

УДК 621.74

Лютий Р. В.

ВПЛИВ СПОСОБУ ПРИГОТУВАННЯ РІДКОГО СКЛА НА ВИБИВАЄМІСТЬ ЛИВАРНИХ СТРИЖНІВ

Рідке скло (РС) являє собою водний розчин лужних силікатів змінного складу $\text{Na}_2\text{O} \times m\text{SiO}_2$ або $\text{K}_2\text{O} \times m\text{SiO}_2$. У ливарному виробництві застосовують натрієве РС як більш дешеве і менш дефіцитне, ніж калієве. Модуль РС являє собою співвідношення вмісту в розчині SiO_2 і Na_2O , помножене на коефіцієнт 1,032 (відношення молекулярних мас оксидів Na та Si). У ливарному виробництві використовують РС із модулем 2,0–3,1 [1, 2].

За такого модуля РС являє собою колоїдний розчин з гідратованими мономер-катионами натрію та полімерними кремнійкисневими аніонами. Чим більший модуль, тим вищий ступінь полімеризації і тим більша швидкість затвердіння формувальних сумішей. Суміші з РС високого модуля мають малу живучість, їхня міцність швидко зростає в початкові періоди твердіння, але у більш довгі періоди (наприклад, через добу) їхня міцність нижча. Тому модуль РС часто знижують добавкою NaOH . Густина РС знижують додаванням води.

Максимальний модуль рідкого скла (6,5) застосовано в ливарному виробництві для виготовлення керамічних форм за моделями, що витоплюються. Воно названо високотемпературним рідкоскляним зв'язувальним компонентом [3]. Мінімальний модуль рідкого скла (1,4) – в експериментальній роботі НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського». Суть процесу в тому, що при нагріванні суміші таке РС реагує з наявним в суміші аморфним кремнеземом, внаслідок чого модуль реально підвищується, а стрижень зміцнюється [4].

Існує два способи приготування РС: двостадійний (сухий) і одностадійний (мокрый) [2].

Найбільше застосовується сухий спосіб. При цьому спочатку одержують тверді силікати натрію (перша стадія) сплавленням у спеціальних печах при 1400–1450 °С кварцового піску із содою Na_2CO_3 або сульфатом натрію Na_2SO_4 . Розтоплену рідку масу випускають із печі і гранулюють (водою), в результаті чого утворюються шматки (2–20 мм), які називають силікатною глибою. Глибу, одержану з використанням соди, називають содовою (вона має зеленуватий колір), а з використанням сульфату натрію – сульфатною (чорна, оскільки для прискорення відновлення сульфату натрію використовують ще вугільний порошок).

Другою стадією приготування рідкого скла є розчинення у воді подрібненої до розмірів 0,1–10 мм силікатної глиби в автоклавах при температурі 120–130 °С і тиску пари 0,3–0,8 МПа. Розчин перемішується, внаслідок чого прискорюється процес розчинення силікатів натрію у воді. Чим вища температура і тиск, тим швидше розчиняються силікати. За тиску пари 0,4–0,5 МПа час варки рідкого скла 3 год.

У разі одностадійного способу виготовлення РС кремнезем розчиняють у натрієвому лузі (при нагріванні в автоклавах) до одержання розчину лужних силікатів необхідної концентрації, без попереднього одержання силікатної глиби. Оскільки цей спосіб більш тривалий, він мало використовується у ливарному виробництві.

Основним недоліком РС як зв'язувального компонента є труднощі вибивання виливків із форм і стрижнів із виливків. Причина цього – розплавлення силікатів натрію при нагріванні форм металом (> 800 °С) і наступне спікання формувальної суміші при охолодженні, що призводить до значного підвищення її залишкової міцності. Як правило, міцність суміші після охолодження вилівка перевищує у 3...4 рази початкову міцність.

У системі $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ уже при 753°C утворюється легкоплавка евтектика (рис. 1). Подальше нагрівання сприяє збільшенню кількості рідкої фази, яка являє собою силікатний розплав. Він є хімічно дуже активним до кремнезему, і найдрібніші часточки наповнювача (піску) розчиняються в ньому, побічно збільшуючи його кількість. Розплав евтектики повністю спікається з поверхнею піщинок, а після затвердіння і охолодження являє з ними єдине ціле. Через таке спікання РС з поверхнею піщинок формувальні суміші не придатні до повторного використання, майже не піддаються регенерації.

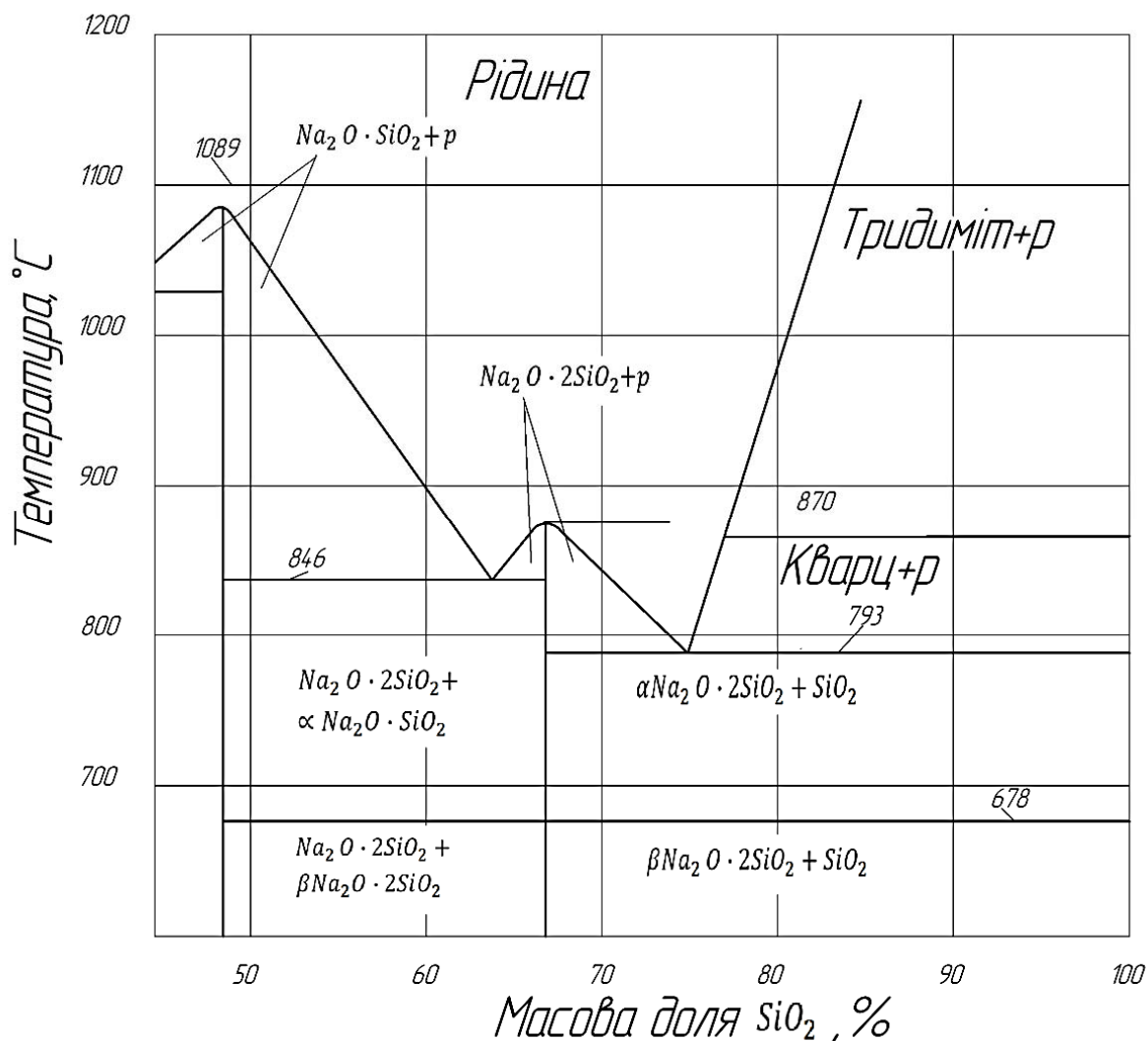


Рис. 1. Подвійна діаграма стану $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$

Зважаючи на поширеність РС у ливарній практиці, його екологічну і економічну привабливість, питання вибиваємості сумішей з ним є одним з найбільших актуальних питань наукових досліджень.

Метою нашої роботи є встановлення впливу особливостей приготування рідкого скла на вибиваємість стрижневої суміші.

Вирішенню цієї проблеми присвятили свій час і сили багато видатних ливарників. Одержані позитивні результати викладені у декількох дисертаціях кандидатів і докторів наук. Але, на жаль, остаточного вирішення на сьогодні не знайдено.

Всі способи покращення вибиваємості сумішей з РС поділяють на наступні групи:

1) Зменшення кількості силікатної евтектики. Може бути досягнуто:

– зменшенням кількості РС (можливо лише при застосуванні ефективних затверджувачів складноєфірного типу, як, наприклад, представлено у роботах [5, 6]);

– підвищенням модуля РС (з підвищенням модуля зменшується кількість Na_2O , а з ним і кількість силікатного розплаву).

2) Зниження текучості силікатної евтектики, яке уповільнює її поширення у порах між зернами наповнювача. Може бути досягнуто:

– підвищенням модуля РС. Текучість і хімічну агресивність розплаву надає Na_2O , тому зниження його вмісту підвищує в'язкість евтектики;

– додаванням речовин, які містять глинозем Al_2O_3 , у першу чергу глини. Глинозем, розчиняючись у розплаві евтектики, значною мірою підвищує його в'язкість;

– додаванням речовин, які містять фосфати (наприклад, триполіфосфату натрію). Поліпшення вибиваємості досягається за рахунок підвищення температури плавлення силікофосфатної системи $\text{Na}_2\text{O}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{SiO}_2$. При цьому різко скорочується кількість евтектичного розплаву в температурному інтервалі $800\dots 1100^\circ\text{C}$ і знижується його текучість, що попереджає його розтікання по поверхні зерен кварцового піску [2].

3) Порушення цілісності зв'язувальних плівок РС при високих температурах. Це досягається:

– додаванням органічних речовин, які розпадаються при нагріванні з утворенням газових продуктів (ЛСТ, полісахариди). Гази, проходячи через розплав силікатної евтектики, спучують його, порушуючи цілісність зв'язувального компонента;

– додаванням неорганічних речовин (наприклад карбонатів), які діють аналогічно – виділяють газоподібні продукти при нагріванні;

– додаванням речовин, які містять кристалогідратну воду. Найефективнішою добавкою є каолінова глина. У рідкоскляних сумішах із глиною відбувається утворення нового продукту складу $\text{Na}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{SiO}_2 \times \text{H}_2\text{O}$ (гідроалюмосилікат натрію), з нього видаляється кристалогідратна вода в усьому інтервалі нагрівання (майже до 1000°C), яка руйнує плівки зв'язувального компонента зсередини, нейтралізуючи процес спікання їх з наповнювачем [4].

4) Зниження адгезії силікатної евтектики до наповнювача. Досягається додаванням органічних речовин (кокс, вугільний пил, графіт, смоли, цукристі речовини, лігносульфонати, нафтопродукти), які при термодеструкції виділяють сажистий вуглець. Він осідає на зернах піску і знижує змочування його розплавом евтектики [2].

5) Підвищення температури плавлення силікатної евтектики. Теоретично, якщо знайти добавки, які при нагріванні вступатимуть з рідким склом у хімічну взаємодію з утворенням нових сполук, температура плавлення яких вища за температуру прогрівання суміші, можна буде позбутися розплаву евтектики взагалі. Але на сьогодні жодного такого способу не запропоновано.

У нашій роботі реалізовано новий оригінальний спосіб приготування рідкого скла. Для зменшення негативного впливу натрієвої складової було проведено високотемпературне вакуумне оброблення силікатної глиби. Глибу з модулем 2,6...2,8 було оброблено за спеціальним режимом у вакуумній термічній печі (нагрівання 1000°C з витримкою). Другий (паралельний) дослід було проведено із тією ж глибою і в тій же печі, але без наведення вакууму. Режим нагрівання і витримки – аналогічний.

Після вказаної витримки глина, оброблена вакуумом, спочатку розм'якшилася і підплавилася, а надалі перейшла у твердий склоподібний стан, який вона не змінювала при подальшому підвищенні температури. Повторне нагрівання глиби до 1000°C не призвело до її плавлення, тобто евтектичний розплав у ній повторно не утворився.

Аналіз можливих перетворень у системі показує, що при високій температурі в вакуумі найбільш ймовірною є сублімація або випаровування лужної складової Na_2O , після чого в глибі залишається переважно кремнезем SiO_2 . За діаграмою стану $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ (див. рис. 1) встановлено, що при зниженні вмісту Na_2O , крім природного зменшення кількості евтектики, значно підвищується температура ліквідусу.

Спектральний аналіз зразків глиби до і після вакуумної витримки показав зменшення кількості Na у два рази (з 13,53 % до 6,75 %), що частково підтверджує висловлене припущення.

З обробленої вакуумом силікатної глиби приготували рідке скло. Стрижнева суміш вміщувала 96% кварцового піску і 4% рідкого скла. Стандартні циліндричні зразки зміцнювали в печі при 200 °С протягом 30 хв. Міцність при стисканні 2,4...2,5 МПа, що відповідає міцності звичайних рідкоскляних сумішей.

За традиційною методикою визначення вибиваємості [1, 7] зразки дослідженої суміші були залиті сталлю 20Л при температурі 1550 °С. Вибивання зразків було успішно здійснено через 14 ударів лабораторного копра, тобто робота вибивання становить 42 Дж, тоді як для традиційних рідкоскляних сумішей (навіть наливних рідкорухомих з відносно гарним вибиванням) вона ніколи не була меншою за 200 Дж.

ВИСНОВКИ

Високотемпературне вакуумне оброблення (1000 °С) силікатної глиби перед приготуванням рідкого скла призводить, на наш погляд, до часткового видалення із неї лужної (натрієвої) складової, підвищуючи питому кількість кремнезему. В утвореній системі розплавлення силікатної евтектики мало ймовірно.

Рідке скло, отримане із модифікованої вакуумної силікатної глиби, не схильне до спікання у стрижневих сумішах при заливанні сталі та забезпечує низьку роботу вибивання (до 50 Дж), що є на одному рівні із іншими неорганічними зв'язувальними компонентами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия* / Болдин А. Н., Давыдов Н. И., Жуковский С. С. и др. – М. : Машиностроение, 2006. – 507 с.
2. *Формовочные материалы и смеси* / Дорошенко С. П., Авдокушин В. П., Русин К., Мацашек И. – К. : Вища школа, 1980. – 416 с.
3. *Никифоров С. А. Разработка нового состава силикатного связующего и самотвердеющих суспензий для изготовления оболочковых форм в литье по выплавляемым моделям : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.16.04 / С. А. Никифоров / Челябинский гос. техн. ун-т. – К. : КПИ, 1997. – 140 с.*
4. *Юрченко О. В. Формувальні та стрижневі суміші з лужно-силікатними зв'язувальними, що тверднуть в контакт з нагрітою оснасткою : дис. канд. техн. наук : 05.16.04 / Юрченко О. В – К. : НТУУ «КПІ», 2000. – 436 с.*
5. *Влияние фурфуролоксипропилциклокарбонатов (ФОПЦК) с различными добавками на свойства ХТС на жидком стекле* / Берлизова Т. В., Пономаренко О. И., Каратеев А. М., Литвинов Д. А. // *Компрессорное и энергетическое машиностроение*. – №3. – 2013. – С. 26–29.
6. *Пономаренко О. И. Об оптимизации свойств ХТС на основе жидкого стекла и фурфуролоксипропилциклокарбонатов* / О. И. Пономаренко, Т. В. Берлизова // *Литейное производство*. – 2014. – № 4. – С. 21–23.
7. *Дорошенко С. П. Наливная формовка* / С. П. Дорошенко, К. І. Ващенко. – К. : Вища школа, 1980. – 176 с.