

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи Національної
Металургійної Академії України



АНОТОВАНИЙ ЗВІТ

про виконану роботу у 2020 році в рамках реалізації проєкту
із виконання наукових досліджень і розробок

Розробка наскрізної технології прокатки-з'єднання алюмінієвих армованих композитів з підвищеною здатністю до поглинання енергії удару і вогнетривкістю

Назва конкурсу: ПІДТРИМКА ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОВІДНИХ ТА МОЛОДИХ УЧЕНИХ
Реєстраційний номер Проєкту: 2020.02/0329

Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок 2020.02/0329
«Розробка наскрізної технології прокатки-з'єднання алюмінієвих армованих композитів з підвищеною здатністю до поглинання енергії удару і вогнетривкістю»

Рішення наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу ПІДТРИМКА ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОВІДНИХ ТА МОЛОДИХ УЧЕНИХ протокол від «16-17» вересня 2020 року № 21

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Тривалість виконання Проєкту

Початок – дата укладання Договору про виконання наукових досліджень і розробок;
Закінчення – 2021 рік.

Загальна вартість Проєкту, грн.

1 330 000,00 (один мільйон триста тридцять тисяч гривень 00 копійок).

Вартість Проєкту по роках, грн.:

1-й рік 219 920,00 (двісті дев'ятнадцять тисяч дев'ятсот двадцять гривень 00 копійок).

2-й рік 1 110 080,00 (один мільйон сто десять тисяч вісімдесят гривень 00 копійок).

3-й рік -

2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту буде залучено 7 виконавців, з них:

доктори наук: 1;

кандидати наук: 3;

інші працівники: 3.

3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ(Ї) СУБВИКОНАВЦЯ(ІВ) ПРОЄКТУ

Грантоотримувач: Національна Металургійна академія України Міністерства Освіти і Науки України

Субвиконавці – відсутні.

4. ОПИС ПРОЄКТУ

4.1. Мета Проєкту (до 200 знаків)

Розробка ефективної технології гарячої прокатки листового алюмінієвого композиту, армованого сталеву сіткою. Наукова основа полягає у прогнозуванні формозміни сітки в зоні деформації.

4.2. Основні завдання Проєкту (до 400 знаків)

- Створення та верифікація адекватної скінчено-елементної моделі прокатки-з'єднання армованих композитів.
- Обґрунтування вибору конфігурації сітки за наступними критеріями: мінімальна локалізація напружень у перехрестях, ресурс пластичних властивостей, здатність до утворення з'єднання з матрицею.
- Визначення параметрів підготовки поверхні сітки та матриці, які забезпечать заповнення елементів сітки металом матриці без утворення повітряних «кишень».
- Експериментальні та теоретичні дослідження зони деформації при прокатці для забезпечення рівномірної деформації армуючого шару та надійного з'єднання шарів матриці.
- Визначення властивостей прокатаних композитів, а також можливостей для їх подальшого деформування шляхом гнуття.
- Узагальнення результатів досліджень та розробка основних елементів технології виготовлення армованих композитів прокаткою. Виготовлення дослідних зразків прокаткою в умовах лабораторії

4.3. Детальний зміст Проєкту:

- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)

Розробка технології виготовлення композиційних матеріалів за допомогою гарячого з'єднання прокаткою вимагає всебічного розуміння поведінки елементів композиту елементів в зоні деформації. Така поведінка ще не була достатньо досліджена. Тому наразі не існує надійного методу прогнозування поведінки жорсткої армуючої фази всередині м'якої алюмінієвої матриці.

- Новизна Проєкту (до 400 знаків)

Науковою новизною проєкту є in-situ дослідження поведінки армуючої фази в умовах високого гідростатичного тиску з варіюванням у часі компонент тензору напружень а також зміни головних напружень.

- Методологія дослідження (до 400 знаків)

Теоретичні дослідження проводилися з використанням ліцензійного програмного забезпечення, на основі методу скінчених елементів, для моделювання процесів обробки металів тиском. Під час виконання проєкту було створено та верифіковано модель процесу прокатки армованого композиту. Верифікацію моделі проведено шляхом порівняння результатів моделювання з результатами експериментальних прокаток.

5. ОТРИМАНІ НАУКОВІ АБО НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ (до 2 сторінок) в поточному році/ в рамках реалізації Проєкту, зокрема:

5.1. Опис наукових або науково-технічних результатів, отриманих в рамках виконання Проєкту (із зазначенням їх якісних та кількісних (технічних) характеристик)

1. Визначено критерії для вибору початкової конфігурації композиту для моделювання та верифікації моделі:
першим критерієм до вибору конфігурації сітки є діагональна орієнтація її дротів;
другим критерієм до вибору конфігурації сітки є об'ємна частка армуючої фази на рівні 5%...15%;
третім критерієм до вибору конфігурації сітки є використання у якості армуючої фази прісечно-витяжної сітки;

четвертим критерієм до вибору конфігурації сітки є використання просічно-витяжної сітки після відпалу.

2. Визначено та обґрунтовано граничні умови для моделювання: модель та показник тертя, силові умови процесу, геометрія композиту, температурне поле, поле швидкостей течії металу в зоні деформації.
3. У програмі QForm створено скінчено-елементну модель процесу прокатки-з'єднання композиту у складі алюмінієвої матриці та армуючого шару зі сталеві просічно-витяжної сітки. Проведено моделювання прокатки-з'єднання композитів, які армовані сітками різної конфігурації: з аустенітної сталі AISI 304 та феритної вуглецевої сталі C10 (1.0301 за EN 10277-2 з різними параметрами ґратки. Ступінь деформації при моделюванні становила 20%.
4. Проведено експериментальну прокатку композитів обраної конфігурації зі ступінцями деформації 20, 30, 40 і 50%. Проведено порівняння результатів моделювання та експериментів за наступними геометричними показниками: товщина нитки; величина кута сітки; довжина перехрестя; довжина вічка; ширина вічка. Встановлено, зміна кута сітки і довжини вічка суттєво залежать від матеріалу сітки.
5. Досліджено поведінку сітки в умовах прокатки-з'єднання: отримані дані про локалізацію напружень та деформації, деформаційне зміцнення, трансформацію вічка та деформацію ниток. Дослідження зони контакту сталеві сітки з алюмінієвою матрицею показали, що за малих ступенів деформації наявність слідів окалини на поверхні контакту двох шарів матриці свідчить про те, що окалина, яка відірвалася від сітки під час її вирівнювання вздовж вісі прокатки на початку процесу послаблює взаємодію двох шарів матриці між собою, а також зменшує прояву “zip-bonding” ефекту.
6. Проведено експериментальну прокатку з подальшим аналізом матриці та армуючої фази, що дозволили встановити, “zipbonding” ефект при армування просічно-витяжною сіткою проявляється навіть при 20% деформації. Однак цей ефект у випадку армування просічно-витяжною сіткою виражений менш явно, ніж при армування дротяною сіткою. Тим не менш, з'єднання композитів, прокатаних при 20% деформації показало себе як нестабільне. Композити розшарувувалися під час вирізання зразків, або навіть мінімального гнуття. При чому слід зазначити, що один шар матриці мав більш сильне зчеплення з армуючою сіткою, ніж інший.

5.2. За наявності науково-технічної продукції обґрунтування її переваг у порівнянні з існуючими аналогами

Композити, отримані під час експериментальної прокатки на стані «кварто» зі ступенем деформації 20% показали наступні результати під час випробувань на ударний вигин – поглинена енергія удару у армованих зразків збільшилася на 15% у порівнянні з неармованими. При цьому частка армуючої фази становила менше 5%, а збільшення питомої ваги в результаті армування відбулося у середньому на 8,4%.

5.3. Практична цінність отриманих результатів реалізації Проєкту для економіки та суспільства (стосується проєктів, що передбачають проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок)

Практична цінність результатів роботи на цьому етапі полягає у тому, що створена та адаптована для даного процесу комп'ютерна модель буде у подальшому використовуватися для виконання завдань наступних етапів, зокрема:

- Визначення максимального обтиснення для обраного типу сітки, при якому поверхня композиту залишається гладкою.
- Моделювання процесу прокатки-з'єднання.
- Кількісні характеристики напружено-деформованого стану в умовах високого гідростатичного тиску з варіюванням у часі компонент тензору напружень а також зміни головних напружень.

- Визначення параметрів зони деформації при прокатці-з'єднанні, які забезпечать рівномірну деформацію армуючого шару та надійне з'єднання шарів матриці.

5.4. Опис шляхів та способів подальшого використання результатів виконання Проєкту в суспільній практиці.

Результати виконання етапу проєкту у 2020 році будуть основою магістерської роботи, захист якої планується, у відповідності до графіку навчального процесу НМетАУ, у січні 2021 року. Студенти групи МЕ07-15 отримають можливість під час переддипломної практики познайомитися з найкращими практиками моделювання прокатки композитних матеріалів, а також долучитися до експериментів з такої прокатки в лабораторії кафедри ОМТ НМетАУ. Створена комп'ютерна модель після завершення етапу буде доступна для використання у навчальному процесі для студентів і аспірантів.

Анотований звіт не містить відомостей, заборонених до відкритого опублікування

Науковий керівник Проєкту

Завідувач кафедри Обробки Металів Тиском
Національної Металургійної Академії України

Фролов Ярослав Вікторович

(підпис)

