

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Олійника Едуарда Вадимовича

на тему **«Особливості формування структури та властивостей прокату підвищеної деформівності з низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей для виготовлення зварювального дроту»**,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань **13 – «Механічна інженерія»**

за спеціальністю **132 – «Матеріалознавство»**

Актуальність теми дисертації

Сучасний розвиток української металургії потребує впровадження науково обґрунтованих технологій виробництва сталевих прокатів, які забезпечують формування необхідних структурних і механічних властивостей за мінімальних енерго- та матеріаловитрат. Особливого значення набуває вдосконалення технологій виготовлення бунтового прокату, що використовується як заготовка для виробництва зварювального дроту методом холодного волочіння.

Зварювальний дріт є основним витратним матеріалом для електродугового зварювання, наплавлення та дротяно-дугового адитивного виробництва. Для виготовлення дроту, призначеного для зварювання теплостійких ферито-перлітних сталей та наплавлення відповідальних деталей машин, застосовують низьковуглецеві Cr-Mo-V сталі. Водночас забезпечення високої пластичності бунтового прокату із цих сталей у стані постачання металовиробним заводам залишається складним науково-технічним завданням, що потребує поглибленого дослідження закономірностей формування структури металу під час термомеханічної обробки (ТМО).

Актуальність дослідження посилюється тим, що в Україні наразі практично відсутнє виробництво високопластичного бунтового прокату та зварювального дроту із Cr-Mo-V сталей, унаслідок чого потреби енергетичного, транспортного та машинобудівного комплексів забезпечуються переважно за рахунок імпорту.

У зв'язку з цим вважаю, що дисертаційна робота Олійника Е. В., яка присвячена встановленню закономірностей формування структури й механічних властивостей бунтового прокату з низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей та розробленню технології його знеміцнювальної ТМО для енергоефективного виробництва зварювального дроту, є актуальною та має важливе наукове і практичне значення. Її результати сприятимуть

імпортозаміщенню стратегічно важливих зварювальних матеріалів і розвитку промислового потенціалу України.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає у наступному:

1. Для сталі CrMoV1Si (за ДСТУ EN ISO 21952:2015) побудовано термкінетичну діаграму, встановлено кінетику перетворення аустеніту та визначено кількісні параметри його розпаду за безперервного охолодження у широкому інтервалі швидкостей (116–0,05 °C/c).

2. Встановлено факт утворення ділянок високовуглецевого мартенситу (вміст C > 1 % ваг., мікротвердість 722–897 HV_{0,02}) в структурі бунтового прокату з низьковуглецевої легованої сталі CrMoV1Si та запропоновано науково обґрунтований механізм його формування за уповільненого безперервного охолодження з аустенітної області в інтервалі швидкостей 1,1–0,05 °C/c.

3. Для сталі CrMoV1Si розроблено розрахункову модель перерозподілу легувальних елементів у процесі формування структури за уповільненого охолодження з аустенітної області на засадах положень нерівноважної термодинаміки.

4. Визначено та узагальнено закономірності впливу режимів знеміцнювального термомеханічного оброблення на особливості формування структури та властивостей бунтового прокату зі сталей CrMoV1Si, Св-08ХГСМФА, Св-08ХГ2СМФ і Св-10ХГ2СМФ.

Наукові дослідження були виконані здобувачем у відділі термічної обробки металу для машинобудування Інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України в рамках держбюджетної фундаментальної науково-дослідної роботи «Встановлення особливостей формування структурного стану та властивостей бунтового прокату з легованих Cr-Mo-V сталей для підвищення його деформованості при виробництві зварювальних матеріалів» (державний реєстраційний номер 0125U000021), у якій дисертант брав участь на всіх етапах згідно з календарним планом.

В дисертаційній роботі поставлене наукове завдання зі встановлення закономірностей процесу структуроутворення та формування комплексу механічних властивостей бунтового прокату підвищеної деформівності з низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей зварювального призначення під час знеміцнювального термомеханічного оброблення, для вирішення якого необхідно: 1) встановити особливості перебігу фазово-структурних перетворень в сталі CrMoV1Si за безперервного охолодження з аустенітної області у широкому інтервалі швидкостей; 2) визначити вплив параметрів

термодеформаційного оброблення на формування мікроструктури (тип, морфологія і розподіл структурних складників, зеренна структура тощо) й механічних властивостей досліджуваних низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей; 3) на засадах встановлених закономірностей розробити та експериментально випробувати вдосконалений температурно-швидкісний регламент постдеформаційного водо-повітряного охолодження бунтового прокату з досліджуваних сталей, що забезпечує підвищення деформівності металу і зниження матеріальних витрат під час виробництва зварювального дроту; 4) визначити комплекс рекомендацій щодо адаптування та впровадження розробленої технології знеміцнювального термомеханічного оброблення Cr-Mo-V сталей зварювального призначення на українських металургійних комбінатах з урахуванням конструктивних особливостей наявного устаткування для виготовлення бунтового прокату. Вважаю, що наукове завдання виконане повністю, а здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Олійника Е. В. повністю відповідає напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми «Матеріалознавство».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею та свідчить про наявність особистого внеску здобувача в наукові напрями «Термомеханічна обробка металів і сплавів» та «Моделювання процесів структуроутворення сталей».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота «Особливості формування структури та властивостей прокату підвищеної деформівності з низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей для виготовлення зварювального дроту» є результатом самостійних досліджень здобувача Олійника Едуарда Вадимовича і не містить елементів фальсифікацій, копіїв, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Текст дисертації викладений з логічною послідовністю так, що усі наступні речення, зміст абзаців і пунктів впливають з попередніх тверджень та не суперечать один одному. Разом із використанням загальноприйнятої наукової термінології, української лексики та відсутності жаргону, це забезпечує доступність і

розуміння пояснень та формулювань суті отриманих результатів досліджень. Чіткі конструкції речень з невеликою кількістю зворотів, мінімумом повторів завдяки використанню синонімів, сприяють легкому сприйняттю змісту дисертації.

Дисертація складається з анотації, вступу, 5 розділів, висновків, переліку джерел посилань та 4 додатків. Загальний обсяг дисертації – 208 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету дослідження та задачі, вирішення яких необхідне для її досягнення, описано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів. Наведено інформацію щодо зв'язку роботи з науковими програмами, планами та темами, а також відносно апробації її результатів. Зазначено особистий внесок здобувача до публікацій, в яких викладено основний зміст роботи.

У першому розділі проведено ґрунтовний аналіз сучасних літературних джерел щодо актуальних тенденцій та проблем виробництва прокату і дроту з легованих сталей зварювального призначення, історичної еволюції схем ТМО бунтового прокату. Окрему увагу здобувач приділив огляду питань, що стосуються сучасних уявлень про відновлювальні процеси у гарячедеформованому аустеніті та їх адаптації до технологій виготовлення металовиробів, фундаментальних засад знеміцнювальної ТМО бунтового прокату з низьковуглецевих сталей в потоці технологічних ліній, а також аналізу актуальних нормативних вимог до бунтового прокату та дроту з Cr-Mo-V сталей зварювального призначення.

У другому розділі описані матеріали дослідження і методики металографічного аналізу, вивчення фазових і структурних перетворень в сталях, визначення хімічного складу структурних складників та механічних випробувань, які застосовувалися під час виконання дисертаційної роботи.

В третьому розділі представлені результати дослідження кінетики розпаду аустеніту за безперервного охолодження базової сталі CrMoV1Si, побудована термодинамічна та структурна діаграми цієї сталі. Встановлено особливості формування продуктів зсувного перетворення метастабільного аустеніту за уповільненого охолодження та виконане розроблення нерівноважної термодинамічної моделі процесу перерозподілу легуювальних елементів і формування структури сталі CrMoV1Si. Обґрунтовано механізм утворення високовуглецевого мартенситу в бунтовому прокаті з низьковуглецевих легованих сталей.

У четвертому розділі вивчено вплив температурно-деформаційних параметрів ТМО на структуру та механічні властивості сталі CrMoV1Si. Встановлено оптимальний температурний діапазон закінчення гарячого деформування прокату з досліджуваної сталі (1050–1100 °C) з точки зору максимального знеміцнювання металу за умови стаціонарного режиму його

постдеформаційного охолодження. Проведене лабораторне моделювання промислових режимів повітряного охолодження прокату й обґрунтовано раціональні параметри знеміцнювальної ТМО прокату в потоці безперервних прокатних станів.

П'ятий розділ присвячено вдосконаленню промислової технології виготовлення та переробки бунтового прокату з низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей. Визначено вплив режимів водо-повітряного охолодження на формування структурного стану та механічних властивостей бунтового прокату. Проведено промислове опробування розробленої технології знеміцнювальної ТМО прокату малого діаметру (5,5 мм) зі сталей Св-08ХГСМФА, Св-08ХГ2СМФ і Св-10ХГ2СМФ та виготовлено дослідно-промислові партії холоднодеформованого зварювального дроту діаметром 1,2 мм і 2,0 мм за енергоощадною технологією. Підготовлені рекомендації щодо адаптації розробленої у дисертаційній роботі технології знеміцнювальної ТМО бунтового прокату зварювального призначення на металургійних підприємствах України.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 15 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у міжнародних базах даних Scopus та/або Web of Science Core Collection (квартили Q3 і Q4 відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports); 3 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; отримано 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір, що безпосередньо стосується наукових результатів дисертації.

Також результати дисертації були апробовані на 8 наукових фахових конференціях.

Публікація результатів дисертаційної роботи у рецензованих виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus та/або Web of Science, що відносяться до третього і четвертого кварталів, підтверджують високий рівень проведених в дисертації досліджень, їх актуальність, а також дотримання принципів академічної доброчесності.

Особистий внесок здобувача в наукових роботах, опублікованих у співавторстві, полягає в наступному: постановка мети і завдань досліджень, обґрунтування отриманих результатів, формулювання висновків; аналіз літературних даних та узагальнення науково-технічної інформації; дослідження кінетики розпаду аустеніту низьковуглецевої легованої сталі;

підготовка даних для математичного моделювання й оброблення отриманих даних; проведення експериментів і опрацювання результатів; розробка технічних рішень та їх промислове випробування.

Таким чином, наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. У підрозділі 1.2 поряд зі Стелмор-процесом розглянуто низку мало використовуваних у сучасній металургійній практиці методів регульованого охолодження бунтового прокату (ED, Шлеман, DLP-процес тощо). На мою думку, слід було замість цих методів більш детальну увагу приділити саме особливостям реалізації сучасного процесу двостадійного водо-повітряного охолодження прокату різноманітного призначення.

2. Як відомо, характер деформаційного зміцнення сталей у процесі холодної формозміни волочінням залежить від широкого спектру факторів. Чи враховує емпіричний коефіцієнт k , уведений здобувачем до рівняння Туленкова-Злотнікова (1.1), що покладене у основу розрахунків деформаційного зміцнення металу (рис. 1.9), вплив швидкості волочіння дроту та показник середнього обтиснення за деформаційними переходами?

3. У роботі відсутні дані щодо температурних інтервалів утворення високотвердого мартенситу M2 за різних швидкостей охолодження у діапазоні 1,1–0,05 °C/с. Ці відомості є важливими для загального розуміння процесу формування структурного складнику такого типу.

4. У підрозділі 4.1 докладно простежено еволюцію структури сталі CrMoV1Si методом світлової мікроскопії після різних ступенів деформації та температур деформування з подальшим охолодженням у спокійному повітрі до кімнатної температури. При цьому, на мій погляд, достатньо вдало інтерпретовано механізми фазово-структурних перетворень у гарячедеформованому металі й обґрунтовано їх вплив на механічні властивості досліджуваної сталі після ТМО. Проте бажаним було б додатково підтвердити вплив термдеформаційних параметрів обробки на розміри вихідного зерна аустеніту, наприклад, методом EBSD-аналізу.

5. У дисертації наведені мікроструктури бунтового прокату з досліджуваних сталей (наприклад, на рис. 5.2 і 5.3). Але з супровідного тексту та назв рисунків незрозуміло, якій зоні поперечного перерізу прокату (серцевина, $\frac{1}{2}$ радіусу чи поверхня) відповідають представлені мікрофотографії.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну й практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Олійника Едуарда Вадимовича на тему «Особливості формування структури та властивостей прокату підвищеної деформівності з низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей для виготовлення зварювального дроту» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 13 – «Механічна інженерія». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені у п. 6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Олійник Едуард Вадимович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 – «Механічна інженерія» за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство».

Рецензент:

Провідний науковий співробітник
відділу термічної обробки металу
для машинобудування
Інституту чорної металургії
ім. З. І. Некрасова НАН України,
д.т.н., с.н.с.



Владислав ЛУЦЕНКО

Підпис Луценка В. А. засвідчую:

Начальник відділу кадрів



Наталія ДЕГТЯРЕНКО