

*До спеціалізованої вченої ради Д26.002.32
Національного технічного
університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»*

ВІДГУК

офіційного опонента – доктора технічних наук, професора

Грибкова Едуарда Петровича

на дисертаційну роботу Карнауха Сергія Григоровича

«Розвиток наукових основ та удосконалення процесів безвідходного розділення сортового і трубного прокату на основі застосування способів комбінованого навантаження», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.05 «Процеси та машини обробки металів тиском»

Дисертація є науковою роботою, яка виконана особисто здобувачем у вигляді рукопису. Дисертація складається зі вступу, 7 розділів, висновків за кожним розділом дисертації і загальних висновків, списку використаних джерел та 3 додатків.

На розгляд представлено: дисертацію, реферат, перелік опублікованих робіт.

1. Актуальність теми та її відповідність планам наукових досліджень.

Дисертація присвячена вирішенню важливої науково-технічної проблеми підвищення ефективності процесів розділення сортового і трубного прокату на базі розвитку наукових основ, застосування нових технологічних способів і засобів комбінованого навантаження та розробки методик проектування технологічних процесів, обладнання та оснастки.

У сучасному виробництві одним із основних напрямків розвитку технології механічної обробки є використання заготовок з економічними конструктивними формами, що забезпечують можливість застосування раціональних способів їх обробки з найбільшою продуктивністю та найменшими відходами. Цей напрямок вимагає безперервного підвищення геометричної точності заготовок, що дозволяє скоротити використання подальшої механічної обробки для таких технологій обробки металів тиском, як закрита штамповка і зворотне видавлювання, де низька геометрична точність заготовки може визвати передчасний знос і поломку штампу.

Досліджені у дисертації способи безвідходного розділення металу дозволяють уникнути втрат матеріалу, забезпечують високу продуктивність процесу розділення і геометричну точність розділених заготовок.

Проведені теоретичні і експериментальні дослідження, запропоновані нові ідеї дозволяють вирішити важливе народно-господарське завдання зменшення собівартості виготовлення продукції машинобудування на основі підвищення ефективності процесів розділення, що підтверджує *актуальність* теми дисертації.

2. Зв'язок з науковими програмами, планами, темами.

Результати роботи спрямовані на вирішення завдань, поставлених у Стратегії розвитку Донецької області на період до 2027 року. Тема дисертаційної роботи відповідає пріоритетному напрямку розвитку науки і техніки «Новітні ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі» і наукової школи Донбаської державної машинобудівної академії (ДДМА): «Нові швидкодійні технології й машини з комбінованим впливом на заготовку» та відповідає науковому напрямку «Розвиток ресурсозберігаючих процесів розділення сортового прокату і труб на основі створення нових технологічних способів і обладнання для їх реалізації» роботи кафедри основ проектування машин (ОПМ) ДДМА. Робота виконана в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт, передбачених планами Міністерства освіти і науки України (№ держреєстрації 0101U001746, 0104U004040, 0107U001304, 0109U002666, 0123U101703) та виконаних на кафедрі ОПМ ДДМА (№ держреєстрації 0102U001662, 0105U002443, 0107U008729, 0110U006164, 0113U003981, 0116U005580, 0119U103185, 0123U103870), а також в рамках госпдоговірних науково-дослідних робіт та договорів про співдружність з підприємствами України.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації та їх достовірність.

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи в повній мірі обґрунтовані з наукової і технічної точок зору.

Обґрунтованість та достовірність більшості отриманих автором наукових і практичних результатів та зроблених за ними висновків забезпечується застосуванням фундаментальних положень теоретичної механіки, математики, теорії механізмів та машин, обґрунтованими методами експериментальних досліджень та достатньою їх збіжністю з теоретично одержаними результатами.

Дослідження силового і деформаційного режимів процесів безвідходного розділення сортового і трубного прокату проведені з використанням методу

полів ліній ковзання та скінченних елементів. Для оцінки граничних можливостей матеріалів до руйнування застосовані синергетичні критерії руйнування. В основу теоретичних досліджень обладнання і оснастки для реалізації безвідходних способів розділення сортового і трубного прокату були покладені методи математичного моделювання на підставі положень теоретичної механіки, диференціального і інтегрального обчислень, аналітичні і графоаналітичні методи теорії механізмів і машин (ТММ), які використовуються при проектуванні ковальсько-пресового обладнання, метод скінченних різниць для розв'язку диференціальних рівнянь, що описують деформування елементів системи «прес-молот – оснастка – зразок». Експериментальні дослідження проводились з використанням методу тензометрії. Геометричну точність заготовок досліджували методом макроструктурного аналізу з виміром абсолютних і відносних величин викривлень геометричної форми та методами магнітно-порошкової, і фарбокапілярної дефектоскопії. Експерименти проводилися в лабораторних і виробничих умовах, на спеціально виготовлених і модернізованих моделях та експериментальних зразках устаткування оригінальної конструкції. Механічні властивості визначені випробуванням зразків стандартними методами. Результати експериментів оброблені із застосуванням статистичних методів аналізу.

В процесі детального аналізу дисертаційної роботи та реферату не виявлено висновків та тверджень, що викликають сумніви.

4. Наукова новизна отриманих результатів, їх загальнонаціональне значення.

Наукову новизну дисертації складають отримані вперше науково обгрунтовані теоретичні, технологічні та конструкційні рішення щодо вдосконалення безвідходних способів розділення сортового і трубного прокату на підставі результатів теоретичних і експериментальних досліджень.

В роботі отримано нові науково обгрунтовані результати, серед яких:

1. *Вперше* запропоновано та науково обгрунтовано метод вибору способу безвідходного розділення сортового прокату із матеріалів з різними механічними характеристиками. *Суть новизни* у використанні синергетичних критеріїв руйнування та величин граничних деформацій і створенні класифікації матеріалів за ознакою їх чутливості до руйнування, яка дозволяє зробити обгрунтований вибір способу безвідходного розділення.

2. *Вперше*, розроблена класифікація безвідходних способів розділення сортового та трубного прокату і засобами комбінаторики виконаний синтез перспективних способів комбінованого навантаження, які дозволяють

зменшити енергосилові параметри процесу розділення, зменшити наслідки розвантаження обладнання в момент зняття технологічного навантаження та підвищити геометричну точність отриманих заготовок.

3. *Отримали подальший розвиток* закономірності та залежності технологічних параметрів процесу розділення сортового прокату комбінованим статико-динамічним навантаженням способом триточкової холодної ломки згином із застосуванням методів скінченних різниць та скінченних елементів, які, *на відміну від існуючих*, враховують вплив попереднього статичного навантаження і жорсткості системи «прес-молот – оснастка – зразок» на хвильовий силовий режим розділення, *що забезпечує* плавний та симетричний режим прикладення навантаження відносно концентратора напружень, стабілізацію траєкторії тріщини і отримання заготовок підвищеної геометричної точності.

4. *Вперше* із застосуванням аналітичних методів та методу скінченних елементів розроблені залежності для розрахунку технологічних параметрів процесу розділення сортового і фасонного прокату на пресах з клиношарнірними механізмами нової конструкції, які *на відміну від* типових виконавчих механізмів, забезпечують комбіноване навантаження і оптимальний графік зміни деформуючих зусиль, *що дозволяє* зменшити енергосилові параметри процесу розділення та шкідливі наслідки розвантаження пресу в кінці робочого ходу.

5. *Вперше* із застосуванням аналітичних методів та методу скінченних елементів розроблені залежності для розрахунків геометричних і силових параметрів процесу розділення трубного прокату комбінованим навантаженням з використанням кривошипно-кругового механізму, який *відрізняється* урахуванням високої жорсткості інструмента та його складного плоского руху у вигляді сполучення зсуву та кручення, *що дозволяє* зменшити енергосилові параметри процесу розділення та збільшити коефіцієнт використання пресів за зусиллям.

6. *Вперше* методами полів ліній ковзання і скінченних елементів обґрунтовані залежності для розрахунків енергосилових параметрів та закономірності процесу розділення сортового прокату комбінованим навантаженням за рахунок активних зусиль деформування пресом та реактивних зусиль пружної деформації технологічної системи, що дозволяє послідовно за один робочий хід виконувати операції нанесення концентраторів напружень вдавненням клинового ножа або частковим зсувом та остаточне розділення ломкою або реверсивним зсувом, *що дозволило* збільшити коефіцієнт корисної дії преса та продуктивність процесів розділення.

7. *Отримали подальший розвиток* залежності для розрахунків силових

параметрів процесу розділення сортового прокату комбінованим навантаженням у штампах з диференційованим затиском прокату, які відрізняються врахуванням впливу величин кутів клинових механізмів штампів та контактної тертя при відрізці, що дозволяє призначити раціональні параметри механізмів штампів, які забезпечують підвищення геометричної точності отриманих заготовок.

5. Практична цінність роботи.

Дисертаційна робота містить науково обґрунтовані результати, одержані здобувачем особисто, які мають практичну цінність:

- методики вибору, розрахунку та проектування процесів безвідходного розділення прокату за новими способами;

- методики розрахунку геометричних, кінематичних та силових параметрів і проектування обладнання і оснастки: з клиношарнірним механізмом з увігнутим клином для розділення сортового прокату, що дозволило спроектувати конструктивний ряд пресів із застосуванням цих механізмів; з клиношарнірним механізмом з увігнутим клином з поворотним ножом та кривошипно-круговим механізмом для розділення фасонного і трубного прокату; штампів з диференційованим затиском прокату;

- нові способи розділення сортового прокату: спосіб триточкової холодної ломки згином при комбінованому статико-динамічному навантаженні; спосіб розділення з використанням енергії розвантаження преса в момент зняття технологічного навантаження. Способи дозволяють підвищити геометричну точність отриманих заготовок, стійкість і надійність обладнання. Новизна способів розділення підтверджена патентами України;

- нові конструкції обладнання і оснастки: прес-молоти статико-динамічного навантаження, преси з клиношарнірним механізмом з увігнутим клином та з поворотним ножом, преси з кривошипно-круговим і кривошипно-кулісним механізмами, застосування яких забезпечує зменшення енергосилових параметрів, наслідків розвантаження пресів, збільшення коефіцієнтів корисної дії та використання пресів за зусиллям, штампи з диференційованим затиском прокату. Новизна запропонованих конструкцій захищена патентами України.

Методики і рекомендації підготовлені до впровадження, процеси та оснащення розділення апробовані і впроваджені у виробництво в рамках госпдоговірних науково-дослідних робіт та договорів про співдружність з підприємствами: ПрАТ «Новокраматорський машинобудівний завод» (НКМЗ), ПрАТ Енергомашспецсталь (ЕМСС), АТ «Мотор Січ», ПАТ «Дружківський завод металевих виробів» (ДЗМВ), ТОВ «Завод рейкових скріплень». Автор був керівником і виконавцем при виконанні держбюджетних і госпдоговірних тем.

Результати досліджень використовуються в навчальному процесі на кафедрі обробки металів тиском у вигляді лекційного матеріалу в рамках викладання дисциплін: «Теорія процесів ковальсько-штампувального виробництва», «Технологія ковальсько-штампувального виробництва», а також при виконанні проектних та практичних робіт студентами та магістрантами спеціальності 136 «Металургія» і підготовки аспірантів PhD за спеціальностями 132 «Матеріалознавство» та 131 «Прикладна механіка».

Достовірність результатів, отриманих у роботі, підтверджується апробацією і впровадженнями у виробничі процеси розроблених способів безвідходного розділення прокату та обладнання для їх реалізації, і схваленням результатів досліджень на науково-практичних конференціях різного рівня.

6. Повнота викладення результатів в опублікованих працях.

Результати і наукові положення дисертаційної роботи достатньо повно відображено в 1 монографії та 1 колективній монографії, 38 статтях, опублікованих в провідних наукових журналах, які внесені до переліку фахових видань, 11 статтях в міжнародних наукових журналах, які входять до бази даних Scopus (10 статей у виданнях, віднесених до першого-третього квартилів (Q1-Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports). За результатами досліджень отримано 30 патентів України на корисні моделі, що підкреслюють значимість і завершеність роботи. Представлені 23 тези доповідей на міжнародних науково-технічних конференціях. Загальна кількість опублікованих робіт по темі дослідження 117. Опубліковані матеріали дисертації в достатній мірі висвітлюють результати досліджень, що виносяться на захист.

7. Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому.

Дисертація складається зі вступу, семи розділів, висновків, анотацій і 3 додатків, списку із 362 використаних джерел. Робота написана на достатньому мовно-стилістичному рівні.

У *вступі* обґрунтовано актуальність досліджень, представлено характеристику роботи, визначено об'єкт і предмет досліджень, сформульовано мету та задачі, наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, виділено особистий внесок, наведено інформацію про публікації і апробацію.

У *першому розділі* розглянуто стан проблеми на момент проведення дослідження, сформульовані завдання і методи досліджень з вдосконалення безвідходних процесів розділення сортового і трубного прокату.

У *другому розділі* наведена загальна характеристика досліджуваних процесів, розроблені основні напрямки досліджень дисертаційної роботи. На

підставі розробленої класифікації безвідходних способів розділення сортового і трубного прокату, запропоновано перспективні комбіновані схеми навантаження (деформації), які дозволяють підвищити ефективність роботи обладнання та геометричну точність отриманих заготовок. Запропонована класифікації компактних виконавчих механізмів пресів і обґрунтована доцільність використання перспективних механізмів: клиношарнірних, кривошипно-кругових, кривошипно-кулісних та їх комбінацій. Обґрунтовані методи аналізу процесів безвідходного розділення сортового і трубного прокату, які включають методи теоретичних, експериментальних досліджень, а також методи імітаційного моделювання на основі методу скінченних елементів. Обґрунтовано метод вибору безвідходного розділення прокату із застосуванням синергетичних критеріїв руйнування. Наведені дані по устаткуванню, оснащенні та вимірювальній апаратурі, що використовуються в даній роботі.

Наступні розділи дисертаційної роботи присвячено теоретичним та експериментальним дослідженням запропонованих процесів безвідходного розділення сортового і трубного прокату у викладеній послідовності.

У *третьому розділі* розроблені теоретичні основи обґрунтування методу вибору безвідходного способу розділення сортового і трубного прокату із матеріалів з різними механічними характеристиками із використанням синергетичних критеріїв руйнування.

Методами кластерного аналізу, з метою виявлення інформативності, як традиційних механічних характеристик, так й синергетичних критеріїв руйнування, встановлені базові інформативні ознаки, а саме синергетичні критерії – поширення тріщин і крихкості. При додаванні до них будь-якого з решти критеріїв, вони утворюють інформативні множини мінімальної потужності. За величинами синергетичних критеріїв і граничних деформацій, отриманих застосуванням запропонованого методу визначення повздовжньої і поперечних деформацій, розроблена класифікація матеріалів до розділення та методика вибору конкретного безвідходного способу розділення сортового прокату.

У *четвертому розділі* досліджений процес розділення сортового прокату способом триточкової холодної ломки згином при комбінованому статико-динамічному навантаженні на прес-молоті, у порівнянні з статичним і динамічним навантаженнями.

Теоретичне дослідження проведено з використанням методів кінцевих різниць і скінченних елементів. Розроблені математичні моделі враховують попереднє статичне навантаження, конструктивні особливості прес-молота, жорсткості контакту деталей прес-молота, оснастки і зразка. Встановлено, що попереднє навантаження статичною силою дозволяє не допустити порушення

симетрії навантаження відносно концентратора напружень. Експериментальні дослідження підтвердили теоретичні результати. Більша частина енергії витрачається на зародження та в'язке підростання тріщини, тоді як енергія крихкого руйнування складає не більше 10...25% від сумарної енергії розділення. Збільшення величини динамічної максимальної сили ломки, у порівнянні зі статичною, для досліджених матеріалів склало не більше 8%. Рекомендована величина статичної сили при комбінованому навантаженні – не менше 25% від сили ломки і збільшується зі зростанням жорсткості контакту рухомих деталей прес-молота, оснастки і зразка. Найкраща геометрична точність заготовок спостерігалася при комбінованому статико-динамічному навантаженні і відповідає кращим зразкам, отриманим способом холодної ломки згином. Розбіжність результатів теоретичних і експериментальних досліджень знаходиться у межах 5%.

П'ятий розділ присвячений дослідженням процесів безвідходного розділення сортового і трубного прокату з використанням компактних виконавчих механізмів: клиношарнірних, кривошипно-кругових, кривошипно-кулісних та їх комбінацій.

Із застосуванням графоаналітичних і аналітичних методів теоретичної механіки та методу скінченних елементів розроблені залежності для розрахунку технологічних параметрів процесу розділення сортового і фасонного прокату на пресах з компактними виконавчими механізмами, які забезпечують комбіноване навантаження і оптимальний графік зміни деформуючих зусиль, що дозволяє зменшити енергосилові параметри процесу розділення, шкідливі наслідки розвантаження пресу в кінці робочого ходу і підвищити жорсткість преса.

Розроблені математичні моделі розрахунку геометричних, кінематичних і силових параметрів обладнання з клиношарнірним механізмом з увігнутих клином, які дозволяють забезпечити найбільш сприятливий силовий режим навантаження, у тому числі за рахунок оптимальної траєкторії інструмента при застосуванні додаткового клина з постійним кутом нахилу для регулювання нахилу увігнутого клина.

Встановлено, що для забезпечення найбільш сприятливого силового і кінематичного режиму навантаження величина параметру, що визначає положення центру обертання шарніру клиношарнірного механізму з увігнутих клином із поворотним ножом, повинна складати половину радіуса увігнутого клина. Енергосилові параметри процесу розділення несуттєво залежать від орієнтації прокату при його подачі у зону розділення і зменшуються на 20% у порівнянні з відомими конструкціями аналогічного обладнання.

Зі збільшенням величини ексцентриситету при реалізації відрізки за схемою «ексцентричного закручування» за допомогою кривошипно-кругового механізму момент відрізки збільшується, кут повороту інструменту зменшується. Для забезпечення геометричної точності отриманих заготовок величину ексцентриситету рекомендується приймати в діапазоні 0,5...1,5 від товщини труби. Розбіжність результатів теоретичних і експериментальних досліджень знаходиться у межах 8%.

Шостий розділ присвячений дослідженню безвідходних способів розділення сортового і трубного прокату з використанням енергії розвантаження преса для нанесення концентратора напружень.

Методами полів ліній ковзання і скінченних елементів встановлені залежності для розрахунків енергосилових параметрів та закономірності процесу розділення сортового прокату комбінованим навантаженням за рахунок активних зусиль деформування пресом та реактивних зусиль пружної деформації технологічної системи, що дозволяє послідовно за один робочий хід виконувати операції «нанесення концентратора напружень – розділення» за схемами: «вдавлення клинового ножа – консольна ломка», «частковий зсув – консольна ломка», «частковий зсув – реверсний зсув».

Для схеми «вдавлення клинового ножа – консольна ломка» встановлено, що величина роботи вдавлення клинового ножа складає не більше 20% від роботи розділення прокату, тому енергії розвантаження преса в момент зняття технологічного навантаження достатньо для нанесення ефективного концентратора напружень. Виявлено, що кут клинового ножа слід вибирати у діапазоні 25...40°, а глибину вдавлення концентратора напружень – 10...20% від розміру поперечного перерізу зразка.

Для відрізки за схемою «частковий зсув – реверсний зсув» порівнянням робіт нанесення концентратора напружень і розділення встановлено, що енергії розвантаження преса достатньо для реалізації даного способу.

Сила і робота нанесення концентратора зі зростанням ходу ножа збільшуються на (15...20)%, оскільки відбувається зсув відразу усього перерізу прокату після контакту з ножем. Розбіжність результатів теоретичних і експериментальних досліджень не перевищує 8%.

У *сьомому розділі* отримали подальший розвиток залежності для розрахунків силових параметрів процесу розділення сортового прокату комбінованим навантаженням у штампах з диференційованим затиском прокату.

Аналізом класифікацій конструкцій таких штампів та передніх упорів до них, виявлені конструктивні ознаки, які дозволили створити нові конструкції штампів з диференційованим затиском сортового прокату з високими техніко-

економічними характеристиками. Встановлено, що енергосилові параметру штампу залежать від величин кутів клинових механізмів штампу та контактного тертя при відрізці, що дозволяє призначити раціональні параметри механізмів штампів, які забезпечують підвищення геометричної точності отриманих заготовок. Виявлені рекомендовані значення кутів клинів передачі зусилля: на затиск – $27...30^\circ$, на затиск і відрізу прокату – $30...40^\circ$. Адекватність теоретичних розрахунків підтверджена результатами експерименту. Геометрична точність розділених заготовок перевищує показники заготовок, описаних у літературі. Дослідження торцевих поверхонь заготовок методами магніто-порошкової та фарбо-капілярної дефектоскопії виявили відсутність будь-яких релевантних індексацій. Розбіжність результатів теоретичних і експериментальних досліджень до 8%.

У *заклучній частині* наведені загальні висновки за основними теоретичними розробками автора, практичні рекомендації щодо впровадження в практику, відомості по застосуванню результатів на виробництві і в навчальному процесі.

У *додатках* наведені: результати статистичної обробки результатів експериментальних досліджень; відомості про прилади, застосовані для магніто-порошкової та фарбо-капілярної дефектоскопії, протоколи контролю поверхневих дефектів торців заготовок; акти та довідки щодо впровадження результатів дисертаційної роботи.

Зміст реферату відповідає змісту дисертації.

Підсумовуючи оцінку змісту дисертації в цілому, можна відзначити, що поставлені в роботі задачі вирішені, розділи дисертації супроводжуються окремими висновками, що підсумовуються в загальних висновках дисертації і містять науково обґрунтовані дані, які дозволяють удосконалити розробку і впровадження процесів безвідходного розділення сортового і трубного прокату. Завдання, поставлені здобувачем, послідовно вирішувалися у розділах і логічно вписалися у структуру дисертації. Завдання №1 вирішується в розділі 1; завдання №№2, 3 у розділі 2; завдання №4 у 3 розділі; завдання №5 у 4 розділі; завдання №6 у 5 розділі; завдання № 7 у 6 розділі; завдання № 8 у розділі 7. Зміст і обсяг дисертаційної роботи «Розвиток наукових основ та удосконалення процесів безвідходного розділення сортового і трубного прокату на основі застосування способів комбінованого навантаження» має чітку структуру, супроводжується положеннями по обґрунтуванню значимості кожного розділу і пункту дисертації, а в тексті окремо зроблено акценти на нових результатах, що належать автору особисто. Робота характеризується єдністю змісту.

8. Зауваження та дискусійні питання стосовно положень дисертації

В цілому високо оцінюючи зміст дисертаційної роботи, слід висловити певні зауваження:

1. Системи скінченно-елементного аналізу, реалізовані у відомих САЕ-системах, не завжди дозволяють контролювати момент руйнування заготовки за полями деформацій та напружень, тобто візуально, що бажано було б більш детально висвітлити в дисертації.

2. В пункті 4 наукової новизни бажано було б надати більш детальну інформацію з відмінностей пресів з клиношарнірними механізмами нової конструкції від «типових».

3. Термін «безвідходні способи розділення» (с. 51) вживаний не зовсім коректно, оскільки відходи при розділенні все ж наявні. Правильним було б використати термін «маловідходні способи розділення».

4. У висновках 2-го розділу обґрунтовано вибір методу скінченних елементів для оцінки енергосилових параметрів процесу розділення, але в існуючих САЕ-системах закладено декілька умов руйнування. Бажано було б ще надати обґрунтування використання цих умов.

5. З метою визначення сутності синергетичного підходу до класифікації способів розділення прокату на мірні заготовки доцільно, на мою думку, більш чітко описати синергетичні критерії руйнування (с. 127).

6. У підрозділі 5.1.3 (стор. 219) надані результати з визначення геометричних, кінематичних і силових параметрів пресів з клиношарнірним механізмом з увігнутим клином, але без вказання механічних властивостей зразку, що не дозволяє відтворити результати розрахунку.

7. У розділі 7 всі фотографії та схеми надані без розмірів та масштабування, що може заважати сприйняттю інформації нефахівцями з обробки металів тиском.

8. У тексті реферату екранна форма результатів розрахунку залежності сили вдавнення клина від кроку, за допомогою програмного комплексу Deform (с. 19, рис. 21, а), погано читається у чорно-білому друкованому вигляді.

Наведені зауваження носять характер побажань для врахування в подальших дослідженнях автора і не знижують значення отриманих результатів в дисертації.

9. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Карнауха С. Г. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

Висновок

На підставі аналізу дисертаційної роботи Сергія Григоровича Карнауха на тему «Розвиток наукових основ та удосконалення процесів безвідходного розділення сортового і трубного прокату на основі застосування способів комбінованого навантаження» і опублікованих праць автора вважаю, що дисертація є закінченою кваліфікаційною науковою роботою. В дисертації отримані нові наукові теоретичні і експериментальні результати, вона має високу практичну цінність, що в сукупності вирішує важливу науково-технічну проблему – підвищення ефективності процесів розділення прокату на базі розвитку наукових основ, застосування нових технологічних способів і засобів комбінованого навантаження та розробки методик проектування технологічних процесів, обладнання та оснастки. Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи в повній мірі обґрунтовані з наукової і технічної точки зору, що свідчить про високий науковий рівень роботи.

Дисертаційна робота Карнауха С. Г. по актуальності, змісту, науковому і практичному значенню відповідає вимогам пп.7 – 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року №1197, що пред'являються до докторських дисертацій, а її автор, Карнаух Сергій Григорович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – «Процеси та машини обробки тиском».

Офіційний опонент, завідувач кафедри
металургії та організації виробництва
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест Політехніка»»,
д-р техн. наук, професор

Едуард ГРИБКОВ

Підпис Грибкова Е. П., д-ра техн. наук,
професора завіряю,
вчений секретар



Максим КАРАКАЙ