bilyi O.P., Kimstach T.V. Water resistance of structured sand-sodium-silicate mixtures. Naukovi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2021. №4. P. 41-46. DOI: 10.33271/nvngu/2021-4/041.
7. Солоненко Л.І., Реп'ях С.І., Узлов К.І., Білий О.П., Усенко Р.В. Вибиваємість з виливків піщано-рідкоскляних стрижнів, що структуровані паро-мікрохвильовим затвердінням. Теорія і практика металургії. 2021. №2. С. 37-45.
8. Иванов В. Г., Кузовов А. Ф., Малый А. В., Каргинов В. П., Колос А. А., Дорошенко А. В. Универсальная добавка для улучшения выбиваемости жидкостекольной смеси. Литейное производство. 2015. №8. С. 10 – 12.
9. Литейные формовочные материалы: Формовочные, стержневые смеси и покрытия: справочник / А. Н. Болдин и др. М.: Машиностроение, 2006. 507 с.
10. Марков В.А., Неведов К.Е. Метод определения выбиваемости жидкостекольных смесей. Ползуновский альманах. 2003. № 4. С. 50-51.

References

1. Doroshenko S.P. Formative sumish: navch. helper. K.: IZMn, 1997. 140 p.
2. Lyuty R. V., Guriya I. M. Molding materials: handbook for students. specialty 136 "Metallurgy", educational program "Computerized casting processes". KPI im. Igor Sikorsky. Kiev : KPI im. Igor Sikorsky, 2020. 258 p.
3. Molding materials and mold technology: Reference book / S. S. Zhukovsky et al.; Under total ed. S. S. Zhukovsky. M.: Mashinostroenie, 1993. 432 p.
4. Berlizeva T.V., Ponomarenko O.I. Investigation of the effect of a complex softening additive on the properties of cold-hardening mixtures on liquid glass. Metallurgical and mining industry. 2014. No. 4. S. 27–30.
5. Vishnyakov Kh.I. Improving the knockout of liquid-glass mixtures by adding blast-furnace slag. Foundry. 1976. No. 11. P.42.
6. Solonenko L.I., Repiakh S.I., Uzlov K.I., Mamuzich I., Bilyi O.P., Kimstach T.V. Water resistance of structured sand-sodium-silicate mixtures. Naukovi Visnyk Nationalnoho Hirnychoho Universytetu. 2021. №4. R. 41-46. DOI: 10.33271/nvngu/2021-4/041.
7. Solonenko L.I., Rep'yakh S.I., Uzlov K.I., Bilyi O.P., Usenko R.V. Vibrancy from vilivkiv pischannoridkosclyanyh strizhniv, scho structurirovani varo-mikrohvilivim hardinim. Theory and practice of metallurgy. 2021. №2. pp. 37-45.
8. Ivanov V. G., Kuzovov A. F., Malyi A. V., Karginov V. P., Kolos A. A., Doroshenko A. V. Universal additive for improving the knockout of liquid glass mixture. Foundry. 2015. No. 8. pp. 10 - 12.
9. Casting molding materials: Molding, core mixtures and coatings: a reference book / A. N. Boldin et al. M.: Mashinostroenie, 2006. 507 p.
10. Markov V.A., Nefedov K.E. Method for determining the knockout of liquid glass mixtures. Polzunov almanac. 2003. No. 4. S. 50-51.