

ВІДГУК
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Іванова Валерія Григоровича

"Розвиток теоретичних основ впливу технологічних параметрів на структуру і властивості виливків із сірих чавунів", яка подана до спеціалізованої вченої ради Д 08.084.02 Національної металургійної академії України на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.16.04 – ливарне виробництво (13 – механічна інженерія).

Актуальність теми дисертації. Прогнози техніки показують, що виробництво та використання чавунного литва в машинобудуванні суттєво зростає, тому що за економічністю та комплексом властивостей воно має високі фізичні і механічні властивості в порівнянні з виробами з інших сплавів. Проблема якості чавунного литва носить комплексний характер і включає наступні питання: вибір та підготовку шихтових матеріалів, оптимізацію процесів плавки, розробку способів дії на кристалізацію та структуроутворення виливків та інші. Ефективність розробки таких матеріалів значною мірою визначається наявністю фундаментального підґрунтя, яке акумулює інформацію стосовно умов утворення фаз, впливу хімічної природи компонентів та зовнішніх умов на термодинамічну і термічну стабільність фаз, їх структуру та властивості. Відхилення елементів поряд з впливом інших факторів ведуть до нестабільності властивостей та появи відбілювання у виливках. У зв'язку з цим, удосконалення теоретичних основ впливу технологічних параметрів на структуру і властивості виливків із сірих чавунів являються актуальними.

Актуальність теми також підтверджується тим, що подана робота виконана відповідно тематичних планів Запорізького національного технічного університету, виконання держбюджетних науково-дослідних робіт (№ 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 госпдоговірних робіт ЗНТУ із підприємствами України (договір №534040767/1144 з ВАТ «Нижньодніпровський трубопрокатний завод» на тему «Вдосконалення технології плавки чавуну та виробництва виливниць із середньою стійкістю сімдесят наливів»).

Ступінь обґрунтованості, повнота викладення та наукова новизна отриманих результатів. Обґрунтованість та достовірність отриманих автором результатів досліджень і висновків дисертації базується на використанні в роботі фундаментальних положень ливарного виробництва, металургії, фізичної хімії, матеріалознавства та підтверджується

комплексними фізико-хімічними дослідженнями з використанням апробованих теоретичних та експериментальних методів. Крім того, достовірність результатів підтверджується також апробацією роботи та публікаціями експериментальних даних.

На основі теоретичних даних щодо формоутворення та методів керування морфологією графітової фази у чавунах дисертантом одержано вилівки з високими експлуатаційними властивостями для різних галузей машинобудування.

Виявлено, що у залізовуглецевих сплавах (сталях і чавунах) кисень знаходиться не тільки в оксидах, але і – субоксидах. При цьому найбільший вміст його в білому чавуні, а менший в чавунах, що містять графітну фазу. Він концентрується в графітових включеннях (до 7 % у пластинчастих та 3,5 % у кулястих). Загальний вміст кисню у чавунах зменшується при наявності в його складі хімічних елементів з великою спорідненістю до нього: Mg, Al, Si та інш.

Встановлено, що у газовій фазі фіксується кисень, який знаходиться в CO, тоді як у ній присутні також субоксиди Mg_2O , Al_2O , SiO та інші. Останні конденсуються за температури нижче 1300 °C.

Визначено, що у сірому чавуні взаємодія кремнію з окисом вуглецю проводить до утворення монооксиду кремнію та первинних кристалів графіту; і саме монооксид кремнію, що проявляє поверхнево-активні властивості, відіграє вирішальне значення у формоутворенні графітових включень різної морфології.

Показано, що розроблені рекомендації щодо керування графітовою фазою у чавунах дозволяють істотно скоротити час на відпрацювання нових та вдосконалення існуючих технологічних процесів, які забезпечують отримання якісних виливків литих заготовок із заданою макроструктурою.

Практичне значення результатів, одержаних здобувачем.

В роботі запропоновано та використано комплексну методику дослідження формоутворення графітових включень з використанням петрографічного методу у поєднанні з сучасними діагностичними методами (металографічним, мікрорентгеноспектральним та ін.).

Розроблено технологію одержання чавунних виливниць для колісної сталі на Нижньодніпровському трубопрокатному заводі, що дозволило збільшити їх стійкість на 35...50 %. Вдосконалено методи керування графітовою фазою у чавунах маслотної заготовки для виготовлення поршневих кілець відцентровим способом, що містять у шихті залізни відходи титанового виробництва. Технологічний процес впроваджено на ТОВ «Твінс-Сервіс».

Представлені в роботі результати також впроваджено у навчальний процес за дисциплінами «Основи теорії плавки та виробництва чавунних виливків» та «Ливарні сплави та їх плавка».

Повнота викладення основних результатів дисертаційної роботи в друкованих працях.

Матеріали дисертаційної роботи складаються з вступу, шести розділів, висновків, списку використаної літератури з 300 найменувань, 7 додатків і викладені на 330 сторінках, з яких основний текст складає 270 сторінок, містять 85 рисунків, 34 таблиці. Результати та основні висновки досить повно представлені в публікаціях автора, оприлюднені на Міжнародних конференціях, широко відомі фахівцям, які працюють в областях ливарного виробництва, металургії та матеріалознавства. Їх викладено в 43 наукових працях, з них 1 монографія, 20 статей у наукових фахових виданнях України та інших держав (зокрема 11 без співавторів), з яких 16 у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз та систем (зокрема 2 у Scopus, решта – у Index Copernicus Google Scholar, РІНЦ), та у 21 публікація в матеріалах і тезах конференцій.

Ідентичність змісту автореферату та основних положень дисертації.

Автореферат дисертації повністю відповідає змісту результатів та висновків дисертаційної роботи. Він характеризує ступінь новизни та практичної цінності досліджень, проведених здобувачем, і показує особистий вклад дисертанта у вирішення задач, які було поставлено в роботі.

Відповідність дисертаційної роботи спеціальності.

Дисертаційна робота Іванова В.Г. "Розвиток теоретичних основ впливу технологічних параметрів на структуру і властивості виливків із сірих чавунів" за змістом, об'ємом та оформленням повністю відповідає спеціальності 05.16.04 – ливарне виробництво (13 – механічна інженерія), за якою представлена до захисту.

Недоліки відносно змісту та результатів роботи.

До недоліків відповідно змісту та результатів роботи слід віднести наступне:

1. У розділі 2 детально описана методика статистичної обробки експериментальних даних. Але в основній частині роботи середньоквадратичні відхилення є лише у табл. 6.2 на стор. 209. У цій таблиці наведено лише 4 показники (вміст вуглецю, марганцю, кремнію та сірки в чавуні для колісних виливниць) з середньоквадратичними відхиленнями. Багато даних в таблицях, на графіках та у тексті наведено без довірчих інтервалів. Але будь-які порівняння експериментальних даних мають сенс лише при наявності статистичної обробки (довірчих інтервалів, критерію Стьюдента з поправкою Бонферроні, дисперсійного аналізу, кореляційного аналізу, факторного аналізу тощо). Без наявності статистичної обробки будь-які порівняння експериментальних даних та висновки про вплив тих чи інших факторів на досліджені параметри є голослівними, тому що всі розбіжності в даних, що спостерігаються, можуть бути випадковими і пов'язаними з недостатньою кількістю експериментів.

На стор. 210 написано «Однак коефіцієнти кореляції виявилися невисокі», але самі коефіцієнти кореляції та їхні рівні значущості не

наведено. Нижче на цій сторінці написано «Аналіз даних показав...», але ніякого математичного статистичного аналізу даних не наведено.

На стор. 256 написано «коефіцієнт варіації для цих показників мають високі значення». По-перше, підмет «коефіцієнт» стоїть у однині, а присудок «мають» - у множині, що не узгоджується між собою. По-друге, не вказано самі значення коефіцієнту варіації. Нижче на цій сторінці написано «Також вирахування геометричних параметрів характерних окремих вкраплень графіту із кожної зони відцентрової заготовки дає більш відчутну різницю цих показників». Але треба порівнювати завжди середні значення з урахуванням довірчих інтервалів та поправок Бонферроні, а серед окремих значень завжди будуть ті, що сильно відрізняються від середніх, через вплив випадкових неконтрольованих у досліді факторів. Штучно підбираючи найбільш випадуючі значення, можна «довести» що завгодно, але такі «доведення» не є науковими.

2. На стор. 41 наведено формулу

$$R_{кр} = \frac{2 M \sigma T_K}{\rho L \Delta T}$$

Далі йде пояснення:

«де σ - міжфазна енергія графіт – розплав;

T_K – температура кристалізації;

L – питома теплота кристалізації графіту;

ΔT – переохолодження;

M - молекулярна маса графіту;

ρ - щільність графіту».

Але нема пояснення, що таке ϑ .

На стор. 98 написано: «де $N(\epsilon)$ – мінімальне число множин діаметру, якими можна покрити цю множину». Але не вказано, що таке ϵ .

3. На стор. 61 написано: «де $[C]$ та $[Si]$ – вміст вуглецю та кремнію відповідно, %». Але не вказано, які саме відсотки маються на увазі, вагові або атомні. Також не вказано, які відсотки маються на увазі, у табл. 5.11 та 5.12 на стор. 182.

4. На стор. 67 написано: «Фосфор, як і кремній, інтенсивно знижує розчинність вуглецю у рідкому залізі та підвищує його активність [128]. Вплив фосфору на розчинність вуглецю у залізовуглецевих сплавах можна визначити за рівнянням [129]:

$$\Delta N_P^C = -0,84 N_P, \quad (1.8)$$

де N_P – атомна концентрація фосфора у залізі;

N_P^C – зміна атомної концентрації вуглеця у присутності заліза».

Але залізо завжди присутнє у чавунах, це основний компонент чавуну, тому «зміна атомної концентрації вуглецю у присутності заліза» - це нонсенс.

5. На стор. 113 написано: «Так спеціально проведеними дослідженнями заевтектичного синтетичного чавуну з 5 % вуглецю встановлено, що фракційне додавання кремнію (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 %) у розплав сприяє

лінійному зростанню величини кута змочування (з 107 ° до 136 °) та поверхневого натягу (до 508 мДж/м²)). По-перше, після «так» треба поставити кому. По-друге, якщо мова йде про літературні дані, то треба зробити посилання на літературу, а якщо про результати власної роботи автора дисертації, то треба навести ці результати у вигляді графіків або таблиць. В розділі 2 «Методика» не було опису методу дослідження кута змочування. Тому, якщо це результати автора, то в розділ 2 треба внести детальний опис, яким саме способом і на якому обладнанні вимірялися кути змочування та поверхневий натяг. По-третє, треба вказати, що чим змочується. Чи то рідкий чавун змочує якусь тверду підкладку, чи то якась рідина (яка саме?) змочує твердий чавун. По-четверте, кут змочування та поверхневий натяг залежать від температури, тому треба також вказувати температуру.

6. На стор. 113 написано: «Так, при високій температурі, при якій відбувається плавлення чавуну (вище 1200 °С), кремній може досить активно взаємодіяти з окисом вуглецю за реакцією:



Треба вказати, звідки автор взяв, що енергія Гіббса реакції (3.1) описується саме вказаним рівнянням. Якщо це літературні дані, то треба вказати посилання на джерело. А якщо це власний розрахунок автора, то треба вказати, як само цей розрахунок робився та які вихідні дані для цього розрахунку використовувалися.

7. Абзаци на стор. 113-114, де наведено посилання на джерело [99], а також рівняння (3.2)-(3.10), які взято з джерела [100], треба перенести у літературний огляд (Розділ 1).

8. На рис. 3.4 на стор. 117 вісі підписано російською мовою. Якщо сама дисертація написана українською мовою, то підписи на рисунках теж мають бути зроблені українською.

9. На рис. 3.5 на стор. 118 не вказаний масштаб.

10. Описи деяких таблиць і рисунків у тексті дисертації не відповідають цим таблицям і рисункам. На стор. 136 написано: «Співвідношення вагового та атомного процентів оксиду магнію (табл. 3.4) суттєво відрізняються від такого співвідношення у високоміцному чавуні (табл. 3.3)». Але в табл. 3.3 не наведено атомних відсотків.

На стор. 180 написано: «Були виявлені окремі поодинокі кулясті вкраплення графіту (рис. 5.5 а), а також спостерігалися незаповнені графітом кулясті оболонки (рис. 5.5 б)». Але на різних частинах рис. 5.5 (стор. 182) показаний розподіл елементів у тому самому кулястому вкрапленні.

11. В дисертації є повтори.

На стор. 186 той самий текст надруковано двічі, а саме:

«Швидка кристалізація чавуну у мідному кристалізаторі унеможливує виділення грубих включень графіту і сприяє кристалізації цементиту.

Уповільнення кристалізації чавуну за рахунок підбору складу шлаку, теплового режиму плавки та додаткового модифікування дозволяє отримувати чавунні зливки або наплавлення з дрібним рівномірно розподіленим графітом компактної або кулястої форми гарантуючи підвищені властивості та ресурс експлуатації литих виробів.

Показано, що електрошлакова обробка сірого та високоміцного чавуну суттєво змінює морфологію графітної фази, що є результатом впливу теплових факторів процесу. Швидка кристалізація чавуну у мідному кристалізаторі унеможливує виділення грубих включень графіту і сприяє кристалізації цементиту. Уповільнення кристалізації чавуну за рахунок підбору складу шлаку, теплового режиму плавки та додаткового модифікування дозволить отримувати чавунні зливки або наплавлення з дрібним рівномірно розподіленим графітом компактної або кулястої форми гарантуючи підвищені властивості та ресурс експлуатації литих виробів».

Висновок 7 до розділу 6 (стор. 265) повторює висновок 9 до розділу 5 (стор. 199).

12. На стор. 177 написано: «Базовий хімічний склад сплаву (мас. частка, %): 0,05 C; 0,05 Si; 0,04 Mn; 0,012 P; 0,005 S. Вміст вуглецю змінювали з 0,05 до 5,0 % за допомогою додавання малозольного графіту (фракції 0,1...0,2 мм) з метою отримання доевтектичного (3,5 %C), евтектичного (4,3 %C) та заевтектичного (5 %C) чавунів. Четвертий варіант сплаву був без добавок та служив контрольним зразком, в який встановлювали платино – платинородієву термопару, підключену до електронного потенціометру». Але термопара має бути не лише у контрольному зразку, але й у дослідних зразках, це дозволяє вимірювати різницю теплових ефектів у дослідному та контрольному зразках.

13. На стор. 204 написано: «Точкового графіту у вигляді розеток або колоній не повинно бути більше 30 % площі шліфа». Але щоб виділення графіту займали до 30 % площі шліфа – це дуже забагато для будь-якого чавуна.

14. На стор. 253 написано: «Поверхневий шар товщиною 2 – 3 мм не враховувався при вимірюванні геометричних параметрів, що наведені у табл. 6.8». Але не зрозуміло, чому він не враховувався.

15. В дисертації багато граматичних та стилістичних помилок.

- На стор. 4 написано: «величини оптичної константи N_q-N_p – для анізотропних та N – для ізотропних з точністю до $\pm 0,001$ од.». Відсутній додаток (іменник), до якого відносяться означення (прикметники) «анізотропних» та «ізотропних»; не зрозуміло, що саме було анізотропним та ізотропним.

- На стор. 8 написано: «для виробництва високоякісних чавунних виливків різноманітного за призначенням, вагою, методу отримання та ін.». «Виливків» стоїть у множені, «різноманітного» - у однині. «За призначенням, вагою» стоїть у орудному відмінку, «методу отримання» - у давальному.

- На стор. 7 написано «восьмизаготівельних виливниць» (відповідає рос. восьмизаготовительных изложниц).

- В багатьох місцях роботи написано «з'єднання» замість «сполуки», «світлопереломлювання» замість «світлозаломлювання», «пластивчасті» замість «пластівчасті», «пластинчатий графіт» замість «пластинчастий графіт», «перемінного складу» замість «змінного складу», «перемінному струмі» замість «змінному струмі», «строці» замість «рядку», «уявляють собою» замість «являють собою», ««розеточної» замість «розеткової», «таблїтчатї» замість «таблїтчастї», «в обсязі» замість «в об'ємі», «додавання» замість «добавки», «приймають участь» замість «беруть участь», «відігрїває роль» замість «відіграє роль», «розподїлення» (це дія, процес) замість «розподїл» (це результат процесу), «глобулі» у називному відмінку множини замість «глобули», «так як» замість «оскїльки», «литникїв» замість «ливникїв», «наявнїстю пїр» замість «наявнїстю пор» і т.д.

Загальні висновки.

Зазначенї зауваження загалом не знижують наукової та практичної цїнностї дисертацїйної роботи Іванова В.Г. В цїлому вона за своїм рївнем, об'ємом та оформленням повнїстю вїдповїдає вимогам до дисертацїйних робїт на здобуття наукового ступеня доктора технїчних наук: є закінченою науковою працею, яка виконана на актуальну тему, включає новизну методичних та науково-технїчних рїшень, якї витїкають з достовїрних експериментальних даних. Загальні висновки дисертацїйної роботи повнїстю вїдповїдають її змїсту та представляють одержанї результати.

На основї вище сказаного вважаю, що дисертацїйна робота Іванова Валерїя Григоровича "Розвиток теоретичних основ впливу технологїчних параметрїв на структуру і властивостї виливкїв із сїрих чавунїв" вїдповїдає вимогам Постанови Кабїнету Міністрїв України вїд 24 липня 2013 р. № 567 «Порядок присудження наукових ступенїв і присвоєння вченого звання старшого наукового співробїтника» до докторських дисертацїй, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня доктора технїчних наук за спеціальнїстю 05.16.04 – ливарне виробництво (136 – металургїя).

Заст. директора з наукової роботи
Фїзико-технологїчного інституту металїв
та сплавїв НАН України, доктор технїчних наук,
старший науковий співробїтник



А.М. Верховлюк