

<https://doi.org/10.15407/plit2021.03.044>

**УДК 621.74**

**Л. І. Солоненко**, канд. техн. наук, доц.; e-mail: solonenkoli14@gmail.com

Державний університет «Одеська політехніка» (Одеса, Україна)

### **ГАЗОТВІРНІСТЬ ПІЩАНО-РІДКОСКЛЯНИХ ФОРМУВАЛЬНО-СТРИЖНЕВИХ СУМІШЕЙ**

*В роботі представлено результати визначення газотвірності кварцового піску, плакованого натрієвим рідким склом і структурованого в паро-мікрохвильовому середовищі, залежно від маси використаного на плакування рідкого скла, способу сушіння плакованого піску, а також умов його обробки в паро-мікрохвильовому середовищі. Газотвірність визначали розрахунковим шляхом за результатами експериментального визначення зважуванням вмісту води в структурованих сумішах. Встановлено, що зі збільшенням маси рідкого скла, використаного для плакування кварцового піску, газотвірність такої структурованої суміші збільшується. Газотвірність суміші зменшується зі збільшенням тривалості сушіння плакованого піску мікрохвильовим випромінюванням та зі збільшенням часу структурування в паро-мікрохвильовому середовищі. Для виготовлення піщано-рідкоскляних форм і стрижнів за способом структурування в паро-мікрохвильовому середовищі з величиною газотвірності не більше 5,0 см<sup>3</sup>/г рекомендується використовувати кварцовий пісок, плакований менш, ніж 2 % рідкого скла (за масою), який після сушки на повітрі до постійної маси, слід обробити мікрохвильовим випромінюванням протягом 5 хвилин і структурувати у відповідному модельно-стрижневому оснащенні мікрохвильовим випромінюванням протягом не менше 5 хвилин.*

**Ключові слова:** вода, пісок, рідке скло, суміш, газотвірність, мікрохвильове випромінювання, паро-мікрохвильове середовище.

#### *Вступ*

**Г**азотвірність, як і газопроникність, є газодинамічною властивістю структурованих формувальних і стрижневих сумішей. Знання величин газотвірності і газопроникності структурованої суміші необхідне для якісної або кількісної оцінки рівня ймовірності виникнення в виливках газових раковин і газової шорсткості, скипів, спайв, недоливів [1...5]. За результатами такого аналізу приймають рішення про необхідність виконання в ливарній формі випарів, надколів, зміни складу суміші, режиму заливки, конструкції ливникової системи, положення вилітка у просторі при заливці, технології підготовки ливарних форм і стрижнів до заливання і т. д.

Газопроникність структурованої суміші розраховують за перетвореним рівнянням Дарсі – одне з рівнянь гідравліки, використовуючи результати випробувань зразків структурованої суміші постійного поперечного перерізу в умовах відносно невисокої швидкості (сталого потоку) проходження через них повітря.

Величину газотвірності сумішей визначають за результатами їх випробувань відповідно до ГОСТ 23409.12-78 «Смеси формовочные и стержневые. Метод определения газотворности». При цьому, газотвірністю вважають обсяг газу, що

виділився з 1 г випробуваної суміші при її витримці при 1000 °С протягом 10 хв. У випробуваннях використовують наважку суміші масою до 3 г. Якщо суміш волога, то перед випробуванням її наважку сушать при 105...110 °С до досягнення постійної маси.

Відповідно до ГОСТ 23409.12-78 для випробувань наважку суміші в порцеляновому човнику поміщають в кварцову трубку, яку потім вводять в робочий простір печі трубчастого типу з температурою 1000 °С. Обсяг газів, що виділилися з навішування, визначають за показаннями водоохолоджуваної мірної бюретки.

Нестандартні методи визначення газотвірності, як правило, засновані на прямому контакті зразка випробуваної суміші з залитим на нього розплавом. Обсяг і швидкість виділення газу з випробуваного зразка реєструють за допомогою газового або водяного лічильника [6, 7].

Основним недоліком цього стандартного і нестандартних методів визначення газотвірності є їх значна похибка при випробуваннях водомістких (піщано-глинистих, рідкоскляних, фосфатних, цементних і т. д.) сумішей. В основному, це обумовлено конденсацією водяної пари, що виділяється з наважок суміші при її нагріві, на холодних поверхнях використовуваних для випробувань пристроїв та приладів [6].

Відсутність поправок на конденсацію водяної пари як для кожної конкретної методики визначення газотвірності, так і використовуваних для її реалізації пристосувань і приладів призводить до значних похибок, а величини газотвірності, наведені в ряді публікацій (наукової і навчальної літератури), викликають сумніви в їх достовірності. Зокрема, за даними [8], піщано-рідкоскляна суміш (ПРС), яка структурована за результатом продування її вуглекислим газом, при вмісті 5,0...5,5 % (за масою) рідкого скла з питомою щільністю  $\rho_{\text{ПРС}} = 1,5 \text{ г/см}^3$  і силікатним модулем  $M_{\text{SiO}_2} = 2,8$  має газотвірність  $\Gamma = 5,8...7,0 \text{ см}^3/\text{г}$ . Структурована вуглекислим газом або ферохромовим шлаком ПРС з 5,0...6,0 % рідкого скла ( $\rho_{\text{ПРС}} = 1,48 \text{ г/см}^3$ ,  $M_{\text{SiO}_2} = 2,45$ ) має газотвірність 3,2...5,5  $\text{см}^3/\text{г}$  [9] і т. п.

Використовуючи рівняння Менделєєва-Клапейрона, нескладно розрахувати, що випаровування 1 г ( $\sim 1 \text{ см}^3$ ) води з початковою температурою 20 °С приведе до отримання насиченої водяної пари обсягом  $\sim 1670 \text{ см}^3$ . Виходячи з цього, величину газотвірності водомістких сумішей можна розрахувати за формулою:

$$\Gamma = 1670 \cdot m_{\text{в}}, \quad (1)$$

де  $m_{\text{в}}$  – маса води в 1 г структурованої суміші, г.

Якщо прийняти, що в сумішах, наведених в роботах [8, 9], масова частка рідкого скла становила 5 %, а затвердіння рідкого скла хімічним способом не супроводжувалося вилученням з них води, то залишковий вміст води в 1 г цих структурованих сумішей має становити  $m_{\text{в}} = 0,03 \text{ г}$ . При випаровуванні 0,03 г води, відповідно до (1), утворюється насичена пара об'ємом 50,1  $\text{см}^3$ . Тобто реальна величина газотвірності сумішей з робіт [8, 9] повинна була б скласти 50,1  $\text{см}^3/\text{г}$ , що на порядок більше, наведених в цих роботах, значень.

Відповідно до цього, при вологості 1,5 % газотвірність металофосфатної суміші повинна була б бути  $\Gamma \cong 25 \text{ см}^3/\text{г}$ , а не менше 2  $\text{см}^3/\text{г}$  [10], газотвірність лігносульфонатної суміші з 1,5...2,5 % води, повинна була б мати газотвірність 25...41  $\text{см}^3/\text{г}$  замість 12,0...12,5  $\text{см}^3/\text{г}$ , заявлених авторами роботи [11] і т. д.

З викладеного випливає, що використання стандартного методу визначення газотвірності водомістких сумішей без проведення спеціальних калібрувань кожного конкретного пристосування і його виміральної системи, а також обліку умов проведення випробувань, – неприпустимо.

*Матеріали і методика досліджень.* У роботі використовували прісну воду технічної чистоти, рідке скло (РС) з  $\rho_{\text{РС}} = 1,5 \text{ г/см}^3$  і  $M_{\text{SiO}_2} = 2,9$ , кварцовий пісок із середнім розміром частинок 0,23 мм і масовим вмістом глини до 0,2 %, графіт сріблястий, плити пінопластові з уявною щільністю 20  $\text{кг/м}^3$ , натрій хлористий технічної чистоти. Масу визначали на електронних вагах з точністю 0,1 і 0,01 г. Час визначали за секундоміром з точністю 1 с.

Піщано-рідкоскляні суміші без структурування, а також після структурування шляхом їх продувки вуглекислим газом ( $\text{CO}_2$ -процес) протягом 48 с і шляхом сушки при  $203 \pm 3$  °С протягом 2 год готували змішуванням кварцового піску з 5 % РС. Перед продуванням вуглекислим газом і тепловим сушінням наважки приготованих сумішей ущільнювали двома ударами на лабораторному копрі.

Для структурування в паро-мікрохвильовому середовищі використовували кварцовий пісок, попередньо плакований РС. Для цього, після змішування РС з кварцовим піском, суміш сушили на повітрі при  $20 \dots 26$  °С до сипучого стану. Після цього частина плакованого кварцового піску протягом 2 або 5 хв додатково сушили в мікрохвильовій печі з потужністю магнетрона 700 Вт. Перед структуруванням, незалежно від способу сушіння, плакований пісок просівали через сито з розміром сторін його осередка у світлі 0,4 мм.

Структурування плакованого піску в паро-мікрохвильовому середовищі здійснювали з використанням водяного заряду – наважки води масою 1 г. Водяний заряд (ВЗ) представляв собою просочену водою поліуретанову губку з розмірами  $\varnothing 15 \times 8$  мм. Структурування проводили в картонних стаканах, на дно яких поміщали ВЗ, після чого наповнювали їх 200 г плакованого піску і ущільнювали суміш на вібраційному столі з частотою коливань 50 Гц і амплітудою 0,8 ... 1,0 мм.

Для структурування картонні стакани, наповнені плакованим кварцовим піском, поміщали в резонатор мікрохвильової печі на його обертовий стіл відповідно до схеми, наведеної на рис. 1, а.

Структурування плакованого кварцового піску в паро-мікрохвильовому середовищі проводили в резонаторі мікрохвильової печі з потужністю магнетрона 700 Вт і частотою обертання столу 6 об/хв. Газотвірність структурованої суміші визначали на наважках масою  $30 \pm 1$  г, яку отримували в результаті розрізання зразків структурованої суміші висотою  $h$  на видаленні  $1/2$  від днища склянки відповідно до схеми на рис. 1, б.

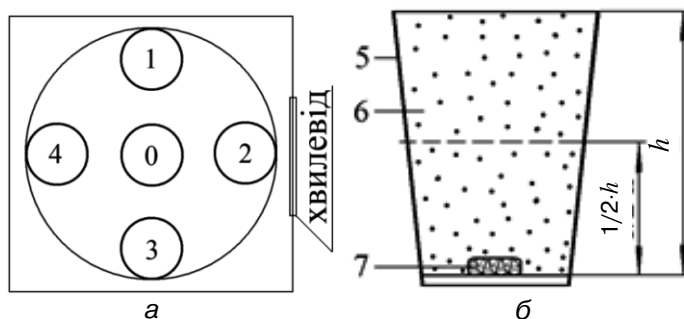


Рис. 1. Схема (вид в плані) розміщення наважок суміші на обертовому столі резонатора мікрохвильової печі (а) і схема розміщення ВЗ в склянці (б): 0-4 – умовні номери положень зразків на обертовому столі; 5 – картонний стакан; 6 – ПРС; 7 – ВЗ

Підготовку сумішей, що були структуровані в паро-мікрохвильовому середовищі, здійснювали відповідно до технологічних схем, графі яких представлені на рис. 2.

Контурне зображення (в плані) поверхонь теплового впливу мікрохвильового випромінювання в робочому просторі (резонаторі) мікрохвильової печі отримували відповідно до методики роботи [12], використовуючи сріблястий графіт і плиту пінопласту завтовшки 100 мм.

Пайовий масовий вміст води в РС з модулем 2,9, залежно від температури його нагріву в інтервалі від 100 до 600 °С, розраховували за формулою, що отримали в результаті оцифрування графічних даних роботи [13]:



Рис. 2. Граф технологічної схеми А (а) і схеми Б (б) підготовки сумішей до структурування в паро-мікрохвильовому середовищі: 1 – змішування кварцового піску з РС; 2 – сушіння суміші на повітрі до сипучого стану; 3 – сушіння мікрохвильовим випромінюванням; 4 – подрібнення і просіювання плакованого піску через сито з осередком 0,4 мм; 5 – структурування мікрохвильовим випромінюванням

$$m_B = 0,385 - 0,2549 \cdot 10^{-2} \cdot t + 0,7046 \cdot 10^{-5} \cdot t^2 - 0,9194 \cdot 10^{-8} \cdot t^3 + 0,4583 \cdot 10^{-11} \cdot t^4, \quad (2)$$

де  $t$  – температура нагріву РС, °С.

**Результати досліджень.** Газотвірність свіжоприготовленої ПРС з 5% РС, а також ПРС, структурованих в результаті їх продувки вуглекислим газом розраховували формулою (1), виходячи з того, що в РС, використаному в цих сумішах, частка води становить 60,1 % (за масою). Розрахунок газотвірності ПРС, висушеної при  $203 \pm 3$  °С, проводили за формулою (1) з урахуванням (2).

Величини експериментальних і розрахункових значень газотвірності досліджуваних сумішей наведено в таблиці.

### Газотвірність ПРС 5 % РС

Спосіб затвердіння РС	Тривалість структурування ПРС, хв	Г, см <sup>3</sup> /г		
		експеримент	розрахунок	
			по (1)	по (1, 2)
–	0	50,2...50,7	50,9	–
Продувка CO <sub>2</sub>	0,8	48,4...50,8	50,9	–
Сушка при 203±3 °С	180	7,2...7,7	–	7,6

Аналіз даних таблиці показує, що розрахункові та експериментальні значення газотвірності досліджених ПРС практично збігаються. Отже формули (1) і (2) допустимо використовувати для розрахунку газотвірності як структурованих, так і неструктурованих ПРС.

Залежності газотвірності плакованого кварцового піску, висушеного тільки на повітрі, а також на повітрі і в мікрохвильовому випромінюванні, від маси РС, яке пішло на плакування, представлено на рис. 3.

З аналізу ходу залежностей на рис. 3 випливає, що зі збільшенням маси РС, використаного для плакування кварцового піску, газотвірність ПРС, висушеної як на повітрі, так і з наступним сушінням мікрохвильовим випромінюванням, збільшується. При цьому газотвірність ПРС зменшується зі збільшенням тривалості сушіння плакованого піску мікрохвильовим випромінюванням і зі збільшенням часу структурування.

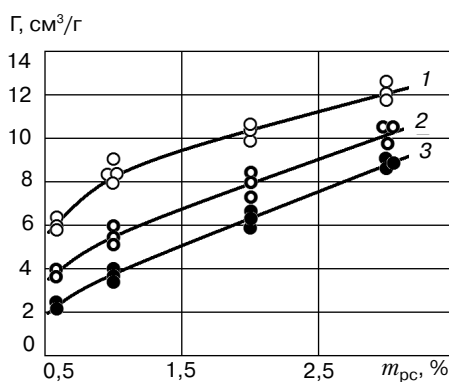


Рис. 3. Газотвірність плакованого піску висушеного до сипучого стану на повітрі (1), висушеного на повітрі і в мікрохвильовому випромінюванні в центрі обертового столу протягом 2 (2) і 5 хвилин (3) залежно від маси РС, яке пішло на плакування

## Проблеми технології форми

Ця закономірність пояснюється обмеженістю в часі сушіння плакованого піску як на повітрі (1 год), так і «досушувальною» дією на нього мікрохвильового випромінювання. Тобто, зі збільшенням маси РС в суміші для більш повного видалення з нього зв'язаної води потрібно більше часу сушіння.

Газотвірність плакованого піску, висушеного на повітрі до постійної маси і структурованого мікрохвильовим випромінюванням протягом 2 хв (1) і 5 хв (2) в центрі обертового столу (а) і на його краю (б) залежно від маси РС, використаного на плакування, представлена на рис. 4.

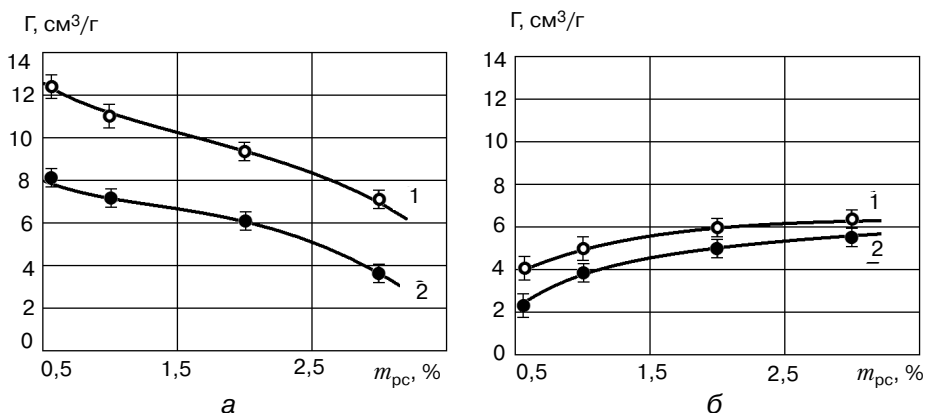


Рис. 4. Газотвірність плакованого піску, висушеного на повітрі до постійної маси і структурованого мікрохвильовим випромінюванням протягом 2 хв (1) і 5 хв (2) в центрі обертового столу (а) і на його краю (б) залежно від маси РС, використаного на плакування

З рис. 4 випливає, що зі збільшенням частки РС в плакованому піску газотвірність ПРС, структурованої в області осі обертання столу резонатора мікрохвильової печі, знижується, а на краю стола – збільшується.

Такі закономірності пояснюються зміною просторового розподілу максимумів потужності мікрохвильового випромінювання в резонаторі, що обумовлено особливостями відображення і поглинання мікрохвильового випромінювання в резонаторі, так і циклічністю впливу мікрохвильового випромінювання на ПРС. Тобто, залежності, представлені на рис. 4, – це окремий випадок залежностей від розглянутих факторів. При цьому, незалежно від місця положення ПРС на обертовому столі резонатора, збільшення тривалості її структурування призводить до зменшення її газотвірності.

Залежності газотвірності плакованого піску, висушеного на повітрі до постійної маси, обробленого мікрохвильовим випромінюванням протягом 2 хв (5, а) і 5 хв (5, б), структурованого мікрохвильовим випромінюванням протягом 2 хв (1) і 5 хв (2) в центрі і на краю обертового столу від маси РС, використаного на плакування, представлені на рис. 5 і 6.

Аналіз ходу залежностей на рис. 5 і 6 показує, що для зниження газотвірності ливарних форм і стрижнів, що виготовляються способом паро-мікрохвильового затвердіння, слід використовувати кварцовий пісок, плакований менше 2,0 % РС (за масою), який після сушки на повітрі до постійної маси, оброблено мікрохвильовим випромінюванням протягом 5 хв і структуровано в паро-мікрохвильовому середовищі протягом 5 хв. У цих випадках, незалежно від положення структурованої суміші щодо вісі обертового столу в резонаторі мікрохвильової печі, її газотвірність буде перебувати в межах від 3 до 5 см³/г.

При утриманні РС в ПРС від 2 до 3 % (див. рис. 5 і 6) їх газотвірність практично стає незалежною від вмісту РС, який пішов на плакування кварцового піску. Мабуть, це пов'язано зі спінуванням РС, що сприяє його більш інтенсивному зневодненню.

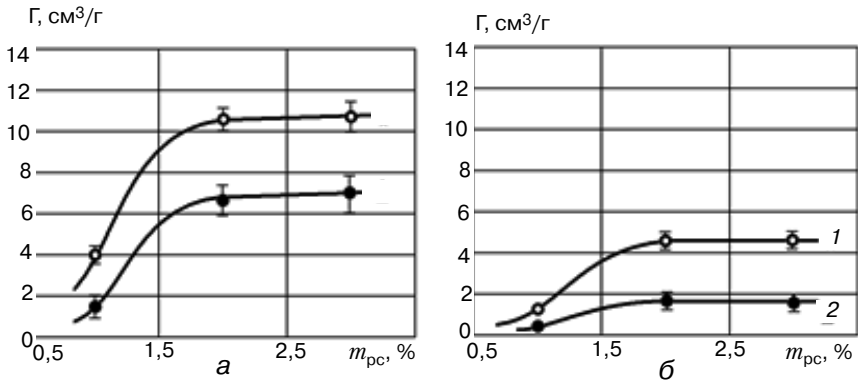


Рис. 5. Газотвірність плакованого піску, висушеного на повітрі до постійної маси, обробленого мікрохвильовим випромінюванням протягом 2 хв (а) і 5 хв (б), структурованого мікрохвильовим випромінюванням протягом 2 хв (1) і 5 хв (2) в центрі обертового столу залежно від маси РС, використаного на плакування

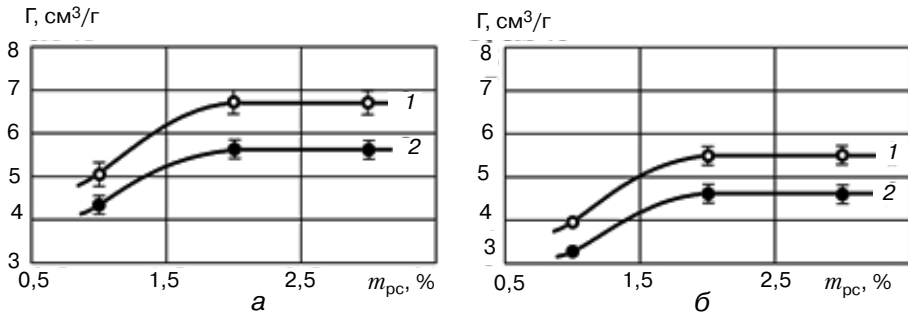


Рис. 6. Газотвірність плакованого піску, висушеного на повітрі до постійної маси, обробленого мікрохвильовим випромінюванням протягом 2 хв (а) і 5 хв (б), структурованого мікрохвильовим випромінюванням протягом 2 хв (1) і 5 хв (2) на краю обертового столу залежно від маси РС, використаного на плакування

Результати визначення газотвірності одночасно структурованих зразків ПРС (загальна маса ПРС в резонаторі мікрохвильовій печі – 1 кг) від їх вихідного положення на обертовому столі (див. рис. 1, а) резонатора при плакуванні кварцового піску 1,5% РС і його підготовці за схемою Б на рис. 2, б представлено на рис. 7.

Аналіз даних на рис. 7 показує, що незалежно від маси одночасно структурованих наважок плакованого піску залежність їх газотвірності від положення на обертовому столі резонатора мікрохвильової печі якісно відповідає залежностям на рис. 5 і рис. 6. Тобто, газотвірність структурованої суміші, розташованої в області вісі обертання столу, завжди більше газотвірності суміші, яка при структуруванні знаходиться далеко від області вісі обертового столу. При цьому, з числа наважок, структурованих на краю обертового столу, найбільшою газотвірністю характеризується наважка найбільш віддалена від входу хвилеводу в резонатор, а найменшою – навшунання, що з самого спочатку знаходилася поблизу входу хвилеводу в резонатор. Причина

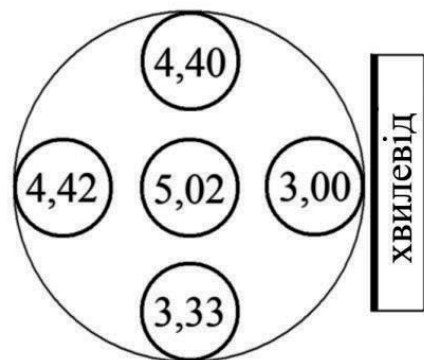


Рис. 7. Газотвірність наважок (вказана цифрами в розмірності см³/г) кварцового піску, плакованих 1,5 % РС і їх підготовці за схемою Б (див. рис. 2, б), при їх різному розташуванні на обертовому столі (див. рис. 1, а)

такої відмінності величин газотвірності одночасно структурованих наважок ПРС, вочевидь, пов'язана як з характером впливу мікрохвильового випромінювання на структуровану суміш, так і просторовим розподілом пучностей потужності в обсязі резонатора. Про таку нерівномірність пучностей свідчать як дані робіт [12, 14], так і контурні зображення областей пучностей мікрохвильового випромінювання, які представлено на рис. 8.

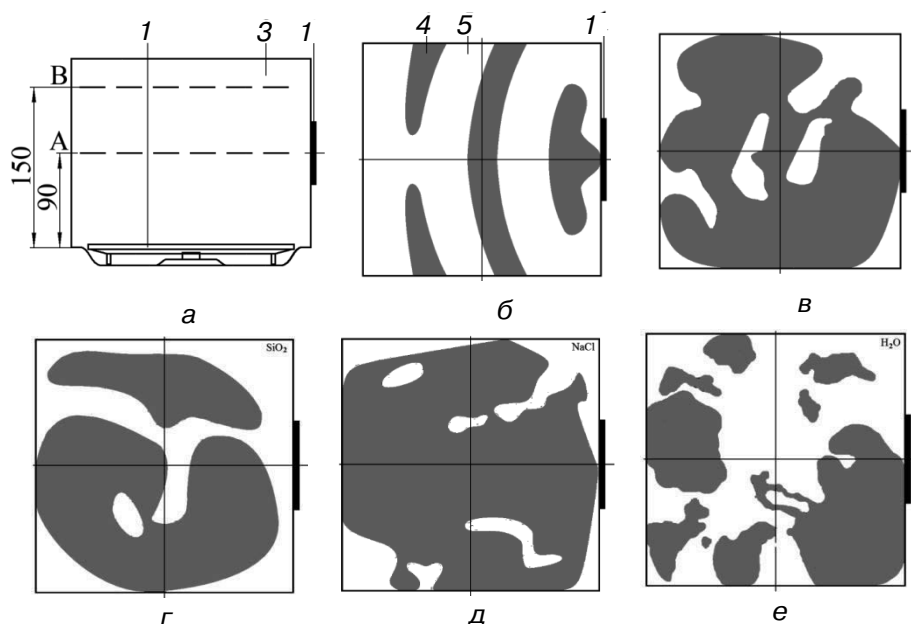


Рис. 8. Схема рівнів розташування шарів порошкоподібного графіту на пінопластовій плиті в резонаторі мікрохвильової печі (а), контурне зображення (вид зверху) поверхонь активного теплового впливу (пучностей потужності) випромінювання при ненавантаженому резонаторі печі на рівні А (б), на рівні А (в) і на рівні В (г) при наявності в резонаторі 1 кг кварцового піску, 1 кг хлористого натрію (д), 0,6 кг води (е): 1 – вихід хвилеводу в резонатор; 2 – резонатор (робочий простір) мікрохвильової печі; 3 – обертовий стіл; 4 – гаряча поверхня; 5 – холодна поверхня

### Висновки

- Використання результатів зважування формувальних і стрижневих водомістких сумішей до і після їх прожарювання дозволяє розрахувати величину їх газотвірності з точністю, достатньою для проведення інженерних розрахунків.
- Зі збільшенням маси рідкого скла, використаного для плакування кварцового піску, газотвірність піщано-рідкосткляної суміші, висушеної як на повітрі, так і з наступним сушінням мікрохвильовим випромінюванням, збільшується. При цьому газотвірність суміші зменшується зі збільшенням тривалості сушіння плакованого піску мікрохвильовим випромінюванням і зі збільшенням часу структурування.
- Для зниження газотвірності ливарних форм і стрижнів, що виготовляють способом паро-мікрохвильового затвердіння рекомендується використовувати кварцовий пісок, плакований менш, ніж 2 % (за масою), рідкого скла, який після сушки на повітрі до постійної маси, слід обробити мікрохвильовим випромінюванням протягом 5 хвилин і структурувати у відповідному модельно-стрижневому оснащенні мікрохвильовим випромінюванням протягом не менше 5 хвилин.
- У цих випадках, незалежно від положення структурованої суміші щодо вісі обертового столу в резонаторі мікрохвильової печі, газотвірність форм і стрижнів, що виготовляють, перебуватиме в межах від 3 до 5 см<sup>3</sup>/г.

### Список літератури

1. Медведев Я. И. Газовые процессы в литейной форме. М.: Машиностроение, 1980. 200 с.,
2. Дорошенко С. П., Авдокушин В. П., Русин К. И. и др. Формовочные материалы и смеси. К.: Вища школа, 1990. 415с.
3. Бондарев О. А., Медведев Я. И. Фильтрационные характеристики песчаных литейных форм и стержней. Типовые кривые газового давления в литейной форме. *Омский научный вестник*. 2007. № 1 (12). С. 51–56,
4. Пельх И. С. Фильтрационные процессы в литейной форме. *Вестн. Нац. техн. Ун-та «ХПИ»*. 2002. № 6. С. 33–36.
5. Одарченко И. Б., Прусенко И. Н. Механизмы формирования поверхности отливок в зоне контакта металл-литейной стержень. *Литьё и металлургия*. 2016. № 4 (85). С. 32–37.
6. Медведев Я. И. Газы в литейной форме. М.: Машиностроение, 1965. 240 с.
7. Цибрик А. Н. Физико-химические процессы в контактной зоне металл-форма. Киев: Наукова думка, 1977. 211 с.
8. А.с. СССР № 2693915/28, 11.12.78. Смесь для изготовления литейных форм и стержней // А.с. СССР № 750840. 1982. Бюл. № 43. / Милов А. М., Кукуй Д. М., Дмитрович А. М [и др.].
9. А.с. СССР № 3847025/22-02, 21.11.84. Состав смесей для изготовления литейных форм и стержней // А.с. СССР № 1227309. 1986. Бюл. № 16. / Бельский Е. И., Комаров В. С., Кукуй Д. М. [и др.].
10. Илларионов И. Е., Стрельников И. А., Петрова Н. В., Журавлев А. Ф., Моляков А. А., Макаров С. Г. Металлофосфатные связующие и смеси, особенности их отверждения. *Вестник ЧГПУ им. И. Я. Яковлева*. 2012. № 4 (76). С. 79–85
11. А.с. СССР № 2591527/22-02, 13.03.78. Смесь для изготовления литейных форм // А.с. СССР № 749536. 1980. Бюл. № 27. / Сиганов В. П., Демидова А. А., Луцкий А. И.
12. Репях С. И., Андреева А. В. Особенности нагрева графитсодержащих формовочных смесей и тел СВЧ-излучением. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2014. № 6. С. 38–41.
13. Корнеев В. И., Данилов В. В. Жидкое и растворимое стекло. С-Пб: Стройиздат, 1996. 216 с.
14. Репях С. И., Андреева А. В. Оценка равномерности нагрева графитсодержащих формовочных смесей и тел СВЧ-излучением. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2015. № 2. С. 29–32.

Надійшла 14.06.2021

### References

1. Medvedev Ya.I. (1980). Gas processes in a casting mold. Moscow: Mechanical Engineering . 200 p.
2. Doroshenko S.P., Avdokushin V.P., Rusin K.I. and others. (1990). *Molding materials and mixtures*. Kiev: Vishcha school, 1990 . 415 p.
3. Bondarev O.A., Medvedev Ya. I. (2007). Filtration characteristics of sand casting molds and cores. Typical curves of gas pressure in a casting mold. *Omsk Scientific Bulletin*. № 1 (12). P. 51-56.
4. Pelykh I.S. (2002). Filtration processes in a casting mold. *Vestn. Nat. tech. un-that «KhPI»*. № 6. P. 33-36.
5. Odarchenko I.B., Prusenko I.N. (2016). Mechanisms of formation of the surface of castings in the contact zone metal-casting rod. *Casting and metallurgy*. № 4 (85). P. 32-37.
6. Medvedev Ya.I. (1965). Gases in a casting mold. Moscow.: Mashinostroenie. 240 p.
7. Tsibrik A.N., Cybrik A.N. (1977). Physicochemical processes in the metal-form contact zone. Kiev: Naukova Lumka. 211 p.
8. A.S. USSR No. 2693915/28, 11.12.78. Mix for the manufacture of casting molds and rods // A.S. USSR No. 750840. 1982. Bul. No. 43. / Milov A.M., Kukui D.M., Dmitrovich A.M. [and etc.].
9. A.S. USSR No. 3847025 / 22-02, 21.11.84. Composition of mixtures for the manufacture of casting molds and rods. USSR No. 1227309. 1986. Bul. № 16. / Belsky E.I., Komarov V.S., Kukuy D.M. [and etc.].
10. Illarionov I.E., Strelnikov A.I., Petrova N.V. and etc. (2012). Metallophosphate binders and mixtures, features of their curing. *Bulletin of ChGPU im. I. Ya. Yakovleva*. № 4 (76). P. 79-85.
11. A.S. USSR No. 2591527 / 22-02, 13.03.78. Mix for the manufacture of casting molds // A.S. USSR No. 749536. 1980. Bul. No. 27. / Sigonov V.P., Demidova A.A., Lutskiy A.I.

12. Repyakh S.I., Andreeva A.V. (2014). Features of heating graphite-containing molding sands and bodies by microwave radiation. *Metallurgical and mining industry*. № 6. P. 38-41.
13. Korneev V.I., Danilov V.V. (1996). Liquid and soluble glass. St. Petersburg: Stroyizdat. 216 p.
14. Repyakh S.I., Andreeva A.V. (2015). Evaluation of the uniformity of heating graphite-containing molding sands and bodies by microwave radiation. *Metallurgical and mining industry*. № 2. P. 29-32.

Received 14.06.2021

**L. I. Solonenko**, PhD (Engin.), Associate Professor;  
e-mail: solonenkoli14@gmail.com

Odessa Polytechnic State University (Odessa, Ukraine)

### **GAS CAPACITY OF SAND-LIQUID GLASS FORMING ROD MIXTURES**

*The paper presents the results of determining the gas content of quartz sand clad with sodium water glass and structured in a steam-microwave environment, depending on the mass of water glass used for cladding, the method of drying the clad sand, and the conditions for its processing in a steam-microwave environment. Gas content was determined by calculation based on the results of experimental determination by weighing the water content in structured mixtures. It was found that with an increase in the mass of liquid glass used for cladding quartz sand, the gas content of such a structured mixture increases. The gas content of the mixture decreases with an increase in the duration of drying the clad sand with microwave radiation and with an increase in the structuring time in a steam-microwave environment. For the manufacture of sand-liquid glass molds and rods by the structuring method in a steam-microwave environment with a gas content of not more than 5.0 cm<sup>3</sup>/g, it is recommended to use quartz sand clad with less than 2% liquid glass (by weight), which, after drying in air to constant weight, should be treated with microwave radiation for 5 minutes and structured in an appropriate model-rod equipment with microwave radiation for at least 5 minutes.*

**Keywords:** water, sand, liquid glass, mixture, gas content, microwave radiation, steam-microwave environment.