

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації **Олійника Едуарда Вадимовича** за темою «Особливості формування структури та властивостей прокату підвищеної деформівності з низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей для виготовлення зварювального дроту», поданої на здобуття наукового ступеня **доктора філософії** у галузі знань 13 – Механічна інженерія, за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство»

Дисертаційна робота Олійника Едуарда Вадимовича за темою «Особливості формування структури та властивостей прокату підвищеної деформівності з низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей для виготовлення зварювального дроту» виконана у відділі термічної обробки металу для машинобудування Інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України та подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство». Тема дисертації затверджена на засіданні вченої ради Інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України (протокол № 7 від 3 листопада 2022 року) та скоригована на засіданні вченої ради Інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України (протокол № 1 від 9 лютого 2026 року).

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню науково-технічної задачі підвищення технологічної пластичності бунтового прокату з низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей зварювального призначення шляхом розроблення інноваційної технології його знеміцнювального термомеханічного оброблення на засадах комплексного дослідження закономірностей формування структури й механічних властивостей металу залежно від параметрів температурно-деформаційного впливу. При цьому виготовлення зварювального дроту з такого прокату повинно характеризуватися покращеною енергоефективністю, екологічною безпечністю, достатнім рівнем продуктивності та стабільно високими показниками якості готової металопродукції.

В результаті проведених досліджень отримані наступні результати, що мають **наукову новизну та практичну цінність**.

Наукова новизна отриманих результатів:

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

Раніше такі дані не були відомі. Визначено, що за швидкостей охолодження понад 65 °C/c розпад аустеніту відбувається з утворенням мартенситу, у інтервалі швидкостей охолодження $65-7,1$ °C/c формується мартенситно-бейнітна або виключно бейнітна структура, у інтервалі $7,1-1,1$ °C/c утворюється феритно-перлітно-бейнітна структура, а за швидкостей охолодження $1,1-0,05$ °C/c реалізується складний дифузійно-проміжно-зсувний механізм, який обумовлює формування фериту, перліту, бейніту та високотвердого мартенситу в різних співвідношеннях. Показано, що для інтервалу швидкостей охолодження $7,1-0,05$ °C/c характерною рисою є зупинка розвитку фазових перетворень після закінчення розпаду метастабільного аустеніту за дифузійним механізмом перед початком бейнітного перетворення.

2. Вперше 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.

Раніше можливість утворення такого типу мартенситу в бунтовому прокаті з низьковуглецевих легованих сталей зварювального призначення не була відомою та експериментально не визначалась. Механізм утворення ділянок високовуглецевого мартенситу полягає у реалізації зсувного перетворення збагаченого вуглецем і марганцем залишкового аустеніту, який формується завдяки дифузійному перерозподілу вказаних хімічних елементів між α і γ фазами під час розвитку реконструктивного фазового перетворення за уповільненого охолодження з аустенітної області до кімнатної температури.

3. Вперше для сталі CrMoV1Si розроблено розрахункову модель перерозподілу легувальних елементів у процесі формування структури за

уповільненого охолодження з аустенітної області на засадах положень нерівноважної термодинаміки.

Раніше такі дані не були відомі. Це дозволило визначити величини термодинамічної сили дифузії вуглецю, кінетичних коефіцієнтів і потоків у рівняннях Онзагера для модельної системи, які описують кінетику структуроутворення досліджуваної сталі у процесі охолодження, й запропонувати вирази для розрахунку лінійних розмірів ділянок залишкового аустеніту, сформованих за результатами протікання дифузійних потоків вуглецю, марганцю і кремнію, та утворених з них у подальшому зерен високовуглецевого мартенситу.

4. Вперше 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.

Раніше такі дані були відомі частково та не були систематизовані. Це дозволило визначити температурний інтервал завершення гарячого оброблення тиском та встановити температурно-швидкісний регламент охолодження, завдяки яким формується поліпшена структура та раціональний комплекс властивостей бунтового прокату з Cr-Mo-V сталей зварювального призначення з огляду на необхідність його подальшого перероблення методом холодного пластичного деформування з високими ступенями обтиснення.

Практичне значення отриманих результатів:

1. Розроблено інноваційний трьохетапний (на відміну від класичного двохетапного) температурно-швидкісний регламент повітряного охолодження бунтового прокату з низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей зварювального призначення під час реалізації технології його термомеханічного оброблення на лінії Стелмор. Прискорене охолодження прокату повітрям із залученням дуттьових вентиляторних систем на додатковому першому з трьох етапів (у діапазоні температур 950–850 °C зі швидкістю ~ 10 °C/c) дозволяє пригнітити розвиток процесу статичної рекристалізації гарячедеформованого аустеніту, що у подальшому сприяє активнішому розвитку дифузійного $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення, зменшенню кількості утворюваних твердих структурних

складників гартівного типу, зниженню показників міцності та підвищенню пластичності металу після завершення термічного впливу.

2. За результатами промислового перероблення дослідних партій бунтового прокату зі сталей Св-08ХГСМФА, Св-08ХГ2СМФ і Св-10ХГ2СМФ, виготовленого із застосуванням розробленого режиму знеміцнювального термомеханічного оброблення, доповнено базу даних комп'ютерної програми CalcRoutes (розробка Інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України). Створено спеціалізований програмний модуль, який дозволяє розраховувати раціональні маршрути волочіння й енергосилові параметри деформування, а також прогнозувати рівень показників міцності холоднодеформованого зварювального дроту або проміжної дротяної заготовки із низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей в залежності від початкового рівня якості прокату.

3. Розроблено комплексні рекомендації щодо адаптування та використання у промислових умовах розробленої технології знеміцнювального термомеханічного оброблення бунтового прокату малого діаметру (5,5 мм) з низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей зварювального призначення на провідних металургійних комбінатах України (ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» і ПРАТ «Камет-Сталь») з урахуванням наявного набору та характеристик прокатно-термічного обладнання.

4. Результати дисертаційної роботи використано під час виконання науково-дослідних робіт та впроваджено у навчальний процес Інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України в рамках дисципліни «Теоретичні та технологічні основи виготовлення та перероблення сталевих прокатів на засадах ресурсо- та енергозбереження» при підготовці аспірантів за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство» відповідно до освітньо-наукової програми.

Особистий внесок здобувача.

Основні результати та положення, які становлять суть дисертації, отримані автором самостійно. У написаних у співавторстві публікаціях (див. «Список опублікованих праць за темою дисертації»), здобувачеві належить: в роботах [1–8, 11–15] – постановка мети і завдань досліджень, обґрунтування

отриманих результатів, формулювання висновків; в роботах [2, 4, 5, 9, 10, 15] – аналіз літературних даних та узагальнення науково-технічної інформації; в роботах [3, 11, 12, 15] – підготовка даних для математичного моделювання й оброблення отриманих даних; в роботах [1, 3, 4, 6, 7, 11–15] – проведення експериментів і опрацювання результатів; в роботах [2, 6, 7, 10, 11, 14, 15] – розроблення технічних рішень та їх промислове випробування.

Таким чином, особистий внесок здобувача полягає в постановці завдань дослідження дисертації, в його участі у вивченні закономірностей кінетики розпаду аустеніту дослідної сталі, визначенні впливу температурно-деформаційних умов оброблення на структуру і механічні властивості низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей, моделюванні перерозподілу легувальних елементів у процесі формування структури сталі за уповільненого охолодження, теоретичному обґрунтуванні, виборі та експериментальній апробації режимів термомеханічного оброблення сталевого бунтового прокату, аналізі результатів металографічного дослідження отриманих зразків, формуванні змісту та написанні текстів статей і доповідей, формулюванні положень, що захищаються.

Повнота опублікування результатів дисертації.

За темою дисертації опубліковано 15 наукових праць, з яких 4 статті у виданнях, що індексуються в міжнародних наукометричних базах Scopus та/або Web of Science Core Collection (квартиль Q3 – 3 статті, квартаиль Q4 – 1 стаття, відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports), 3 статті у виданнях, включених на дату опублікування до Переліку наукових фахових видань України, 8 тез доповідей, представлених на наукових конференціях, отримано 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір, що безпосередньо стосується наукових результатів дисертації.

Перелік робіт, в яких опубліковано основні результати дисертації.

Статті у виданнях, які індексуються у міжнародних наукометричних базах даних Scopus та Web of Science:

1. Parusov E. V., Chuiko I. M., Gubenko S. I., **Oliinyk E. V.**, Parusov O. V. Influence of temperature-deformation parameters of thermomechanical treatment on the structure and mechanical properties of low-carbon alloyed steel. *Mater. Sci.* 2025. Vol. 61. P. 42–49. <https://doi.org/10.1007/s11003-025-00960-5> (**Scopus, Web of Science, Q3**)

2. Parusov E. V., Chuiko I. M., **Oliinyk E. V.**, Parusov O. V. Recovery processes in hot-deformed austenite: the essence of phenomena, models, applications in industry. *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.* 2025. Vol. 47. No. 9. P. 927–955. <https://doi.org/10.15407/mfint.47.09.0927> (**Scopus, Web of Science, Q3**)

3. Bobyr' S. V., Parusov E. V., Chuyko I. M., **Oliinyk E. V.**, Zhukov V. V. Non-equilibrium thermodynamic model of the process of redistribution of alloying elements and structure formation in low-carbon steel during slow cooling. *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.* 2026. Vol. 48. No. 3. P. 275–292. <https://doi.org/10.15407/mfint.48.03.0275> (**Scopus, Q3**)

4. Parusov E. V., Chuiko I. M., Bobyr S. V., **Oliinyk E. V.**, Zhukov V. V. On the formation of martensite in low-carbon alloy steel wire rod for welding applications during slow continuous cooling. *Key Engineering Materials.* 2026. Vol. 1041. P. 3–9. <https://doi.org/10.4028/p-sW6lDI> (**Scopus, Q4**)

Статті у періодичних виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України:

5. Парусов Е. В., Чуйко І. М., **Олійник Е. В.**, Парусов О. В. Аналіз тенденцій та проблем виробництва прокату і дроту з низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей зварювального призначення. *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії.* 2024. Вип. 38. С. 431–454. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2024-38-431-454>

6. **Олійник Е. В.**, Парусов Е. В., Чуйко І. М., Парусов О. В., Голубенко Т. М. Дослідження закономірностей формування структури прокату зі сталі CrMoV1Si під час моделювання промислових режимів повітряного охолодження. *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії.* 2025. Вип. 39. С. 210–225. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2025-39-12>

7. Парусов Е. В., Чуйко І. М., **Олійник Е. В.**, Парусов О. В. Знеміцнювальне термомеханічне оброблення бунтового прокату із низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей. *Автоматичне зварювання*. 2025. № 6. С. 65–72. <https://doi.org/10.37434/as2025.06.08>

Матеріали, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

8. **Олійник Е. В.**, Парусов Е. В. Сучасні уявлення про отримання якісного прокату із мультифазною структурою з низьковуглецевих легованих сталей зварювального призначення. *IV науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених Придніпровської державної академії будівництва та архітектури* : зб. тез, м. Дніпро, 27–28 березня 2023 р. Дніпро : ПДАБА, 2023. С. 528–529. URL: <https://pgasa.dp.ua/wp-content/uploads/2023/06/Zbirnyk-tez-Konferentsiyi-studentiv-aspirantiv-molodyh-vchenyh.pdf>

9. **Олійник Е. В.**, Парусов Е. В. Існуючі та перспективні способи охолодження сталей зварювального призначення в лінії прокатного стану. *Наука і металургія* : зб. тез всеукр. наук.-техн. конф., м. Дніпро, 14–16 листопада 2023 р. Дніпро : ІЧМ НАНУ, УДУНТ МОН України, 2023. С. 76. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2023-conferens>

10. **Олійник Е. В.**, Парусов Е. В., Чуйко І. М. Теоретичні та технологічні засади знеміцнюючого термомеханічного оброблення сталевих прокату зварювального призначення. *Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні – ІТММ'2024* : матер. міжнар. наук.-техн. конф., м. Дніпро, 10–11 квітня 2024 р. Дніпро : УДУНТ, 2024. С. 57–64. <https://doi.org/10.34185/1991-7848.itmm.2024.01.010>

11. **Олійник Е. В.**, Парусов Е. В., Чуйко І. М. Методика прогнозного визначення деформаційного зміцнення низьковуглецевої Cr-Mo-V сталі під час виготовлення зварювального дроту. *Наука і металургія* : зб. тез всеукр. наук.-техн. конф., присвячений 85-річчю ІЧМ НАНУ, м. Дніпро, 19–20 листопада 2024 р. Дніпро : ІЧМ НАНУ, УДУНТ МОН України, ДДТУ МОН України, 2024. С. 32. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2024-conferens>

12. **Олійник Е. В.**, Парусов Е. В., Чуйко І. М., Кукса О. В. Особливості впливу хімічного складу на формування механічних властивостей низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей зварювального призначення. *Інформаційні*

технології в металургії та машинобудуванні ITMM'2025 : матер. міжнар. наук.-техн. конф., м. Дніпро, 23–24 квітня 2025 р. Дніпро : УДУНТ, 2025. С. 148–154. <https://doi.org/10.34185/1991-7848.itmm.2025.01.025>

13. Parusov E., Chuiko I., Bobyr S., **Oliynyk E.**, Zhukov V. On the formation of martensite in low-carbon alloy steels for welding applications during slow continuous cooling. *HighMatTech-2025* : Book of Abstracts IXth Int. Mater. Sci. Conf., Ukraine, Kyiv, October 6–10, 2025. Kyiv : Frantsevich Ukrainian Materials Research Society, 2025. P. 164. URL: <https://umrs.org.ua/activities/conferences/hmt-2025/boa2025/>

14. **Олійник Е. В.**, Парусов Е. В., Чуйко І. М. Експериментально-теоретичні дослідження процесів структуроутворення в сталі CrMoV1Si за умов безперервного повітряного охолодження з різними швидкостями. *Наука і металургія 2025* : зб. тез всеукр. наук.-техн. конф., м. Дніпро, 19–20 листопада 2025 р., Дніпро : ІЧМ НАНУ, 2025. С. 39. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2025-conferens>

15. **Олійник Е. В.**, Парусов Е. В., Чуйко І. М. Створення програмного інструменту для розроблення ефективної технології волочіння зварювального дроту з низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей. *Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні ITMM'2026* : матер. міжнар. наук.-техн. конф., м. Дніпро, 22 квітня 2026 р. Дніпро : УДУНТ, 2026. С. 110–115. <https://doi.org/10.34185/1991-7848.itmm.2026.01.021>

Свідоцтво про реєстрацію авторського права:

16. **Олійник Е. В.**, Парусов Е. В. Сучасні уявлення про отримання якісного прокату із мультифазною структурою з низьковуглецевих легованих сталей зварювального призначення : свідоцтво № 121487 про реєстрацію авторського права на твір. № с202304627 ; заявл. 26.06.2023 ; опубл. 04.12.2023, електр. докум. CR2680041223.

Виходячи з аналізу вищенаведених робіт, можна зробити висновок про успішне виконання поставлених вимог щодо необхідної кількості наукових публікацій перед представленням до захисту дисертаційної роботи Олійника Е. В., а також про достатню повноту висвітлення наукових і практичних результатів досліджень в опублікованих матеріалах.

Розглянута дисертація Олійника Едуарда Вадимовича за темою «Особливості формування структури та властивостей прокату підвищеної деформівності з низьковуглецевих Cr-Mo-V сталей для виготовлення зварювального дроту», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство» є завершеним науковим дослідженням і відповідає вимогам, викладеним у «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року. Робота містить нові науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, які мають певне науково-практичне значення в галузі матеріалознавства, базується на достатній кількості наукових публікацій, не містить текстових запозичень без посилання на джерело (плагіату) і може бути прийнята до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство».

Головуючий семінару:

чл.-кор. НАН України,
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник



Олександр БАБАЧЕНКО

Секретар семінару:

кандидат технічних наук,
старший дослідник



Ігор ЧУЙКО

Підписи Бабаченка О. І. та Чуйка І. М. засвідчую:

Учений секретар
Інституту чорної металургії
ім. З. І. Некрасова НАН України
кандидат технічних наук



Лариса ГАРМАШ