

*До спеціалізованої вченої ради Д 08.084.02  
Національної металургійної академії України,  
49600, м. Дніпро, пр. Гагаріна, 4*

## **ВІДГУК**

офіційного опонента – кандидата технічних наук, доцента кафедри обробки металів тиском Державного вищого навчального закладу «Приазовський державний технічний університет» Присяжного Андрія Григоровича на дисертацію **Макеєвої Ганни Сергіївни** за темою **«Розробка основ технологій прокатки алюмінієвих штаб з армуванням сталевою сіткою для конструкційних виробів з прогнозованими механічними властивостями»**, подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – «Процеси та машини обробки тиском»

### **1. Актуальність теми дисертації та відповідність дисертаційної роботи спеціальності 05.03.05 – «Процеси та машини обробки тиском»**

Розробка технологій виготовлення композиційних матеріалів, для яких характерні підвищена здатність до поглинання енергії удару та зменшена питома маса (у порівнянні з питомою масою найбільш міцного компоненту), є одним з ефективних напрямків вдосконалення конструкційних матеріалів. До зазначених композиційних матеріалів відносяться алюмінієві штаби з армуванням сталевою сіткою, для виготовлення яких доцільне використання процесу сумісної гарячої прокатки. Але для розробки раціональної технології даного процесу бракує відомостей про параметри деформації як сталевої сітки, так і дротів, з яких вона складається, а також про вплив цих параметрів на показники механічних властивостей отриманого композиту.

Тому актуальною задачею, яка має важливе значення для науки та практики, є визначення параметрів деформації гратки та дротів сталевої сітки, вивчення закономірностей впливу цих параметрів на механічні властивості композиту і розробка на цій основі раціональної технології сумісної гарячої прокатки алюмінієвих штаб, армованих сталевою сіткою. Ця технологія дозволить отримати конструкційні матеріали з прогнозованими показниками механічних властивостей.

*Оскільки дисертаційна робота Макеєвої Ганни Сергіївни направлена на вирішення саме зазначеної вище задачі, то актуальність теми даної дисертаційної роботи не визиває сумнівів.*

Аналіз змісту дисертації, а також її основних наукових положень, висновків та рекомендацій, що представлені здобувачем до захисту, дозволяє зробити висновок про те, що *дисертаційна робота Макеєвої Ганни Сергіївни за темою «Розробка основ технологій прокатки алюмінієвих штаб з армуванням сталевою сіткою для конструкційних виробів з прогнозованими механічними властивостями» відповідає паспорту спеціальності 05.03.05 – «Процеси та машини обробки тиском».*

## **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами**

*Актуальність дисертації також підтверджується тим, що вона пов'язана з виконанням наукових досліджень Національної металургійної академії України (НМетАУ; м. Дніпро), передбачених координаційними планами Міністерства освіти і науки України. Дослідження виконані в рамках відповідної тематики держбюджетних науково-дослідних робіт (НДР) кафедри обробки металів тиском НМетАУ. Номери державної реєстрації зазначених НДР: 0118U003280 та 0117U002147. Крім того, про актуальність роботи також свідчить виконання досліджень у рамках проекту «Praxispartnershaft Metallurgie» – «Партнерство з організації практики в металургії» (за підтримки Німецького товариства академічних обмінів DAAD, ID 57143391).*

## **3. Структура, обсяг і зміст роботи**

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 115 найменувань на 12 сторінках та 4 додатків на 7 сторінках. Загальний обсяг дисертації становить 184 сторінки, з яких 148 сторінок основного тексту. У роботі представлено 78 рисунків і 30 таблиць.

У *вступі* наведена загальна характеристика роботи, обґрунтована актуальність теми й показаний зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами та темами, наведена мета і задачі дослідження, надані характеристики об'єкта, предмета та методів дослідження. Відзначено особистий внесок здобувача, сформульована наукова новизна та практична цінність отриманих результатів.

У *першому розділі* дисертації проаналізовані існуючі методи армування композитних матеріалів та виготовлення армованих композитних матеріалів, а також обґрунтована необхідність розробки основ технології для отримання нових композитних матеріалів, що поєднують в собі властивості міцності, легкості та ударної в'язкості для вирішення сучасних проблем будівництва та машинобудування. Результати проведеного аналізу дозволили автору дисертації поставити мету та сформулювати задачі, які потребують теоретичних та експериментальних досліджень.

У *другому, третьому та четвертому розділах* роботи представлені результати теоретичних і експериментальних досліджень здобувача, які були отримані у відповідності до поставленої мети та сформульованих задач. Аналіз та узагальнення отриманих даних дозволили здобувачеві розробити основи технології прокатки алюмінієвих штаб з армуванням сталевою сіткою та передати результати роботи, що мають практичну цінність, для використання у виробничих умовах.

У *загальних висновках* дисертації викладено отримані в процесі дисертаційного дослідження найбільш важливі наукові та практичні результати, які сприяли розв'язанню поставленої науково-технічної задачі.

*Список джерел*, використаних в першому розділі дисертаційної роботи, є інформативним, достатньо повно охоплює об'єкт та предмет дослідження, а також відображає основні напрями розвитку виробництва армованих алюмінієвих композитів.

*Враховуючи вище зазначене, можна зробити висновок про те, що за структурою, обсягом і змістом дисертаційна робота Макеєвої Ганни Сергіївни за темою «Розробка основ технології прокатки алюмінієвих штаб з армуванням сталевою сіткою для конструкційних виробів з прогнозованими механічними властивостями» відповідає вимогам, встановленим до кандидатських дисертацій. Оформлення дисертаційної роботи також відповідає встановленим вимогам.*

#### **4. Ступінь обґрунтованості і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі**

*Ступінь обґрунтованості наукових положень, а також висновків та рекомендацій, які були сформульовані в дисертації Макеєвої Ганни Сергіївни, є достатнім, що було забезпеченено за рахунок застосування*

*дисертантом різноманітних методів досліджень.* Зокрема, теоретичні дослідження ґрунтуються на фундаментальних методах теорії процесів пластичної деформації металів. При математичному моделюванні здобувачем на достатньо високому рівні був використаний сучасний метод скінчених елементів. Крім того, слід зазначити, що при виконанні аналізу результатів досліджень здобувачем використані дані, опубліковані у вітчизняних та зарубіжних виданнях. Експериментальні дослідження дисертант виконав у лабораторних умовах з використанням сучасної повіrenoї вимірювальної апаратури та пристроїв, а також комп’ютерної техніки. Опрацювання експериментальних даних дисертантом було виконано з використанням методів математичної обробки даних. *Тому можна зробити висновок, що експериментальні дані, які представлені в дисертаційній роботі Макеєвої Ганни Сергіївни, є також достовірними. Крім того, обґрунтованість та достовірність результатів досліджень дисертанта підтверджується достатнім ступенем їх апробації на наукових семінарах і науково-технічних конференціях різного рівня.*

## **5. Основні наукові положення, висновки і рекомендації дисертації, їх новизна**

У результаті теоретичних та експериментальних досліджень, які були проведенні здобувачем, отримані наукові положення, висновки і рекомендації, основні з яких полягають у наступному.

Результати роботи дозволили вперше визначити вплив відносного обтиснення армованих алюмінієвих штаб при їх прокатці на деформацію сталевої армуточої сітки. Так, наприклад, дисертантом *вперше встановлено*, що при ступені деформації 25–30 % переважним механізмом деформації сітки є видовження її граток, а при відносному обтисненні 35–45 % дріт сітки здебільшого овалізується і заповнює сформовані матрицею порожнини. Визначені дисертантом закономірності, приклади яких наведені вище, дозволили визначити діапазон раціональних значень відносного обтиснення армованого сталевою сіткою алюмінієвого композиту при його гарячій прокатці.

Результати роботи здобувача також дозволили *розширити уявлення про закономірності* анізотропії механічних властивостей армованих

сталевою сіткою алюмінієвих штаб в залежності від видовження гратки сітки та овалізації її дротів. Зокрема, Макеєвою Ганною Сергіївною встановлено, що при збільшенні відносного обтиснення композиту в діапазоні від 35 % до 45 % співвідношення значень повздовжньої та поперечної границі міцності збільшується з 1,07 до 1,13, а поздовжньої та поперечної границі текучості – з 1,03 до 1,07, відповідно. Зазначені результати дозволяють прогнозувати діапазон раціональних значень відносного обтиснення армованого сталевою сіткою алюмінієвого композиту з точки зору мінімізації анізотропії його механічних властивостей у поперечному та повздовжньому напрямках.

У дисертаційній роботі Макеєвої Ганни Сергіївни *вперше визначені* механізми з'єднання складових композиту в залежності від геометрії його елементів та відносного обтиснення при гарячій прокатці. Так, дисертантом *вперше показано*, що при ступені деформації композиту 25 % з'єднання його компонентів реалізується за механізмом, який призводить до зміни форми гратки сітки та повороту овалізованого дроту («Zip-з'єднання»). Здобувач також *вперше визначив*, що при збільшенні ступеня деформації композиту до 35–45 % одночасно з «Zip-з'єднанням» з'являються чисельні області з'єднання як між штабами алюмінію, так і між ними та армуючою сталевою сіткою. Зазначені вище закономірності дозволяють обґрунтувати ступінь деформації армованого сталевою сіткою алюмінієвого композиту з точки зору збільшення рівня його механічних властивостей.

На основі результатів експериментальних досліджень здобувача *вперше встановлені* механізми руйнування композиту при розтягуванні в залежності від таких технологічних факторів, як характер розподілу дроту в поперечному перерізі композиту, а також міцність зчеплення між шарами матриці (алюмінію) та між шарами матриці і сталевою армуючою сіткою. Це дозволяє при випробуваннях зразків на розтягування прогнозувати механізм руйнування армованих сталевою сіткою алюмінієвих штаб, які отримані сумісною гарячою прокаткою.

*Наведений вище аналіз дозволяє зробити висновок про те, що наукову новизну дисертації становлять наступні її положення:*

- 1) Вперше встановлені закономірності деформації сталевої армуючої сітки, розташованої між алюмінієвих штаб, а саме – трансформація (видовження) гратки сітки, витяжка та овалізація дроту, від ступеня деформації при прокатці.

2) Отримали подальшого розвитку відомості про закономірності анізотропії механічних властивостей армованого композиту в залежності від параметрів композиту та деформації його елементів: видовження гратки сітки та овалізації її дротів.

3) Вперше на підставі визначених закономірностей плину металів, які формують алюмінієво-сталевий композит з внутрішнім армуванням дротяною сіткою, визначено механізми з'єднання складових композиту в залежності від геометрії його елементів та ступеня деформації.

4) Вперше встановлені характерні особливості руйнування при розтягуванні армованих сталевою сіткою алюмінієвих композитів, отриманих сумісною прокаткою при різних ступенях деформації.

*Аналіз наведених положень наукової новизни дисертаційної роботи Макеєвої Ганни Сергіївни дозволяє зробити висновок про їх суттєве значення для науки.*

## **6. Значення наукових і прикладних результатів, що отримані в дисертаційній роботі, для науки і практики**

Значення для науки мають наступні результати дисертації:

1) *Нові закономірності* впливу відносного обтиснення при сумісній гарячій прокатці на параметри деформації сталевої армуючої сітки, яка розміщена між алюмінієвих штаб композиту.

2) *Розширені уялення про закономірності* впливу видовження гратки сталевої сітки та овалізації її дротів на співвідношення показників механічних властивостей армованого алюмінієвого композиту в повздовжньому та поперечному напрямках.

3) *Нові наукові знання* про механізми з'єднання в процесі сумісної гарячої прокатки складових алюмінієвого композиту, армованого сталевою сіткою.

4) *Нові наукові знання* про механізми руйнування, що реалізуються у випробуваннях на розтягування отриманого сумісною гарячою прокаткою алюмінієво-сталевого композиту з внутрішнім армуванням дротяною сіткою.

*Зазначені результати дисертаційної роботи Макеєвої Ганни Сергіївни мають важоме значення для розвитку теорії і технології обробки металів тиском та, зокрема, для вдосконалення технологій*

*виготовлення армованих сталевою сіткою алюмінієвих композитів методом сумісної гарячої прокатки.*

Практичне значення мають наступні основні результати дисертаційної роботи здобувача:

- 1) Інженерна методика для розрахунку параметрів деформації сталевої сітки у складі алюмінієвого композиту.
- 2) Методика експериментального дослідження параметрів деформації гратки сітки і її дротів у складі алюмінієво-сталевого композиту, отриманого сумісною гарячою прокаткою.
- 3) Методика експериментального дослідження показників механічних властивостей алюмінієво-сталевого композиту з внутрішнім армуванням дротяною сіткою, отриманого сумісною гарячою прокаткою.
- 4) Програмне забезпечення для чисельної реалізації методу скінченних елементів для вивчення впливу відносного обтиснення при сумісній гарячій прокатці на параметри деформації як армованого сталевою сіткою алюмінієвого композиту в цілому, так і його складових.
- 5) Спосіб отримання композиційних виробів з внутрішніми каналами (Патент України № 126811).

## **7. Повнота викладення основних наукових і прикладних результатів дисертації, що захищається, в опублікованих працях. Відповідність публікацій встановленим вимогам. Апробація роботи**

Матеріали дисертації Макеєвої Ганни Сергіївни опубліковані у 12 наукових працях. Серед зазначених праць 3 статті опубліковані у виданнях, які входять до переліку наукових фахових видань України, 2 статті – в закордонних періодичних спеціалізованих виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази SCOPUS, і 3 статті – у спеціалізованих виданнях, що додатково відображають матеріали дисертації. За результатами досліджень здобувача також отриманий 1 патент України на корисну модель та опубліковано 3 тези доповідей.

*Публікації достатньо повно відображають зміст роботи та відповідають вимогам, встановленим до кандидатських дисертаційних робіт.*

Матеріали дисертаційної роботи Макеєвої Ганни Сергіївни протягом 2015–2018 pp. доповідалися та обговорювалися на Придніпровському науковому семінарі «Обробка металів тиском» (м. Дніпро), а також на науково-технічних конференціях України (2016 і 2018 pp.) та Міжнародному симпозіумі Хорватської металургійної спільноти «Матеріали і металургії» (м. Шибеник, Хорватія; 2018 р.).

*Тому можна зробити висновок про те, що ступінь апробації результатів дисертації Макеєвої Ганни Сергіївни, які були отримані в рамках роботи на дисертацію, є достатнім.*

## **8. Конкретні шляхи використання отриманих наукових і прикладних результатів дослідження. Ступінь використання прикладних результатів роботи на момент її захисту**

Щодо конкретних шляхів використання результатів дисертаційної роботи Макеєвої Ганни Сергіївни слід зазначити наступне. Армований сталевою сіткою алюмінієвий композит з прогнозованими механічними властивостями, основи технології виготовлення якого розроблені здобувачем, може бути застосований в різних сферах машинобудування та будівництва, зокрема, для виробництва елементів машин та конструкцій, що повинні витримувати ударні навантаження. Прикладами таких виробів можуть бути ліфти, ролети, двері та інше. Іншим прикладом застосування таких армованих композиційних матеріалів є підбій броньованих машин, що наразі є актуальним для Україні. Запропонований автором підхід до скінченно-елементного математичного моделювання (розділ 3 дисертації) процесу сумісної гарячої прокатки може бути використаний при теоретичному дослідженні закономірностей деформації композитів, компоненти яких виготовлені з інших (не досліджених у дисертації) сплавів. Крім того, зазначений підхід можна застосувати і для визначення теоретичним шляхом закономірностей впливу схеми армування композиційного матеріалу на параметри деформації його компонентів при сумісній гарячій прокатці. Нові наукові знання, які були отримані здобувачем, необхідно використовувати в навчальному процесі при викладанні дисциплін, що пов’язані з теорією та технологією отримання композиційних матеріалів методами обробки тиском, зокрема, сумісною гарячою прокаткою.

Практичне значення результатів досліджень, отриманих Макеєвою Ганною Сергіївною, підтверджується актом ПрАТ Дніпровський завод «АЛЮМАШ» від 19 червня 2018 р. Крім того, результати, отримані в ході виконання дисертаційної роботи, використовуються і в навчальному процесі на кафедрі обробки металів тиском Національної металургійної академії України (довідка від 12 червня 2018 р.), а також на кафедрі матеріалознавства в Університеті Пaderborn (рекомендаційний лист від 21.06.2018 р.).

*Враховуючи зазначене, а також наявність у дисертації документів, які підтверджують практичне значення результатів досліджень здобувача, можна зробити висновок про те, що ступінь використання прикладних результатів дисертації Макеєвої Ганни Сергіївни на момент її захисту є достатнім та відповідає встановленим вимогам.*

## **9. Основні недоліки дисертації, яка захищається. Оцінка в цілому змісту дисертації, її завершеності, головні недоліки оформлення роботи**

Основні недоліки щодо змісту та оформлення дисертаційної роботи полягають у наступному:

- 1) Практичне значення експериментальних і теоретичних досліджень здобувача, охарактеризоване на стор. 21 та 22, більшою мірою відноситься не до прикладних, а до наукових результатів дисертації.
- 2) На стор. 43 дисертаційної роботи автор відзначає основні фактори, які найбільше впливають на процес з'єднання металів при їх сумісній гарячій прокатці: відносне обтиснення, швидкість та температуру деформації, а також фактор форми осередку деформації. Але при дослідженні параметрів деформації армуючої сітки в складі композиту (підрозділ 4.2 дисертації) здобувачем без відповідного обґрунтування врахований вплив лише одного із зазначених вище факторів: відносного обтиснення.
- 3) Висновок 3 на стор. 50 у тому формулюванні, яке надано автором, не відповідає змісту 1-го розділу дисертації. У даному розділі здобувачем не досліджувався процес сумісної прокатки алюмінієвих штаб, а аналізувались результати вже відомих та опублікованих у науково-технічній літературі досліджень.

4) У підрозділі 2.5 дисертації автор зазначає, що коефіцієнт тертя при математичному моделюванні був прийнятий рівним 0,47. По-перше, немає обґрунтування цього значення. По-друге, здобувачем не надані рекомендації щодо визначення значень коефіцієнта тертя в залежності від технологічних факторів процесу прокатки.

5) У пунктах 3.5.1 та 3.5.2 дисертації запропоновано використовувати формули (3.1) та (3.2) для розрахунку границь міцності та текучості сталевої армуючої сітки у складі композиту після його прокатки. Але ці формули, як відомо, відносяться не до процесу гарячої, а до процесу холодної прокатки, який у дисертаційній роботі не розглядався.

6) За результатами математичного моделювання (підрозділ 3.7 роботи) автором зроблений висновок про якісну та кількісну збіжність результатів теоретичного аналізу з даними експерименту (стор. 106), але розроблена дисертантом математична модель чомусь не була використана при виконанні подальших досліджень.

7) У підрозділі 4.2 дисертаційної роботи (стор. 125–128) були отримані емпіричні залежності (4.1)–(4.4) для розрахунку показників формозміни сітки у складі композиту. Ці залежності не є універсальними, а тому можуть бути використані лише при певних умовах, які у матеріалах підрозділу 4.2 не розкриті.

*Зауваження щодо автoreферату дисертаційної роботи:*

1) На рис. 1 автoreферату (стор. 7) показані зони деформації, але ніяких даних щодо визначення границь між цими зонами не наведено.

2) Скінченно-елементна математична модель, розроблена здобувачем, в автoreфераті не охарактеризована.

3) В автoreфераті практично не представлені результати статистичної обробки даних експериментальних досліджень.

*Зазначені недоліки відносяться до окремих фрагментів дисертації та не стосуються її суті. Тому в цілому зміст, структура та обсяг дисертаційної роботи Макеєвої Ганни Сергіївни відповідають вимогам, які пред'являються до кандидатських дисертацій.*

*У роботі Макеєвої Ганни Сергіївни отримані нові наукові знання, які мають важливe значення для розвитку процесів обробки металів тиском,*

*її розділи тісно пов'язані з основної ідеєю дисертації та логічно переходять з одного в інший.*

*Дисертаційна робота виконана самостійно, є завершеною науковою працею та написана грамотною технічною мовою.*

## **10. Відповідність автoreферату та змісту дисертаційної роботи.**

**Відповідність оформлення автoreферату встановленим вимогам**

Автореферат дисертації Макеєвої Ганни Сергіївни за структурою та змістом у цілому відповідає дисертаційній роботі, відображає її основні наукові та прикладні результати, що представлені здобувачем до захисту. Автореферат дисертаційної роботи здобувача оформленний у відповідності до встановлених вимог.

## **11. Загальний висновок**

На закінчення можна зробити висновок про те, що дисертаційна робота Макеєвої Ганни Сергіївни за темою «Розробка основ технології прокатки алюмінієвих штаб з армуванням сталевою сіткою для конструкційних виробів з прогнозованими механічними властивостями» відповідає сучасним науковим уявленням в області теорії і технології процесів обробки металів тиском та *містить вирішення актуальної науково-технічної задачі*, що полягає в встановленні закономірностей деформації сталевої армуючої сітки, розташованої між алюмінієвих штаб, а саме трансформація (видовження) гратки сітки, витяжка та овалізація дроту, від ступеня деформації при прокатці, визначені механізму з'єднання складових композиту в залежності від геометрії його елементів та ступеня деформації, що дозволило розробити основи технології отримання алюмінієвих штаб з армуванням сталевою сіткою способом гарячої прокатки для отримання композиту з прогнозованими механічними властивостями.

Дисертація Макеєвої Ганни Сергіївни за темою «Розробка основ технології прокатки алюмінієвих штаб з армуванням сталевою сіткою для конструкційних виробів з прогнозованими механічними властивостями» має важливe наукове та практичне значення, виконана самостійно на досить

високому науково-технічному рівні, містить достовірні та достатньою мірою обґрунтовані нові наукові положення і відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12, 13 постанови Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів» (із змінами згідно Постанов Кабінету Міністрів України № 656 від 19.08.2015, № 1159 від 30.12.2015 та № 567 від 27.07.2016).

Здобувач Макеєва Ганна Сергіївна заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – «Процеси та машини обробки тиском».

**Офіційний опонент,**  
кандидат технічних наук, доцент  
кафедри обробки металів тиском  
Державного вищого навчального  
закладу «Приазовський державний  
технічний університет»

А. Г. Присяжний

Підпис Присяжного А. Г. засвідчує:

Т.в.о. начальника загального відділу

*30.11.2018*

Л. М. Зеленченко

