

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО**

МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ПРОБЛЕМИ
В ОБРОБЦІ МАТЕРІАЛІВ ТИСКОМ
І ЯКОСТІ ФАХОВОЇ ОСВІТИ**

**МАТЕРІАЛИ
Х МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

3 – 7 червня 2019 року



м. Київ – м. Херсон

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Ільченко М.Ю.	Україна	голова
Бардачов Ю.М.	Україна	співголова
Бобир М.І.	Україна	співголова
Баглюк Г.А.	Україна	співголова
Білошенко В.О.	Україна	співголова
Ноговіцин О.В.	Україна	співголова

Алієв І.С.	Україна	Михалевич В.М.	Україна
Балушок К.Б.	Україна	Мозговий В.Ф.	Україна
Бейгельзімер Я.Ю.	Україна	Мозговий О.В.	Україна
Биба М.В.	Великобританія	Огородніков В.А.	Україна
Гогаєв К.О.	Україна	Орлов Д.В.	Швеція
Данильченко Ю.М.	Україна	Петраков Ю.В.	Україна
Дия Г.	Польща	Петросян Г.Л.	Вірменія
Дмитрієв Д.О.	Україна	Решетов О.В.	Великобританія
Добров І.В.	Україна	Розов Ю.Г.	Україна
Драгобецький В.В.	Україна	Рудь В.Д.	Україна
Кавалла Р.	Німеччина	Савчинський І.Г.	Україна
Качан О.Я.	Україна	Савчук П.П.	Україна
Кнапинський М.	Польща	Сошко О.І.	Україна
Кондратюк Е.В.	Україна	Таріков Г.П.	Білорусь
Кривов Г.О.	Україна	Фролов Я.В.	Україна
Кулагін Р.Ю.	Німеччина	Чигиринський В.В.	Україна
Кухарь В.В.	Україна	Чухліб В.Л.	Україна
Лисенко О.М.	Україна	Шалімова Н.Ю.	Україна
Матвійчук В.А.	Україна	Штерн М.Б.	Україна

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Тітов В.А.	голова
Гожій С.П.	заступник голови
Селіверстов І.А.	заступник голови
Холявік О.В.	вчений секретар
Злочевська Н.К.	технічний секретар

Бойко Ю.П.	Лавріненков А.Д.	Рехта О.С.
Борис Р.С.	Лобов О.О.	Русанов С.А.
Гараненко Т.Р.	Мельниченко О.М.	Сабол С.Ф.
Войтович О.А.	Піманов В.В.	Сохан Д.В.
Кліско А.В.	Рачинський В.В.	Сусорова О.А.
Тітов А.В.	Ткач В.О.	

16. О.В. Мозговий ВТРАТИ МЕХАНІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ВОЛОКНИСТИМИ КОМПОЗИТАМИ З ПОЛІМЕРНОЮ МАТРИЦЕЮ.....	50
17. А.В. Тітов, Т.Р. Гараненко, А.В. Кліско, В.О. Корева ПОБУДОВА ЗАЛЕЖНОСТІ НАПРУЖЕНЬ ВІД ШВИДКОСТІ ДЕФОРМАЦІЙ НА ОСНОВІ ВИПРОБУВАНЬ НА ЗГІН ДЛЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВУ ВТ6.....	54
18. Є.Є. Бергер ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА КОРОЗІЙНОЇ АКТИВНОСТІ ПОЛІМЕРНИХ МАСТИЛ ПІД ЧАС ВОЛОЧІННЯ.....	56
19. О. Є. Марков, О. В. Герасименко, А. С. Хващинський РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПРОФІЛЬОВАННЯ ТА ОСАДЖЕННЯ ЗАГОТОВОК.....	58
20. Р.Г. Пузир, Р.Г. Аргат, Р.А. Вакуленко, О.М. Кузьміна, О.О. Педун ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ ЗАГОТОВКИ, ЩО УСУВАЄ ВТРАТУ СТІЙКОСТІ ФЛАНЦЯ ПРИ ВИТЯГУВАННІ.....	61
21. О.Г. Курпе, В.В. Кухар ОЦІНКА ВПЛИВУ КОНВЕКЦІЙНОГО ТЕПЛООБМІНУ В РОЗРАХУНКАХ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ СМУГИ ПРИ ТЕРМОМЕХАНІЧНІЙ ПРОКАТЦІ.....	65
22. Р. І. Сивак ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ АНІЗОТРОПНО ЗМІЦНЮВАНОВОГО ТІЛА ПРИ НЕМОНОТОННІЙ ПЛАСТИЧНІЙ ДЕФОРМАЦІЇ.....	67
23. Л.Ф. Головка, В.В. Романенко, М.С. Блощинин, С.С. Салій, І.В. Свічкач ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВАНИ РОЗПЛАВУ ЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ ЛАЗЕРНО-ЛИВАРНОМУ МЕТОДІ ВИГОТОВЛЕННЯ БІМЕТАЛІВ.....	69
24. О.В. Алтухов, О.Ф. Тарасов ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСІВ ІНТЕНСИВНОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	70
25. В.П. Ламашевський, В.А. Тітов, В.П. Швець, Н.К. Злочевська ЕКСПРЕС-МЕТОД ОЦІНКИ ЯКОСТІ НАПІВФАБРИКАТІВ МЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ.....	72
26. В.А. Матвійчук, В. М. Михалевич МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФОРМІВНОСТІ ЗАГОТОВОК НА ОКРЕМИХ ПЕРЕХОДАХ ВАЛЬЦЮВАННЯ.....	76
27. Аріф Намоглу, В.Л. Чухліб, В.Д. Мішалов, О.О. Філіппі, Ю.Ю. Зубко, Є.В. Пиндич РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ТА ПЛАНУВАННЯ ВИТРАТ МЕТАЛУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПОКОВОК ВІЛЬНИМ КУВАННЯМ В УМОВАХ КОВАЛЬСЬКО-ТЕРМІЧНОГО ЦЕХА ТОВ «ДНПРОПРЕС СТАЛЬ».....	78
28. Р.М. Юзефович, М.З. Варивода, І.М. Яворський, П.Р. Курапов АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ МЕХАНІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ПЕРІОДИЧНО КОРЕЛЬОВАНИХ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ.....	80

УДК 621.771.23:681.5.015.2

О.Г. Курпе¹, В.В. Кухар²

1 – Метинвест Холдинг, 2 – Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь

ОЦІНКА ВПЛИВУ КОНВЕКЦІЙНОГО ТЕПЛООБМІНУ В РОЗРАХУНКАХ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ СМУГИ ПРИ ТЕРМОМЕХАНІЧНІЙ ПРОКАТЦІ

Сучасний рівень обчислювальної техніки дозволяє виконувати поглиблені дослідження процесів обробки металів тиском, методами математичного моделювання. Це дозволяє знаходити нові ланки для вивчення технологічних процесів, які раніше були недосяжні, впроваджувати нові превентивні методи керування ними [1-3].

Метою дослідження є оцінка впливу конвекції на розподіл температурного поля смуги по ширині яка виробляється по режимах гарячої та термомеханічної прокатки на ділянці між пічною моталкою та станом Стеккеля.

Відповідно до сучасного уявлення теорії теплопереносу, передача тепла від тіл які нагріті вище температури червоного світіння, відбувається головним чином випромінюванням. Вплив конвекційного механізму теплопередачі зі зниженням температури поверхні заготовки збільшується. Тому, при розрахунку, для умов термомеханічного процесу прокатки (ТМСП) на стані Стеккеля, враховували теплопередачу випромінюванням та конвекцією.

Відома математична модель зміни температурного поля нерівномірно нагрітої смуги що охолоджується [4], яка включає залежності для розрахунку температури довільного проміжного (і – го) прошарку заготовки, прошарку з максимальною теплоємністю та прошарку на кромці, доповнена врахуванням конвекційного теплового потоку, відповідно до закону Ньютона-Рихмана.

Додатково, вдосконалена модель включає залежності для розрахунку фізичних та теплофізичних властивостей (щільність, середня теплоємність, теплопровідність) низьковуглецевих марок сталі, які отримані шляхом обробки даних [5-7]. Ці марки є найбільш наближеними до марок що використовуються в технології ТМСП. Для розрахунку кожної з вказаних фізичних та теплофізичних властивостей розроблено по кілька залежностей для різних діапазонів температур, що забезпечило отримання коефіцієнту вірогідності апроксимації R^2 більш ніж 0,90.

Для оцінка впливу конвекції на розподіл температури по ширині смуги, на підставі вдосконаленої математичної моделі, виконано розрахунок для умов гарячої та термомеханічної прокатки. Для обох варіантів розрахунку використовували сталь марки Х65, відповідно до вимог стандарту АРІ-5L, хімічний склад якої наведений в табл. 1. Вхідні дані, які були використані для розрахунків, наведені в табл. 2

Таблиця 1

Хімічний склад сталі що використовувалась в дослідженні

Марка сталі	Хімічний склад, %														
	C	Mn	Si	S	P	Al	Nb	V	Cu	Ni	Cr	Mo	Ti	N	B
Х65	0,09	1,4	0,23	0,002	0,011	0,036	0,03	0,066	0,02	0,02	0,03	0,01	0,015	0,007	0,0005

Таблиця 2

Дані що використані при розрахунках по різних технологія

Технологія	Товщина смуги, мм	Ширина смуги, мм	Температура після пічної моталки, °С	Час охолодження смуги, сек
Гаряча прокатка	40	1400	1100	140
ТМСП	40	1510	825	8

Результати оцінки впливу конвекції при моделюванні зміни температури смуги по двох технологіях прокатки наведені на рис. 1.

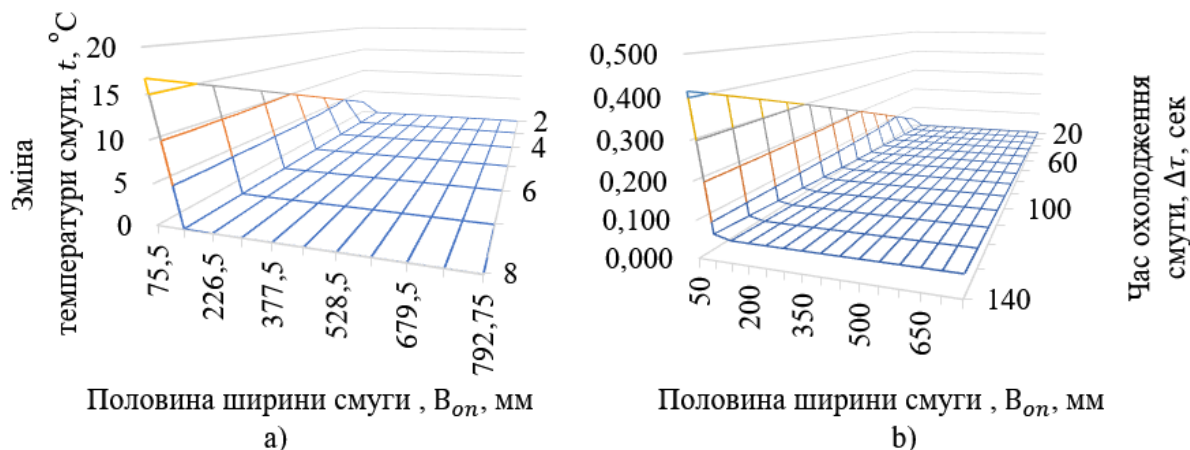


Рис. 1 – Результати оцінки впливу конвекції при моделюванні розподілу температури по ширині смуги по режимах ТМСР (а), та по режимах гарячої прокатки (б)

По результатах моделювання отримані наступні результати:

– при реалізації режимів ТМСР в діапазоні температур 800°C – 825°C, втрати тепла конвекцією на кромці смуги становлять 93%, тобто з загального зниження температури на кромці, яке становить 17,93°C, зниження за рахунок конвекції становить 16,72°C. Ближче до центру смуги вплив конвекції суттєво зменшується.

– при реалізації режимів гарячої прокатки в діапазоні температур 1050°C – 1100°C, втрати тепла конвекцією на кромці смуги становлять лише 1%, тобто з загального зниження температури на кромці, яке становить 41,69°C, зниження за рахунок конвекції становить лише 0,42°C.

За результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Виконано оцінку впливу конвекції при моделюванні зміни розподілу температури смуги по ширині по режимах ТМСР, вплив конвекції становить 93%, та по режимах гарячої прокатки, вплив конвекції становить 1%.
2. Встановлено, що більш інтенсивне охолодження спостерігається на бокових кромках смуги.
3. Вдосконалену модель можливо використовувати для розрахунків зміни розподілу температури плоского прокату, який виробляється по режимах гарячої прокатки, термомеханічної прокатки та її різноманітних варіантів реалізації (високо температурної та низько температурної), а також нормалізуючої прокатки.

Список використаних джерел

1. Daniel Weisz-Patruault. Coupled heat conduction and multiphase change problem accounting for thermal contact resistance / Daniel Weisz-Patruault // International Journal of Heat and Mass Transfer, 2017. – P. 595–606, DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.08.091.
2. Daniel Weisz-Patruault. Temperature and heat flux fast estimation during rolling process / Daniel Weisz-Patruault, Alain Ehrlicher, Nicolas Legrand // International Journal of Thermal Sciences, 2014. – P. 1–20, DOI: 10.1016/j.ijthermalsci.2013.07.010.
3. Daniel Weisz-Patruault. Inverse three-dimensional method for fast evaluation of temperature and heat flux fields during rolling process / Daniel Weisz-Patruault // Symposium on Modelling of Rolling Processes, 2012, France, P.20–22.
4. Кухарь В.В. Управление тепловым состоянием тонколистового проката для повышения равномерности распределения механических свойств / В.В. Кухарь, А.Г. Присяжный, Е.Ю. Балалаева, О.А. Тузенко, А.Г. Курпе, А.С. Анищенко, И.В. Кармазина. – Мариуполь: ПГТУ, 2018. – 144 с.
5. Тайц Н.Ю. Методические нагревательные печи / Н.Ю. Тайц, Ю.И. Розенгарт. – М.: Metallurgizdat, 1964.
6. Расчет нагревательных и термических печей. Справочник. / Ред. Тымчака В.М., Гусовского В.Л. – М.: Metallurgiya, 1983.
7. Казанцев Е.И. Промышленные печи / Е.И. Казанцев. – М.: Metallurgiya, 1975.

Наукове видання

**ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ПРОБЛЕМИ
В ОБРОБЦІ МАТЕРІАЛІВ ТИСКОМ
І ЯКОСТІ ФАХОВОЇ ОСВІТИ**

Матеріали
X Міжнародної науково-технічної конференції

За технічною редакцією проф. В.А. Тітова

Художнє оформлення А.Д. Лавріненков

Редактори О.В. Холявік
А.Д. Лавріненков

Комп'ютерна верстка А.Д. Лавріненков