

Солоненко Л.І., Реп'ях С.І., Узлов К.І., Іванова Л.Х.
Склеювання рідким склом структурованих
піщано-рідкоскляних сумішей

Solonenko L., Repiakh S., Uzlov K., Ivanova L.
Structured sand-sodium-silicate mixtures gluing with
sodium silicate solute

Мета – дослідження способу склеювання чистим рідким склом (РС) форм і стрижнів з структурованих піщано-рідкоскляних сумішей (ПРС), затвердіння якого здійснюють мікрохвильовим випромінюванням та розробка інженерної методики розрахунку мінімально припустимої міцності при розтягуванні клейового шва для структурованих сумішей.

Методика. В дослідженнях використовували кварцовий пісок марки 1К303016 та РС (ГОСТ 13078-81) з силікатним модулем 2,9 і питомою щільністю $1,44 \text{ г/см}^3$. Обробку зразків, що склеювали мікрохвильовим випромінюванням, проводили в печі мікрохвильового випромінювання з номінальною потужністю магнетрона 700 та 900 Вт і частотою випромінювання 2,45 ГГц. Міцність сумішей при розтягуванні визначали на приборі LRu-2e на зразках-вісімках.

Результати. Розроблено методику розрахунку мінімально допустимої міцності клейового з'єднання при розтягуванні, урахування величини якого під час розробки виготовлення ливарних форм та стрижнів дозволить забезпечити цілісність залитим розплавом формам і попередить зміщення або відриє стрижнів, встановлених в них. Встановлено, що рідке скло в чистому вигляді можна використовувати в якості клейового матеріалу, що затверджується в мікрохвильовому випромінюванні, для склеювання ПРС, структурованих паро-мікрохвильовим затвердінням (за ПМЗ-процесом). Не рекомендовано використовувати РС в чистому вигляді в якості клейового матеріалу, що затверджується в мікрохвильовому випромінюванні, для склеювання ПРС, структурованих тепловим сушінням.

Наукова новизна. Вперше встановлено явище одночасного переносу рідкого скла та кварцового піску, насиченого рідким склом, в структурованих піщано-рідкоскляних сумішах під час їх обробки паро-мікрохвильовим випромінюванням і виникнення нових капілярно-пористих структур з підвищеним вмістом в них силікату натрію.

Практична значущість. Методика розрахунку мінімально припустимої міцності клейового з'єднання при розтягуванні дозволить отримати практичні дані врахування яких при розробці технології виготовлення ливарних форм та стрижнів забезпечить цілісність форм при їх заливці розплавом і попередить зміщення або відриє стрижнів, встановлених в них, що в цілому покращить якість виливків. Використання чистого рідкого скла при виготовленні клейових з'єднань в ливарних формах та стрижнях, що виготовлені за ПМЗ-процесом, дозволить знизити собівартість виготовлення виливків за рахунок відмови від використання інших видів клею.

Ключові слова: рідке скло, мікрохвильове випромінювання, форма, стрижень, суміш, міцність, склеювання

Purpose – method of gluing with pure silicon silicate solute (SSS) molds and cores made of structured sand-sodium-silicate mixtures (SSSM) investigation, which solidification has been realized by microwave radiation, and engineering method for calculating the minimum admissible tensile strength of gluing joint for structured mixtures elaboration.

Methodology. Quartz sand grade 1K303016 and RS (GOST 13078-81) with silicate modulus of 2.9 and specific density of 1.44 g/cm^3 has been used in this study. Samples processing that were glued with microwave radiation have been carried out in microwave furnace with nominal magnetron power of 700 and 900W and radiation frequency of 2.45GHz. Mixtures tensile strength has been determined on LRu-2e device using figure-eight samples.

Results. Method for minimum admissible tensile strength of gluing joint calculating has been developed. Taking into account its value in casting molds and rods manufacturing development will ensure molten-filled molds integrity and prevent rods displacement or separation installed in them. It has been established that pure silicon silicate solute can be used as gluing material solidifying by microwave radiation for bonding SSSM structured by steam-microwave solidification process (SMS-process). It has not been recommended to use SSS in original form as gluing material solidified by microwave radiation for bonding SSSM structured by convection heat drying.

Scientific originality. For the first time, phenomenon of sodium silicate solute and quartz sand saturated with sodium silicate solute in structured SSSM simultaneous transfer during their treatment with steam-microwave radiation and new capillary-porous structures with sodium silicate increased content in them appearance have been established.

Practical value. Method for calculating the gluing joint minimum permissible strength under tension will allow to obtain practical data, taking into account which, when casting molds and rods manufacturing technology developing, will ensure molds integrity when they are filled with melt and prevent rods installed in them is placement or separation. This will generally improve castings quality. Pure SSS applying in casting molds and rods made by SMS-process gluing joints manufacturing will reduce castings production cost due to eliminating of other gluetypes using.

Keywords: sodium silicate solute, microwave radiation, mold, rod, mixture, strength, gluing

Вступ. При підготовці одноразових рознімних ливарних форм до заливання їх пів-форми скріп-

люють між собою скобами, болтами, вантажами певної маси, затискувачами і т.п., або, в разі безо-

Солоненко Людмила Ігорівна – к.т.н., доц. НМетАУ
Реп'ях Сергій Іванович – д.т.н., проф. НМетАУ
Узлов Костянтин Іванович – д.т.н., проф. НМетАУ
Іванова Людмила Харитонівна – д.т.н., проф. НМетАУ

Solonenko Lydmila – c.t.s. NMetAU
Repiakh Sergei – d.t.s. NMetAU
Uzlov Kostiantyn - d.t.s. NmetAU
Ivanova Lydmila - d.t.s. NMetAU

почного формування, склеюють між собою [1]. У ливарних цехах склеювання використовують також при складанні стрижнів складної конфігурації, які виготовляють з окремих частин, а також для стрижнів консольного кріплення, які приклеюють стрижневим знаком до однієї з пів-форм щоб уникнути спливання стрижня, його зміщення при заливці або утримання навісу [2]. При формуванні в стрижнях окремо виготовлені стрижні також можуть склеювати між собою для попередження їх відносного зсуву при заливці зібраної форми розплавом або уходу розплаву з форми.

Як правило, основним компонентом будь-якого ливарного клею є тверда або рідка речовина, що полімеризується, тієї ж природи, що і сполучний матеріал виготовленої ливарної форми або стрижня. При цьому, застосовуваний клей повинен мати високу адгезійну здатність до поверхонь, що склеюють, забезпечити необхідну міцність склеювання, мати мінімальну гігроскопічність і газотвірність, невеликий час затвердіння, забезпечувати мінімальну зміну відстані між склеюваними поверхнями, бути недорогим, недефіцитним, нетоксичним і т.д. [3].

Таблиця 1

Склади ливарних клеїв для склеювання стрижнів і пів-форм [1, 3]

| Склад | Масова доля, % | Склад | Масова доля, % |
|----------------------------|----------------|--------------------|----------------|
| Вогнетривка глина | 50 | Пилоподібний кварц | 50 |
| сульфонат | 50 | Лігносульфонат | 50 |
| Вода (понад 100%) | 20 | Тальк | 30-36 |
| Вогнетривка глина Декстрин | 60 | Рідке скло | 57-62 |
| Вода (понад 100%) | 40 | Кальцінована сода | 2,8-3,2 |
| | 65 | Асбест | 1,7-2,1 |
| | | Вода | 2,8-2,9 |

Як витікає з аналізу табл. 1 в числі склеювальної складової приведених композицій використовують і ЛСТ, і декстрин, і РС. Клеї з ЛСТ і декстрином не мають стабільних склеювальних властивостей, оскільки властивості самих склеювальних складових нестабільні як від партії до партії, так і в часі. Рідке скло - єднальний матеріал із стабільним складом і властивостями, що має високу адгезію по відношенню до кварцового піску, який у складі клею твердіє, як правило, шляхом дегідратації.

На сьогодні в ливарних цехах, як правило, форми і стрижні з ПРС не склеюють, хоча з цією метою в Україні пропонують централізовані вироблені клеї марок Indeden 3, Specoll, Coretek 1, Coretek 22, Fixcor 33, клей для стрижнів Pulit Kernkleber PF, Gluecon 1000, Brikset Mortal і інші, що характеризуються обмеженим терміном придатності, рядом технологічних обмежень по застосуванню і відносно високою вартістю. Чисте РС для склеювання ливарних форм і стрижнів з ПРС в даний час не використовують. Причина цього – низька міцність клейового з'єднання, яка зумовлена оборотністю тверднення РС, відносно невисокою міцністю поверхневих шарів ПРС, що структу-

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. У ливарних цехах в якості клею для скріплення між собою пів-форм, стрижнів і т.п. використовують спеціальні напіврідкі суміші або синтетичні смоли в чистому вигляді, які перед складанням форми наносять на сполучні між собою поверхні однієї або обох пів-форм. Зокрема синтетичну смолу використовують для склеювання оболонкових пів-форм з піщано-смоляних сумішей, для ливарних форм з водорозчинних зв'язуючих матеріалів в якості сполучного матеріалу використовують рідке скло (РС), лігносульфонат (ЛСТ), декстрин і т.п.

Недоліками клеїв на основі синтетичних смол є їх відносно тривалий затвердіння (30 ... 60 хв), необхідність застосування кислоти і відносно невисока міцність такого з'єднання на розрив (~ 0,5 МПа) [4].

Склади деяких ливарних клеїв для ливарних форм і стрижнів на сполучних матеріалах неорганічного походження, які готують безпосередньо в ливарних цехах, наведені в табл.1.

ровані традиційними способами, характером розподілу РС по склеюваних поверхнях і так далі.

З викладеного виходить, що якщо, наприклад, межу міцності при розтягуванні суміші нижньої пів-форми позначити як σ_{PH} , а верхньої пів-форми – σ_{PB} , клейового шва – $\sigma_{PШ}$, то для успішного заливання ливарної форми розплавом з точки зору попередження відходу з неї розплаву (по роз'єму форми) міцність клейового з'єднання має бути:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{PKC} &\geq \sigma_{PH} \\ \sigma_{PKC} &\geq \sigma_{PB} \\ \sigma_{PKC} &\geq \sigma_{PШ} \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

$$\sigma_{PKC} = \frac{M}{F_{KC}},$$

де M – мінімальна маса вантажу, яким необхідно навантажити ливарну форму щоб уникнути відходу з неї розплаву по її роз'єму, кг; F_{KC} – загальна площа клейового шва між спареними пів-формами, m^2 .

В разі не виконання хоч би однієї з умов (1) станеться порушення цілісності з'єднання форми і відхід з неї розплаву.

Практика склеювання ливарних форм і стержнів(ЛФС) свідчить, що клеї на основі РС забезпечують межу міцності з'єднання при розтягуванні – 0,49...1,1 МПа [5], на основі ЛСТ- 0,53...1,7 МПа [6, 7], на основі декстрину – 0,24...0,44 МПа [8].

Особливістю клеїв на основі РС, як і інших клеїв на водорозчинних єднальних речовинах, є їх відносно тривалий час твердіння. Скоротити цей час можливо за рахунок сушіння РС у складі клею в під дію мікрохвильового випромінювання [11]. Проте, даний спосіб склеювання і чисте РС як матеріал для спарювання окремих елементів ливарних форм і стрижнів, в ливарних цехах, в даний час, не використовують. Однією з причин цього – відсутність інформації про технологічні можливості і технології такого склеювання.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є дослідження способу склеювання чистим рідким склом форм і стрижнів з структурованих ПРС, за твердіння якого здійснюють мікрохвильовим випромінюванням та розробка інженерної методики розрахунку мінімально припустимої міцності при

розтягуванні клейового шва для структурованих сумішей.

Завдання досліджень – встановити закономірності процесу склеювання структурованих ПРС рідким склом під дією мікрохвильового випромінювання, та вплив способу структурування ПРС на міцність клейового шва.

Матеріали та методи дослідження. В дослідженні використовували кварцовий пісок марки 1К3О3016 та РС (ГОСТ 13078-81) з силікатним модулем 2,9 і питомою щільністю 1,44 г/см³.

Обробку зразків, що склеювали мікрохвильовим випромінюванням, проводили в печі мікрохвильового випромінювання з номінальною потужністю магнетрона 700 та 900 Вт і частотою випромінювання 2,45 ГГц. Міцність сумішей при розтягуванні визначали на приборі LRu-2e на зразках-вісміах.

Для дослідження глибини проникнення РС через кордон склеюються виготовляли два зразка циліндричної форми з розмірами Ø50×30 мм з ПРС за способом ПМЗ [9], притирали їх поверхні і на одну з таких поверхонь наносили РС у вигляді смужки кільцевого типу, що схематично представлено на рис. 1.

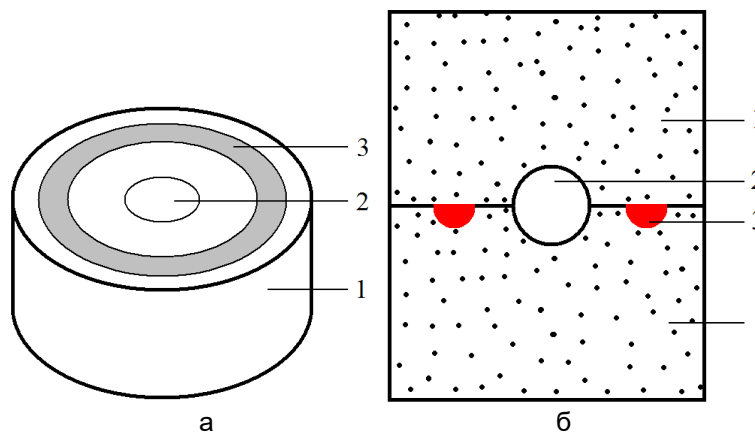


Рисунок 1– Схема нанесення РС на сполучається поверхню зразків структурованої ПРС (а) та сполучення двох зразків (б): 1 – зразок;

2 – газохідний канал між зразками; 3 – ділянка, що змочена (просочена) РС для склеювання

Після цього зразки співвісно встановлювали один на одного відповідно до схеми на рис. 1, б і в такому положенні встановлювали в центр обертового столу мікрохвильової печі [10]. Тривалість обробки зразків мікрохвильовим випромінюванням становила 2 хв. Після закінчення мікрохвильової обробки склеєні зразки розрізали уздовж їх вісі і візуально оцінювали структуру клейового шва. Глибину проникнення РС в області склеювання визначали шляхом виміру відстані від поверхонь, якими сполучаються зразки до зовнішнього кордону проникнення РС в структуру зразків, яка спостерігається по кольорному відтінку їх поверхонь.

Результати досліджень. Масу вантажу (вантажів) для без стрижневих виливків простої конфігу-

рації з урахуванням динамічного удару розплаву об верхню пів-форму розраховують за формулою [11]:

$$M = k \cdot (H \cdot F \cdot \rho_1^1 - Q), \quad (2)$$

де k – коефіцієнт, що враховує динамічний удар розплаву при заливці о верхню пів-форму (k = 1,3...1,5); H – висота стовпа металу від рівня в ливниковій чаші до поверхні прикладання сили, м (див. рис. 2,а); F – площа горизонтальної проекції вилівка на верхній пів-формі, м²; ρ₁¹ – щільність рідкого металу в формі, кг/м³; Q – маса верхньої пів-форми, кг.

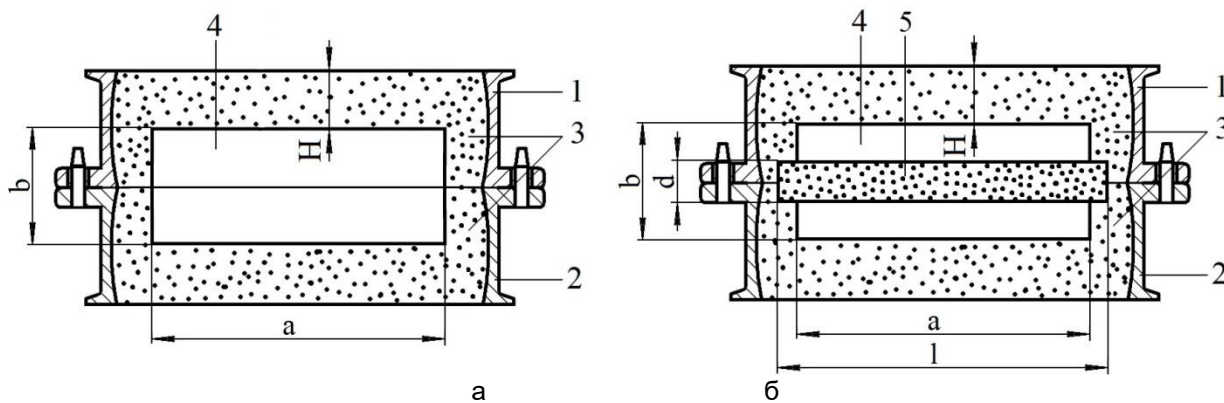


Рисунок 2 – Схема для розрахунку маси вантажу для без стрижневого вилівка (а) і зі стрижнем в вилівку (б): 1 – верхня опока; 2 – нижня опока; 3 – пів-форма; 4 – вилівок; 5 – стрижень

Масу вантажу (вантажів) для виливків зі стрижнями з урахуванням динамічного удару розплаву, що заливають в форму, розраховують за формулою [12]:

$$M = k \cdot [\rho_{Me} \cdot H \cdot F + V_{cm} \cdot (\rho_1^1 - \rho_{cm}) - Q], \quad (3)$$

де V – об’єм тіла стрижня, m^3 (див. рис.2,б); $\rho_{ст}$ – уявна щільність суміші стрижня, $кг/м^3$.

Тим не менше, використання вантажів також має свої недоліки, основними з яких є неможливість або обмеженість використання вантажів для безпечних форм, порушення точності розмірів вилівки, підвищення ймовірності появи засмічен-

ня в вилівках і незручність заливання при близькому розташуванні вантажів до ливникової воронки і ін. Зокрема, якщо, наприклад, вантаж встановлюють на форму зі стрижнем (див. рис. 2, б), у якій $H = 0,2$ м, $F = 1$ м², $V_{ст} = 0,1$ м³, $\rho_{ст} = 1800$ кг/м³; $Q = 100$ кг, і заливають розплавом з питомою щільністю в рідкому стані $\rho_1^1 = 8000$ кг/м³, то, відповідно до (4), приймавши $k = 1,5$ маса вантажу повинна бути не менше 3180 кг.

За формулою (3) побудували номограму для визначення мінімально припустимої міцності клейового з’єднання для безпечних форм без стрижнів, яка представлена на рис. 3.

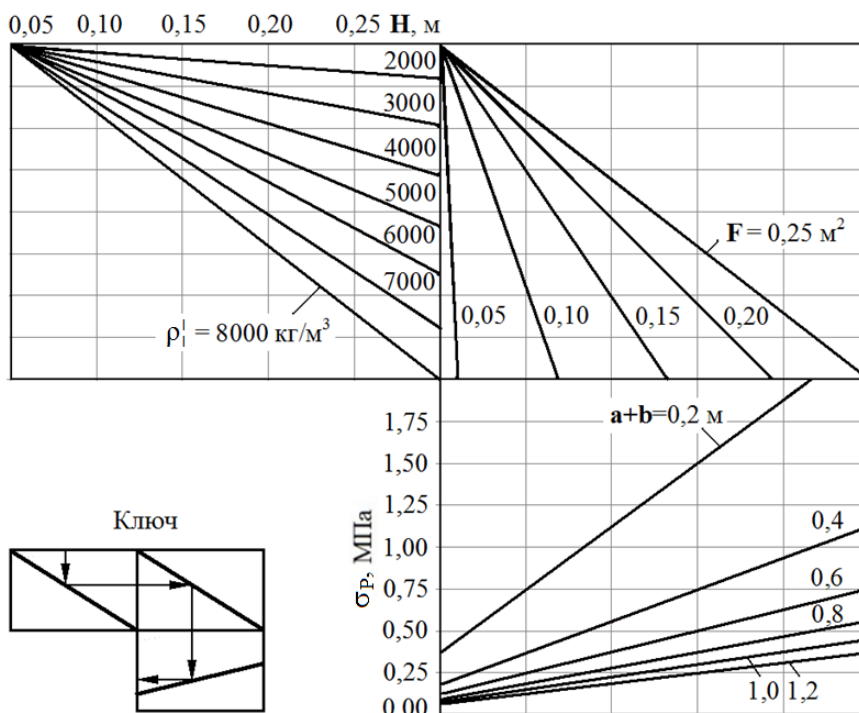


Рисунок 3 – Номограма для визначення мінімально припустимої міцності клейового з’єднання для ливарних безпечних форм, що не містять стрижнів [11]

Якщо в формі є стрижень, то, як видно з формули (3), необхідно до мінімальної міцності клейового з'єднання форми при розтягуванні додати мі-

німальну міцність клейового з'єднання і стрижня, що враховано при побудові номограми на рис. 4.

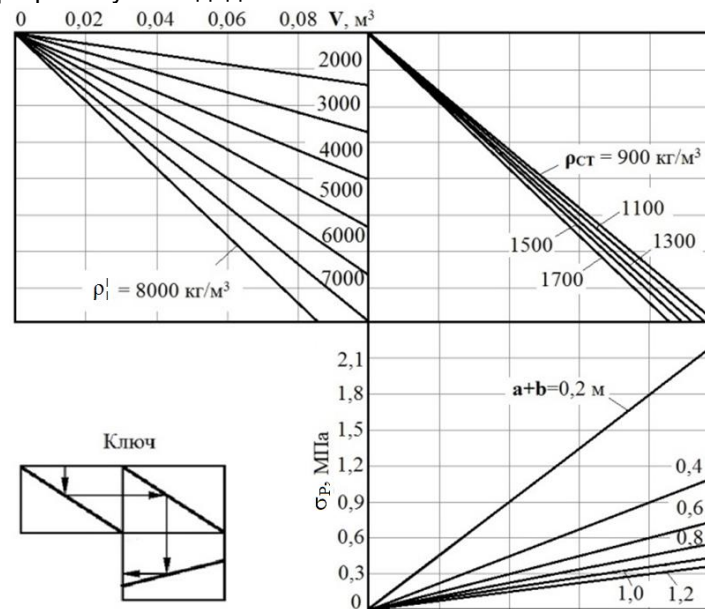


Рисунок 4 – Номограма для визначення мінімально припустимої міцності клейового з'єднання стрижня з поверхнею нижньої пів-форми [12]

Якщо міцність клейового з'єднання нижче мінімально припустимої міцності, то клейове з'єднання 3, що схематично представлено на рис. 5,а, на-

носять на поверхні ливарної форми 1, що сполучаються між собою, не прямими лініями, а зигзагоподібними, відповідно до схеми на рис. 5,б.

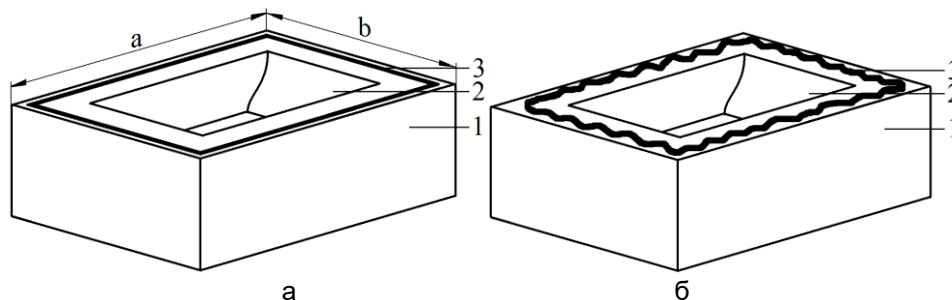


Рисунок 5 – Схема нанесення прямолінійного (а) і зигзагоподібного (б) клейового шва на сполучаються частини форми: 1 – пів-форма; 2 – робоча порожнина пів-форми; 3 – клейовий шов

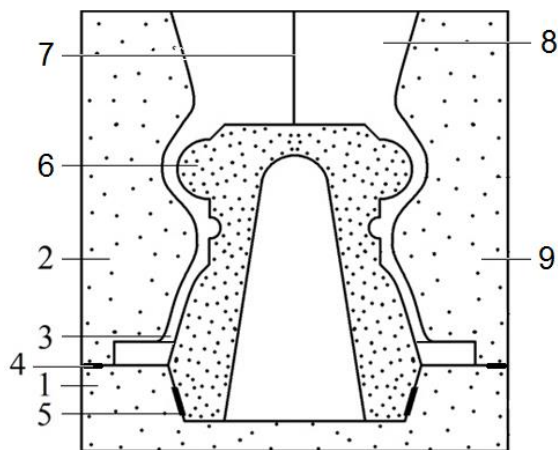
В результаті такого нанесення РС на поверхню форми що сполучається, збільшується площа клейового з'єднання і, відповідно, його загальна міцність.

Слід зазначити, що нескінченна різноманітність конструкцій ливарних форм і їх робочих порожнин вимагає індивідуального підходу до вирішення завдання про міцність клейового з'єднання, що, наприклад, впливає зі схеми на рис. 6.

У відповідності зі схемою на рис. 6, ливарна форма складається з чотирьох частин – нижньої пів-форми 1, лівої 2 і правої 9 верхніх пів-форм, а також порожнистого стрижня 6. При цьому клейові з'єднання в формі розташовуються на поверхні сполучення нижньої пів-форми з верхніми 4, лівою і правою пів-формами 7 і знаковою частиною стрижня з нижньої пів-формою 5. Виходячи з цього, міцність клейового з'єднання 4 (див. рис. 6) слід розраховувати за формулою (3), міцність клейово-

го з'єднання 7 слід розраховувати виходячи з величини метало статичного тиску на рівні клейового з'єднання 4, а міцність клейового з'єднання 5 слід розраховувати з використанням закону Архімеда, тобто підйомної сили, що діє на порожнистий стрижень з боку залитої в форму розплав.

Ефект спінювання РС під дією мікрохвильового випромінювання можна успішно використовувати для склеювання стрижнів, виготовлених з матеріалів, які змочує вода або рідке скло. Таким прикладом є вид поверхонь склеювання ПРС на рис. 7, де представлені схема і вид поздовжнього розрізу стрижнів за місцем їх склеювання



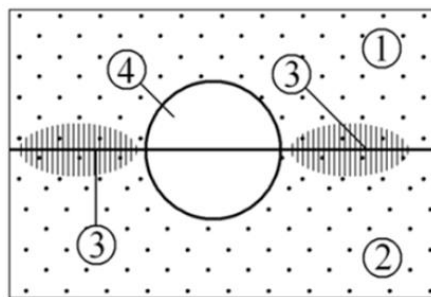
1 – нижня пів-форма; 2 – верхня ліва пів-форма; 3 – робоча порожнина форми; 4 – клейове з'єднання нижньої і верхніх пів-форм; 5 – клейове з'єднання стрижня з нижньою пів-формою; 6 – порожнистий стрижень;

7 – лінія вертикального сполучення верхніх пів-форм; 8 – ливникова воронка-надлив; 9 – верхня права пів-форма

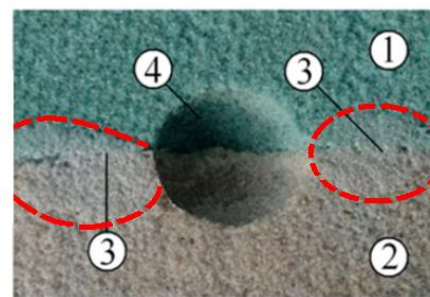
Рисунок 6 – Схема ливарної форми зі стрижнем



а



б



в

Рисунок 7 – Вид поверхонь склеювання стрижнів (а), схема (б) і вид (в) поздовжнього розрізу стрижнів за місцем їх склеювання: 1, 2 – стрижні;

3 – шов від склейки; 4 – стрижневий газохід

Відповідно до рис. 7, оскільки поверхня склеювання практично не має газопроникність, перед склеюванням на поверхнях, що склеювали механічно виконували газохідне поглиблення 4. Після цього на одну з цих поверхонь 1 крапельним методом наносили РС, з'єднували з відповідною поверхнею стрижня 2 і обробляли мікрохвильовим випромінюванням потужністю 9700 Вт протягом 2 хв. Схема і зовнішній вигляд поперечного перерізу стрижнів після їх склеювання під дією мікрохвильового випромінювання представлені, відповідно, на рис. 7, б, в.

За результатами механічних випробувань склеєних і цільних зразків, структурованих в результаті конвекційного сушіння при 150 ° С протягом 2 годин, встановлено, що міцність такого клейового шва на розрив ($\sigma_{рш}$), в 9,0 ... 9,4 раз нижча

від аналогічної міцності самої суміші (σ_r), що впливає з даних табл. 2.

При цьому, глибина проникнення РС в стрижень з боку поверхонь що склеюють не перевищує 1 ... 2 зерен кварцового піску (до 1 мм). В той же час, міцність на розрив клейового шва в суміші, структурованої протягом 4 хвилин за ПМЗ-процесом, вище аналогічної міцності самої суміші (див. табл. 2), а глибина проникнення РС в стрижень з боку поверхонь що склеюють складає не менше 5 мм.

Обговорення результатів. Розроблена методика розрахунку заснована на використанні загальнонаукових методів узагальнення, зіставлення літературних даних і виробничого досвіду виготовлення лиття, що забезпечує розрахунковими за методикою даним достовірність і надійність в досягненні позитивного результату при їх використанні у виробництві виливків.

Таблиця 2

Міцність при розтягуванні ПРС клейового рідкоскляного шва після сушки мікрохвильовим випромінюванням потужністю 900 Вт протягом 2 хв

| Вміст РС в суміші,% (за масою, понад 100% кварцового піску) | σ_p , МПа | $\sigma_{рш}$, МПа | $\sigma_p/\sigma_{рш}$ |
|---|---------------------|------------------------|------------------------|
| Стрижні структуровані конвекційним сушінням при 150 °С протягом 2 годин | | | |
| 2 | 0,45±0,05 | 0,05±0,02 | 9,0 |
| 4 | 1,29±0,03 | 0,14±0,02 | 9,2 |
| 6 | 1,30±0,02 | 0,14±0,01 | 9,3 |
| 8 | 1,31±0,01 | 0,14±0,01 | 9,4 |
| Стрижні структуровані за ПМЗ-процесом впродовж 4 хвилин | | | |
| 0,5 | 0,34±0,01 | ≥0,34 | ≤1 |
| 1,5 | 0,71±0,02 | ≥0,71 | ≤1 |
| 2,5 | 1,00±0,05 | ≥1,00 | ≤1 |

Аналіз зображення на рис. 7, в показує, що використання РС в якості клею при його мікрохвильовій обробці в складі структурованої ПРС призводить до:

- розчинення в місці просочення стрижня РС манжет структурованих сумішей;
- нагрівання та спінення РС в капілярах суміші за рахунок випаровування водяної пари з доданого в суміш РС під час мікрохвильової обробки, яке супроводжується;
- частковим перенесенням РС (на глибину до 5 мм) водяною парою в прилеглий капілярно-пористий простір суміші;
- локальним переміщенням зерен суміші в області сполучених поверхонь під час руху спіненого РС;
- виникненням нових манжет з РС між сусідніми зернами піску;
- дегідратацією РС та видалення з суміші водяної пари;
- утворенням в місці склеювання стрижнів нових, загальних для них піщано-рідкоскляних структур з підвищеним вмістом силікату натрію.

При цьому, описаний у цій роботі спосіб склейки, не придатний для склеювання ПРС, структуро-

ваних в результаті їх теплового сушіння з підведенням тепла ззовні. Це пояснюється тим, що РС, нанесене на поверхню такої структурованої суміші проникає в неї, як і спінене мікрохвильовим випромінюванням РС, на малу (до 1 мм) глибину, що недостатньо для створення міцного клейового з'єднання тіл з таких сумішей.

Висновки. 1. Методика розрахунку мінімально припустимої міцності клейового з'єднання при розтягуванні дозволить отримати практичні дані врахування яких при розробці технології виготовлення ливарних форм та стрижнів забезпечить цілісність форм при їх заливці розплавом і попередить зміщення або відрив стрижнів, встановлених в них, що в цілому покращить якість виливків.

2. Рідке скло в чистому вигляді можна використовувати в якості клейового матеріалу, що затверджується в мікрохвильовому випромінюванні, для склеювання ПРС, структурованих за ПМЗ-процесом.

3. Не рекомендовано використовувати РС в чистому вигляді в якості клейового матеріалу, що затверджується в мікрохвильовому випромінюванні, для склеювання ПРС, структурованих тепловим сушінням.

Бібліографічний опис

1. Степанов Ю.А., Семенов В.И. Формовочные материалы. М.: Машиностроение, 1969. 57 с.
2. Емельянов А.П. Технология литейной формы. М.: Машиностроение, 1979. 240 с.
3. Голотенков О.Н. Формовочные материалы. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. 164 с.
4. Клей: а.с. 1227642 СССР: МПК С09J3/16. № 3851465/23-05; заявл. 04.02.85; опубл. 30.04.86, Бюл № 16. 2 с.
5. Клей для литейных стержнем: а.с. 1454940 СССР: МПК В22 С3/00. № 4192753/31-02; заявл. 09.02.87; опубл. 23.09.88, Бюл. № 35. 3 с.
6. Клеевая композиция для литейных форм и стержней: а.с. 1523566 СССР: МПК С09 J3/23, В22 С3/00. № 4330772/23-05; заявл. 20.11.87; опубл. 23.11.89, Бюл. № 43. 2 с.
7. Клей для литейных форм и стержней: а.с. 1388186 СССР: МПК В22 С3/00. № 4130959/23-02; заявл. 08.10.86; опубл. 15.04.88, Бюл. № 14. 2 с.
8. Клей для литейных форм и стержней: а.с. 710744 СССР: МПК В22 С3/00. № 2372780/22-02; заявл. 16.07.78; опубл. 25.01.80, Бюл. № 3. 3 с.
9. Спосіб виготовлення ливарних форм і стрижнів з рідкоскляної суміші: пат. 122538 Україна: МПК В22С 9/10, 9/12. № а 201901350; заявл. 11.02.2019; опубл. 25.11.2020, Бюл. № 22. 7с.
10. Спосіб виготовлення ливарних форм і стрижнів з рідкоскляних сумішей: пат. 123068 Україна: МПК В22С 9/10, 9/12. № а 201901348; заявл. 11.02.2019; опубл. 10.02.2021, Бюл. № 6. 3 с.

11. Солоненко Л.И., Репях С.И., Усенко Р.В., Бежанова А.Н. Склеивание безопочных полуформ для производства бесстержневых отливок. *Нові матеріали і технології в машинобудуванні: матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції (Київ, 28-29 квітня. 2020)*. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. С. 114-116.
12. Солоненко Л.И., Репях С.И., Белый А.П., Гуцу Т.А. Расчет минимально-допустимой прочности клеевых соединений литейных стержнем. *Литво. Металургія. 2020: Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції (8-10 вересня 2020 р., м. Запоріжжя)*. Запоріжжя, АА Тан-дем, 2020. С. 140-142.

Reference

1. Stepanov Yu.A., Semenov V.Y. Formovochные материалы. М.: Mashynostroenye, 1969. 57 s.
2. Emelianov A.P. Tekhnologiya lyteinoi formy. М.: Mashynostroenye, 1979. 240 s.
3. Holotenkov O.N. Formovochные материалы. Penza: Yzd-vo Penz. hos. un-ta, 2004. 164 s.
4. Klei: a.s. 1227642 SSSR: MPK S09J3/16. № 3851465/23-05; zaiavl. 04.02.85; opubl. 30.04.86, Biul № 16. 2 s.
5. Klei dlia lyteinykh sterzhnem: a.s. 1454940 SSSR: MPK V22 S3/00. № 4192753/31-02; zaiavl. 09.02.87; opubl. 23.09.88, Biul. № 35. 3 s.
6. Kleevaia kompozytsiya dlia lyteinykh form y sterzhnei: a.s. 1523566 SSSR: MPK S09 J3/23, V22 S3/00. № 4330772/23-05; zaiavl. 20.11.87; opubl. 23.11.89, Biul. № 43. 2 s.
7. Klei dlia lyteinykh form y sterzhnei: a.s. 1388186 SSSR: MPK V22 S3/00. № 4130959/23-02; zaiavl. 08.10.86; opubl. 15.04.88, Biul. № 14. 2 s.
8. Klei dlia lyteinykh form y sterzhnei: a.s. 710744 SSSR: MPK V22 S3/00. № 2372780/22-02; za-yavl. 16.07.78; opubl. 25.01.80, Biul. № 3. 3 s.
9. Sposib vyhotovlennia lyvarnykh form i stryzhniv z ridkosklianoi sumishi: pat. 122538 Ukraina: MPK V22S 9/10, 9/12. № a 201901350; zaiavl. 11.02.2019; opubl. 25.11.2020, Biul. № 22. 7s.
10. Sposib vyhotovlennia lyvarnykh form i stryzhniv z ridkosklianoykh sumishei: pat. 123068 Ukraina: MPK V22S 9/10, 9/12. № a 201901348; zaiavl. 11.02.2019; opubl. 10.02.2021, Biul. № 6. 3 s.
11. Solonenko L.Y., Repiakh S.Y., Usenko R.V., Bezhanova A.N. Skleyvanye bezopochnykh poluform dlia proyzvodstva bessterzhnevyykh otlivok. Novi materialy i tekhnologii v mashynobuduvanni: materialy XII Mizhnarodnoi naukovy-tekhnichnoi konferentsii (Kyiv, 28-29 kvitnia. 2020). Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2020. С. 114-116.
12. Solonenko L.Y., Repiakh S.Y., Белый А.П., Hutsu T.A. Raschet mynymalno-dopustymoi prochnosti kleevykh soedynenyi lyteinykh sterzhnem. Lytvo. Metalurhiia. 2020: Materialy XVI Mizhnarodnoi naukovy-praktychnoi konferentsii (8-10 veresnia 2020 r., m. Zaporizhzhia). Zaporizhzhia, AA Tandem, 2020. S. 140-142.