

ВІДГУК

офіційного опонента Селівьорстова Вадима Юрійовича
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

1. Актуальність теми дисертації

Ливарне виробництво, як галузь науки і техніки, займається вирішенням комплексу питань щодо забезпечення одержання заготовок високої якості з різноманітних литих сплавів і передбачає низку напрямів досліджень, до найбільш важливих з яких відноситься, зокрема, розробка теоретичних і технологічних основ створення формувальних сумішей, форм і стрижнів з оптимальними властивостями.

На сьогодні, в більшості ливарних цехів, як західної Європи, так і в численних ливарних цехах України одноразові ливарні форми та стрижні для виливків загальномашинобудівного призначення виготовляють з піщано-смоляних сумішей. Однією з небажаних особливостей таких сумішей під час їх використання є виділення в навколишнє середовище значної кількості канцерогенних і отруйних речовин у числі яких фенол, формальдегід, фурфуріловий спирт тощо.

На відміну від західноєвропейських, вітчизняні ливарні цехи не оснащені відповідними системами уловлювання та переробки цих викидів. Це робить використання піщано-смоляних сумішей вкрай небезпечним, а придбання та експлуатація таких систем, а також систем термо-каталітичної переробки зібраних газів призведе не тільки до значного підвищення собівартості литва, але і до втрати його конкурентної привабливості.

Варіантом вирішення даної проблеми є використання екологічно-безпечного натрієвого рідкого скла – як замітника синтетичних смол.

Для виробництва форм і стрижнів натрієве рідке скло ливарні цехи України широко використовували у 60...80-х роках минулого століття. Тим не менше, відсутність комплексного вирішення таких проблем, як значні енергетичні витрати на вибивання стрижнів із виливків та регенерацію кварцового піску з відпрацьованої суміші, підвищена обсіпальність та газотворність структурованих піщано-рідкоскляних сумішей і таке інше, призвели до заміщення в ливарних цехах рідкого скла в якості сполучного матеріалу форм та стрижнів на синтетичні смоли.

У свою чергу, використання синтетичних смол в формувальних та стрижневих сумішах призвело до виникнення нових проблем, зокрема, проблеми щодо забруднення навколишнього середовища та значного погіршення санітарно-гігієнічних умов виробництва литва.

Тому робота, яка присвячена вирішенню проблеми по розробці наукових і технологічних основ виготовлення піщано-рідкоскляних ливарних форм і

стрижнів за процесом паро-мікрохвильового затвердіння замість дорогих, екологічно небезпечних, імпортованих сполучних матеріалів органічного походження, зокрема: встановлення механізму, кінетики та закономірностей структурування в паро-мікрохвильовому середовищі силічного кварцового піску, плакованого рідким склом, і результату його застосування на властивості ливарних форм та стрижнів, якість дрібних виливків загальномашинобудівного призначення, є актуальною.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі ливарного виробництва Українського державного університету науки і технологій.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами

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

3. Загальна характеристика роботи

Дисертаційна робота складається зі вступу, основної частини (шість розділів з висновками до кожного з них), загальних висновків, списку використаних джерел з 439 найменувань і 14 додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи викладено на 450 сторінках загального машинописного тексту, з яких 368 сторінки основного тексту, містить 174 рисунки і 58 таблиць.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, надано інформацію щодо зв'язку роботи з науковою темою УДУНТ, сформульовано мету та задачі досліджень, вказано об'єкт, предмет та методи досліджень, викладено наукову новизну та практичне значення, а також відомості щодо особистого внеску здобувача, апробації отриманих результатів, публікацій.

У першому розділі проаналізовано напрямки підвищення екологічної та санітарно-гігієнічної безпеки використання в ливарному виробництві сучасних формувальних та стрижневих сумішей, їх склад та властивості, визначені бажані рівні їх основних властивостей. Розглянуто та проаналізовано сучасні способи структурування, модифікатори рідкого скла та технологічні добавки до піщано-рідкоскляних сумішей, особливості та результати мікрохвильової сушки свіжовиготовлених піщано-рідкоскляних сумішей, механізм спінювання рідкого скла під дією зовнішнього нагрівання. Наведені дані щодо теплофізичних властивостей піщано-рідкоскляних сумішей, що структуровані під дією зовнішнього нагрівання, опис кінетики капілярно-пористих матеріалів, дефектів та недоліків піщано-рідкоскляних сумішей та виливків, які виготовляють в формах з таких сумішей. За результатами виконаних досліджень та аналізу сформульовано мету та завдання роботи, зроблено висновки за розділом.

У другому розділі наведені відомості щодо матеріалів, методів і методик, обладнання та приборів, використаних автором у дослідженнях.

У третьому, четвертому, п'ятому та шостому розділах дисертаційної роботи авторка представила результати експериментальних досліджень особливостей і

швидкості нагрівання твердих матеріалів, випаровування води під дією мікрохвильового випромінювання, встановив величини діелектричної проникності ряду зернистих мінералів вітчизняного походження, встановив характер розподілу потужності мікрохвильового випромінювання в резонаторі.

Встановлено взаємозв'язок між властивостями чистого та плакованого рідким склом кварцового піску і його фракційним складом, досліджено вплив маси та характеру розміщення водяних зарядів в робочому просторі оснащення на міцність піщано-рідкоскляної суміші, що структурована за ПМЗ-процесом, встановлено вплив мікрохвильового випромінювання на залишковий вміст води в силікаті натрію та в піщано-рідкоскляній суміші, досліджена кінетика сушіння кварцового піску та його сумішей мікрохвильовим випромінюванням.

Досліджено структуру та властивості структурованих піщано-рідкоскляних сумішей, розроблено опис механізму та досліджена кінетика структурування піщано-рідкоскляних сумішей в мікрохвильовому випромінюванні, встановлено етапи її реалізації, поетапна енергія активації цього процесу.

Встановлена величина роботи вибивання та водостійкість піщано-рідкоскляних сумішей, структурованих в паро-мікрохвильовому середовищі, в залежності від їх попередньої термічної обробки та маси в ній рідкого скла.

За оригінальною методикою досліджена кінетика карбонізації натрієвого рідкого скла в тонких шарах на повітрі та вплив технологічних домішок на цей процес. Досліджено та розроблено опис механізму переносу рідкого скла в капілярах щілинного типу, який на відміну від існуючих сучасних уявлень спінування рідкого скла реалізується за схемою ланцюгової реакції.

З використанням сірого чавуну та алюміній-магнієвого сплаву встановлено теплофізичні властивості піщано-рідкоскляних сумішей, що структуровані за ПМЗ-процесом.

Отримано аналітичні залежності для розрахунку основних параметрів процесу структурування плакованого кварцового піску в паро-мікрохвильовому випромінюванні. Досліджено властивості та оптимізовано склад піщано-рідкоскляних сумішей, що структуровані в паро-мікрохвильовому середовищі, отримано функціональні залежності між їх властивостями.

Встановлена можливість та умови склеювання структурованих піщано-рідкоскляних сумішей під дією мікрохвильового випромінювання, виготовлення об'ємно-замкнутих ливарних форм за ПМЗ-процесом за одноразовими моделями з замороженої піщано-водяної суміші, а також використання різнофракційних конгломератів кварцового піску плакованого рідким склом у якості теплоізоляційного матеріалу для надливів виливків під час виготовлення ливарних форм комбінованого типу.

Встановлено причини та розроблено опис механізмів виникнення дефектів, притаманних виключно ливарним формам і стрижням з піщано-рідкоскляних сумішей, що структуровані за ПМЗ-процесом, розроблено заходи щодо запобігання їх появи.

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

Проведена порівняльна оцінка структури виливків в залежності від типу використаної ливарної форми, а також якості виливків, виготовлених в умовах ливарного цеху із піщано-рідкоскляної суміші за CO₂-процесом і за способом паро-мікрохвильового затвердіння.

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, які були використані в аналітичному огляді, 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.

4. Оцінка обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в 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 °C 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 послідовним елементарним циклом (самокапсулювання рідкого скла - руйнування капсули під тиском водяної пари, що виникає в капсулі - викид рідкого скла за межі капсули), що 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 °С, 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. Отримані результати розширюють уявлення про процеси структуроутворення сумішей і можуть бути використані для розробки технологій і обладнання, призначених для сушіння і структурування дрібнозернистих діелектричних матеріалів і їх сумішей під дією мікрохвильового випромінювання, виготовлення ливарних форм і стрижнів за ПМЗ-процесом, розробки нових сумішей тощо.

Вирішення поставлених в роботі завдань авторка проводила з використанням сучасних методів теоретичних та експериментальних досліджень, обладнання та пристроїв, обробку отриманих даних проводив з використанням статистичних методів та ін. Тобто, достовірність результатів дисертаційної роботи зумовлена:

- ретельним аналізом публікацій за темою дисертаційного дослідження;
- обґрунтованістю наукових положень та висновків, що базуються на фундаментальних положеннях теплофізики та матеріалознавства, теорії формування виливків та формоутворення;
- обґрунтованістю вибору методів та методик досліджень, планування та виконання експериментів;
- адекватністю одержаних математичних моделей;
- використанням у дослідженнях сучасного метрологічно-повіреного обладнання та апаратури, статистичної обробки експериментальних даних;
- системністю підходів під час виконання теоретичних та експериментальних досліджень;
- логікою та аналізом отриманих результатів досліджень та встановлених процесів, відсутністю протиріч щодо сутності теплофізичних, фізико-механічних та інших явищ, які досліджуються в роботі;
- позитивним результатом дослідно-промислових випробувань на ПП «БУД-МАШ» (м. Житомир);
- позитивним результатом та впровадженням у виробництво ПрАТ «Одеський машинобудівний завод» (м. Одеса) та ТОВ «ПК «Перспектива» (м. Дніпро);
- впровадженням в навчальний процес Національної металургійної академії України (нині – УДУНТ).

Обґрунтованість і достовірність отриманих результатів дослідження підтверджена, в тому числі, їх апробацією на міжнародних науково-практичних

конференціях.

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

5. Практичне значення результатів роботи

Практичне значення результатів роботи полягає в тому, що:

- розроблено загальні технологічні рекомендації по виробництву одноразових ливарних форм і стрижнів за способом паро-мікрохвильового затвердіння;

- встановлено умови зберігання і підготовки кварцових пісків, шлакованих силікатом натрію, та виробів з них;

- розроблено технологічні рекомендації зі склеювання рідким склом піщано-рідкоскляних ливарних форм і стрижнів в мікрохвильовому випромінюванні;

- розроблено технологічні рекомендації щодо попередження виникнення в ливарних формах та стрижнях внутрішніх тріщин та дефекту «вимоїна»;

- одержано функціональні залежності між обсіпальністю, газопроникністю, крихкістю, міцністю при статичному стисненні (розтягуванні) та роботою вибивання структурованих сумішей з виливків за умов відсутності хімічних або фізичних перетворень під дією теплоти, що виділяється при затвердінні та охолодженні залитого в них розплаву.

Їх використання, зокрема, дозволить:

- для виготовлення піщано-рідкоскляних форм та стрижнів за ПМЗ-процесом використовувати матеріали виключно українського походження та відмовитися від використання сполучних матеріалів іноземного походження;

- зменшити витрати рідкого скла у суміші;

- скоротити трудомісткість ущільнення форм та стрижнів;

- скоротити час виготовлення ливарних форм та стрижнів;

- скоротити трудомісткість операцій вибивки виливків з форм і стрижнів з виливків;

- усунути шкідливі викиди з залитих форм та стрижнів у повітря ливарного цеху;

- зменшити кількість безоборотних втрат кварцового піску та витрати на його утилізацію;

- підвищити якість ливарних форм та стрижнів;

- підвищити точність розмірів та зменшити собівартість виготовлення виливків.

Ці положення підтверджено результатами промислових випробувань дисертаційних розробок у ливарних цехах України на ПП «БУД-МАШ» (м. Житомир) (акт від 03.09.2020 р.), 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.).

Крім того, отримані в дисертаційній роботі наукові та технологічні результати впроваджені в навчальний процес на кафедрі ливарного виробництва Національної металургійної академії України (нині – УДУНТ) і

використовується при виконанні випускних кваліфікаційних робіт бакалаврів та магістрів (акт від 28.11.2021 р.).

6. Рекомендації щодо подальшого використання результатів роботи

Результати досліджень можуть бути рекомендовані працівникам ливарних цехів, де є виробництво виливків загальномашинобудівного призначення із кольорових та вуглецевих сплавів в умовах дрібносерійного та одиничного виробництва литва, науковцями, а також викладачами коледжів та закладів вищої освіти у навчальному процесі при викладанні відповідних розділів лекційних курсів з дисциплін, що пов'язані з інформацією щодо теоретичних основ ливарного виробництва, формувальних матеріалів, технології ливарної форми, теоретичних основ формоутворення в ливарному виробництві тощо.

7. Оцінка мови, стилю й оформлення дисертації

Дисертація написана сучасною технічною мовою, наукова термінологія є загальноновизнаною, а стиль викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує легкість сприйняття викладеного матеріалу.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до діючих вимог МОН України.

8. Оцінка змісту дисертації та дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертаційна робота Солоненко Людмили Ігорівни написана авторкою самостійно і за своїм змістом повністю відповідає паспорту спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво.

Дисертація Солоненко Л.І. не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

9. Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Основні положення та результати досліджень дисертації викладено в 60 публікаціях, в тому числі: у 3 патентах України на винахід; у 1 патенті України на корисну модель; у 24 статтях в журналах з переліку фахових видань МОН України; у 8 статтях в журналах, які входять до міжнародної наукометричної бази SCOPUS. Результати роботи пройшли апробацію на 24 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).

Вказані публікації, в цілому, відображають основний зміст дисертації, об'єм і характер проведених теоретичних та експериментальних досліджень.

Зміст автореферату є ідентичним основним положенням дисертації і достатньо повно відображає основні її наукові результати.

10. Загальні зауваження по роботі

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. Оскільки кварцові піски більшості родовищ України мають вміст глини дещо більший ніж 0,2% за масою, то в роботі, на мій погляд, доцільно було б дослідити вплив глини в кварцовому піску на властивості структурованої піщано-рідкоскляної суміші за ПМЗ-процесом та встановити її максимальний вміст, при якому можливо проведення структурування за ПМЗ-процесом.

2. З тексту дисертації не зрозуміло, чи можливе використання плакованого піску для виготовлення ливарних форм та/або стрижнів після його попереднього структурування, помелу та відбору бажаної фракції конгломератів?

3. Бажано було б в тексті роботи привести окремі конкретні рекомендації щодо «правильного» проведення операції плакування піску з точки зору порядку введення компонентів, термочасових параметрів процесу, використовуюваного технологічного обладнання тощо.

4. Виходячи з приведених результатів не зрозуміло, чи впливають геометричні характеристики стрижнів, зокрема різнотовщинність, на їх міцнісні властивості в різних частинах?

5. У розділі 4 дисертації приведено залежність, з якої витікає, що в мікрохвильовому випромінюванні вода з вільною поверхнею в водяному заряді випаровується значно швидше ніж вода, наприклад, з поліуретанової губки. З цього випливають наступні питання. Чому всі зразки для досліджень були виготовлені саме з водяним зарядом у вигляді води в поліуретановій губці? Яким чином підвищення швидкості випаровування води з водяного заряду вплине на інтенсивність структурування плакованого піску і на властивості структурованих сумішей за ПМЗ-процесом?

6. Нажаль, в тексті роботи немає чітких обґрунтованих рекомендацій, який з використаних матеріалів є найбільш прийнятним для виготовлення модельно-стрижневої оснастки при реалізації запропонованого процесу.

7. В тексті автореферату та дисертації є декілька неточностей технічного та друкарського характеру. Зокрема, в авторефераті в табл. 7 зроблено посилання на рис. 22 замість рис. 24, в пункті 5 наукової новизни в авторефераті та дисертації в слові «рідкоскляних» пропущена буква "д", в авторефераті та дисертації у пункті 1 загальних висновків відсутня кома перед «є актуальною»,

також відсутня кома в Додатку 3 (див. рис. 31), в тексті дисертації на сторінці 308 (8 строчка знизу) в середині слова «Результати» надруковано дефіс.

11. Висновок

Дисертація Солоненко Людмили Ігорівни «Теоретичні та технологічні основи паро-мікрохвильового структурування піщано-рідкоскляних сумішей для виготовлення виливків» є самостійною завершеною роботою, що має теоретичне і прикладне значення. Отримані здобувачем результати у сукупності вирішують актуальну проблему, яка полягає в розробці наукових і технологічних основ паро-мікрохвильового структурування піщано-рідкоскляних сумішей для виготовлення виливків.

Відмічені недоліки роботи не мають вирішального значення щодо формулювання наукової новизни та оцінки дисертації в цілому.

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

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає всім вимогам пунктів 7 та 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого Постановою КМУ №1197 від 17.11.2021 року, а її авторка Солоненко Людмила Ігорівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.16.04 – Ливарне виробництво.

Офіційний опонент

Декан факультету електромеханіки та
електрометалургії

Українського державного університету
науки і технологій,

доктор технічних наук, професор

 Вадим СЕЛІВЬОРСТОВ

Підпис Селівьорстова В.Ю. засвідчує

Провідний фахівець відділу кадрів

 Володимир ШИФРІН



