

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

ПОВОРОТНОГО Віктора Володимировича

«Підвищення ефективності роботи станів холодної прокатки труб шляхом раціонального синтезу деталей робочих клітей», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.08 – Машини для металургійного виробництва

1. Актуальність теми. Питання підвищення ефективності роботи прокатних станів, у тому числі станів холодної прокатки труб (ХПТ), завжди відносились до важливих тем дослідження металургійного устаткування. Їх вирішення дозволяє повніше розкрити можливості технології, обладнання та якості готової продукції. Тому обрана тема безумовно відноситься до актуальних напрямків дослідження. Тим більше, що в даній роботі розробка теми ведеться в поєднанні технологій виробництва, характеристик обладнання елементів та якості продукції.

2. Ступінь обґрунтованості та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій. В основі отримання наукових і прикладних результатів роботи лежать базові залежності і аналітичні методи теоретичної механіки, теорії коливань, дослідження напружено-деформованого стану обладнання робочих клітей методом скінчених елементів. Обґрунтованість наукових положень дисертації забезпечується математичними моделями, які відповідають сучасним науковим уявленням про напружено-деформований стан робочих вузлів обладнання ХПТ та вертикальні коливання робочих валків, які впливають на різностінність, тобто якість готових труб. Адекватність математичних моделей підтверджується збіжністю результатів імітаційного моделювання коливань та напружено-деформованого стану з експериментальними даними на діючих станах ХПТ.

Достовірність наукових результатів підтверджується коректністю постановки задач на підставі всебічного аналізу розрахункових схем, застосуванням апробованих теоретичних методів з урахуванням загальноприйнятих та обґрунтованих припущень.

На цій підставі вважаю **сформульовані в роботі наукові положення, висновки і рекомендації в достатньому ступені обґрунтованими і достовірними**, які відповідають сучасним уявленням про предмет дослідження.

3. Новизна наукових положень, результатів і рекомендацій. Наукова цінність результатів роботи полягає у виявленні залежності максимальних амплітуд коливань робочих валків станів ХПТ від розташування клинів натискного пристрою в станинах прямокутних конструкцій, та зі зв'язком з різностінністю труб. Виявлені місця концентрації максимальних напружень станини, що дозволяє збільшити

гранично допустиме зусилля прокатки при додержанні коефіцієнта запасу міцності 2.

Отримав розвиток теоретичний опис динамічної моделі, в якій пов'язані комплектація, динамічні параметри системи робочої кліті та різностінність.

Вважаю необхідним зазначити прискіпливість дисертанта в підході до рішення поставлених задач. Наприклад, щодо величини максимальних амплітуд коливань робочих валків до 11 % в залежності від розташування клинів натискного пристрою. Вказане значення на перший погляд незначне, але це знання дає уявлення про розбіг коливань різностінності. Це також відноситься до розрахунків жорсткості елементів робочих клітей, робочих валків під напівдискові калібри та залежності жорсткості від кута їх розвороту.

4. Цінність для науки і практики результатів досліджень. Наукове і практичне значення роботи складається в розробці математичної моделі, в якій відтворено зв'язок між динамічними явищами в робочій кліті та процесом формування повздовжньої різностінності труб. На цій підставі показана залежність відхилення товщини стінки труби від компонування клітей ХПТ окремими деталями (кільцеві калібри, розташування клинів натискного пристрою та інше). Дану частину роботи можна характеризувати в якості методики розрахунку коливань різностінності труби.

Значимість практичних результатів підтверджується актом впровадження технічних рішень у вигляді пакету конструкторської документації на робочі кліті станів ХПТ, що надані НВФ «Восток-Плюс» з відповідним актом. У виробництво ВСМПО «ТИТАН Україна» впроваджено робочі валки під кільцеві калібри стану ХПТ-32, а також станини раціональної конструкції цього стану.

5. Повнота відображення наукових положень в опублікованих роботах. Основний зміст дисертації в повній мірі викладено у 13 наукових працях, у тому числі 7 статей у наукових фахових виданнях, затверджених ДАК МОН України, 3 з яких опубліковані у виданнях, що індексуються у науково-метричній базі Index Scopus та Index Copernicus, 3 патенти України, 3 матеріали праць науково-технічних конференцій.

6. Оцінка змісту дисертації. Мета і задачі дисертаційного дослідження обумовлені необхідністю наукового обґрунтування нових рішень в частині раціональної комплектації робочої кліті стану ХПТ та математичного моделювання впливу коливань робочих валків на різностінність труб і виявлені максимальних напружень у вузлах клітей спрямовані на підвищення якості труб і стійкість вузлів обладнання. Задачі поставлено коректно і вирішуються в логічній послідовності, починаючи з аналізу факторів, які впливають на якість труб, порівняння конструктивних і техніко-економічних показників складових деталей, розробки математичних моделей, аналізу результатів рішень і їх співвідношення з даними експериментальних досліджень до обґрунтування знайдених та запропонованих рішень.

У розділі 1 на основі літературного огляду здобувачем виконано аналіз і розподіл низки факторів на такі, що мають відношення до технології, а інші до механічного обладнання станів ХПТ. Вони впливають на якість труб. Здійснено порівняння станів зі станинами прямокутної конструкції та конструкції з закругленою формою верхніх і нижніх поперечин, а також їх основних деталей.

При цьому до уваги приймалися такі важливі параметри, як маса і жорсткість кліті, знакозмінні навантаження в вузлах приводу, енерговитрати, потужність двигуна, час перевалки валків та заміни вузлів. Поставлена задача визначення раціонального зусилля прокатки в залежності від комплектації робочої кліті.

В окремому підрозділі дисертації наданий аналіз аналітичних і експериментальних методів дослідження напружено-деформованого стану (НДС) елементів клітей, їх недоліки і перевага.

Дисертант обґрунтовано зупиняється на необхідності використання методу скінчених елементів разом з тензометричним, що дає можливість визначення об'ємного напружено-деформованого стану вузлів обладнання.

У розділі 2 досліджується об'ємний напружено-деформований стан елементів робочих клітей на основі розробленої тривимірної моделі з використанням методу скінчених елементів. Розглядаються три типи станів: ХПТ-32, ХПТ-55, ХПТ-90 раціональної та прямокутної конструкції. Одержано поля еквівалентних напружень у вигляді тривимірних зображень станин. У результаті досліджень встановлено місця в станинах, де виникають максимальні еквівалентні напруження в трьох типах станів, та в яких в основному відбуваються руйнування.

Одержано графіки, які показали залежність максимального прогину поперечин станин від положення клина натискного пристрою, що пов'язано з різностінністю готових труб.

Виявлення місць концентрації напружень дозволило здійснити конструктивні заходи, спрямовані на зменшення їх значень (зміна положень ребер жорсткості, форми бокових ребер та ін.).

Далі в розділі 2 досліджується напружено-деформований стан робочих валків, опорних вузлів клітей і натискних пристроїв. Розглянуто валки під напівдисккові калібри та під кільцеві калібри. Встановлена залежність значень максимальних пружних деформацій осі валка від кута його повороту, що важливо, оскільки пов'язано з якістю (по геометрії) труб, а також зі зміною не тільки значень напружень, але й місця їх концентрації.

Важливим моментом дисертаційної роботи є поєднання дослідження конструкції станини, особливо валка, подушок та підшипників. Такий підхід дозволив встановити, що поєднання валків під напівдисккові калібри з роликівими конічними підшипниками кочення є найбільш несприятливою конструкцією по максимальним напруженням. Запропоновано використання в якості робочих валків шарнірних підшипників ковзання замість роликівих

конічних. Показано, що змінюючи тип підшипника та конструкцію робочого валка можливо зниження напружень до 25-60 %.

У розділі 3 досліджуються вертикальні коливання робочих валків, що має значення для вивчення їх впливу на коливання повздожньої різностінності труби.

Згідно відомим методикам дисертантом розроблені 5-масові розрахункові схеми робочих клітей, надані значення приведених мас складових вузлів клітей та жорсткостей проміжних елементів, які зведені в таблиці. Розроблена відповідна система диференційних рівнянь, які описують коливання мас. Одержані залежності для змінної жорсткості валкової системи під кільцеві та напівдискові калібри. Приведені залежності зусилля прокатки під час наростання навантаження, сталого режиму та спаду навантаження.

Виконано розв'язання частотного рівняння, визначені частоти вільних коливань системи з п'ятьма ступінями свободи. При цьому враховано вісім варіантів комплектації деталей прокатної кліті. Встановлена можливість биття коливань за рахунок того, що друга та третя частоти близькі за своїм значенням. Відзначені фактори впливу, які можуть підсилити амплітуду коливань при їх битті.

Наведено приклад рішення системи диференційних рівнянь у вигляді залежності різниць амплітуд вертикальних коливань вертикального та нижнього валків при різних комплектаціях клітей. Визначено, який варіант комплектації кліті забезпечує мінімальні граничні відхилення між валкового зазору, а це означає також і зовнішнього діаметру труби.

У розділі 4 досліджується різностінність труб, тобто вимірів одержаних під час їх виготовлення та виконано їх порівняння з результатами математичного моделювання. Показано збіг результатів вимірів та моделювання по значенню різностінності та частоті коливань.

Також виконано порівняння значень напружень в різних точках станини, приведених на основі вимірювання іншим автором, з результатами напружень в тих же точках, одержаних методом математичного моделювання.

У розділі 5 вирішується низка питань відносно заходів підвищення ефективності роботи станів. Розглянуто випадки руйнування деталей станів. Одержано залежність коефіцієнта запасу міцності від зусилля прокатки. Викладені рекомендації з вдосконалення конструкцій вузлів станів. Вони відносяться як до модернізації вузлів, так і нових конструкцій робочих клітей прокатних станів. Технологічні рішення захищені трьома патентами.

У цілому слід зазначити, що дисертант розглядав багатоваріантну задачу як в частині комплектації клітей, так і в порівнянні трьох типів клітей різної конструкції. Це дозволило успішно вирішити поставлені задачі та мету дослідження і виконати дисертаційну роботу.

7. При знайомстві з дисертацією і авторефератом виник ряд зауважень:

1. На стор. 66 відзначається, що в процесі роботи жорсткість роликів підшипників кочення змінюється в межах 2,5 %. Це настільки мала по значенню величина, що виникає питання: чи не одного порядку вона з методичною похибкою її вичислення за формулою, яка в роботі не наведена, чи доречно було враховувати настільки мале значення зміни жорсткості підшипників.

2. На рис. 3.10 залежність різниць амплітуд коливань робочих валків, які визначаються в долях мм, подана в розмірності - метр, тоді як в інших випадках подаються в [мкм], чи [мм]. Використання розмірностей одного порядку краще сприймається особливо при порівнянні величин.

3. На рис. 3.11-3.13 вздовж осі ординат неправильно вказано: «Відносна деформація робочих валків». Адже мова йде про порівняння амплітуди коливань валків під час дії змінного зусилля прокатки з переміщенням валків від статичного зусилля.

4. У таблиці 4.1 на стор. 105 не вказано дані про точність вимірювання різностінності труб. Чи доцільно наводити на рис. 4.8 – 4.10 та в таблиці 4.2 (також 4.1 автореферату) значення різностінності з урахуванням тисячної частки міліметра.

5. На стор. 127 вказано, що в формулі (5.1) k – коефіцієнт пропорційності між напруженням та силою, розмірність цього коефіцієнту не вказана, але має різне числове значення. Як це пояснити? Не вказано, як одержано ці коефіцієнти.

6. Далі низка незначних зауважень:

- у формулі (3.4) похідну dX/dt необхідно виділити як множник;
- на рис.3.5 не позначена перемінна $X(t)$;
- на рис.4.4, 4.6 відсутня позначка параметра по вертикальній осі;
- до формул (5.3)-(5.6) не вказана розмірність;
- чи доцільно надавати на рис. 5.6 та 5.7 такий великий діапазон значення коефіцієнту запасу міцності від 4-х до 10. Яким випадкам вони відповідають?

Викладені зауваження вважаю незначними і не знижують загальну позитивну оцінку роботи та можуть бути враховані в подальшій роботі.

8. Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам.

У цілому дисертаційна робота В.В. ПОВОРОТНЬОГО на тему «Підвищення ефективності роботи станів холодної прокатки труб шляхом раціонального синтезу деталей робочих клітей» є завершеною науково-дослідною роботою, у якій отримані нові науково-обґрунтовані теоретичні й експериментальні результати, що у сукупності вирішують науково-технічну задачу підвищення якості труб, а саме зменшення їх різностінності шляхом застосування нових конструкцій вузлів і клітей та визначення параметрів динамічних коливань валків при дії нестационарного збурення в процесі

прокатки, що є істотним для розвитку теорії, практики конструювання й експлуатації металургійних машин.

Дисертація оформлена відповідно вимогам стандартів і ДАК МОН України, викладена технічно грамотною мовою і зауважень не викликає. Автореферат дисертації (об'ємом 22 стор.) у цілому відображає зміст дисертації, отримані наукові результати і висновки.

Тема, зміст і основні положення дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.05.08 – Машини для металургійного виробництва.

Обґрунтованість і вірогідність теоретичних і практичних методів рішення поставлених завдань, наукова новизна і практична цінність результатів дають підстави для висновку, що дисертаційна робота В.В. ПОВОРОТНЬОГО відповідає вимогам ДАК МОН України, що пред'являються до кандидатських дисертацій (п.9,11,13,14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р.), а її автор ПОВОРОТНІЙ Віктор Володимирович заслуговує присвоєння йому наукового ступеня кандидата технічних наук.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, старший науковий співробітник
відділу технологічного обладнання та систем управління
Інституту чорної металургії ім. З.І. Некрасова
Національної академії наук України,
Заслужений працівник промисловості України

В.В. Вереньов

Підпис д.т.н. Вереньова В.В. засвідчую.

Учений секретар

Інституту чорної металургії ім. З.І. Некрасова
Національної академії наук України,
кандидат технічних наук



Г.А. Кононенко