

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**МЕНЯЙЛО ОЛЕНИ ВАЛЕРІЇВНИ**

на тему «**НАУКОВІ І ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ**

**ПРОЦЕСІВ СПРЯМОВАНОГО ТВЕРДІННЯ МАСИВНИХ ВИЛИВКІВ ІЗ**

**ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ У КОМБІНОВАНИХ**

**КОКІЛЬНО-ПІЩАНИХ ФОРМАХ»,**

поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

за спеціальністю 05.16.04 – Ливарне виробництво

### **Актуальність теми дисертації**

Ливарне виробництво зберігає своє значення як найбільш дешевий і ефективний спосіб отримання деталей і заготовок в машинобудуванні і металургії. Актуальною проблемою в металургії є виробництво прокатних валків з підвищеною експлуатаційною стійкістю, організація спрямованого твердіння масивних виливків, зменшення розмірів надливів. Це особливо стосується масивних валків з високоміцного чавуну та листопрокатних валків з підвищеною твердістю робочого шару. Акціонерне товариство «Дніпропетровський завод прокатних валків» (АТ «ДЗПВ») є основним підприємством, що забезпечує валками українські підприємства і відправляє на експорт свою продукцію. Живлення усадки масивних виливків забезпечує електродуговий електрошлаковий обігрів (ЕШО) надливу, але тривалість ЕШО (для валків масою до 10 т становить 5 годин, більше 10 т – 7 годин) не враховує вплив різного хімічного складу виливків, об'ємну усадку, розміри бочки та шийок. Внаслідок цього збільшуються непродуктивні витрати підприємства на електроенергію, шихтові матеріали, флюси, електроди, а зростання перепаду температур за висотою виливку призводить до виникнення залишкових термічних напружень і браку по тріщинам.

Тому вирішення науково-технічних проблем спрямованого твердіння масивних виливків із Fe-C сплавів, визначення впливу комбінованої кокільно-піщаної форми на кінетику об'ємної усадки, встановлення тривалості електродугового-електрошлакового обігріву надливу на різних етапах утворення твердої фази у прокатних валках і злитках актуальне для забезпечення конкурентоспроможності металургійних і машинобудівних підприємств України, що виробляють металопродукт на внутрішній ринок і за кордон.

Дисертаційна робота Меньяло О. В. «Наукові і технологічні основи процесів спрямованого твердіння масивних виливків із залізобуглецевих сплавів у комбінованих кокільно-піщаних формах» повністю відповідає спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво.

## Ступінь обґрунтованості, повнота і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій

Аналіз змісту дисертації та автореферату показав, що наукові положення, висновки і рекомендації, що викладені в роботі, цілком обґрунтовані на підставі глибокого вивчення автором літературних джерел, патентно-ліцензійної літератури, результатів власних теоретичних і практичних досліджень і розрахунків. У роботі використані стандартні, сучасні аналітичні та експериментальні методи досліджень. Лабораторні та промислові дослідження виконано з використанням сучасного обладнання та вимірювальних приладів.

У *першому розділі* досить повно проаналізовано науково-технічну літературу за темою дисертації, визначено існуючі технологічні процеси для отримання масивних виливків з мінімальними розмірами надливів, розглянуто методи забезпечення спрямованого твердіння, аналітичні способи рішення задач затвердіння. Показано, що на теперішній день жодна комп'ютерна модель не обходиться без порівняння з результатами температурного виміру, а виявлені похибки виправляють за рахунок зміни основних чинників: коефіцієнту теплопровідності, теплоємності, щільності сплаву, прихованої теплоти кристалізації та ін. Врахувати всі ці фактори в сучасних математичних моделях поки неможливо, а при розрахунках твердіння масивних виливків навіть незначні похибки введених початкових даних призводять до значних помилок. Тому для встановлення умов спрямованого твердіння виливка необхідно проводити адаптацію моделі за експериментальними термографічними дослідженнями, але такі данні обмежені і потребують уточнення. Меньяйло О. В. встановила, що маса надливів при виробництві масивних прокатних валків з вибіленого чавуну досягає 40%, що вище ніж у сталі. Це обумовлено більшою щільністю металу вибіленої структури робочого шару валка  $\approx 7660 \text{ кг/м}^3$  у порівнянні зі щільністю вуглецевої сталі  $\approx 7500 \text{ кг/м}^3$  і сірого чавуну  $\approx 7200 \text{ кг/м}^3$ .

За результатами аналізу стану питання сформульована мета роботи, а для її досягнення – наукові та практичні задачі.

У *другому розділі* наведено використані методики досліджень, матеріали, обладнання та оброблення експериментальних даних, особливості конструкцій стаціонарного і мобільного пристроїв для комбінованого електродугового-електрошлакового обігріву надливів. Температури ліквідус, солідус і фазових перетворень окремих флюсів визначали методом високотемпературного диференціального термічного аналізу. Реєстрацію зміни рівня розплаву у надливі і об'ємної усадки в процесі затвердіння виливка фіксували по переміщенню електродоутримувача установки ЕШО. Експериментальні результати термографічних досліджень представлені за методикою Б. Б. Гуляєва, яка заснована на використанні критерію Фур'є, в якому  $a\tau/R^2$  замінено критерієм  $\tau/R^2$ .

Температуропровідність  $a$  введена у кінцеве значення чисельного результату вимірювання у зв'язку із застосуванням ливарної форм з постійним значенням коефіцієнту температуропровідності (чавунного кокілю або піщаної форми), а на осі ординат відкладений відносний розмір виливка  $x/R$ .

У *третьому розділі* наведено результати дослідження кінетики об'ємної усадки прокатних валків з високоміцного чавуну масою 3,6 т з різними розмірами бочки і шийок. Встановлено вплив кокільно-піщаної форми на процес усадки розплаву з надливу. Показано, що максимальна усадка відбувається у процесі переміщення межі виливання від кокілю в осьову зону.

Ці висновки підтверджені експериментальними дослідженнями об'ємної усадки прокатних валків з високоміцного чавуну масою 8,86 т, 14,12 т і 17,22 т. Визначено, що максимальна усадка 76-99% відбувається при кристалізації рідко-твердої частини бочки і шийок. Температура шлакової і металеві ванни у надливі 1555...1520 °С забезпечує переміщення розплаву і живлення усадки верхньої шийки, робочого шару бочки та значної частини нижньої шийки.

Відповідно до положень теорії ливарних процесів тривалість твердіння надливу повинна дорівнювати або бути більшою тривалості твердіння виливка, але в роботі обґрунтовано необхідність припинення живлення усадки раніше – при досягненні сплавом межі живлення, коли припиняється фільтрація розплаву через центр виливка. На сучасному рівні розвитку науки встановити точно межу живлення неможливо, тому запропоновано момент відключення ЕШО надливу приймати рівним середньому значенню часу досягнення межі виливання і солідус центру верхньої шийки за експериментальними даними. Нові режими для кожного окремого типорозміру прокатного валка скоротили тривалість обігріву в 1,5-2,5 рази у порівнянні з тривалістю ЕШО, що діяла раніше, і впроваджені на АТ «ДЗПВ».

Зменшення тривалості обігріву надливу забезпечило зниження витрати електроенергії, зменшення витрат графітованих електродів і флюсів, збільшення оборотності кокільного і опокового оснащення.

Визначено особливості процесу твердіння і умови відсутності усадкових дефектів у прокатних валках нового типу з конічними шийками, циліндричними трефами і діаметром бочки в 2 рази більшим, ніж трефи. Встановлено умови спрямованого твердіння і відсутності усадкових дефектів у нижніх шийках прокатних валків.

У *четвертому розділі* встановлено термочасові режими твердіння і живлення усадки виливків із залізобуглецевих сплавів у кокілі циліндричної, кульової і плоскої форми. Виконано теоретичне узагальнення дев'яти експериментальних температурних вимірів процесу твердіння виливків із Fe-C сплавів у циліндричному кокілі з вмістом вуглецю 0,04%, 0,1%, 0,4%, 0,93%,

1,42%, 2,44%, 3,28%, 4,45%, 4,83%, які були отримані Б. Б. Гуляєвим, та ін. Кінетичні криві було оцифровано, інтерпольовано і визначено вплив вуглецю в інтервалі 0,04...4,83% на тривалість досягнення межі солідус, виливання і ліквідус осьової зони виливків. Отримані залежності дозволили встановити час закінчення ЕШО надливу, що раніше не було відомо.

Встановлено час знаходження сплаву у рідко-твердій і твердо-рідкій зонах виливка. Ці дані дозволять корегувати хімічний склад за рахунок інших елементів у заданому інтервалі вимог до виливка і зрушувати несприятливу зону, в якій формується усадкова шпаристість.

Авторкою вперше теоретично визначено та експериментально перевірено закономірності тривалості обігріву надливу за кінетикою усадки комплекснолегованих і модифікованих сплавів з різними температурно-часовими режимами заливання і теплофізичними властивостями ливарної форми, за якими процес обігріву необхідно припинити з моменту закінчення переміщення електродів у надлив. Підтвердженням цього положення є встановлена тривалість електродугового-електрошлакового обігріву надливу прокатних валків із заевтектоїдної сталі масою 4100 кг та вплив комбінованої кокільно-піщаної форми на об'ємну усадку. Загальна тривалість ЕШО зменшилась на 2 год. Рекомендовані режими ЕШО успішно випробувані і впроваджені у вальцеливарному цеху АТ «ДЗПВ».

У *п'ятому розділі* наведено гіпотезу процесу прискореного твердіння центральних зон виливків у формі кулі, циліндра і плити. Встановлено, що прискорене твердіння центральних зон виливка обумовлене збільшенням кількості зростаючих дендритів на одиницю об'єму при звуженні фронту твердіння в центральній зоні, а гілки дендритів є додатковими центрами кристалізації. Отримані формули і розрахунки вперше пояснюють прискорене твердіння осьової зони плоских виливків.

Розроблено технологію графітизуючого модифікування осьової зони чавунного прокатного валка, яка полягає у введенні графітизуючого модифікатора в осьову зону валка після твердіння робочого шару заданої товщини, що дозволяє зменшити кількість цементиту і транскристалічність структури в осьовій зоні валків.

Чавунні сорто- та трубопрокатні валки з литими калібрами мають більшу експлуатаційну стійкість у порівнянні з валками гладколитими. Однак брак валків, які заливають у кокілі з литими калібрами, у два рази вищий. Для попередження виникнення гарячих тріщин запропоновано створювати дрібнозернисту макроструктуру сплаву шляхом нанесення ультрадисперсних модифікаторів SiC і TiCN у вигляді пасти або припику у поверхневому шарі, увігнутому всередину виливка.

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

1. Вперше одержано експериментальні результати кінетики об'ємної усадки прокатних валків з високоміцного чавуну масою від 2,2 т до 17,2 т в процесі твердіння в комбінованих кокільно-піщаних формах дозволили встановити, що максимальна усадка відбувається при затвердінні рідко-твердої фази бочки і досягненні межі виливання центру виливка. Раніше такі дані не були відомі. За результатами досліджень перший етап електродугового-електрошлакового обігріву надливу почали проводити з найвищою витратою електроенергії, а другий – з мінімальною силою струму та напруги.

2. Вперше науково обґрунтовано та встановлено неможливість живлення усадки виливка вже після роз'єднання залишкового розплаву на замкнуті ізольовані обсяги в твердо-рідкій зоні. Раніше такі дані не були відомі, а тривалість твердіння надливу дорівнювала тривалості твердіння 100% твердої фази виливка. Зменшення тривалості обігріву надливу забезпечила зниження витрати електроенергії, графітованих електродів, флюсів, термічних напружень по висоті виливка і збільшення оборотності кокільного і опочного оснащення.

3. Вперше теоретично визначено вплив вмісту вуглецю у сплавах Fe-C на критерій Гуляєва Б. Б. при твердінні рідко-твердої і твердо-рідкої зон виливків пласкої, циліндричної і сферичної форми кокілю, що дозволило прогнозувати процес живлення усадки з надливу і розподіл усадкової шпаристості у виливках. Такі дані відомі для декількох сплавів, але відсутні для діапазону 0,04...4,83%С. Отримані результати дозволяють корегувати вміст хімічних елементів в сплаві у заданому інтервалі для зменшення усадкової шпаристості, встановлювати зони з максимальною тривалістю перебування розплаву виливка в рідко-твердому стані у порівнянні з твердо-рідким, в якому утворюється усадкова шпаристість.

4. Вперше науково обґрунтовано та встановлено вплив хімічного складу Fe-C сплавів у діапазоні 0,04...4,83 %С на тривалість твердіння осьової зони масивних циліндричних, сферичних і пласких виливків для межі виливання, ліквідус, солідус, що підвищило точність розрахунків і дозволило розробити умови спрямованого твердіння у системі виливок – надлив. Раніше такі дані були відомі для окремих найбільш поширених сплавів. Отримані залежності у критерії  $\tau/R^2$  дозволяють розрахувати тривалість різних етапів твердіння виливків пласкої, циліндричної і сферичної форм, а також проводити адаптацію математичних програм моделювання процесів твердіння.

5. Вперше теоретично визначено та експериментально перевірено закономірності тривалості обігріву надливу по кінетиці усадки комплекснолегованих і модифікованих сплавів з різними температурно-часовими режимами заливання і теплофізичними властивостями ливарної форми, за якими процес обігріву необхідно припиняти з моменту закінчення переміщення

електродів у надлив. Такі дослідження раніше не проводилися для великої кількості сплавів через відсутність даних про об'ємну усадку і вплив на процес спрямованого твердіння температури, швидкості заливання, хімічних елементів, маси, товщини стінки та інше. Запропоновані закономірності дозволили скоротити тривалість обігріву, витрату електроенергії, зменшити перепад температур по висоті виливку і рівень залишкових ливарних напружень.

6. Вперше встановлено залежності співвідношення розмірів різних частин прокатного валка з високоміцного чавуну на утворення усадкових дефектів по критерію  $\tau/R^2$  для межі живлення бочки і шийок при  $x/R=1$ , що встановлюють умови відсутності дефектів в нижній або верхній шийках і бочці, яка охолоджується у кокілі з ливарною фарбою або з теплоізоляційним покриттям. Раніше утворення прихованої усадкової шпаристості визначали тільки в осьовій зоні нижніх шийок валків з бочкою діаметром не більше 450 мм з моменту досягнення межі солідус центру виливка. Розроблені залежності, що розраховані по показнику проникнення межі живлення центру виливка, дозволяють більш точно прогнозувати виникнення усадкових дефектів та розробляти технологічні заходи для спрямованого твердіння виливків.

7. Вперше запропоновано гіпотезу процесу прискореного твердіння центральних зон виливків плоскої, циліндричної і кулястої форми по гетерогенному механізму, при якому гілки дендритів є додатковими центрами кристалізації. Раніше прискорене твердіння центральних зон виливків кулястої, циліндричної і плоскої форм було експериментально підтверджено, але для плоских виливків не пояснені причини цього процесу. Це дозволить цілеспрямовано впливати на процес затвердіння тільки центральних зон масивних виливків з метою отримання заданих фізико-механічних властивостей, макро- і мікроструктури.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

1. Розроблено режими комбінованого електродугового-електрошлакового обігріву надливів чавунних прокатних валків, за яких скорочується в 1,5-2,5 рази тривалість обігріву, у порівнянні з тривалістю ЕШО, що діяла раніше. Впроваджено на АТ «ДЗПВ» (м. Дніпро).

2. При освоєнні нової технології лиття прокатних валків із заєвтектоїдної сталі 150ХНМ впроваджено режими комбінованого електродугового-електрошлакового обігріву надливу, які забезпечили спрямоване твердіння виливків. Відсутність усадкових дефектів у валках підтверджено ультразвуковим контролем. Впроваджено на АТ «ДЗПВ».

3. Розроблено регульований режим обігріву надливів прокатних валків зі зменшенням максимальної сили току і напруги після досягнення межі виливання

центру бочки валка, що забезпечило скорочення витрати електроенергії і тривалості охолодження виливка. Впроваджено на АТ «ДЗПВ».

4. Розроблено технологію ЕШО надливу масивних виливків зі сплавів з різними температурно-часовими режимами заливання, теплофізичними властивостями ливарної форми і невідомою об'ємною усадкою, за якою процес обігріву необхідно припиняти з моменту закінчення переміщення електродів у надлив. Впроваджено на АТ «ДЗПВ».

5. Використання розроблених графоаналітичних залежностей дозволило:

- встановити можливість утворення усадкових дефектів у нижній шийці прокатного валка і обґрунтувати розміщення кільцевого зовнішнього чавунного холодильника і разом з ЕШО надливу забезпечити спрямоване твердіння виливку;

- зменшити усадкові дефекти у прокатних валках нових типів з конічними шийками, циліндричними трефами і діаметром бочки у два рази більше, ніж трефи, за рахунок встановлення режимів ЕШО надливів;

- встановити час введення та масу графітизуючого модифікатора у рідке осереддя валка після затвердіння робочого шару чавуну заданої товщини, що забезпечило зменшення кількості цементиту і транскристалічності структури в осьовій зоні виливків різних типорозмірів.

6. Економічний ефект від впровадження результатів дисертаційної роботи на АТ «ДЗПВ» тільки від зменшення витрат на електроенергію і масу металу на надливи складає 639,28 тис. грн./рік, а усунення усадкових дефектів підвищує експлуатаційну стійкість валків на прокатних станах.

### **Рекомендації по використанню результатів дисертації**

Отримані в дисертації результати досліджень можуть бути використані при виробництві масивних виливків із залізовуглецевих сплавів, що забезпечить зменшення непродуктивних витрат електроенергії в процесі електрошлакового обігріву, термічних напруг по висоті виливку, дозволить усунути усадкові дефекти, підвищити експлуатаційні властивості деталей і знизити їх собівартість. Результати включено в навчальний процес Національної металургійної академії України.

### **Повнота викладення основних результатів дисертаційної роботи в наукових публікаціях.**

Основні результати дисертаційної роботи пройшли апробацію на міжнародних конференціях. Матеріали дисертаційної роботи опубліковані у 55 друкованих працях: 23 статті у спеціалізованих фахових виданнях (з них 10 одноосібні, 4 англійські статті у виданнях, що включені до міжнародної наукометричної бази даних Scopus), 3 патенти, 1 закордонне видання, 7 статей у

виданнях, що не входять до переліку фахових, 1 посібник МОН України та 20 тез доповідей за матеріалами науково-технічних конференцій. Перераховані публікації не містять матеріалів кандидатської дисертації. Публікації в достатній мірі відображають основні положення дисертації. Автореферат дисертації містить всю необхідну інформацію для оцінки дисертації, цілком ідентичний роботі, включає основні наукові положення, висновки і рекомендації, які приведені у дисертації.

### **Зауваження до дисертаційної роботи:**

1. Узагальнення «Об'ємну усадку ( $\varepsilon_v$ ) у першому наближенні приймають рівною трьом лінійним ( $\varepsilon$ ):  $\varepsilon_v = 3\varepsilon$ » (стор. 37) фізично не коректне і не може застосовуватись до чавуну з кулястою формою графіту. Відповідно до даних «Справочник литейщика. Чугунное литье» (під редакцією Н. Н. Рубцова – М.: Машгиз, 1961, табл. 53-54) лінійна усадка високоміцного чавуну з кулястою формою графіту дорівнює 0,7-1,2 %, а об'ємна усадка високоміцного чавуну з сірим зламом дорівнює 6,70-8,65 %, з білим зламом – 10,35-11,10 %, тобто  $\varepsilon_v \geq 7\varepsilon$ . З практики відомо, що лінійна усадка виливків колінчатих валів з чавуну з кулястим графітом наближується до нуля.

2. Для визначення параметрів об'ємної усадки чавунів зазвичай застосовується стандартна проба у формі зрізаного конуса («Справочник по чугуному литью» / под ред. Н. Г. Гиршовича. – Л.: Машиностроение, 1978. – с. 66). В дисертації відсутні дані про такі дослідження, що ускладнює порівняння експериментальних даних, які одержано при литті валків, з результатами досліджень інших авторів проведених, як правило, із застосуванням вказаної проби.

3. При реєстрації зміни рівня розплаву в надливці для розрахунку об'ємної усадки в процесі затвердіння вилівка за даними переміщення електродоутримувача (стор. 82) слід було проаналізувати і, за необхідності, врахувати вплив витрати електроду на величину загальних переміщень електродоутримувача.

4. Висновок щодо якості прокатних валків із заевтектної сталі 150ХНМ з вмістом вуглецю 1,5 %, який зроблено тільки за результатом встановлення відсутності усадкових дефектів після ультразвукової дефектоскопії (підрозділ 4.10, стор. 208), слід було доповнити даними металографічного дослідження мікроструктури з визначенням характеру розподілу і параметрів цементитної і графітної фаз в металі бочки і шийок. Без наявності такої інформації важко сформулювати рекомендації щодо оптимізації структуроутворення шляхом застосування більш ефективного модифікування для підвищення ступенів



подрібнення структури і графітизації, отримання графітних включень компактної або кулястої форми.

5. Протиріччя на стор. 241. В першому абзаці «Модифікування у ливарній формі дозволило усунути транскристалічність і отримати структуру осьової зони практично без цементиту». У наступному абзаці: «Кількість цементиту в центрі бочки дослідного валка на 10 % менше, ніж в контрольному». Слід було навести фото і результати металографічного аналізу мікроструктури з визначенням параметрів і кількості структурних складових.

6. Варто було навести рекомендації щодо заміни діючих на АТ «ДЗПВ» недостатньо ефективних методів сфероїдизуючого модифікування магнієм (стор. 105) і внутрішньоформового графітизуючого модифікування алюмінієм (стор. 242).

Враховуючи те, що більшість прокатних валків містить нікель, доцільно застосовувати майже без додаткових затрат нікель-магнієву лігатуру, що забезпечить збільшення засвоєння магнію у 2,0-2,5 рази, зменшення піроефекту і димоутворення, підвищення стабільності процесу модифікування, подрібнення структурних складових, зменшення усадки під час тверднення, підвищення механічних і експлуатаційних властивостей валків.

Алюміній не є ефективним елементом для створення додаткових центрів кристалізації і утворює оксидні плівки, які порушують суцільність металу, що може призвести до руйнування. Більш доцільним є рекомендоване авторкою на стор. 249 модифікування РЗМ і іншими поверхнево-активними елементами. Наприклад, комплексним модифікатором ФСМг2 (в %мас.: 1,5-2,5 Mg; 2,0-4,0 Ca; 1-2 РЗМ; 2,5 Al; 55-70 Si; Fe – решта) в кількості 0,1-0,2 %. Подрібнений модифікатор розташовують в тонкостінній сталевій трубці, яка вводиться з допомогою розробленого авторкою пристрою (стор. 240). Після розплавлення сталеві оболонки буде проходити реакційна взаємодія комплексного модифікатора з рідким чавуном в осьовій зоні валка.

7. Запропонована гіпотеза прискореного твердіння центральних зон виливків за гетерогенним механізмом, при якому гілки дендритів виступають додатковими центрами кристалізації, є дискусійною і потребує підтвердження сучасними металографічними методами досліджень. Вочевидь модифікування є більш ефективним засобом утворення додаткових центрів кристалізації для впливу на процес затвердіння центральних зон масивних виливків з метою отримання заданих фізико-механічних властивостей, макро- і мікроструктури.

В цілому, за стилем, викладенням, змістом, якістю наукових формулювань, якістю ілюстративного матеріалу суттєвих зауважень не маю. Зауваження 1-7 не знижують загальний високий науковий рівень роботи, її теоретичну та практичну цінність, не ставлять під сумнів достовірність матеріалів дисертації.

### Загальний висновок

В дисертації Меняйло Олени Валеріївни на тему «Наукові і технологічні основи процесів спрямованого твердіння масивних виливків із залізобуглецевих сплавів у комбінованих кокільно-піщаних формах» вирішено актуальну науково-технічну проблему зменшення витрати електроенергії і металу у процесі електрошлакового обігріву надливів прокатних валків і злитків, підвищення їх якості за рахунок усунення усадкових раковин і шпаристості, а теоретично визначені та експериментально перевірені температурно-часові режими тривалості обігріву надливу по кінетиці усадки комплекснолегованих і модифікованих сплавів з різними теплофізичними властивостями металу і ливарної форми є універсальними при литті масивних виливків з Fe-C сплавів.

Вважаю, що дисертаційна робота за своєю вагомістю, новизною наукових результатів, їх практичним значенням, кількістю та обсягом публікацій відповідає вимогам п. 9-12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. №567, щодо докторських дисертацій, а її авторка, Меняйло Олена Валеріївна, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.16.04 – ливарне виробництво.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, старший науковий співробітник,  
завідувач відділом високоміцних і спеціальних чавунів  
Фізико-технологічного інституту металів  
та сплавів НАН України



В. Б. Бубликов

Підпис доктора технічних наук В. Б. Бубликова засвідчую:  
Учений секретар ФТІМС НАН України  
кандидат технічних наук




В. Л. Лахненко