

ВІДГУК

офіційного опонента Лисенко Тетяни Володимирівни на дисертацію
Іванова В. Г. "Розвиток теоретичних основ впливу технологічних параметрів на
структурі і властивості виливків із сірих чавунів" на здобуття наукового
ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.16.04 – ливарне виробництво

Актуальність теми дисертації та відповідність роботи спеціальності 05.16.04 – ливарне виробництво.

Покращення якості чавунних виливків і отримання їх із заданими технологічними і експлуатаційними властивостями – серйозна науково-технічна проблема ливарного виробництва. Головний напрямок в розробці цієї проблеми – створення оптимальних технологічних процесів та методів управління ними.

Дисертаційна робота Іванова В. Г. присвячена подальшому розвитку теоретичних основ керування структурою та властивостями виливків з сірих чавунів, оптимізації хімічного складу, вмісту шкідливих домішок, процесів модифікування, рафінування та інших технологічних параметрів лиття.

Актуальність цієї теми не визиває сумніву.

Для сучасного машинобудування та металургії чавунні виливки є найбільш потрібною ливарною продукцією. На світовому ринку лиття доля чавунних виливків складає біля 70% (більше 70 млн. т). В Україні чавунні виливки складають більше 50 %.

Наявність у чавунах графітної фази різної морфології дозволяє варіювати комплексом їх властивостей у дуже широких межах та конкурувати зі сталлю у литому і деформованому стані, а також з іншими матеріалами. У чавунах можуть утворюватися графітові полікристалічні вкраплення різної форми: пластинчаті, вермикулярні, кулясті або пластівчасті. Таке різноманіття утворюється відповідною орієнтацією базисних та призматичних площин графіту.

Не зважаючи на багаторічні дослідження, багато аспектів процесу утворення тієї чи іншої форми вкраплень графіту, а також механізм їх формоутворення залишаються нез'ясованими та дуже суперечливими.

Завдяки роботам відомих вчених з'ясовано багато питань формоутворення графіту у чавунах, що дозволило впровадити у практику ливарного виробництва різні методи плавлення та позапічної обробки чавунів з метою покращення форми вкраплень графіту, керування їх розмірами та процесами розподілення у металевій матриці. Висунуто значну кількість гіпотез формоутворення графітних вкраплень, що пов'язують з багатьма явищами: поверхневого натягу або опору середовища, наявністю домішок, природою, формою або будовою зародків графіту, співвідношенням росту різних граней графіту тощо. Але жодна з них не стала загальноприйнятою до сьогодення.

Також нез'ясованими залишилися особливості виникнення зародків графіту у рідкому чи твердому стані при гомогенному або гетерогенному зародженні.

Не визначено в достатній мірі вплив газової фази, контроль якої у практиці чавуноливарного виробництва майже не виконується. Крім того, формоутворення графітної фази відбувається при високих температурах (блізько 1000 °C та вище), коли термодинамічно стійкими є субоксиди елементів, що входять до складу чавунів (кремнію, магнію, алюмінію та ін.). Вплив цих субоксидів на формування вкраплень графіту майже не вивчався. Недостатньо досліджено закономірності утворення графіту різної форми при зміні фізико-хімічних умов кристалізації чавунів та їх технологічних параметрів.

Матеріали наукових досліджень за змістом відповідають спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво.

Актуальність теми дисертаційної роботи підтверджується також тим, що вона виконувалася відповідно до тематичних планів Національного університету «Запорізька політехніка» (Запорізького національного технічного університету), виконання держбюджетних науково-дослідних робіт кафедри машин і технології ливарного виробництва, а саме № 02612 «Вдосконалення складу сплавів чорних і кольорових металів та технологій ливарних процесів для покращення якості виливків», № держ. реєстрації – 0115U002569; № 02615 «Дослідження впливу складу і технологічних параметрів виробництва на якість виливків з чорних та кольорових сплавів»; № 02618 «Вплив технологічних факторів виробництва виливків з чавуну, сталі, кольорових та спеціальних сплавів на фізико-механічні властивості та показники якості» та господарсько-договорічних робіт із підприємствами України, де здобувач був відповідальним виконавцем (договір №534040767/1144 з ВАТ «Нижньодніпровський трубопрокатний завод» на тему «Вдосконалення технології плавки чавуну та виробництва виливниць із середньою стійкістю сімдесят наливів»)

Ступінь обґрутованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Ступінь обґрутованості наукових положень та висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі знаходиться на достатньому рівні, оскільки автор роботи Іванов В. Г. виконав комплексний аналіз розробленої проблеми, повне теоретичне та практичне пророблення багатьох аспектів її розв'язання.

Для цього він виконав аналіз літературних джерел та довів стан сучасних теоретичних та технологічних основ виробництва чавунних виливків із різною формою графіту.

Автор роботи Іванов В. Г.:

- розглянув вплив субоксидних сполук, що утворюються під час плавки, кристалізації та охолодження чавунів, у формуванні їх структури і, зокрема у зародженні та зростанні графітних вкраплень у чавунних виливках;

- провів порівняльний аналіз будови графіту, що виділяється у рідкому та твердому стані чавуну, в тому числі, що утворюється у порах та усадкових раковинах;

- визначив вплив технологічних параметрів виробництва чавунних виливків, що сприяють зміні фізико-хімічних реакцій під час їх кристалізації та охолодження у ливарній формі на особливості утворення графітних вкраплень;

-дослідив вплив рафінування, вакуумування та електрошлакового переплавлення чавуну на форму та розміри графітних вкраплень;

-проаналізувати вплив сірки та кисню на утворення вкраплень графіту у чавунних виливках;

- оптимізував технологічні параметри виробництва чавунних виливків (хімічний склад, умови плавки, заливки тощо) для забезпечення в них потрібної структури та необхідного рівня властивостей.

Автор встановив, що у чавунах, які містять (мас. частка, %) 2,5...4,0 вуглецю, 1,9...2,8 кремнію, 0,1...1,0 марганцю, 0,01...0,30 фосфору, 0,01...0,12 сірки та до 0,5 магнію, кисень утворює не тільки вищі оксиди, але і нижчі – субоксиди. Іванов В.Г. показав що:

- у сірому чавуні взаємодія кремнію з окисом вуглецю призводить до утворення монооксиду кремнію та первинних кристалів графіту і саме монооксид кремнію, що має властивості поверхнево-активних речовин, відіграє вирішальне значення у формоутворенні графітних вкраплень різної морфології;

- при температурах 1300...1350 °C і повному розчиненні кремнію дрібної фракції (1...7 мм) у рідкому чавуні відбувається утворенням поверхнево-активного субоксиду кремнію (SiO), його диспропорціонування, а також подрібнення та рівномірне розподілення графітових вкраплень;

- при неповному розчиненні кремнію внаслідок низької температури розплаву (1100...1200 °C) або крупної фракції добавки (8...15 мкм) утворюються додатково інші фази, що містять кремній – низькотемпературні карбіди кремнію та розчини на основі Fe-Si-C, які мають зменшену поверхневу активність, розташовуються на межах литих зерен, сприяють ліквациї, погіршують розподіл графітових вкраплень та властивості чавунних виливків;

- повнота проходження реакції між магнієм та монооксидом вуглецю, в результаті якої утворюється субоксид магнію зниженої валентності (Mg_2O), визначає розмір та форму вкраплень графіту;

- у високоміцних чавунах утворюється три морфологічних різновиди графіту – чітко огранована кристалічна, агрегати кристалів різної форми та плівкова (прихованокристалічна).

Завдяки дослідженням, автором встановлено, що кристали та вкраплення графіту різної форми та походження у чавунах за різним масштабним фактором мають самоподібність та відповідають фрактальній теорії формоутворення графіту, а також, що процеси рафінування, вакуумування або електрошлакового переплаву чавуну, які пов'язані з очищенням від кисню та сірки та створенням їх дефіциту у металі суттєво змінюють морфологію графітної фази.

Іванов В. Г показав, що

- при плавці синтетичних чавунів у вакуумі, забезпечені низького вмісту сірки до 0,005% (мас.) і швидкості охолодження більше 50 °C/хв можлива кристалізація кулястого графіту у бульбашках газу CO;

- за результатами теоретичних досліджень бульбашки з розмірами 5...45 мкм мають швидкість спливання до 0,02 см/сек і повністю заповнені графітом; більш крупні бульбашки (більше 200 мкм) зберігають тільки оболонку графіту та видаляються з рідкого чавуну при плавлені і розкислені.

В роботі встановлено, що кисень і сірка у чавунах є поверхнево-активними елементами та приймають активну участь у формуванні їх структури та морфології графітних вкраплень. Сірка при високих концентраціях (більше 0,02 %) пригнічує активність монооксиду кремнію та зменшує розгалуженість пластинчатого графіту; у модифікованих магнієм чавунах, сірка при високій концентрації (більше ніж 0,02 %) вступає з ним у взаємодію, і заважає утворенню субоксиду магнію та, у свою чергу, кулястого графіту.

Автор роботи на основі встановлених закономірностей утворення та впливу субоксидних сполук на структуру чавунних виливків, включаючи розподілення, розміри та форму графітних вкраплень, визначив рівні технологічних параметрів їх виробництва, що дозволило забезпечити високі експлуатаційні властивості.

Достовірність результатів дослідження.

Достовірність результатів, отриманих в дисертаційній роботі, забезпечують:

- коректне визначення мети та задач дослідження;
- застосування металографічного та мікрорентгеноспектрального аналізу, Петрографічних досліджень;
- глибокий аналіз результатів досліджень та їх співставлення із результатами випробувань в промислових умовах;
- застосування отриманих закономірностей та експериментальних даних для формулювання наукової новизни дисертаційної роботи;
- рекомендації щодо впровадження результатів дисертаційної роботи у виробництво

Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій.

1. Наукова новизна отриманих результатів встановлена завдяки одержаних автором Івановим В. Г. експериментальних закономірностей та теоретичних викладок, а саме:

- встановлено наявність та визначено закономірності утворення субоксидів кремнію і магнію у виливках з сірих чавунів які містять 2,5...4,0% вуглецю, 1,9...2,8% кремнію, 0,1...1,0% марганцю, 0,01...0,30% фосфору, 0,01...0,12% сірки та до 0,5% магнію (за масою).
- визначено механізм впливу субоксидів кремнію, що утворюються в результаті реакції кремнію з монооксидом вуглецю та проявляють властивості поверхнево-активних речовин на формоутворення графіту у виливках з сірого чавуну.
- встановлено, що повнота проходження реакції кремнію з монооксидом вуглецю у рідкому чавуні, що містить 2,5...4,0 % вуглецю та 1,9...2,8% кремнію (за масою), є вирішальним фактором, який впливає на форму графітних вкраплень у виливках.

- для високоміцних чавунів встановлена залежність форми графіту від повноти проходження реакції між магнієм та монооксидом вуглецю, в результаті якої утворюється субоксид магнію зниженої валентності (Mg_2O). Повнота проходження реакції визначає розмір та форму вкраплень графіту.

- встановлено, що зниження атмосферного тиску з 0,1 МПа до 2,67 Па над розплавом чавуну сприяє виникненню бульбашок монооксиду вуглецю (CO), в яких може утворюватися графіт кулястої форми.

- набула подальшого розвитку теорія фрактальної будови графіту. Підтверджено, що кристали та вкраплення графіту різної форми та походження у чавунних виливках за різним масштабним фактором мають самоподібність.

- набули подальшого розвитку теоретичні відомості впливу домішкових елементів, зокрема S та O, на форму графіту у сірих та високоміцних чавунах, що містять: 2,5...4,0% вуглецю; 1,9...2,8% кремнію; 0,1...1,0% марганцю (за масою).

Практичне значення результатів роботи.

Розроблено методичні прийоми дослідження технологічних способів керування структурою та властивостями виливків із сірих чавунів з різною формою графітних вкраплень, а саме:

- вперше запропоновано та використано комплексну методику дослідження формоутворення графітних вкраплень з використанням петрографічного методу у поєднанні з сучасними діагностичними методами (металографічним, мікрорентгеноспектральним та ін.); дослідження вкраплень графіту не тільки на шліфі у відбивному свіtlі, але і в прохідному – після екстрагування вкраплень з поверхні шліфа. Це дозволяє відстежити трансформацію вкраплень графіту, на усіх етапах виробництва чавуну. Також така методика дозволяє відрізняти оксиди від субоксидів або фаз нестехіометричного складу, відомості про які необхідні для розкриття механізму їх утворення;

- розроблено технологію отримання чавунних виливниць для колісної сталі, що дозволила збільшити їх стійкість на 35...50 % (довідка про впровадження результатів НДР № 534040767/1144 «Вдосконалення технології плавки чавуну та виробництва виливниць з середньою стійкістю сімдесят наливів» з ВАТ „Нижньодніпровський трубопрокатний завод” від 12.02.19 р.);

- вдосконалено технологічний процес виготовлення маслотних заготівок для поршневих кілець відцентровим способом, результатом якого було вибрано раціональний хімічний склад, структуру та режим термічної обробки високоміцного чавуну, що забезпечило його високі експлуатаційні властивості (акт впровадження результатів роботи на ТОВ «ТВИНС-СЕРВІС» від 02.04.19 р.);

- розроблені технологічні методи керування структурою у чавунах для маслотних заготівок, що містять у шихті залізні відходи титанового виробництва (акт впровадження результатів роботи на ТОВ «ТВИНС-СЕРВІС» від 02.04.19 р.);

- розроблено комплексну лігатуру з відходів магнієвого ліття для отримання чавуну з вермикулярним графітом.

Впровадження в виробництво розробок, що запропоновані в роботі, дозволили підприємствам виготовляти продукцію підвищеної якості. Сумарний очікуваний економічний ефект від впровадження розроблень складає біля 620 тис. гривен.

Наукові результати використовуються в навчальному процесі на кафедрі машин і технології ливарного виробництва Національного університету «Запорізька політехніка» при вдосконалені лекційних курсів навчальних дисциплін «Основи теорії плавки та виробництва чавунних виливків», «Ливарні сплави та їх плавка», а також при виконанні студентами лабораторних, практичних і дипломних робіт (акт впровадження від 13.02. 2019 р.).

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на 14 наукових конференціях і форумах, а саме: XI науково-технічній конференції «Неметалеві вкраплення і гази у ливарних сплавах», (м. Запоріжжя, 19...22 вересня 2006 р.), IX-й Міжнародній науково-технічній конференції «Нові конструкційні сталі та стопи і методи їх оброблення для підвищення надійності та довговічності виробів» (м. Запоріжжя, 2005), Міжнародній конференції «Сучасна металургія: проблеми, завдання, рішення. Наука і виробництво» (м. Дніпропетровськ 28...29 квітня 2015 р.), VII науково-технічній конференції «Нові матеріали і технології в машинобудуванні» (м. Київ, 21...22 травня 2015 р.), XI науково-практичній конференції «Литво. Металургія. 2015» (м. Запоріжжя, 26...28 травня 2015 р.), XIV Міжнародній науково-технічній конференції «Неметалеві вкраплення і гази у ливарних сплавах» (м. Запоріжжя, 6...9 жовтня 2015 р.), VIII науково-технічній конференції «Нові матеріали і технології в машинобудуванні» (м. Київ, 30...31 травня 2016 р.), XII науково-практичній конференції «Литво. Металургія. 2016» (м. Запоріжжя, 24...26 травня 2016 р.), IV Міжнародній науково-практичній конференції «Титан 2016: виробництво та використання в авіабудуванні» (м. Запоріжжя, 2016 р.), XIII науково-практичній конференції «Литво. Металургія. 2017» (м. Запоріжжя, 23...25 травня 2017 р.), XV Всеукраїнській науково-практичній конференції «Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра» (м. Київ, 11 квітня 2017 р., м. Київ), IX науково-технічній конференції «Нові матеріали і технології в машинобудуванні» (м. Київ, 30...31 травня 2017 р.), VI Міжнародній науково-технічній конференції «Перспективні технології, матеріали та обладнання у ливарному виробництві» (м. Краматорськ 25...28 вересня 2017 р.), міжнародному металургійному форумі «Наука та інновації» (м. Київ, 2...3 жовтня 2017 р.).

У повному обсязі робота доповідалась на кафедрі машин і технології ливарного виробництва Національного університету «Запорізька політехніка» та кафедрі ливарного виробництва Національної металургійної академії України.

Аналіз публікацій дає підставу вважати, що наукові висновки, результати та рекомендації, отримані в дисертаційній роботі, висвітлені в друкованих наукових працях.

Автореферат за змістом ідентичний основним положенням дисертаційної роботи та достатньо повно відображає основні наукові результати здобувача.

Особистий внесок здобувача.

Слід визначити, автор дисертаційної роботи на основі одержаних нових експериментальних даних, теоретичних розрахунків, встановлених закономірностей представив ці данні у публікаціях. Основні матеріали та результати дисертації викладені в 43 публікаціях, з них 1 монографія (у співавторстві), 21 стаття (зокрема 11 без співавторів) у наукових фахових виданнях України та іноземних держав, що входять до міжнародних наукометрических баз (зокрема 2 – у Scopus, 14 – у Index Copernicus та/або Google Scholar), та 21 публікація в матеріалах і тезисах конференцій. Перераховані публікації не містять матеріалів кандидатської дисертації здобувача.

Рекомендації щодо використання результатів дослідження

Результати досліджень можна рекомендувати до застосування технологами ливарних цехів, а також при проектуванні ливарних виробів. Висновки та рекомендації, які містяться у дисертації Іванова В.Г. можуть бути передані у спеціалізовані проектні організації, наукові установи та до вищих навчальних закладів (при вдосконалені лекційних курсів навчальних дисциплін «Основи теорії плавки та виробництва чавунних виливків», «Ливарні сплави та їх плавка», а також при виконанні студентами лабораторних, практичних і дипломних робіт, напрямок яких спрямований на розвиток теорії та практики ливарного виробництва, або ведуть підготовку спеціалістів за фахом, пов'язаним з технологією ливарного виробництва.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. Анотація в авторефераті та дисертації, нажаль, не співпадають в одному абзаці.
2. З роботи не зовсім зрозуміло, які методи прогнозування структури виливків з високоміцного чавуну пропонує автор.
3. У другому розділі дисертації наведено, що матеріалом для досліджень було обрано сірі, високоміцні, ковкі та інші чавуни з широким спектром морфології графітної фази. Також додатково використовували вуглецеві та леговані сталі (ЕЗ, 25ХГСА, ШХ-15 та ін.). В роботі немає обґрунтуванням, чому ці марки залізовуглецевих сплавів були обрані для досліджень.
4. В третьому розділі роботи стверджується, що формоутворення вкраплень графіту у сірих чавунах залежить від швидкості та інтенсивності протікання реакції взаємодії кремнію з окисом вуглецу, утворення поверхнево-активного монооксиду кремнію та його впливу на міжфазову енергію структурних складових чавуну. Виникає питання, яким чином впливає на цей процес атмосфера печі, атмосфера форми та їх взаємний вплив.
5. Розділ 4 присвячений порівняльному дослідженю графітної фази, що

утворюється у чавунах в різних умовах. Виконані дослідження показали, що форма вкраплень графіту в чавунах після обробки модифікаторами, а також форма графітних комплексів, що виділяються на поверхні усадкових раковин, а також з рідкого доменного чавуну є дуже схожими. Виникає питання, до яких модифікаторів відноситься це ствердження.

6. На рис. 4.2 зображені графітні вкраплення у дослідних чавунах. Автор стверджує, що найбільш високі значення геометричних параметрів вкраплень графіту спостерігалися у заєктичного лабораторного чавуну отриманого у піщаних формах. З роботи не зрозуміло, найбільш високі значення в порівнянні з якими чавунами та в яких формах?
7. Автором роботи підтверджено, що фрактальна розмірність може слугувати кількісним показником вкраплень графіту у чавунах і характеризувати умови утворення та формування графіту. Оскільки це є кількісний показник, не зовсім зрозуміло, яким чином він визначається та від яких технологічних параметрів процесу він залежить.
8. В шостому розділі п.6.3.2. не вирішена задача оптимізації, тому назва пункту «Оптимальна структура металевої матриці чавуну», на мій погляд, не є коректною.
9. В роботі нема економічного обґрунтування.
- 10.Автором проведена велика кількість досліджень , але рекомендацій по управлінні структурою та морфологією графітної фази в залежності від технологічних параметрів та особливостей процесу виготовлення виливків в роботі не наведено.
11. На мій погляд, багата кількість досліджень дозволяє створити класифікацію утворювання графітових полікристалічних вкраплень різної форми в залежності від технологічних параметрів управління ливарними процесами. Нажаль, цього в роботі зроблено не було.

Зазначені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки та достатнього рівня дисертації.

Загальні висновки

Дисертаційна робота Іванова Валерія Григоровича “Розвиток теоретичних основ впливу технологічних параметрів на структуру і властивості виливків з сірих чавунів ” за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.16.04 – ливарне виробництво.

Дисертаційна робота є завершеною науково-дослідною працею, вона містить одержані автором та раніше не захищені нові науково обґрунтовані результати в області теорії та практики виробництва сірих чавунів, які в сукупності розв'язують важливу науково-прикладну задачу створення теоретичних основ впливу технологічних параметрів на структуру і властивості виливків із сірих чавунів.

Дисертаційна робота відповідає вимогам п. 9, 10, 12, 13 Постанови Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р., № 567 "Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів" (назва із змінами, внесеними згідно з

постановою Кабінету Міністрів України від 19.08.2015 р. N 656), а також іншим вимогам до докторських дисертацій.

Здобувач Іванова Валерій Григорович , заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.16.04 – ливарне виробництво.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри технології та
управління ливарними процесами
Одеського національного
політехнічного університету,
доктор технічних наук, професор



Т. В. Лисенко

Підпис Т. В. Лисенко підтверджую,
Вчений секретар ОНПУ, к.т.н., доц.

В.І. Шевчук