

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Лобойко Дар'ї Ігорівни
«Удосконалення технології неперервного прокатування на основі
використання критерію поздовжньої стійкості штаби», що представлена на
здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю
05.03.05 «Процеси та машини обробки тиском»

Актуальність теми дисертації

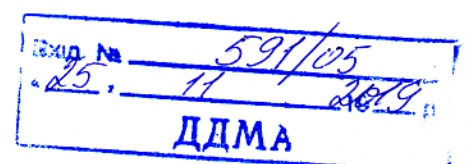
Переорієнтація ринків збуту металургійної галузі України вимагає підвищення якості металопродукції до вимог, регламентованих європейськими та міжнародними стандартами, а також підвищення її конкурентоспроможності на світовому ринку. Вагому частку металургійної продукції займає холоднокатаний металопрокат, виробництво якого є досить енерговитратним.

Одним з шляхів з ресурсозбереження при прокатці є удосконалення технологічних режимів, а саме визначення раціональних обтиснень та сил натягіння. Також при холодній прокатці є проблема забезпечення сталості процесу, порушення якої призводить до зниження якості продукції та продуктивності стану. Вирішення цієї проблеми можливо шляхом розвитку математичних моделей процесу прокатки і аналізу сил, що діють в осередку деформації. Існуючі моделі з оцінки захоплюючої здатності валків мають розбіжності з практикою і викликають необхідність удосконалення критерію, згідно з яким можна теоретично визначити найбільш раціональні режими деформації металу, при якому процес буде відбуватись стабільно при мінімально можливих витратах енергії.

Таким чином, тема дисертаційної роботи Лобойко Д.І., що спрямована на розвиток теоретичних основ визначення граничних умов прокатки в сталому режимі та критерію оцінки поздовжньої стабільності розкату в валках при прокатці з натягінням, що дозволяє удосконалити режими обтиснень та натягінь з метою зменшення енерговитрат, є актуальною.

Зв'язок з державними та галузевими науковими програмами

Дисертаційна робота виконувалась у рамках держбюджетних науково-дослідних робіт, передбачених планами Міністерства освіти і науки України, на кафедрі обробки металів тиском Дніпровського державного технічного університету (№ держ. реєстрації 0114U005538, 0116U005926), в яких авторка брала участь як виконавець.



Структура і зміст дисертації

Дисертація викладена на 187 сторінках. Вона містить в собі анотації із переліком праць, вступ, чотири розділи, список використаних джерел загалом з 145 найменувань. Об'єм основного тексту дисертації складає 150 сторінок тексту. Дисертація містить 60 рисунків, 30 таблиць і 3 додатки.

В першому розділі розглянуто сучасний стан розвитку науки з питання теоретичних особливостей захоплювальної здатності валків в сталому режимі прокатування. Проаналізовано дослідні дані настання граничного випадку прокатування. Визначено, що випередження є значною величиною і є достатній запас сил тертя для подальшого збільшення кута захоплення. Визначено, що захоплювальна здатність валків при сталому процесі прокатування в значній мірі залежить від режиму натягіння розкату. Показано, що при прокатуванні на неперервних станах не існує універсального критерія, за допомогою якого можливо отримати раціональний режим натягіння розкату. На основі проведеного аналізу сформульовано мету та задачі роботи.

В другому розділі проаналізовані існуючі теоретичні моделі процесу прокатки. Розроблено та обґрунтовано використання методики оцінки поздовжньої стабільності процесу прокатки на основі визначення середньої результуючої внутрішніх поздовжніх сил пластичної деформації металу. Проведені теоретичні розрахунки з визначення цієї результуючої показали, що вона може характеризувати поздовжню стійкість розкату в валках, а рівняння рівноваги в осередку деформації може використовуватися для цієї оцінки. На основі цієї методики був також розроблений метод визначення моменту формозміни металу.

В третьому розділі виконані теоретичні та експериментальні дослідженням поздовжньої стабільності процесу прокатування з натягінням. З метою теоретичного визначення середньої результуючої поздовжніх сил було розроблено модель тертя, що в більшій мірі від існуючих методів відповідають граничним і кінематичним умовам та більш точно дозволяють визначити граничні умови прокатки штаби в осередку деформації. Для розрахунку параметрів напружено-деформованого стану і коефіцієнту тертя був розроблений алгоритм і відповідна програма чисельного визначення цих величин методом інтегрування Рунге-Кутта.

Також у третьому розділі було проаналізовано стабільність процесу прокатування при деформації металу з різними режимами натягіння і порівняно результати розрахунків з дослідними даними, наведеними в літературному огляді. Цій аналіз показав, що запропонована методика оцінки поздовжньої стабільності досить точно відображає результати експериментів, а середня результуюча сила істотно залежить від заднього натягіння штаби і слабо – від переднього.

В розділі також наведені результати експериментальних досліджень впливу заднього натягіння на випередження, що проводилися на одноклітьовому стані 180 кафедри ОМГ ДДТУ.

В четвертому розділі наведено методика розрахунку раціональних з точки зору енергозбереження режимів натягіння, що базується на визначенні середньої результуючої поздовжніх сил пластичної деформації металу в осередку деформації. Проаналізовано поздовжню стабільність процесу прокатування при режимах, що використовуються на реальних листових станах холодного прокатування 1680, 1400, 1700 та запропоновані раціональні з точки зору стабільності та енергоефективності.

Достовірність та обґрунтованість наукових положень та висновків, сформульованих в дисертації

Основні теоретичні результати роботи базуються на використанні чисельно-аналітичного методу на основі рішень одномірної умови рівноваги сил в осередку деформації при реалізації процесу прокатки та знаходяться у відповідності з відомими положеннями та математичним апаратом теорії пластичності, теорії пружності та теорії обробки металів тиском. Розроблені авторкою підходи до аналізу процесу прокатки смуг піддані співставленню, як з відомими теоретичними рішеннями, так і з результатами експериментальних досліджень. Останні були проведені в лабораторних умовах на спеціально створеній установці та в промислових умовах на діючому обладнанні. При проведенні експериментальних досліджень були застосовані методи фізичного моделювання. Для обробки отриманих даних були застосовані методи статистичної обробки. Розроблені в роботі математичні моделі були підтверджені експериментально, розроблені методики і алгоритми були впроваджені на діючому промисловому обладнанні. В цілому, отримані рішення успішно пройшли перевірку і можна їх вважати достовірними.

Найбільш суттєвими та важливими висновками роботи є висновки 2...7. В них викладено результати досліджень, які містять наступне:

– на основі визначення безрозмірної середньої результуючої поздовжніх сил пластичної деформації металу сформульовано критерій оцінки поздовжньої стабільності процесу і граничних умов прокатки, встановлено, що коли ця результуюча, будучи силою опору, спрямована протилежно руху штаби (є від'ємною), то процес відбувається стабільно без часткових або повних буксувань металу в валках, а при нульовому значенні цієї сили прокатка ведеться в граничних умовах, у випадку якщо результуюча поздовжніх сил додатна, тобто допомагає процесу, прокатка неможлива;

– у роботі доведено, що визначення середньої результуючої поздовжніх сил при прокатці середніх і тонких листів можливо безпосередньо виходячи з диференціального рівняння рівноваги в осередку деформації;

– показано, що контактні втягуючі сили витрачаються не тільки на подолання виштовхуючих сил, а й на врівноважування внутрішніх поздовжніх сил, середня результуюча яких може досягати 30% від запасу сил тертя в осередку деформації, що робить необхідним врахування даних сил при аналізі рівноваги металу в осередку деформації і особливо для забезпечення сталого, стабільного процесу прокатки;

– на основі експериментальних даних з розподілу контактних напружень в різних умовах прокатки проведено порівняння відомих граничних умов з запропонованими і показано, що за розробленою методикою співвідношення куту захвату до коефіцієнту тертя при сталому режимі більш точне і становить 1,4...1,5, за відомими рішеннями це співвідношення становить 2,0;

– проведений аналіз з оцінки впливу натягіння штаби на поздовжню стабільність процесу прокатки показав, що заднє натягіння штаби істотно впливає на абсолютне значення результуючої сили, зменшуючи її, а при збільшенні заднього натягіння в 1,7...2,0 рази середня результуюча поздовжня сила зменшується на 30-40%;

– проведений аналіз залежності випередження і середньої результуючої сили від заднього натягіння штаби, особливо в умовах близьких до граничних, показав, що в розглянутих умовах з подальшим збільшенням заднього натягіння перед пробуксовкою штаби випередження становить 1-2%, середня сила близька до нуля, що якісно узгоджується з дослідженнями інших авторів і підтверджує правомірність граничної умови;

– показано, що зі збільшенням заднього натягіння по клітям стану результуюча поздовжніх сил і сумарний момент зменшуються, на основі цього запропоновані раціональні за умовами енергозбереження режими натягіння металу і розроблено новий спосіб прокатки плоских виробів.

Результати дисертаційної роботи прийняті до апробації в промислових умовах і подальшого впровадження у виробничу практику удосконалення режиму натягіння на прокатному стані 1680 ПАТ «Запоріжсталь» (акт від 06.08.18 р.). На основі запропонованої методики оцінки поздовжньої стійкості процесу прокатки з натягінням розроблені раціональні з точки зору економії енергії режими натягіння для діючих листових станів 1400, 1700, 1680. Окремі положення дисертації використовуються в навчальному процесі на кафедрі обробки металів тиском Дніпровського державного технічного університету (ДДТУ).

Наукова новизна отриманих результатів

Серед положень, які представлені в дисертації, науковою новизною відрізняються наступні:

1. Вперше в якості критерію оцінки поздовжньої стабільності розкату і граничних умов прокатки запропоновано використання середньої результуючої внутрішніх поздовжніх сил пластичної деформації, встановлено закономірності впливу параметрів прокатки на поздовжню стійкість процесу, що дозволяє визначати раціональні режими натягіння при побудові енергозберігаючих технологій на неперервних листових станах холодної прокатки.

2. Вперше встановлено вплив натягіння на межу поздовжньої стабільності в осередку деформації і поточні внутрішні поздовжні сили, встановлено, що зі збільшенням натягіння поздовжня стабільність розкату в осередку деформації зменшується.

3. Отримала подальший розвиток модель питомих сил тертя по довжині осередку деформації, що відповідає граничним умовам процесу прокатки і яка відрізняється від існуючих врахуванням положення нейтрального перерізу, кінематичних умов в пластичній зоні та дозволяє при моделюванні процесу прокатки більш повно враховувати реальні контактні умови.

4. Вперше встановлено, що зі збільшенням натягіння штаби в міжклітьовому проміжку зменшується сумарний момент прокатки, але при цьому погіршується стійкість процесу, оскільки зменшується середня результуюча внутрішніх поздовжніх сил за абсолютною величиною, що дає можливість визначити межі зміни натягіння і забезпечити поздовжню стабільність розкату в валках та зменшення сумарного моменту прокатки і зниження енерговитрат.

Практична цінність результатів дисертації

Практичну цінність отриманих в роботі результатів складають наступні.

1. Методика призначення раціональних режимів натягіння на неперервних станах, котра дозволяє підвищити стабільність процесу прокатки і знизити енергоємність процесу і заснована на оцінці поздовжньої стабільності штаби в осередку деформації з натягінням при врахуванні дії внутрішніх поздовжніх сил пластичної деформації металу.

2. Методика визначення максимальної величини міжклітьового натягіння на неперервних станах.

3. Лабораторна установка для дослідження впливу величини і співвідношення заднього і переднього натягіння на поздовжню стабільність процесу прокатки металу, яка використовується у ДДТУ в наукових цілях і навчальному процесі.

4 Спосіб прокатування плоских виробів, який дозволяє за допомогою математичної моделі критеріальної умови оптимізації процесу прокатки за показником результуючої горизонтальної сили дозволяє виключити пробуксовки та зупинки розкату у валках і забезпечує зменшення витрат енергії, простої стану та підвищує продуктивність (патент України № 89747).

5 Рациональні режими натягіння на неперервних листових станах холодної прокатки 1680, 1400, 1700.

Окремі положення дисертації використовуються навчальному процесі.

Результати дисертаційної роботи у вигляді методики визначення поздовжньої стійкості процесу прокатки має практичну цінність і можуть бути використані на металургійних підприємствах таких як ПАТ «Запоріжсталь», ПрАТ «Маріупольський МК ім. Ілліча» при удосконаленні існуючих і розробці нових режимів натягіння і обтиснення на безперервних станах холодної прокатки.

Апробація роботи

Основні положення та матеріали дисертаційної роботи опубліковано в 17 роботах, в тому числі: 5 статей в фахових виданнях України, 1 стаття в науковому журналі, внесеному до наукометричної бази даних Scopus; 5 робіт – в матеріалах міжнародних конференцій. Також за результатами дисертаційної роботи отримано 1 патент України на корисну модель та опубліковано 1 монографію. Робота пройшла достатню апробацію, так як її результати доповідалися та обговорювалися на міжнародних науково-технічних конференціях, у тому числі: з проблем дослідження та удосконалення технологій та обладнання обробки тиском 2015, 2019 рр. (м. Краматорськ, ДДМА); «Пластична деформація металів» (м. Дніпро, НМетАУ, 2014); «Ресурсозбереження та енергоефективність процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії» (м. Харків, 2013, 2015, 2018); IV МНТК «Машини і пластична деформація металу», (м. Кам'янське, 2018 р.); на Придніпровському науковому семінарі «Обробка металів тиском» (м. Дніпро, 2018); наукових семінарах з ОМТ ДДТУ (м. Кам'янське, 2012-2019) і науковому семінарі при спеціалізованій раді Д 12.105.01 ДДМА (2019 р.).

Ідентичність автореферату змісту дисертації

Зміст автореферату відповідає положенням дисертації.

Оцінка оформлення дисертації та автореферату

Дисертаційна робота та автореферат добре оформлені та ілюстровані, написані чіткою технічною мовою. В роботі є ряд редакційних неточностей, але загальна кількість таких помилок незначна.

Зауваження до дисертації

1 У розділі 1 авторка спирається на результати експериментальних досліджень відношення кута захоплення до коефіцієнта тертя при сталому режимі прокатки, доцільним було б пов'язати ці дослідження з параметрами, що впливають на це співвідношення, наприклад, з режимами обтиснень, радіусом валків, умовами тертя, шириною смуги.

2 Літературний огляд слід було доповнити аналізом впливу на сталість процесу прокатки динамічних явищ, тобто розглянути динамічні моделі процесу прокатки.

3 Аналіз існуючих теоретичних моделей процесу прокатки виконаний на основі існуючих одновимірних моделей, до основних припущень котрих віднесено в роботі відсутність врахування розподілу напружень та деформацій по товщині прокату (стор. 34). Доцільним в цьому випадку цей аналіз доповнити результатами досліджень на основі застосування методів скінченних елементів, полії ліній ковзання та верхньої оцінки.

4 Розроблену нову методику визначення моменту формозміни металу слід було порівняти не тільки з методикою Фінка (стор. 71), а й з результатами, отриманими іншими методами.

5 Аналіз результатів запропонованої методики з визначення дотичних контактних напружень з експериментальними даними, отриманими на стані 1400 (стор. 79, табл. 3.1) слід було дати більш докладно, а також порівняти з результатами експериментальних досліджень в лабораторних умовах. Бажано було рекомендації зі значень запропонованих поправочних коефіцієнтів дати в більшому діапазоні коефіцієнтів тертя.

6 При співставленні експериментальних та теоретичних результатів напруження плинності було визначено як середнє арифметичне між значеннями до і після прокатки (стор. 88, ф-ла (3.8)), в той час є більш точні методики, засновані, наприклад, на поліноміальному описанні. В той же час незрозуміло яка методика була використана з визначення пружного сплюснення валків та яким чином було експериментально визначено величину коефіцієнту зсуву (стор. 88).

7 Для розробленої експериментальної установки (підрозд. 3.1) слід було більш докладно описати параметри, що впливають на дослідження, надати більш детальну схему, а також бажано було розширити номенклатуру досліджуваних матеріалів та умови тертя.

8 Ефективність використання результатів дисертаційної роботи в тому числі підтверджується зниженням моменту прокатки (стор. 163), бажано було в роботі надати аналіз фізичної сутності даного ефекту, а також надати аналіз зміни сил прокатки або енергосмності процесу в цілому.

Висновок

Зауваження, зроблені при розгляді матеріалів дисертації, не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи. Дисертацію виконано на достатньо високому рівні і вона є завершеною науково-дослідною роботою, одержані в ній наукові результати вносять значний вклад в підвищення ефективності процесів неперервної прокатки смуг.

Дисертаційна робота «Удосконалення технології неперервного прокатування на основі моделювання процесу з використанням критерію поздовжньої стійкості» відповідає вимогам п. 9 та п. 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567. Вважаю що її авторка Лобойко Дар'я Ігорівна, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском.

Офіційний опонент

Завідувач кафедри автоматизованих металургійних машин та обладнання (АММ) Донбаської державної машинобудівної академії (ДДМА), доктор технічних наук, доцент



Е. П. Грибков

Підпис зав. каф. АММ, д-ра техн. наук, доцента Грибкова Е. П. засвідчую

проректор з наукової роботи, управління розвитком та міжнародних зв'язків ДДМА




М.А. Турчанін