

ВІДГУК

офіційного опонента Іванова Валерія Григоровича
на дисертацію **Солоненко Людмили Ігорівни**
«Теоретичні та технологічні основи паро-мікрохвильового
структурування піщано-рідкоскляних сумішей для виготовлення виливків»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.16.04 – Ливарне виробництво

Оцінка структури та змісту дисертації

Дисертаційна робота складається зі вступу, основної частини (шести розділів), загальних висновків, списку використаних джерел з 439 найменувань, 14 додатків.

Загальний обсяг дисертації складає 450 сторінок машинописного тексту, з яких 368 сторінки основного тексту. Дисертаційна робота містить 174 рисунки і 58 таблиць.

У **вступі** приведено обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи, представлена інформація щодо зв'язку роботи з тематичними планами та науково-дослідними роботами Українського державного університету науки і технологій, сформульована мета та задачі досліджень, вказано об'єкт, предмет та методи досліджень, викладені наукова новизна та практичне значення роботи, відомості щодо особистого внеску здобувача, апробації отриманих результатів, публікацій.

У **першому розділі** надано результати аналізу відомих напрямків підвищення екологічної та санітарно-гігієнічної безпеки виробництва виливків у сучасних формувальних та стрижневих сумішах. Визначено, що найбільш перспективними є суміші на основі неорганічних сполук, зокрема піщано-рідкоскляні суміші. Проаналізовано особливості сучасних способів твердіння рідкого скла в піщано-рідкоскляних сумішах, впливу модифікаторів рідкого скла та технологічних добавок на властивості піщано-рідкоскляних сумішей.

Проведено аналіз особливостей мікрохвильового сушіння свіжовиготовлених піщано-рідкоскляних сумішей, їх властивостей та загальноприйнятого уявлення щодо механізму спінювання рідкого скла під час його нагрівання.

Приведено величини теплофізичних властивостей піщано-рідкоскляних сумішей, що структуровані під дією зовнішнього нагрівання. Надано опис кінетики сушіння капілярно-пористих матеріалів, дефектів та недоліків ливарних форм та стрижнів з піщано-рідкоскляних сумішей, а також виливків, які виготовляють в таких формах.

За результатами виконаних досліджень та аналізу сформульовано мету та завдання роботи, зроблено висновки за розділом.

У **другому розділі** наведені відомості щодо матеріалів, методів, стандартних, загально прийнятих та оригінальних методик, обладнання, приладів та апаратури,

які автор використовував у своїх дослідженнях.

У третьому, четвертому, п'ятому та шостому розділах дисертаційної роботи автор надав результати експериментальних досліджень особливостей нагрівання рідкоскляних сумішей і швидкості випаровування води під дією мікрохвильового випромінювання, встановив величини діелектричної проникності ряду дрібнозернистих вітчизняних мінералів (вогнетривів), розподіл в резонаторі потужності мікрохвильового випромінювання.

Досліджено фізичні та технологічні властивості використаного в роботі чистого та плакованого рідким склом кварцового піску. Досліджено вплив виду водяного заряду на час випаровування з нього води, маси та характеру розміщення водяного заряду у стрижневому ящику на міцність піщано-рідкоскляної суміші структурованої за ПМЗ-процесом, встановлено вплив часу обробки мікрохвильовим випромінюванням на залишковий вміст води в силікаті натрію, досліджена кінетика сушіння кварцового піску та його сумішей мікрохвильовим випромінюванням, досліджено структуру та властивості піщано-рідкоскляних сумішей, встановлена робота вибивання та водостійкість піщано-рідкоскляних сумішей, структурованих за ПМЗ-процесом. За отриманими результатами досліджень розроблено опис механізму та досліджена кінетика структурування піщано-рідкоскляних сумішей в мікрохвильовому випромінюванні, встановлено етапи її реалізації та величини поетапної енергії активації цього процесу.

Досліджена кінетика карбонізації чистого натрієвого рідкого скла в тонкому шарі на повітрі, вплив технологічних домішок на цей процес.

Досліджено процес та розроблено опис механізму переносу рідкого скла в капілярах щілинного типу, визначені його особливості та відмінності від загальноприйнятого механізму.

Встановлено теплофізичні властивості піщано-рідкоскляних сумішей, що структуровані за ПМЗ-процесом, одержано матеріальний баланс системи «водяна пара – кварцовий пісок – рідке скло» при структуруванні в паро-мікрохвильовому середовищі, на основі якого автор отримав аналітичні залежності для розрахунку основних параметрів процесу структурування плакованого кварцового піску за ПМЗ-процесом.

Досліджено основні властивості та оптимізовано склад піщано-рідкоскляних сумішей, що структуровані за ПМЗ-процесом, отримано відповідні функціональні залежності між цими властивостями.

Встановлено причини та розроблено опис механізмів виникнення внутрішніх тріщин та вимоїн на ливарних формах і стрижнях з піщано-рідкоскляних сумішей, що структуровані за ПМЗ-процесом, розроблено заходи щодо запобігання появи цих дефектів.

Досліджено вплив піщано-рідкоскляних сумішей, які структуровані за ПМЗ-процесом, на якість литої поверхні виливків, точність їх розмірів, схильність до виникнення пригару.

Приведено результати якості виливків, які в умовах реального виробництва литва були виготовлені в ливарних формах із піщано-рідкоскляної суміші за CO₂-процесом і за ПМЗ-процесом.

У загальних висновках дисертації викладено найбільш важливі наукові та практичні результати, що були отримані в процесі дисертаційного дослідження і які сприяли розв'язанню сформульованої науково-прикладної проблеми.

Список джерел, який був використаний в аналітичному огляді проблеми, достатньо повно охоплює зазначену галузь знань та відображає основні напрями розвитку досліджень, винаходів та технології структурування піщано-рідкоскляних сумішей для виготовлення ливарних форм та стрижнів.

Структура та зміст дисертаційної роботи та автореферату співпадають. Матеріали дисертації викладені послідовно, а їх оформлення відповідає вимогам щодо докторських дисертацій.

Актуальність теми дисертації та відповідність роботи спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво

Широке використання синтетичних смол у формувальних сумішах для виготовлення виливків є суттєвою загрозою як для навколишнього середовища, так і для працівників ливарних цехів. Причиною тому - значні виділення канцерогенних і отруйних речовин як під час зберігання, так і при деструкції синтетичних смол при контактуванні з розплавленим металом.

На сьогодні заміником синтетичних смол, як і інших органічних сполучних матеріалів, для виготовлення ливарних форм та стрижнів є неорганічні сполучні матеріали, до числа яких відноситься натрієве рідке скло. Використання натрієвого рідкого скла, в якості сполучного матеріалу, для виготовлення ливарних форм та стрижнів відомо з середини минулого сторіччя. Тим не менше, відсутність комплексного вирішення проблем таких сумішей як погане вибивання, значне осипання, крихкість тощо призвело до того, що з часом натрієве рідке скло в ливарних цехах замінили на синтетичні смоли. В наявний час натрієве рідке скло використовують лише в окремих ливарних цехах в дуже обмежених об'ємах і практично не використовують для виготовлення ливарних форм і стрижнів для дрібних та середніх за масою виливків загальномашинобудівного призначення.

Тому робота, яка присвячена вирішенню проблеми з розробки наукових і технологічних основ виготовлення піщано-рідкоскляних ливарних форм і стрижнів за ПМЗ-процесом замість сумішей із зв'язувальними матеріалами органічного походження, є безперечно актуальною та відповідає спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами

Дисертаційна робота пов'язана з тематичними планами Українського державного університету науки і технологій та виконанням держбюджетної науково-дослідної роботи «Розробка інноваційної технології структурування екологічно безпечних формувально-стрижневих сумішей ливарного виробництва у паро-мікрохвильовому середовищі» (№ ДР 012U109531).

Ступінь обґрунтованості та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Усі наукові положення, висновки, отримані результати досліджень та практичні рекомендації дисертаційної роботи цілком обґрунтовані, адекватні і достовірні.

Для досягнення мети і вирішення поставлених в роботі завдань здобувач використовував сучасні методи теоретичних та експериментальних досліджень, стандартні, загальноприйняті та оригінальні методики досліджень, сучасне обладнання та апаратуру, обробку отриманих даних проводив з використанням сучасних статистичних методів та ін.

Достовірність результатів дисертаційної роботи досягнена обґрунтованістю наукових положень та висновків, що базуються на фундаментальних положеннях фізики, теплофізики, матеріалознавства, застосуванням математичної та статистичної обробки отриманих даних, експериментальними результатами перевірки адекватності одержаних математичних моделей, позитивним результатом дослідно-промислових випробувань на ПП «БУД-МАШ» (м. Житомир), впровадженням у виробництво ПрАТ «Одеський машинобудівний завод» (м. Одеса) та ТОВ «ПК «Перспектива» (м. Дніпро).

Наукові результати дисертації

До основних наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

1. Вперше для кварцового піску, плакованого рідким склом з силікатним модулем 2,8...3,0, встановлено кінетику, енергію активації, закономірності та розроблено опис механізму структурування в середовищі насиченої водяної пари під дією мікрохвильового випромінювання частотою 2,45 ГГц зі стоячою хвилею.

2. Вперше встановлено кінетику та розроблено опис механізму карбонізації силікату натрію в шарі рідкого скла товщиною 20...30 мкм з вихідним вмістом води 17...20 % (за масою) і силікатним модулем 2,8...3,0 на повітрі з температурою 22...24 °С та відносною вологістю від 24 до 98 %.

3. Вперше встановлено функціональні залежності між фізичними, розмірними

та технологічними параметрами структурованих піщано-рідкоскляних сумішей з масовим вмістом рідкого скла 0,5...3,0 % з силікатним модулем 2,8...3,0 за умов відсутності хімічних або фізичних перетворень силікату натрію в таких сумішах.

4. Вперше встановлено, що спінювання рідкого скла з силікатним модулем 2,8...3,0 в пласкому капілярі під дією мікрохвильового випромінювання йде за схемою ланцюгової реакції з елементарним циклом (самокапсулювання рідкого скла → руйнування капсули під тиском водяної пари, що виникає в капсулі → викид рідкого скла за межі капсули), який повторюється до повного випаровування води із капсул.

5. Вперше (стосовно алюмінієво-магнієвого сплаву і сірого чавуну) встановлені інтегрального-ефективні значення теплофізичних властивостей піщано-рідкоскляних сумішей з 0,5...3,0% (за масою, понад 100% піску) рідкого скла та уявною щільністю сумішей 1380...1758 кг/м³, які структуровані за ПМЗ-процесом.

6. Вперше досліджено та розроблено опис механізму утворення дефектів (вимоїна, внутрішня тріщина), що притаманні виключно ливарним формам та стрижням, які виготовлені за ПМЗ-процесом.

7. Вперше встановлено, що при ударно-вібраційному впливі характер руйнування піщано-рідкоскляних сумішей структурованих за ПМЗ-процесом має переважно адгезійний характер при тривалості паро-мікрохвильової обробки до 2 хв, змішаний характер – при тривалості 2...4 хв і переважно когезійний характер – при тривалості більше 4 хв.

8. Вперше встановлено, що відносна водостійкість піщано-рідкоскляної суміші, структурованої за ПМЗ-процесом, попередній нагрів якої не перевищував 600°C, зменшується зі збільшенням температури води, а залежність водостійкості від тривалості ПМЗ-процесу в межах від 2 до 7 хв набуває інверсійного характеру з точкою інверсії 3,1...3,3 хв для маси рідкого скла в межах 0,5...2,5%, використаного для плакування кварцового піску.

Раніше такі дані не були відомі.

Практичне значення результатів роботи

Практична цінність роботи полягає у вирішенні важливої соціально-виробничої проблеми щодо заміни дорогих, екологічно небезпечних, органічних сполучних матеріалів імпортного походження на вітчизняне дешеве екологічно безпечне натрієве рідке скло для виготовлення ливарних форм та стрижнів дрібних виливків, за скороченим циклом зі збалансованим рівнем їх технологічних, теплофізичних і фізико-механічних властивостей.

Таким чином, використання розробленої технології дозволить:

- замінити сполучні матеріали іноземного походження (синтетичні смоли та каталізатори) на матеріали вітчизняного походження;
- зменшити трудомісткість ущільнення та час виготовлення ливарних форм та стрижнів;

- вирішити проблему вибивання стрижнів з виливків;
- відмовитися від регенерації кварцового піску з відпрацьованої суміші та її утилізації;
- підвищити екологічність та санітарно-гігієнічні умови виготовлення виливків;
- підвищити якість і зменшити собівартість виготовлення литва.

Практичне значення роботи підтверджено позитивним результатом промислових випробувань дисертаційних розробок у ливарних цехах України на ПП «БУД-МАШ» (м. Житомир) (акт від 03.09.2020 р.), впровадженням на ПрАТ «Одеський машинобудівний завод» (м. Одеса) (акт від 01.07.2020 р.) та на ТОВ «ПК «Перспектива» (м. Дніпро) (акт від 27.09.2019 р.) та впровадженням отриманих наукових та технологічних результатів в навчальний процес на кафедрі ливарного виробництва Національної металургійної академії України (акт від 28.11.2021 р.).

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Основні положення та результати досліджень дисертації викладено в 60 наукових роботах, з яких: 3 патенти України на винахід, 1 патент України на корисну модель, 24 статті в журналах зі спеціального переліку фахових видань МОН України, 8 статей у виданнях, які входять до міжнародної наукометричної бази SCOPUS, 24 матеріали міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференцій.

Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням дисертації і відображає її основні наукові результати.

Апробація результатів дисертації

Основні результати роботи обговорено на міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях: The 2nd International scientific and practical conference «Topical issues of the development of modern science» (Sofia, 2019); XI Міжнародна науково-технічна конференція «Нові матеріали і технології в машинобудуванні» (Київ, 2019); XV Міжнародна науково-практична конференція «Литво. Металургія. 2019» (Запоріжжя, 2019); The 12th International conference «Science and society» (Canada, 2019); The 1st International scientific and practical conference «Perspectives of world science and education» (Osaka, 2019); The 1st International scientific and practical conference «Priority directions of science development» (Lviv, 2019); International scientific conference «Advance of science» (Czech Republic, 2019); XII Міжнародна науково-технічна конференція «Нові матеріали і технології в машинобудуванні» (Київ, 2020); XVI Міжнародна науково-практична конференція «Литво. Металургія. 2020» (Запоріжжя, 2020); XIII Міжнародна науково-технічна конференція «Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2021» (Київ, 2021); XVII Міжнародна науково-практична конференція «Литво. Металургія. 2021» (Запоріжжя, 2021); 81 Міжнародна

науково-практична конференція «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпро, 2021); The 3rd International scientific and practical conference «Modern science: innovations and prospects» (Stockholm, 2021); XVIII Міжнародна науково-практична конференція «Литво. Металургія. 2022» (Харків-Київ, 2022); XIV Міжнародна науково-технічна конференція «Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2022» (Київ, 2022).

Зауваження щодо змісту і результатів роботи

1. Не зрозуміло чому не розглядалися в якості альтернативи смоляним інші інноваційні сполучні матеріали, наприклад, алюмінати (джерело [78])?

2. При висвітленні механізму паро-мікрохвильового структурування рідкого скла з відповідним силікатним модулем не з'ясовано, як впливає показник лужності кварцового піску (рН) та чи можна застосовувати інші вогнетривкі піски для цієї технології?

3. Чи можна використовувати технологію паро-мікрохвильового затвердіння рідкоскляних сумішей для крупних ливарних форм та стрижнів?

4. Чи існує відповідне технологічне обладнання для виготовлення крупних ливарних форм та стрижнів за ПМЗ-процесом?

5. Не зовсім зрозуміло, як у порівнянні з відомими способами виготовлення піщано-рідкоскляних ливарних форм та стрижнів змінюється технологічність та трудомісткість їх виготовлення за ПМЗ-процесом?

6. В тексті автореферату та дисертації є незначні помилки. Наприклад, в авторефераті в табл. 7 неточне посилання (на рис. 22 замість рис. 24), в пункті 5 наукової новизни в слові «рідкоскляних» відсутня буква "д".

Рекомендації щодо подальшого використання результатів роботи

Результати досліджень можуть бути рекомендовані працівникам ливарних цехів, які виробляють виливки загальномашинобудівного призначення в умовах дрібносерійного та одиничного виробництва литва, науковцям, а також викладачам коледжів та вищих навчальних закладів у навчальному процесі при викладанні відповідних розділів лекційних курсів.

Оцінка мови, стилю й оформлення дисертації

Дисертація написана професійною технічною мовою, а стиль дисертації забезпечує доступність і легкість сприйняття викладених в ній матеріалів досліджень, наукових положень, висновків, рекомендацій тощо.

Дисертація та автореферат оформлені відповідно до вимог щодо докторських дисертацій.

Відповідність змісту дисертації спеціальності

Дисертаційна робота Солоненко Людмили Ігорівни «Теоретичні та технологічні основи паро-мікрохвильового структурування піщано-рідкоскляних сумішей для виготовлення виливків» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво.

Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертація Солоненко Людмили Ігорівни є завершеною кваліфікаційною науковою роботою, що має внутрішню єдність і логічну послідовність, базується на фундаментальних положеннях теплофізики, фізики, матеріалознавства, теорії масопереносу, механіки руйнування і свідчить про особистий внесок автора в науку, містить нові науково обґрунтовані результати, які не викликають сумніву.

У сукупності отримані Солоненко Л.І. результати розв'язують актуальну науково-технічну проблему, яка полягає в розробці наукових і технологічних основ паро-мікрохвильового структурування піщано-рідкоскляних сумішей для виготовлення виливків.

В дисертації визначено:

- особливості нагрівання твердих матеріалів та випаровування води мікрохвильовим випромінюванням;
 - кінетику карбонізації натрієвого рідкого скла в тонких шарах на повітрі та вплив на неї технологічних домішок у рідкому склі;
 - теплофізичні властивості піщано-рідкоскляних сумішей структурованих за ПМЗ-процесом;
 - матеріальний баланс системи «водяна пара – кварцовий пісок – рідке скло» при структуруванні в паро-мікрохвильовому середовищі;
 - основні параметри реалізації ПМЗ-процесу;
 - властивості та оптимізовано склад піщано-рідкоскляних сумішей, що структуровані в паро-мікрохвильовому середовищі;
 - функціональні залежності між технологічними та фізичними параметрами піщано-рідкоскляних сумішей, що структуровані за ПМЗ-процесом;
 - причини виникнення внутрішніх тріщин та поверхневих дефектів на стрижнях, виготовлених за ПМЗ-процесом;
 - можливість склеювання рідким склом структурованих за ПМЗ-процесом піщано-рідкоскляних сумішей;
 - можливість виготовлення об'ємно-замкнених ливарних форм за моделями з піщано-водяних заморожених сумішей;
 - вплив піщано-рідкоскляних сумішей, які структуровані за ПМЗ-процесом, на якість виливків.
- В дисертації розроблено:

- опис механізму та досліджена кінетика структурування піщано-рідкоскляних сумішей в мікрохвильовому та паро-мікрохвильовому середовищі;
- опис механізму переносу рідкого скла в капілярах щілинного типу;
- рекомендації щодо склеювання рідким склом структурованих за ПМЗ-процесом піщано-рідкоскляних сумішей;
- опис механізму виникнення внутрішніх тріщин та вимоїн в стрижнях, рекомендації щодо їх попередження;
- рекомендації щодо зберігання кварцового піску плакованого натрієвим рідким склом;
- загальну технологічну схему реалізації ПМЗ-процесу в ливарних цехах;
- рекомендації щодо реалізації ПМЗ-процесу в ливарних цехах.

Розроблена здобувачем технологія ПМЗ-процесу зареєстрована в Державній установі Український інститут науково-технічної експертизи та інформації (державний реєстраційний номер: 0622U000123).

Зроблені зауваження та побажання не мають принципового характеру до суті дисертації і не знижують її загальної позитивної оцінки.

Наукові положення дисертації, висновки та рекомендації є достовірними та відповідають об'єктивній дійсності.

Мова та стиль дисертації відповідають вимогам до науково-технічних текстів та публікацій.

Зміст автореферату повністю відповідає тексту дисертації, а основні наукові положення, що містяться в них, ідентичні.

Дисертаційна робота Солоненко Л.І. відповідає всім вимогам пунктів 7 та 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого Постановою КМУ №1197 від 17.11.2021 року, є закінченою кваліфікаційною науковою роботою, а її автор Солоненко Людмила Ігорівна, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.16.04 – Ливарне виробництво.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, доцент,
завідувач кафедри машин і
технології ливарного виробництва
Національного університету
«Запорізька політехніка»

Валерій ІВАНОВ

Підпис Валерія ІВАНОВА засвідчую
учений секретар
НУ «Запорізька політехніка»

Віктор КУЗЬМІН

