ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Чмих Катерини В'ячеславівни на тему: «Удосконалення процесу прокатування виробів із алюмінієвих сплавів з підігрівом робочого інструменту», представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 Матеріалознавство

Актуальність теми досліджень і отриманих результатів. Дисертаційна робота присвячена розв'язанню актуальної науково прикладної задачі у галузі матеріалознавства та обробки металів тиском, що полягає у встановленні закономірностей впливу температури підігріву робочого інструменту на пластичну течію металу, напружено-деформований стан, параметри формозміни та особливості формування структури алюмінієвих сплавів під час гарячого прокатування. Актуальність дослідження зумовлена широким застосуванням алюмінієвих сплавів у машинобудуванні, транспортній техніці, авіаційній галузі та інших сферах, де до конструкційних матеріалів висуваються підвищені вимоги щодо поєднання малої густини, високої питомої міцності, корозійної стійкості та технологічності. Водночас під час виготовлення виробів складного профілю з алюмінієвих сплавів традиційні схеми гарячого деформування не завжди забезпечують стабільність процесу, рівномірність пластичної течії металу та належну якість готових виробів.

Однією з основних причин технологічних ускладнень при гарячому прокатуванні алюмінієвих сплавів є інтенсивне тепловідведення від нагрітої заготовки до масивного робочого інструменту, температура якого є суттєво нижчою. Така різниця температур призводить до локального вихолоджування приконтактних шарів металу, зростання опору деформації, нерівномірного розподілу деформацій у перерізах, збільшення силових параметрів процесу, порушення стабільності течії металу та підвищення ризику утворення дефектів. Особливо гостро ці явища проявляються під час прокатування складнопрофільних деталей, коли навіть незначна нестабільність термомеханічних умов призводить до погіршення геометричної точності, утворення локальних зон перенапруження та погіршення експлуатаційних характеристик виробів. У зв'язку з цим науково обґрунтоване керування температурним станом системи «інструмент–заготовка» є важливою передумовою підвищення ефективності процесу гарячого прокатування алюмінієвих сплавів та виготовленні якісних деталей.

Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри. Дослідження, що становлять основу

дисертації, проведено у Вінницькому національному аграрному університеті (ВНАУ) в межах ініціативної науково-дослідної роботи на інженерно-технологічному факультеті «Створення та застосування нових технологій пластичного формозмінення з використанням прогресивних методів дослідження механіки деформування для отримання деталей з покращеними експлуатаційними характеристиками» (реєстраційний номер 0122U002097, термін виконання - 2022 - 2026 рр.).

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше:

- встановлено закономірності впливу температури підігріву робочого інструменту на характер пластичної течії металу при гарячому прокатуванні алюмінієвих сплавів, які полягають у зменшенні інтенсивності поперечної течії металу (розширення) на 22–40 % та одночасному зростанні поздовжньої складової деформації (випередження) на 28–46 % зі збільшенням температури валків у діапазоні 20–450 °С, що дало змогу уточнити механізм формозміни, зокрема роль співвідношення поперечної і поздовжньої течії в умовах гарячого деформування алюмінієвих сплавів;

- обґрунтовано, що оптимальним температурним діапазоном підігріву валків при гарячій прокатці фасонного прокату з алюмінієвих сплавів системи Al–Cu–Mg–Si є інтервал 250–350 °С, який забезпечує зниження пікових напружень, усунення локалізації деформацій у приконтактних зонах, стабілізацію течії металу та формування квазіізотермічних умов деформування, що підвищує рівномірність формозміни та знижує ризик утворення макротріщин.

Отримали подальший розвиток:

- застосування чисельного моделювання процесу гарячого прокатування профілів складного поперечного перерізу з алюмінієвих сплавів із підігрівом валків, яке, на відміну від відомих підходів, враховує температурний стан системи «інструмент–заготовка», що забезпечує адекватне відтворення термомеханічних умов деформування та узгодження розрахункових результатів з експериментальними даними, отриманими методом координатних сіток;

- методичний підхід до аналізу напружено-деформованого стану при гарячій прокатці фасонного прокату з підігрівом інструменту, який базується на використанні системи віртуальних контрольних точок із просторово обґрунтованим розміщенням і дає змогу встановлювати закономірності еволюції напружень і деформацій з урахуванням двостадійного характеру процесу, особливостей локалізації деформацій у калібрах, а також впливу температури підігріву валків як окремого керованого фактора.

Удосконалено:

- інженерну модель оцінки кінематичних параметрів течії металу в осередку деформації при гарячому прокатуванні алюмінієвих сплавів, яка базується на апроксимації реологічної залежності та встановлює степеневу залежність переміщення металу від ступеня деформації, температури та геометричних параметрів заготовки; похибка розрахунку в робочому температурному діапазоні не перевищує 0,4 мм.

Практичне значення одержаних результатів. На основі виконаних досліджень розроблено та виготовлено експериментальне обладнання для гарячого прокатування алюмінієвих сплавів із підігрівом робочого інструменту, яке забезпечує реалізацію контрольованих термомеханічних умов деформування та може використовуватися для відпрацювання технологічних режимів формоутворення профілів складного перерізу.

Установлено раціональний температурний інтервал підігріву валків 250–350 °С, використання якого дає змогу знизити силові параметри процесу, стабілізувати течію металу, мінімізувати ризик дефектоутворення та підвищити точність формоутворення. Розроблені рекомендації використано при створенні технологічного процесу виготовлення деталі «Колодка парна 8-8».

Результати теоретичних і експериментальних досліджень процесу гарячого прокатування деталей складного профілю з алюмінієвих сплавів використовуються у навчальному процесі Вінницького національного аграрного університету при викладанні дисциплін інженерно-технологічного спрямування, зокрема «Матеріалознавство і ТКМ», «Електротехнології в біоенергетичних системах», «Надійність і ремонт машин» (довідка від 09 квітня 2026 р. № 01.1-39-385).

На основі отриманих результатів, розроблених технічних рішень та комп'ютерного моделювання, конструкторська та технічна документація з удосконалення процесів гарячої прокатки алюмінієвих сплавів передана підприємствам ТОВ «КРАСНЯНСЬКЕ СП АГРОМАШ» (с. Красне, Вінницька область, Акт про впровадження результатів дисертаційної роботи від 19 лютого 2026 року), ТОВ «Агромаш-Калина» (м. Калинівка, Вінницька область, Акт про впровадження результатів дисертаційної роботи від 28 лютого 2026 року) для використання у проектуванні та впровадженні технологічних процесів виготовлення алюмінієвих заготовок.

Застосування запропонованих рішень дозволило оптимізувати режими гарячої прокатки алюмінієвих сплавів для отримання якісних виробів.

Аналіз кількості наукових публікацій, повноти опублікування результатів дисертації та особистого внеску здобувача до всіх наукових публікацій, опублікованих із співавторами та зарахованих за темою дисертації, засвідчив, що

результати дослідження, які викладені в дисертаційній роботі, отримані автором самостійно, з дотриманням вимог академічної доброчесності, та повною мірою відображають основні положення та висновки роботи, доповідалися і обговорювалися на науково-практичних конференціях.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 10 наукових працях, загальним обсягом 3,65 ум. др. арк. (власний доробок автора 2,97 ум. др. арк.), в тому числі 0,24 ум. др. арк. у науковому журналі, що входять до міжнародних наукометричних баз Scopus; 2,24 ум. др. арк. у наукових фахових виданнях категорії «Б»; 0,49 ум. др. арк. у збірниках тез доповідей. Із них відповідають вимогам п. 8-9 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 року № 44 (зі змінами) – 6 публікацій.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у баз даних Web of Science Core Collection та/або Scopus

1. Shvets L. V., Chmykh K. V., Trukhanska O. O., Shtuts A. A., Kolisnyk M. A. Technology for Manufacturing Parts from Aluminium Alloys Using Hot Deformation. *Metallophysics and Advanced Technologies*. 2026. Vol. 48, No. 1. P. 35-50. DOI:10.15407/mfint.48.01.0035. URL: https://mfint.imp.kiev.ua/en/abstract/v48/i01/0035.html *(1,22 друк. арк., особистий внесок аспіранта: проаналізовано технологічні особливості гарячого деформування алюмінієвих сплавів, узагальнено умови формування виробів та підготовлено матеріали щодо впливу режимів деформування на якість заготовок – 0,4 друк. арк.).*

Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», включених до міжнародної наукометричної бази даних (Index Copernicus)

2. Швець Л. В., Чмих К. В. Аналітичні дослідження методів гарячого деформування металів. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2022. № 3(118). С. 95-100. DOI: 10.37128/2520-6168-2022-3-12. URL: http://tetapk.vsau.org/storage/articles/January2023/pvRpO7A5YDgQbzlKau7S.pdf *(0,47 друк. арк., особистий внесок аспіранта: проведено аналітичний огляд і порівняння основних методів гарячого деформування металів, систематизовано їх технологічні переваги, обмеження та сфери застосування – 0,23 друк. арк.).*

3. Чмих К. В., Волковський І. В. Моделювання процесу формування

структури алюмінієвих сплавів під час гарячої прокатки з використанням програмного комплексу DEFORM. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2023. № 2(109). С. 104-110. DOI: 10.37128/2306-8744-2023-2-12. URL: http://vibrojournal.vsau.org/storage/articles/October2023/2EBAxbvbgewu7ADgb50S.pdf *(0,60 друк. арк., особистий внесок аспіранта: виконано постановку задачі моделювання процесу гарячої прокатки алюмінієвих сплавів у програмному комплексі DEFORM, проаналізовано результати чисельного моделювання та узагальнено вплив параметрів процесу на формування структури матеріалу – 0,50 друк. арк.).*

4. Shvets L. V., Chmykh K. V. Investigation of metal flow from AK6 aluminum alloy on a modernized hot rolling installation. *Техніка, енергетика, транспорт АПК.* 2024. № 3(126). P. 23-35. DOI: 10.37128/2520-6168-2024-3-3. URL: http://tetapk.vsau.org/storage/articles/December2024/gd7sW1GCFBIvckVhuoZh.pdf *(1,16 друк. арк., особистий внесок аспіранта: досліджено перебіг металу зі сплаву АК6 під час гарячого прокатування на модернізованій установці, виконано аналіз розподілу деформації та узагальнено результати експериментально-розрахункових досліджень – 0,58 друк. арк.).*

5. Чмих К. В. Дослідження розширення для алюмінієвого сплаву АК6 при гарячому прокатуванні. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2025. № 4(119). С. 96-101. DOI: 10.37128/2306-8744-2025-4-12. URL: http://vibrojournal.vsau.org/storage/articles/March2026/hUhZ4Hmc2BI2vcVJtF6r.pdf *(0,44 друк. арк.).*

6. Chmykh K. Investigation of forward slip during hot rolling of the AK6 aluminum alloy. *Техніка, енергетика, транспорт АПК.* 2025. № 3(130). P. 53 58. DOI: 10.37128/2520-6168-2025-3-5. URL: http://tetapk.vsau.org/storage/articles/January2026/6M7FdJQoxZMkCNhUlvlC.pdf *(0,49 друк. арк.).*

Матеріали конференцій

7. Чмих К. В. Алюмінієві сплави та технологія їх переробки. *Перспективи розвитку машинобудування та транспорту*: матеріали конференції (тези) III Міжнародної науково-технічної конференції, 01-03 червня 2023 р., м. Вінниця. Вінниця: ВНТУ, 2023. URL: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2023/paper/view/18243 *(0,18 друк. арк.).*

8. Чмих К. В. Моделювання процесу загартування алюмінієвих сплавів. *Авіація, промисловість, суспільство*: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції, 16 травня 2024 р., м. Кременчук. URL: https://klk.univd.edu.ua/files/articles/297/zbirnik_materialiv_klk_hnuvs_2024.pdf *(0,20 друк. арк.).*

9. Чмих К. В. Вдосконалення методів гарячого деформування алюмінієвих сплавів для підвищення якості виробів. *Modern Movement of Science:*

Proceedings of the 16th International Scientific and Practical Internet Conference, October 14-15, 2024. Dnipro, 2024. URL: http://www.wayscience.com/wp-content/uploads/2024/10/Conference-Proceedings-October-14-15-2024.pdf *(0,11 друк. арк.).*

Патенти та авторські свідоцтва

10. Літературний письмовий твір наукового характеру з ескізом «Принципова схема установки для прокатування в гарячих умовах»: свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 142125 / Ю. А. Полєвода, Л. В. Швець, К. В. Чмих. Дата реєстрації: 29.01.2026 ; Бюл. № 98 від 28.02.2026.

Положення дисертаційної роботи пройшли апробацію у доповідях і виступах дисертанта на 8 міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях, що відбулися протягом 2022 - 2025 рр.

ВИСНОВОК

Дисертація Чмих Катерини В'ячеславівни на тему: «Удосконалення процесу прокатування виробів із алюмінієвих сплавів з підігрівом робочого інструменту» є оригінальним, самостійним, завершеним науковим дослідженням. У дисертаційній роботі вирішено розв'язання актуальної науково-прикладної задачі у галузі матеріалознавства та обробки металів тиском, що полягає у встановленні закономірностей впливу температури підігріву робочого інструменту на пластичну течію металу, напружено-деформований стан, параметри формозміни та особливості формування структури алюмінієвих сплавів під час гарячого прокатування.

Наукові положення, що знайшли відображення в дисертації, є обґрунтованими, про що свідчить структурна побудова та зміст роботи, істотний перелік узагальнених, систематизованих та опрацьованих автором фундаментальних робіт вітчизняних та зарубіжних учених і фахівців із питань технологічного процесу обробки металів тиском, в тому числі підвищення ефективності процесу гарячого прокатування алюмінієвих сплавів та виготовленні якісних деталей. Робота виконана державною мовою та відповідає принципам академічної доброчесності.

Зміст дисертації відповідає визначеній меті, поставлені дисертантом наукові завдання вирішені повністю, мету дослідження досягнуто. Основні положення

дисертації містять елементи наукової новизни. Структура й обсяг роботи відповідають встановленим вимогам. Наукові положення, висновки і рекомендації повністю обґрунтовані та аргументовані, містять наукову новизну та отримали необхідну апробацію на науково-практичних конференціях. У публікаціях здобувача відображені основні положення дисертації.

За актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю наукової та практичної цінності одержаних результатів, дисертація Чмих Катерини В'ячеславівни на тему: «Удосконалення процесу прокатування виробів із алюмінієвих сплавів з підігрівом робочого інструменту» відповідає спеціальності 132 Матеріалознавство, вимогам пп. 6, 7, 8, 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 року № 44 (зі змінами) та за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам наказу МОН від 12 січня 2017 року № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій».

Дисертація Чмих Катерини В'ячеславівни на тему: «Удосконалення процесу прокатування виробів із алюмінієвих сплавів з підігрівом робочого інструменту» може бути рекомендована до подання у спеціалізовану вчену раду на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

Голова міжкафедрального семінару
інженерно-технологічного факультету:
д.т.н., доцент, декан інженерно-
технологічного факультету
Вінницького національного
аграрного університету **Віталій ЯРОПУД**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Код 00497236

Підпис Яропуда В.М. засвідчую
вчений секретар Н. М. Кортанюк