

*До спеціалізованої вченої ради Д 12.105.01
Донбаської державної машинобудівної академії
84313, м. Краматорськ, вул. Академічна. 72*

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію

Курпе Олександра Геннадійовича

«Розвиток наукових основ термомеханічної прокатки плоскої металопродукції з отриманням підвищеного рівня механічних властивостей»

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском

Оцінка структури, змісту і завершеності дисертації

В результаті ознайомлення з рукописом дисертації встановлено, що вона складається зі вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Роботу викладено на 534 сторінках машинописного тексту, з яких 272 сторінки основного тексту. Робота містить 125 рисунків та 103 таблиці. Список використаних джерел з 273 найменувань розміщено на 35 сторінках, 28 додатків займають 156 сторінок.

Структура роботи відповідає вимогам, що пред'являють до докторських дисертацій, та не викликає заперечень. Дисертація виконана у ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» та є завершеною науковою працею.

Експертиза змісту розділів дисертації

Вступ містить загальну характеристику роботи, обґрунтування актуальності теми, зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами і темами. Поставлено мету і завдання дослідження. Дано характеристику наукової новизни й практичної цінності отриманих результатів, їх апробація і впровадження, відзначено особистий внесок здобувача.

Перший розділ містить огляд сортаменту, стану досліджень технології термомеханічної прокатки (ТМСП), напрямки розвитку, межі застосування. Виконано порівняльний аналіз вимог до прокату, що виробляється по технології ТМСП. Показано комплексні переваги у властивостях прокату, який вироблено згідно з цією технологією. Виконано порівняльний аналіз стану та можливостей прокатних станів із впровадження та розвитку технології ТМСП. Автором сформульовано наукову проблему розширення сортаменту продукції з підвищеним рівнем механічних властивостей на товстолистових та

широкоштабових станах на підставі розвитку наукових основ термомеханічної прокатки і розробки методик вдосконалення технології з різним конструктивно-структурним складом основного прокатного устаткування.

Для вирішення поставленої наукової проблеми автором пропонується виконати комплекс теоретичних та лабораторно-промислових досліджень температурно-деформаційних умов термомеханічної прокатки для товстолистових та рулонних станів з різним складом устаткування.

Другий розділ містить техніку проведення теоретичних і експериментальних досліджень процесів термомеханічної прокатки. Для теоретичних досліджень змінення температурного поля розкатів обрано метод елементарних теплових балансів, для дослідження рівномірності проникнення деформації по товщині обрано метод скінчених елементів, дослідження процесів рекристалізації виконувалося з використанням методу математичної фізики. Експериментальні дослідження проводились в лабораторних та промислових умовах. Автором систематизовано технологічні етапи процесу ТМСР для товстолистого та рулонного прокату з урахуванням впливу кожного етапу на механічні властивості прокату.

Третій розділ містить вивчення змінення розподілу температури по ширині штаби методом елементарних теплових балансів. Автором вдосконалено математичну модель шляхом врахування впливу конвекційного теплообміну та включенням залежностей для розрахунку теплофізичних властивостей назовуглецевих та вуглецевих марок сталі. Автором здійснене моделювання процесу охолодження штаби на ділянці між пічними моталками та кліттю в умовах стану Стеккеля, при температурах термомеханічного процесу прокатки сталі марки Х65. Було встановлено, що інтенсивне зменшення температури спостерігається на кромках штаби, при цьому вагомий вплив на це чине саме конвекційна складова, відсоток якої збільшується зі зниженням температури з 1100 °С до 825 °С.

Також автором досліджено процес рекристалізації низьковуглецевих та мікролегованих марок сталі. Для сталі марки Х65 отримано залежності, які дозволяють визначити термомеханічні умови, при яких в процесі чорнової прокатки буде отримано найменший розмір зерна аустеніту. Отримані залежності дозволяють керувати властивостями готового прокату, які будуть успадковані з чорнової стадії виробництва.

Четвертий розділ містить експериментальні дослідження реологічних властивостей свинцю, визначення переліку аналогів з марок сталі, що поширено використовуються наразі у виробництві та встановлення температурно-деформаційних умов при яких їх реологічні властивості є наближеними до свинцю. Автором отримано поліноміальні залежності для визначення істинного опору деформації свинцю та марок сталі, що є аналогами. В якості критерія подоби використано коефіцієнти поліному. Розраховані коефіцієнти пропорційності та отримані автором коефіцієнти змінення істинного опору деформації дозволяють моделювати в лабораторних

умовах на свинцевих зразках силові процеси прокатки наступного сплаву 0X18MФТ та марок сталі 15X25Т, DD11, 65Г, X80, X70, Ст3сп, та є дійсними для температури прокатки 1200-1000 °С, швидкості прокатки $u = 1 \text{ с}^{-1}$ та обтисненні 10-54 %. Отримані результати перевірені автором на даних отриманих при прокатці товстих листів зі сталі марки X70 на стані 3600 при прокатці, що підтвердило можливість їх використання.

П'ятий розділ містить дослідження рівномірності проникнення деформації по товщині розкату, які виконані методом скінчено-елементного моделювання. Дослідження виконано для умов чорнової та чистової прокатки на стані Стеккеля. Автором визначено умови при яких забезпечується максимальна рівномірність проникнення деформації по товщині, яка визначається коефіцієнтом $K_{\text{нд}}$ та становить 92% при температурі 1040 °С, ступені деформації 20 % та показнику осередку деформації 1,70. Визначено, що підвищення деформації більше за 20 %, в межах досліджених даних, не впливає підвищення рівномірності деформації по товщині.

Автором виконано порівняння результатів моделювання силових параметрів методом скінчених елементів та за допомогою аналітичної моделі з фактичними даними прокатки, що підтвердило адекватність їх використання.

Шостий розділ містить рекомендації з впровадження та удосконалення технологій виробництва товстолистового та рулонного прокату способом термомеханічної прокатки в умовах вітчизняних та закордонних товстолистових станів 3200, 3600, рулонного стану 1700, та стану Стеккеля. Для розробки технології термомеханічної прокатки на стані Стеккеля автором отримано залежність для розрахунку змінення температури штаби в пічних моталках. При розробці технологій автор врахував особливості устаткування кожного стану та його вплив на термомеханічні параметри прокату, що знайшло своє відображення в хімічному складі, для забезпечення необхідних механічних властивостей.

Сьомий розділ містить аналіз сучасних вимог до прокату, розроблені автором методологію керування якістю, методологію освоєння нового сортаменту та технологічну стратегію, результати їх тестування на промислових даних. Виконано аналіз вузьких місць та запропоновано розрахунки по проекту реконструкції широкоштабового стану 1700 ММК «ІМЕНІ ІЛЛІЧА». Автором розраховано технічні характеристики яке повинно мати нове устаткування після реконструкції стану 1700 для забезпечення виробництва проектного сортаменту.

У кожному розділі наведено висновки.

Загальні висновки у повній мірі відбивають підсумок всієї роботи.

У додатках наведено список публікацій автора за темою дисертації, апробація результатів, порівняння вимог стандартів до термомеханічного прокату, технічні характеристики прокатних станів досліджених в роботі, опис розроблених методологій, методик обробки результатів досліджень, технічні звіти, протоколи виробництва, розроблені технології, акти освоєння

виробництва та довідки з використання результатів дисертації. Результати роботи впроваджено на двох металургійних підприємствах та використовуються у навчальному процесі кафедри обробки металів тиском ДВНЗ «ПДТУ». Текстова частина роботи проілюстрована розрахунковими схемами, графіками, фотографіями; довідковий та узагальнюючий матеріал наведений у таблицях.

На основі проведеної експертизи слід констатувати наявність наступних необхідних елементів у роботі.

Актуальність теми дисертації

В умовах безперервного інноваційного технічного розвитку та глобалізації ринків збуту перед металургійними компаніями, а, отже, і перед безпосередніми виробниками металопрокату стоїть життєво важлива проблема - підвищення ефективності виробництва та забезпечення конкурентоспроможності продукції для відповідності сучасному рівню вимог за якістю. У зв'язку з цим, освоєння виробництва нового конкурентоспроможного сортаменту товстолистового та рулонного прокату, який виробляється за найсучаснішою та найекономнішою, що є на сьогодні, технологією термомеханічної прокатки, при порівнянні співвідношення рівень властивостей / витрати на виробництво, становить комплексну багатофакторну проблему. Актуальність вирішення такої проблеми для нашої країни визначається необхідністю оптимізації та оновлення існуючих технологічних підходів, які тісно пов'язані зі станом, технічним рівнем устаткування та організацією виробництва продукції, що відповідає сучасним світовим вимогам.

Аналіз сучасного стану галузевих проектів показав розширення застосування продукції, виробленої за технологією термомеханічної прокатки (ТМСР), по всіх напрямках. При засвоєнні такої продукції для технологів залишаються нерозв'язаними питаннями щодо можливостей впровадження технології ТМСР з урахуванням складу основного технологічного устаткування, яке не передбачало використання таких процесів та забезпечення підвищених механічних властивостей продукції. Розв'язання вказаних протиріч робить необхідним науково-технологічний розвиток процесів освоєння технології ТМСР на існуючому прокатному устаткуванні.

З літературних джерел та виробничого досвіду відомі механізми впровадження технології ТМСР на товстолистових, широкоштабових станах та станах Стеккеля. Але галузеве засвоєння технології ТМСР стримується через неповноту уявлень про механізми впливу режимів деформації на механізми еволюції та формування зеренної структури, керування розподілом деформації за товщиною прокату, механізми оцінки та забезпечення рівномірності розподілу температур в металі, що необхідно для забезпечення підвищеного рівня та стабільності розподілу механічних властивостей в прокаті. Відсутність та неповнота таких відомостей обмежує застосування

процесів ТМСР у прокатці. Застосування такої технології потребує єдиних підходів до оцінки можливостей різних типів прокатних станів.

Тому робота, яка спрямована на розв'язання вищезазначеної проблеми шляхом розвитку наукових основ термомеханічної прокатки плоскої металопродукції з отриманням підвищеного рівня механічних властивостей та розширенням сортаменту продукції, що виробляється, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами

Виконання дисертаційної роботи пов'язано з пріоритетними напрямками наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності на 2018-2020 роки ДВНЗ «ПДТУ»: «Проблеми розвитку металургії, машинобудування, енергетики та енергоефективності, архітектури та будівництва, економіки, права та соціально-гуманітарної сфери, ресурсозбереження та охорони навколишнього середовища»; «Нові речовини і матеріали, нанотехнології: створення і освоєння нових технологій отримання, обробки, з'єднання, в тому числі, наплавлення і зварювання, конструкційних, функціональних і інструментальних матеріалів». Базовими для дисертації є науково-дослідницькі роботи, що передбачені планами Міністерства освіти і науки України та виконані на кафедрі ОМТ ДВНЗ «ПДТУ» (№ держреєстрації 0117U002269, 0118U006912, 0120U102154). Автор дисертації – виконавець робіт. Вказане свідчить про наукову самостійність та зрілість здобувача.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій

Вирішення поставлених задач проводилося з використанням сучасних методів теоретичних і експериментальних досліджень. Теоретичні дослідження базуються на фундаментальних положеннях теорії обробки металів тиском (ОМТ), теорій теплопровідності, теплопереносу, теорій фазових перетворень. Експериментальні та промислові дослідження включали методи фізичного моделювання, планування експерименту, визначення механічних властивостей, металографії та виконані з використанням устаткування й вимірювальних пристроїв, що пройшли метрологічний контроль. При проведенні досліджень також було використано методи скінчених елементів, скінчено-різницевий метод, результати експериментів оброблені за допомогою методів математичної статистики.

Вищевикладене дає змогу констатувати, що сформульовані у дисертаційній роботі основні наукові положення, моделі, алгоритми, висновки і практичні рекомендації є достатньо обґрунтованими, достовірними і адекватними.

Наукова новизна результатів дисертації

Наукова новизна роботи вбачається в наступному:

1. Вперше для низьковуглецевої мікролегованої сталі групи міцності X65, встановлено залежність розміру зерна аустеніту та опору деформації від температурно-деформаційних умов термомеханічної прокатки. Раніше такі залежності для низьковуглецевої сталі групи міцності X65 відомі не були. Отримано коефіцієнти для розрахунку опору деформації на основі співвідношення Холла-Петча в залежності від розміру зерна аустеніту, який є закономірно зв'язаним зі значеннями одиничних обтиснень при певних температурно-швидкісних умовах. Отримані залежності необхідні для визначення температурно-деформаційних умов, що забезпечують потрібний розмір зерна аустеніту. Встановлені залежності дозволяють корегувати режими прокатки з метою керування структурою та механічними властивостями продукції, що успадковуються.

2. Вперше встановлено температурно-деформаційні умови прокатки, при яких досягають максимальної рівномірності розподілу деформації по товщині плоского розкату в чорнових проходах. До цього такі умови були не відомі. Рівномірність деформації визначається запропонованим коефіцієнтом $K_{нд}$, який є відношенням мінімального до максимального значення еквівалентної деформації (інтенсивності деформації) в осередку деформації, що розраховані методом скінчених елементів при певних температурах, ступенях та показниках форми осередку деформації (відношення довжини осередку деформації до середньої товщині прокату). Встановлено, що в дослідженому діапазоні температурно-деформаційних умов термомеханічної прокатки, максимальне значення коефіцієнту $K_{нд}$ не перевищує 0,92 (92 %), тому обтиснення ≥ 20 % забезпечує найкращу рівномірність розподілу деформації по товщині. Це дозволяє забезпечувати умови рівномірного розподілу механічних властивостей у готовому прокаті.

3. Уточнено закономірності впливу конвекційного теплообміну на розподіл температури по ширині штаби для умов термомеханічної прокатки у широкоштабових та реверсивних станах з пічними моталками. Розробка відрізняється врахуванням конвекційного теплообміну при визначенні розподілу температур у підкаті, отриманого після пічних моталок або пристроїв міжкільцевого перемотування на подальший розподіл температури по ширині штаби, розрахований методом елементарних теплових балансів при температурах термомеханічної прокатки. Це дозволяє знизити похибку між методами розрахунку в дослідному діапазоні умов чистової термомеханічної прокатки на 4 %, а також забезпечувати умови рівномірного розподілу механічних властивостей прокату по ширині.

4. Уточнено закономірності впливу ступеня, швидкості і температури гарячої деформації на опір деформації при термомеханічній прокатці сталі групи міцності X70, що покладені в основу аналітичних моделей для його розрахунку. Розробка відрізняється врахуванням впливу на

опір деформації сталі групи міцності X70 властивостей, що успадковані з попередніх технологічних операцій (аустенізація, природне та примусове охолодження перед прокаткою), що визначаються фактором спадковості K_n , який залежить від значення температури (t) деформації $K_n = 0,1344exp^{0,0021t}$. Уточнення фактору спадковості K_n дозволяє знизити похибку розрахунку опору деформації з 9 % до 7,4 %. Отримані результати дозволяють визначати силові та раціональні температуро-деформаційні параметри прокатки.

5. Уточнено закономірність зміни середньомасової температури металу від умов нагрівання вуглецевих та низьколегованих сталей в пічних моталках станів Стеккеля. Метод відрізняється додатковим врахуванням радіусів барабану моталки та рулону, довжини розкату, швидкості прокатки, що забезпечує зменшення похибки розрахунку температури металу на 11,25 % (з 9,15 % до -2,1 %). Уточнений метод покладений в основу аналітичних моделей для визначення зміни температури підкату в пічних моталках, корегування режимів нагрівання та прокатки з метою керування структурою та механічними властивостями продукції.

6. Отримали подальший розвиток методологічні засади розробки та вдосконалення технологій виробництва гарячого прокату на товстолистових та штабових станах. Відмінності полягають у систематизації елементів процесів розробки технологій виробництва товстолистого та штабового прокату із встановленням рівнів впливу значень технологічних факторів на показники якості плоскої металопродукції за допомогою їх аналізу і обробки методами Парето, використання правила «трьох сигм» і карт Шухарта, багатофакторного регресійного аналізу даних і впровадження тривірневої системи кольорових маркерів для оцінки стабільності технології (стабільний рівень, рівень який потребує уваги та порушення процесу). Застосування запропонованих елементів дозволяє встановлювати залежний зв'язок між технологічними факторами, складом і конструкційними особливостями технологічних ліній та показниками механічних властивостей плоскої металопродукції, генерувати нові конструктивно-технологічні рішення при розробці та вдосконаленні процесів гарячої прокатки за допомогою комбінації встановлених зв'язків.

Значення дисертаційного дослідження для науки й практики

Отримані результати дозволяють розвинути науково-методологічні основи проектування процесів термомеханічної прокатки на товстолистових та рулонних станах з урахуванням особливостей різного складу основного технологічного устаткування, його впливу на формування хімічного складу сталі та розраховані термомеханічні параметри для забезпечення необхідних механічних властивостей прокату.

Для практики мають значення наступні результати:

- методика визначення значень технологічних факторів, що впливають на механічні властивості металопродукції, їх контроль і механізм корегування;

- аналітичні моделі розрахунку зміни температурних параметрів прокатки для безперервних станів з використанням установок CoilBox та станів Стеккеля з пічними моталками.

- математична модель розрахунку зміни температурного поля штаби при режимах ТМСР, яка охолоджується після пічної моталки на стані Стеккеля та запропоновані рекомендації щодо коригування розподілу температур по ширині штаби;

- рекомендації з вибору температурно-деформаційних умов чорнової термомеханічної прокатки низьковуглецевої мікролегованої сталі 06Г2ДБ (Х65) трубного призначення, які забезпечують отримання якомога меншого успадкованого розміру зерна аустеніту;

- запропоновані схеми обтисень та температурні режими чорнової прокатки конструкційної марки сталі S355JR+AR в умовах стану Стеккеля, що забезпечують зменшення нерівномірності деформації по товщині підкату;

- розроблені режими контрольованого повітряного охолодження рулонного прокату, що забезпечують зниження товщини повітряної окалини, яка утворюється після термомеханічної прокатки;

- рекомендації з розробки та вдосконалення технології термомеханічної прокатки на товстолистових, широкоштабових станах та станах Стеккеля;

- рекомендації з удосконалення проектів реконструкції та модернізації прокатного устаткування широкоштабових станів для забезпечення виробництва термомеханічного прокату підвищеної міцності.

Теоретичні та експериментальні результати розробок використані в умовах: «ММК ІМЕНІ ІЛЛІЧА» (технологічне завдання (ТЗ) ТЗ-ЦЛМК-№33/16-2Пр1 від 05.04.2016), (ТЗ-ЦЛМК-№59/16-2-Пр1 від 29.06.2016), (акт №1/216 від 19.08.2016), (акт №9 від 24.10.2017); «МК «АЗОВСТАЛЬ» (вимоги до виробництва продукції ТПП 232-39-2011 від. 01.07.2011); заводів Trametel (Італія) і Ferriera Valsider (Італія) (протокол від 29.10.2010). Матеріали роботи, технологічні рішення та рекомендації застосовані у навчальному процесі (довідка від 25.09.2020) та науково-дослідницьких роботах кафедри обробки металів тиском ДВНЗ «ПДТУ» (акт від 23.09.2020).

Рекомендації щодо використання результатів дисертації

Для використання у промисловості можна рекомендувати розроблені режими прокатки, комплексні технологічні процесів. На практиці доцільно застосовувати методології керування якістю, освоєння нового сортаменту, технологічну стратегію, рекомендації щодо зменшення розміру зерна аустеніту, підвищення рівномірності проникнення деформації. Отримані результати можуть бути використані на металургійних підприємствах з товстолистовими, широкоштабовими станами та станами Стеккеля. Розробки будуть корисними науково-дослідним на навчальним організаціям, з точки зору використання у науковій, дослідній або освітній діяльності.

Повнота викладу наукових результатів у публікаціях автора

Наукові результати, винесені на захист, опубліковані у 79 роботах,

включаючи 1 монографію, 3 колективні монографії, 7 статей у виданнях, що входять до бази даних Scopus, 23 статті у фахових виданнях, 3 статті у виданнях що не входять до переліку фахових, 27 робіт, що опубліковано в матеріалах міжнародних конференцій. Нові технічні рішення захищені трьома патентами України та дванадцятьма патентами України на корисну модель,

Статті містять всі необхідні складові частини, такі як: стан питання, формулювання мети роботи, наведення методик дослідження, аналіз отриманих результатів та висновки по роботі. Особистий внесок автора визначено у кожній з праць, що опубліковано у співавторстві, що свідчить про достатньо повне відображення сутності результатів дослідження у періодичних виданнях.

Апробація результатів дисертаційної роботи

Основні положення роботи, наукові та практичні результати доповідались на 24 міжнародних конференціях та семінарах, у тому числі: Міжнародна конференція (МК) ФГУП «ЦНИИЧермет імені І. П. Бардина» «Сучасні тенденції розробки та виробництва сталей і труб для магістральних газо та нафтопроводів» (Москва, 2008 р.), очна форма участі, з доповіддю; Міжнародна науково-технічна конференція (МНТК) «Университетская наука – 2009–2012, 2014–2020» (Маріуполь, 2009–2012 рр., 2014–2020 рр.), очна форма участі, з доповіддю; VIII Конгрес прокатників (Магнітогорськ, 2010 р.), очна форма участі, з доповіддю; 9 Міжнародна технічна конференція «Теоретичні та практичні проблеми в обробці металів тиском і якості фахової освіти» (Київ, 2018 р.), заочна форма участі; IV МНТК «Машини і пластична деформація металу» (Кам'янське, Дніпро, 2018 р.), заочна форма участі; Міжнародна науково-практична конференція «Фізико-хімічні геотехнології» (Дніпро, 2018 р.), заочна форма участі; Наукова конференція «Сучасні технології в механіці» (Хмельницький, 2018 р.), заочна форма участі; I МНТК «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту» (Вінниця, 2019 р.), заочна форма участі; X МНТК «Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості фахової освіти» (Київ-Херсон, 2019 р.), заочна форма участі; XI МНТК «Ресурсозбереження та енергоефективність процесів і обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії» (Харків, 2019 р.), заочна форма участі; 2nd International Conference on Design, Simulation, Manufacturing «The Innovation Exchange» (Lutsk, Ukraine, 2019 р.), очна форма участі, з доповіддю; дисертацію докрито в повному обсязі на XXIII МНТК «Достижения и проблемы развития технологии и машин обработки давлением» (Краматорськ, 2020 р.), науковому семінарі кафедри «ОМТ» ДВНЗ «ПДТУ» (Маріуполь, 2020 р), а також на засіданні Придніпровського наукового семінару при кафедрі «ОМТ» НМетАУ (2020).

Це свідчить про достатньо повну апробацію результатів роботи і добре її висвітлення у науковому світі.

Відповідність структури, змісту й оформлення дисертації встановленим вимогам і змісту автореферату основним положенням дисертації

Назва роботи відповідає обраній спеціальності й сутності розв'язуваної задачі. Мета роботи й завдання досліджень є логічно обґрунтованими. Структура роботи, обсяг її окремих частин відповідають вимогам, що висувають до докторських дисертацій в Україні. Дисертаційна робота має всі необхідні розділи, які достатньо повно розкривають проведені автором дослідження – від ґрунтового аналізу існуючих теоретичних та технічних рішень із розробки технологій термомеханічної прокатки до практичних рекомендацій і впровадження результатів у виробництво. Дисертацію написано грамотною технічною мовою та добре оформлено: кількість та якість ілюстративного матеріалу досить докладно пояснює основний текст роботи. Наукові положення й результати роботи не суперечать сучасним науковим досягненням у галузі науки та техніки.

Автореферат дисертації повністю відповідає змісту роботи і розкриває усі аспекти досліджень, виконаних автором.

Зауваження по дисертації та автореферату

1. При виконанні аналізу літературних джерел автором сконцентрована увага на розвиток технології термомеханічної прокатки з прискореним охолодженням та не проаналізовано інші варіанти цієї технології, наприклад без прискореного охолодження з закінченням прокатки в верхньому діапазоні феритного перетворення.

2. Автором не наведено дані щодо змінення впливу конвекційного теплообміну при зміні розміру зони інтенсивного охолодження штаби з більшою або меншою шириною ніж досліджена.

3. В дослідженні рекристалізаційних процесів, які відбуваються при прокатці сталі марки Х65 автором не обґрунтовано вибір температури 1050 °С.

4. Дослідження реологічних властивостей свинцю проведені при швидкості деформації 1 c^{-1} , що обмежує використання отриманих результатів.

5. Дослідження щодо оцінки рівномірності проникнення деформації виконано для умов стану Стеккеля. Інформація про можливість застосування цих результатів для станів інших типів в роботі не наведено.

6. В розділі 7, в переліку устаткування по проекту реконструкції стану 1700, який розроблено, в тому числі, у рекомендаціях щодо впровадження технології термомеханічної прокатки відсутня модернізація установки прискореного охолодження та відповідні розрахунки її технічних характеристик. Вважаю, що модернізація установки прискореного охолодження в даному проекті буде доцільною.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Курпе Олександра Геннадійовича «Розвиток наукових основ термомеханічної прокатки плоскої металопродукції з

отриманням підвищеного рівня механічних властивостей» є самостійною завершеною науковою працею на актуальну тему, у якій, на основі виконаних автором досліджень, отримані нові науково-технічні результати з розвитку термомеханічної прокатки і розробки методик вдосконалення технології з різним конструктивно-структурним складом основного прокатного устаткування й на базі цього вирішені актуальні завдання з розширення сортаменту продукції з підвищеним рівнем механічних властивостей на товстолистових та широкоштабових станах.

Зазначені зауваження не зачіпають суті виконаної роботи, а тому вони не знижують її загальної позитивної оцінки. Це дозволяє оцінити роботу як таку, що відповідає вимогам Постанови КМУ від 24 липня 2013 р. № 567 «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів» (з урахуванням змін, що внесені Постановою КМУ від 19 серпня 2015 р. № 656 «Деякі питання реалізації статті 54 Закону України «Про вищу освіту»»), що пред'являються до докторських дисертацій.

На підставі викладеного вище аналізу можна зробити загальний висновок, що дисертаційна робота Курпе Олександра Геннадійовича відповідає вимогам, які висувають до докторських дисертацій, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском.

Офіційний опонент,

Завідувач відділу процесів та машин обробки металів тиском
Інституту чорної металургії ім. З.І. Некрасова
Національної академії наук України,
доктор технічних наук, старший науковий співробітник



Приходько І.Ю.

Підпис Приходька І.Ю. завіряю:

Учений секретар Інституту чорної
металургії ім. З.І. Некрасова
Національної академії наук України,
канд. техн. наук, старший науковий співробітник



Кононенко Г.А.