

В. х. 824
30 04 21

ВІДГУК

офіційного опонента д.т.н., проф. Овчарука А.М.
на дисертаційну роботу **Зайцева Володимира Анатолійовича**
**«Електрошлакова технологія отримання біметалевих сталемідних зливків
для подових електродів дугових сталеплавильних печей»,**
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за
спеціальністю 05.16.02 – **Металургія чорних і кольорових металів та
спеціальних сплавів**

1. Актуальність теми.

У зв'язку зі значним погіршенням кліматичних умов планети, викликаних підвищенням вмістом парникових газів в атмосфері Землі за рахунок інтенсивного розвитку вуглетермічних процесів виробництва металів і електроенергії, людство переходить на альтернативні схеми – «зелену» енергетику та «зелену» металургію, яка базується на виробництві сталі в сучасних електропечах з використанням металізованих матеріалів. Одним із сучасних трендів стало все більш широке застосування в металургійній промисловості як нових дугових печей постійного струму (ДППС) так і переобладнання існуючих дугових сталеплавильних печей змінного струму на ДППС. Найважливішим елементом конструкції таких печей, а значить і одним із найвідповідальніших його вузлів, є подовий електрод, що розміщується в поду печі і слугує для передачі струму до шихти і металу, що плавиться. В сучасних ДППС використовують біметалеві сталемідні подові електроди, які сталевую частиною звернені в середину печі, а мідна їх частина винесена за її корпус, охолоджується водою і підключена до силових кабелів. Саме проблеми при виготовленні цих елементів печі є головним бар'єром на шляху до використання ДППС не тільки в сталеплавильному виробництві, а й для виплавки чавуну, феросплавів, кольорових металів і сплавів, переробки шлаків та ін. Тому представлена здобувачем дисертаційна робота спрямована на розв'язання проблеми виготовлення сталемідних зливків для подових електродів ДППС з якісним з'єднанням різнорідних металів безумовно актуальна.

Про актуальність теми дисертаційної роботи свідчить і її зв'язок з науковими темами фундаментальних та прикладних досліджень у рамках бюджетних тем та цільових програм НАН України, що виконувались в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України: «Дослідження кристалізації нікелевих суперсплавів для газових енергетичних турбін нового покоління та створення технології ЕШП зливків цих сплавів, вільних від

плямистої ліквідації» (ДР 0102U005974, 2002-2006рр.); «Розробка наукових основ технологічних процесів з застосуванням електрошлакового та інших джерел нагріву та плавлення для отримання композитних багат шарових конструкційних та функціональних матеріалів з наперед заданим комплексом структури, фізичних, механічних та хімічних властивостей (ДР 0103U006165, 2003-2005рр.); «Розробка наукових основ електрошлакового переплаву сучасних жароміцних та інших високолегованих сталей і сплавів» (ДР 0106U005551, 2006-2008рр.); «Дослідження властивостей модельних багат шарових зливок, одержаних методом ЕШП РМ із металу однорідного хімічного складу із високолегованої сталі 316L» (ДР 0108U001731, 2008р.); «Розробка нового технологічного процесу одержання гетерогенних матеріалів на базі ЕШП для виробництва композитних роторів для енергетичних турбін нового покоління» (ДР 0107U003292, 2009-2011рр.); «Створення нового покоління флюсів для сучасних електрошлакових технологій виробництва конструкційних матеріалів з наперед заданими властивостями» (№ ДР 0112U001502, 2012-2016рр.); «Оцінка ефективності застосування технологічної схеми електрошлакової виплавки сталемідних подових електродів змінного перетину для дугових печей в стаціонарному струмопідвідному кристалізаторі» (ДР 0109U002781, 2009р.), яка виконувалась під керівництвом автора дисертації.

Таким чином, загальна спрямованість дисертаційної роботи на дослідження з'єднання різнорідних металів безсумнівно зумовлюють її наукову та практичну актуальність.

2. Ступінь обґрунтованості та достовірність наукових положень.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, доведено наступними результатами роботи.

У дисертаційній роботі розвинуті технологічні можливості ЕШП для виготовлення біметалевих зливок сталь-мідь для подових електродів дугових печей постійного струму. Для досягнення поставленої мети було виконано глибокий літературний аналіз існуючих методів виготовлення сталемідних подових електродів та отримання біметалевих зливок методами електрошлакових технологій; експериментально досліджено технологічні й металургійні особливості ЕШП ДС з заміною електродів із застосуванням наявного лабораторного устаткування та обладнання для зменшення довжини перехідної зони між сталлю та міддю в біметалевих зливках; також в роботі досліджено структуру зони сплавлення сталі та міді, механічні властивості та питомий електричний опір литого металу зони сплавлення сталемідного зливку

при різних температурах; виготовлено промислово-дослідну партію сталемідних зливків для подових електродів промислових ДПС; розроблені рекомендації щодо реалізації процесу ЕШП ДС з заміною електродів для виробництва сталемідних зливків для виготовлення промислових подових електродів надпотужної 420-тонної ДПС, а також наведені перспективи виготовлення за допомогою ЕШП ДС з заміною електродів інших композитних зливків.

Завдячуючи використанню сучасних аналітичних, розрахункових та експериментальних методів досліджень із залученням загальноприйнятих методик металографічних досліджень макро- і мікроструктури металу, стандартних методик визначення механічних властивостей металу, а також спеціально розроблених методик визначення електричного опору з моделюванням підвищених температур експлуатації забезпечуються достовірність результатів і висновків. Систематизацію та математичну обробку експериментальних даних в дисертаційній роботі виконано з використанням сучасних комп'ютерних технологій, статистичних методів, за допомогою програм, що реалізовані в математичних пакетах.

Наукові положення, висновки і рекомендації узгоджуються з існуючими концепціями, їх достатня обґрунтованість підтверджується визнанням на відомих вітчизняних та міжнародних конференціях.

3. Наукова новизна роботи полягає у наступному: автором досліджено особливості ЕШП ДС при переході від переплаву витратних електродів одного хімічного складу – сталевих, до іншого – мідних, та вплив основних технологічних параметрів плавки на форму і глибину металевої ванни й формування з'єднання різнорідних металів, що дозволило вирішити важливу науково-практичну задачу отримання біметалевих сталемідних зливків та сформулювати нові принципи виробництва зливків змінного хімічного складу великого перерізу. Зокрема одержано наступні нові наукові результати:

Вперше експериментально доведена можливість отримання електрошлаковим переплавом за двоконтурною схемою біметалевих сталемідних зливків Ø350 мм змінного по висоті складу з контрольованою довжиною перехідної зони між різнорідними металами меншою ніж 0,3-0,4 діаметру зливка;

В дисертації вперше визначено, що питомий електричний опір біметалевої сталемідної заготовки Ø350 мм в повздовжньому напрямку в перехідній зоні від одного металу до іншого є стабільним по всьому перетину і становить $1,86 \times 10^{-7} - 6,02 \times 10^{-8}$ Ом·м при кімнатній температурі, і $1,2 \times 10^{-7} - 2,4 \times 10^{-6}$ Ом·м при робочих температурах подового електроду (450°C – 500°C);

Автором експериментально перевірено гіпотезу й підтверджено можливість використання ЕШП за двоконтурною схемою для отримання біметалів з суттєво різними фізичними властивостями шляхом заміни складу шлаку під час зміни електродів й припинення, а потім поновлення наплавлення - витягування зливка. Для сталемідного зливка зупинка протягом 25-30 хвилин дає змогу провести заміну шлаку, електродів й поновити процес наплавлення зливка та його витягування без утворення дефектів.

4. Практичне значення роботи.

В результаті проведених експериментально-теоретичних досліджень при отриманні сталемідних зливків для подових електродів ДППС запропонована й успішно випробувана технологія ЕШП ДС зі зміною електродів по ходу переплаву при виготовленні дослідно-промислової партії біметалевих сталемідних зливків Ø 350 мм. З цієї партії зливків були виготовлені подові електроди для ДППС різної ємності від 0,5 до 12 тонн на вітчизняних підприємствах. Встановлено, що час роботи подових електродів з біметалевих сталемідних зливків ЕШП вдвічі перевершив час роботи подових електродів інших методів виготовлення, що до того часу використовували на тих самих печах. Для надпотужних печей ДППС з діаметрами подового електроду 600-650 мм запатентовано конструкцію модульного подового електроду зі сталемідних зливків ЕШП ДС з контрольованою перехідною зоною між різнорідними металами. Розроблено технологічні рекомендації для виробництва сталемідних зливків діаметром до 700 мм для подових електродів ДППС потужністю до 420 тон на сучасних печах ЕШП. Також сформульована доцільність використання основних принципів технології ЕШП ДС для виготовлення заготовок біметалевих деталей великого перерізу на кшталт роторів парових турбін.

5. Редакційний аналіз.

Текст дисертації та автореферату викладений науковою мовою, послідовно, рисунки інформативні. Всі розділи дисертаційної роботи логічно взаємопов'язані.

6. Відповідність тексту автореферату і дисертації.

Текст автореферату відповідає змісту, структурі та основним положенням дисертації.

7. Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях.

Основні наукові положення, що повністю розкривають зміст та основні результати дисертаційної роботи, викладено в 16 публікаціях, в тому числі 8 – у фахових виданнях України, з яких одна внесена до міжнародних

наукометричних баз даних, та 6 – у матеріалах вітчизняних та міжнародних наукових конференцій, отримано 3 Патенти України на винахід.

8. Структура й обсяг роботи.

Дисертаційна робота складається з вступної частини, п'яти розділів та висновків. Викладена на 173 сторінках основного тексту, містить 131 рисунок та 20 таблиць, використано 117 літературних джерел.

9. Аналіз основного змісту роботи.

У вступі автором наведена актуальність дисертаційної роботи, описано мету й завдання дослідження, висвітлено наукову новизну отриманих результатів і практичне значення роботи. Наведено дані про апробацію результатів дисертаційної роботи, публікації, що відображають її зміст, зазначено особистий внесок здобувача, наведено структуру й обсяг дисертації.

У першому розділі на основі літературного огляду дисертант розглядає сучасні дугові сталеплавильні печі постійного струму. В розділі глибоко проаналізовано принципи дії та конструктивні особливості подових електродів дугових сталеплавильних печей постійного струму. Ретельно розглянуті основні методи виготовлення стрижневих біметалевих сталемідних подових електродів та умови їх експлуатації. Проаналізовано методи виробництва біметалічних виробів, зокрема біметалу сталь-мідь, в тому числі і заснованими на електрошлакових технологіях. Визначено, що для подових електродів ДППС перспективної стержневої конструкції потрібні біметалеві сталемідні заготовки діаметром 300 мм й і більше. Розглянуто особливості ЕШП ДС із застосуванням струмопідвідного кристалізатору і двоконтурної схеми електричного живлення з заміною електродів по ходу переплаву для отримання біметалевих зливків, що стало основою для формулювання припущення щодо доцільності використання електрошлакових технологій для виробництва біметалу сталь-мідь великого перерізу. Представлено принципову схему ЕШП ДС з заміною електродів в процесі переплаву, що в результаті попереднього аналізу було запропоновано для отримання сталемідних зливків. Сформульовано постановку задач дослідження.

У другому розділі описано використане лабораторне обладнання та оснащення для проведення експериментальних досліджень технологічного процесу ЕШП ДС зі зміною електродів в процесі переплаву для отримання сталемідних зливків. Описана лабораторна піч ЕШП для зміни електродів в процесі переплаву й ведення переплаву за двоконтурною схемою живлення з фіксацією основних електричних параметрів переплаву, струмопідвідний кристалізатор та і.

Аргументовано підібрані основні матеріали досліджень, якими були вибрані вуглецева сталь типу СтЗсп та мідь М1 промислового і не тільки виробництва. Основним методом дослідження обрано натурні експерименти з ЕШП ДС із заміною сталевого електроду на мідний. Режими плавлення

задавали на основі математичного моделювання розподілу температур в сталемідних зливках при ЕШП ДС зі зміною електрода в процесі переплаву при різних умовах переплаву, для яких приведена методика моделювання розподілу температурних полів в сталемідних зливках. Дослідження вивчення макро- та мікроструктури й механічних властивостей металу зливоків проводились автором за стандартними визнаними методами.

Для вивчення електроопору сталевій частини, перехідної й мідної зони біметалевих зразків при кімнатній температурі та в діапазоні робочих температур подових електродів, спільно з фахівцями з Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України використано методику двозондового вимірювання питомого електричного опору, засновану на реєстрації падіння напруги на зразку в залежності від величини струму, який проходить через цей зразок. Приведена методика вимірювання температурної залежності питомого електроопору в діапазоні робочих температур подових електродів, яку для виключення впливу зовнішніх факторів проводили в малоінерційному вакуумному кріостаті ($P \approx 10^{-3}$ Па), в інтервалі температур 25-500°C в режимі стабілізації температури з точністю 1°C у всьому температурному діапазоні.

Третій розділ містить результати визначення автором дисертації особливостей використання ЕШП ДС для отримання сталемідних заготовок подових електродів ДППС. Виходячи з можливостей лабораторного устаткування ЕШП ДС, на якому проводили експериментальні плавки вибрані розміри сталемідних зливоків-заготовок ЕШП ДС зі зміною електродів в процесі переплаву для подальшого виробництва із них подових електродів ДППС, розрахована необхідна кількість матеріалу. В якості флюсу було обрано флюс АНФ-28 (40-55% CaF_2 , 25-35% CaO , 20-25% SiO_2 , $\geq 5\%$ Al_2O_3) з огляду на позитивний досвід його використання, як для ЕШП сталей з витяжкою зливоків і при виплавці міді, так і для ЕШП ДС, при проведенні попередніх експериментів з отриманням сталевих біметалевих зливоків. Автором зазначено, що ці експерименти проводили з електродами різного хімічного складу, але однакових геометричних розмірів, перш за все однакового діаметру 220 мм. Автором в дисертації наведені технологічні особливості формування зливку при ЕШП ДС зі зміною електродів в процесі переплаву, що мають місце при виготовленні біметалу. Приведено опис попередніх експериментів з отримання сталемідних заготовок подових електродів ДППС в лабораторії ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України з використаними технологічними параметрами, режимами переплавів, представленими як у числовому виді, так і на файлах-протоколах конкретних плавок.

Так як пряме перенесення цих режимів не дало можливості надійного переходу від сталі до міді, й потрібне було їх корегування, для вирішення задачі мінімізації перехідної зони було побудовано математичну модель розрахунків температурних полів біметалевого зливку. Розрахунки показали доцільність зміни не тільки співвідношення потужності що вводиться у шлакову ванну на всіх стадіях ЕШП ДС, а й збільшення часу витримки при заміні сталевого електроду на мідний. В усіх випадках для різноманітних співвідношень діаметрів математичне моделювання дозволило визначити, що першу стадію ЕШП ДС, при переплаві сталевого електроду, доцільно проводити зі співвідношенням електроду до кристалізатора як 70-75% до 30-25%, а перед заміною сталевого електроду на мідний проводити свосрідне підживлення головної частини зливка із значенням цього співвідношення 30%-70% щонайменше впродовж 10 хвилин, що для кристалізатору Ø350 мм дозволяє зменшити глибину металеві ванни в середньому від 200 мм до 40 мм. В роботі було також визначено, що для всіх еквівалентних діаметрів мідних електродів, що розглядали при моделюванні, перед початком їх переплаву на стадії заміни сталевого електроду на мідний доцільно робити витримку не менше ніж 10 хвилин, що дозволяє вести подальший переплав міді без великого перемішування зі сталлю й збільшення перехідної зони виплавленого зливка. В дисертації приведені результати моделювання температурних полів, форм рідкої металеві ванни та характер розподілу фаз на всіх технологічних етапах виплавки сталемідного зливка ЕШП ДС для випадку витратних сталевих електродів Ø220 мм й мідних електродів Ø150 мм. Моделювання дозволило обрати значення критичних параметрів для наступних натурних плавок: загальну електричну потужність на шлаковій ванні, потужність на витратному електроді й струмопідвідному кристалізаторі, діаметри витратних електродів й час витримки без плавлення електродів з підтримкою електрошлакового процесу зі 100% потужністю на кристалізаторі.

У четвертому розділі дисертації приведено дослідження якості сталемідних зливків виготовлених за допомогою ЕШП ДС зі зміною електродів, присвячено вивченню механічних властивостей й питомого електричного опору біметалу сталь-мідь й підготовці до виготовлення пілотних зразків сталемідних зливків, подових електродів з них, а також випробуванні цих подових електродів на реальних печах ДПС. З огляду на складність підбору мідних електродів постійних геометричних розмірів й вельми ймовірне використання в подальшому здебільше мідного лому невизначених розмірів, було вирішено провести випробування металу сталемідного зливку, що було отримано в перших експериментах.

В розділі наведено схему відбору зразків для проведення металографічних досліджень перехідної зони сталь-мідь, її механічних властивостей й питомого електроопору. Всього було відібрано 12 зразків: 2 в мідній частині зливка, 1 в сталевій, 4 шт. в перехідній зоні від міді до сталі по вісі зливка, 3 шт. на половині радіусу зливка та 2 шт. вирізано біля поверхні зливка. Кількість зразків для досліджень обирали так, щоб на макротемплеті перехідна зона від міді до сталі мала однаковий вигляд на макрорівні. Подальше вивчення мікроструктури зразків підтвердило правильність відбору – мікроструктура при збільшенні $\times 25$ й $\times 50$ була ідентичною для зразків від поверхні зливка до його центру. Мікроструктура зразків на половині радіусу зливка мала вигляд, з чіткою границею розділу між мідною й сталевією частинами. Аналогічний вигляд мала й структура перехідної сталемідної зони біля його поверхні й на вісі зливку, де проникнення міді в сталь було вдвічі більшим, але чітка границя розділу між сталлю і міддю зберігалась. Згідно з багатьма дослідженнями зварюваності сталі з міддю саме наявність фериту запобігає глибокому проникненню міді в ферито-перлитну сталь (в нашому випадку – СтЗсп). Це дало дисертанту підставу для вибору зразків для визначення механічних властивостей перехідної зони сталь-мідь та її електричного опору на зразках, перш за все, з половини радіусу зливка.

Встановлено високу структурну однорідність металу зони з'єднання сталемідного зливка, відсутність в зоні з'єднання дефектів усадочного і ліквіаційного характеру, а також формування дисперсної однорідної структури, і однорідність міцностних характеристик. Всі зразки, що пройшли іспит на розрив, були зруйновані біля границі сталь-мідь зі сторони міді, й показали, в середньому, такі ж результати, що є в інших авторів для сталемідних з'єднань значно меншого перерізу: $\sigma_{0,2}=153$ МПа; $\sigma_b=387$ МПа; $\delta_5=21\%$; $\psi=75\%$.

При проведенні типових випробувань якості зварного з'єднання на холодний згин під кутом 45° жоден із сталемідних зразків не було зруйновано, а візуальний аналіз показав в'язкий характер руйнування всіх досліджуваних біметалевих зразків, виключно по мідній їх частині.

Дослідження питомого електричного опору сталемідних зразків проводили при кімнатній температурі та в діапазоні робочих температур перехідної сталемідної зони подового електроду, що може досягати 450°C - 500°C за даними вимірювань на різних ДППС при різних режимах. У розділі у повному об'ємі представлені результати цих досліджень. Автором дисертації показано, що в цілому питомий електричний опір зразків при переході від сталі до міді практично не змінювався, як при кімнатній температурі, так і при максимальних робочих температурах подового електроду що сягають 450°C -

500°C, й становив $1,86 \times 10^{-7} - 6,02 \times 10^{-8}$ Ом·м для кімнатної температури, та $2,8 \times 10^{-6} - 2 \times 10^{-7}$ Ом·м для робочих температур подового електроду відповідно. Завершення цих досліджень дозволило перейти до пілотного виготовлення сталемідних зливків для подових електродів різних ДППС України в лабораторних умовах на обладнанні Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України.

У п'ятому розділі приведено результати доопрацювання технології ЕШП ДС, в результаті чого виготовлена партія біметалевих сталемідних зливків діаметром 350 мм загальною довжиною 1100-1200 мм, з довжиною сталевोї частини від 500 до 650 мм. Для переходу до стабільного виготовлення біметалевих зливків й подових електродів із них, додатково провели експериментальні плавки з метою покращення поверхні мідної частини зливків, яка при використанні флюсу АНФ-28 потребувала механічної обробки на глибину до 15 мм до отримання чистої бездефектної поверхні. З огляду на те, що флюс АНФ-28 близький до флюсу АНФ-28М: 40-50% CaF_2 , 30-40% CaO , 18-32% SiO_2 , $\leq 6\%$ MgO , що з успіхом використовують для ЕШП мідних зливків, в т.ч. в коротких кристалізаторах з витягуванням зливка, автором дисертаційної роботи було визначені параметри, необхідні для зміни шлаку при заміні сталевого електроду на мідний, а саме склад шлаку та час витримки. Оскільки для зміни шлаку необхідно додати орієнтовно 15% MgO , була оцінена можливість використання розширення струмопідвідного кристалізатору - перехід від формуючої секції $\varnothing 350$ мм до струмопідвідної секції $\varnothing 380$ мм. Як показали численні експериментальні плавки, для збереження стабільності ЕШП ДС в струмопідвідному кристалізаторі такої геометрії, необхідно підтримувати рівень шлаку в струмопідвідній секції не вище 50-60 мм й не нижче 20-30 мм. Для цього початкова маса шлаку при виплавці сталі в нашому випадку мала становити від 25 кг до 35 кг. Витрати шлаку на гарнісаж сталевої частини зливка становлять не більше 3 кг при середній товщині його від 1,5 мм до 2 мм. Отже автором зроблено висновок що заміна шлаку принципово можлива й питання тільки в тому чи вистачить часу витримки для розплавлення 15% MgO (орієнтовно до 4 кг). Прямими експериментами в дисертаційній роботі встановлено, що навіть одночасне додавання такої кількості MgO не викликає помітних змін електричного режиму й зниження температури шлакової ванни, а розплавлення й розсередження її триває не більше 2 хвилин. Тому було використано саме цей технологічний прийом – заміна сталевого електроду – витримка до 10 хвилин з додаванням на початку витримки до 4 кг MgO й початок плавлення мідного електроду. Показані зразки сталемідних зливків $\varnothing 350$ мм з механічною обробкою мідної частини, які в подальшому були

використані для виготовлення подових електродів різних вітчизняних ДППС, а також наведено список підприємств із тоннажністю печей, на яких встановлювались подові електроди ДППС зі сталемідних зливків ЕШП ДС.

На основі отриманих результатів сформульовано основні елементи технології ЕШП ДС для отримання сталемідних зливків діаметром до 700 мм, що потребує, наприклад, виготовлення подових електродів найбільшої в світі 420-тонної ДППС, яку побудовано до сьогодні. Практично, основні елементи такої технології випробувано, й визначено, що для її реалізації може бути використана будь-яка сучасна піч ЕШП зі зміною електродів й витягуванням зливків, дообладнана до можливості ведення переплаву за двоконтурною схемою живлення.

В заключній частині розділу 5 дисертаційної роботи автором було також проаналізовано можливості методу отримання сталемідних зливків по технології ЕШП ДС із заміною електродів щодо інших біметалевих великогабаритних композиційних зливків відповідального призначення, зокрема для виготовлення композитних роторів сучасних енергетичних турбін. Здобувачем зазначено, що не дивлячись на підвищену складність отримання гетерогенного ротору для таких турбін в зрівнянні з отриманням біметалу сталь-мідь, в дисертаційній роботі була показана можливість з'єднання різнорідних металів з різницею в температурах плавлення не десятки, а сотні градусів, що відкриває перспективу для подальшої розробки технології ЕШП ДС для біметалу «9-12% Cr жароміцна сталь» - «нікелевий суперсплав типу Inconel 718».

Висновки дисертації відображають найважливіші наукові та практичні результати дисертації. Висновки сформульовані логічно, відповідно до змісту дисертації.

На завершення автором наведено список використаних джерел, список опублікованих праць за матеріалами дисертаційної роботи та додатки.

Зауваження до роботи:

1. На стор. 2, 3 та 14 анотації та стор. 159 дисертаційної роботи і в авторефераті (стор. 2, 3, 14) наведено різні значення максимальної потужності промислових печей ДППС, на яких було встановлено виготовлені сталемідні подові електроди.

2. В постановочній частині дисертації автору слід було б навести перелік умовних скорочень, які часто зустрічаються у тексті роботи. Його відсутність ускладнює сприйняття викладеного матеріалу роботи.

3. На рисунку у додатку Е дисертації зображений електрошлаковий переплав у так званому Т-подібному розширеному кристалізаторі, з кристалізацією металу зливка в тому числі і в розширеній його частині. На мою думку такий пристрій не сумісний з запропонованою автором технологією для виготовлення великовагових сталемідних зливок.

4. Загальна кількість сторінок дисертації, що наведено в авторефераті не відповідає їх кількості в дисертаційній роботі.

Загальний висновок.

Наведені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи, її наукової та практичної цінності.

Дисертаційна робота Зайцева Володимира Анатолійовича на тему «Електрошлакова технологія отримання біметалевих сталемідних зливок для подових електродів дугових сталеплавильних печей» є повністю завершеною науковою роботою, в якій вирішується науково-практична задача отримання біметалевих сталемідних зливок для подових електродів дугових печей постійного струму та сформульовані нові принципи виробництва зливок змінного хімічного складу великого перерізу. За актуальністю, науковою новизною, обґрунтованістю та достовірністю основних наукових положень, висновків та рекомендацій, науковими результатами та практичною цінністю дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор Зайцев Володимир Анатолійович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.02 – «Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів».

Офіційний опонент
доктор технічних наук,
професор кафедри електрометалургії
Національної металургійної академії України
МОН України

 А.М. Овчарук

Підпис Овчарука А.М. засвідчує.

Начальник відділу кадрів
Національної металургійної академії України





В.С.Шифрін