

В І Д Г У К

офіційного опонента по дисертації **Куницької Ірини Миколаївни** на тему
**«ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ
ПРОКАТКИ СПЕЦІАЛЬНИХ СТАЛЕЙ З УРАХУВАННЯМ ЇХ ВПЛИВУ НА
СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ»**,
представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.01 – «Металознавство і термічна обробка металів»

1. Актуальність теми дисертації і її зв'язок із планами відповідної галузі науки

Важливими проблемами виробництва конкурентоспроможного сортового прокату спеціальних сталей є забезпечення підвищеного, регламентованого стандартами рівня фізико-механічних властивостей та досягнення ресурсозбереження під час тривалого деформаційно-термічного оброблення. Однією з ефективних технологій отримання такого прокату є високотемпературна термомеханічна обробка (ВТМО). Структура та властивості прокату конструкційних, корозійностійких, підшипникових сталей після ВТМО визначаються процесами рекристалізації аустеніту, які при гарячій прокатці є недостатньо вивченими та заслуговують особливої уваги.

Перспективним напрямком розвитку ВТМО є реалізація ресурсозберігаючих технологій суміщеної (комплексної) деформаційно-термічної обробки в прокатних цехах, що дозволить використовувати тепло прокатного нагріву під час операцій гартування, нормалізації, відпалу. При цьому усувається термообробка або скорочується її тривалість в термічних цехах. Важлива роль у вирішенні цих питань пов'язана з використанням ефективних процесів формування структури у процесі гарячої прокатки, що дозволить отримати найбільші струк-

турні та ресурсозберігаючі ефекти при термообробці спеціальних сталей в лініях сортопрокатних станів.

У зв'язку з цим актуальною задачею є встановлення впливу параметрів суміщеної деформаційно-термічної обробки, з урахуванням особливостей структуроутворення та кінетики рекристалізації аустеніту при багатопрхідній гарячій деформації, на рівень фізико-механічних властивостей сортового прокату спеціальних сталей.

Оскільки дисертаційна робота Куницької І.М. присвячена вирішенню наукових та технологічних аспектів означеної вище задачі, її тема є актуальною і такою, що має важливе наукове та практичне значення.

Дисертаційна робота Куницької І.М. відповідає напрямкам досліджень Державного підприємства «Український науково-дослідний інститут спеціальних сталей, сплавів та феросплавів ДП «УкрНДІспецсталь», які були виконані за завданням міністерства економічного розвитку та торгівлі України з метою розвитку гірничо-металургійного комплексу на найближчі роки.

2. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень і висновків здобувача, сформульованих у дисертації

Основні положення і висновки дисертаційної роботи є результатом узагальнення дисертантом теоретичного й експериментального матеріалу, базуються на сучасних положеннях металознавства та не суперечать прийнятим науковим підходам.

Достовірність результатів і обґрунтованість висновків дисертації підтверджуються застосуванням різноманітних сучасних методик дослідження, таких як растрового електронного мікроскопу з мікроаналізатором, методу електронної оже-спектроскопії та методики вимірювання багатопрхідної деформації в процесі гарячого крутіння при 1100 °С на пластомірі «Irsid». Необхідно відзначити, що висновки дисертації підтверджуються результатами експериментальних досліджень, а також результатами дослідно-промислового випробування запропонованих технологічних рішень.

3. Наукова новизна отриманих результатів

В роботі розглянуто шляхи подальшого розвитку уявлень із структуроутворення та кінетики рекристалізації аустеніту в процесі багатопрхідної гарячої пластичної деформації. Уточнено вплив динамічної рекристалізації при гарячій прокатці на рівень фізико-механічних властивостей спеціальних сталей після комплексної (суміщеної) деформаційно-термічної обробки.

Дисертантом отримано результати, які мають наукову новизну. Зокрема:

1. Вперше побудована діаграма кінетики рекристалізації гарячедеформованого аустеніту сталі 10X17H13M2T, за допомогою якої визначається розвиток процесу рекристалізації при температурах гарячої прокатки.

Уточнено процеси структуроутворення аустеніту під час гарячої прокатки за температурно-деформаційними режимами, які використовуються в умовах сортопркатних станів. Встановлено, що в корозійностійких аустенітних сталях 10X17H13M2T та 12X18H10MT рекристалізація може починатися вже в осередку деформації внаслідок динамічної рекристалізації, а упродовж післядеформаційної витримки вона іде значно повільніше.

2. Вперше підтверджено ефект формування зародків рекристалізованих зерен аустеніту в осередку деформації на основі розрахунків енергії активації процесу динамічної рекристалізації для умов гарячої прокатки сталі 10X17H13M2T.

3. Вперше запропоновано для оцінки розвитку рекристалізації при гарячій прокатці використовувати температурний критерій, що уявляє собою температуру утворення 50 % динамічно рекристалізованих зерен. Це дозволить оптимізувати температурно-деформаційні параметри та зменшити розмір зерна спеціальних сталей завдяки процесу динамічної рекристалізації.

4. Запропоновано пакетний механізм та уточнені процеси динамічної рекристалізації: локалізація гарячої деформації в грубих смугах (пакетах) ковзання, перерозподілення та взаємодія дислокацій внаслідок різної густини дефектів по обидва боки границі зсувного пакету, формування зародків динамічно рекристалізованих зерен з великокутовими границями. Отримані нові експеримента-

льні дані, що вказують на можливість існування зв'язку між зсувним механізмом гарячої деформації та утворенням динамічно рекристалізованих зерен.

5. Розширено уявлення про особливості дифузійних процесів на границях аустенітного зерна під впливом гарячої деформації та рекристалізації підшипникових сталей типу ШХ15. Виявлено збільшення концентрації вуглецю і хрому на границях вихідних та динамічно рекристалізованих зерен, що вказує на значний вплив динамічної рекристалізації на можливість зменшення протяжності та товщини карбідної сітки при подальшому охолодженні. Це сприятиме прискоренню процесів сфероїдизації карбідів під час відпалу прокату підшипникових сталей.

4. Практична цінність і значимість отриманих результатів

Наведені в дисертації дані підтверджують значну практичну цінність і значимість отриманих автором результатів.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні удосконалених технологій комплексної деформаційно-термічної обробки прокату корозійностійких, підшипникових, конструкційних сталей. Запропоновано технологічні схеми, схеми розташування обладнання, розроблено рекомендації до технологічних завдань (ТЛЗ) на проектування модульних ліній суміщеної обробки.

В результаті дослідно-промислового та лабораторного випробування гартування, нормалізації, відпалу в умовах прокатних станів ПАТ «Дніпроспецсталь» та ДП «УкрНДІспецсталь» одержано підвищення рівня фізико-механічних властивостей прокату спеціальних сталей. Показано можливість виключення окремого нагріву в термічних цехах під нормалізацію конструкційних сталей та гартування корозійностійких сталей.

При використанні режимів деформаційно-термічної обробки в підшипникових сталях зменшено виділення карбідної сітки по границям зерна та розмір карбідів, покращено мікроструктуру зернистого перліту після відпалу, забезпечено нормативні вимоги сучасних стандартів. Технологія деформаційно-

термічної обробки впроваджується у виробництво сортового прокату підшипникових сталей із сфероїдируючим відпалом на стані 325 на ПАТ «Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь» ім. А.М. Кузьміна».

5. Підтвердження опублікування в науковій печаті.

Відповідність публікацій встановленим вимогам

Основний зміст та результати роботи викладено у 17 друкованих працях, з них 5 у наукових зарубіжних виданнях, 5 у наукових фахових виданнях України, 7 у збірниках матеріалів і тез доповідей на науково-технічних конференціях.

Усі публікації за своєю структурою та об'ємом відповідають встановленим вимогам.

Результати пройшли апробацію у вигляді доповідей на більш ніж 10 науково-технічних конференціях.

Зміст автореферату відповідає тексту й основним положенням дисертації.

6. Висновок про відповідність дисертації установленим вимогам

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи – 184 сторінки друкованого тексту, у тому числі основного тексту – 131 сторінка, 13 таблиць, 48 рисунків, список використаних джерел з 167 найменувань на 20 сторінках, 5 додатків на 17 сторінках.

За своїми тематикою, змістом і використаною методикою дисертація цілком відповідає паспорту спеціальності 05.16.01 – «Металознавство і термічна обробка металів».

Робота й автореферат у цілому оформлені акуратно, відповідно до вимог ДАК України, викладені в логічній послідовності, написані технічно і стилістично грамотно.

Разом з тим, при вивченні тексту дисертаційної роботи та автореферату виникли наступні зауваження по її змісту.

1. На малюнках 3.2 та 3.11 не наведено одиниці твердості по Віккерсу і мікротвердості.
2. Вимагає пояснення, чому мікротвердість динамічно рекристалізованих зерен менше мікротвердості не рекристалізованих зерен, адже щільність дислокацій у них повинна бути вищою.
3. Наведені на малюнку 5.5 мікроструктури мають низьку якість.
4. Чому відпускання при 620°C робиться протягом часу бч. 20 хв., адже вимоги стандарту EN 10083-3:2006 – не менше 60 хв?
5. На стор.12 автореферату сказано про оптимальний режим гомогенізуючого нагрівання, але не наведено сам режим.
6. Чому став можливий скорочений відпал прокату на стадії 5б дослідного режиму?

У цілому, висловлені зауваження не носять визначального характеру, а тому не знижують загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

7. Рекомендації з використання результатів і висновків дисертації

Результати роботи, у якості яких розглядаються режими суміщеної деформаційно-термічної обробки прокату спеціальних сталей, можуть бути використані на підприємствах металургійної галузі, зокрема, на ПАТ «Інтерпайпсталь», ПАТ «Азовсталь», ПАТ «Арселлор Міттал Кривий Ріг».

Результати дисертації також рекомендуються до використання в навчальному процесі підготовки бакалаврів, спеціалістів та магістрів з напрямку «Металургія».

Подальший розвиток досліджень у даному напрямку може бути виконаний вченими Національної металургійної академії України, Запорізького національного технічного університету, Інституту чорної металургії НАН України та Фізико-технологічного інституту металів і сплавів НАН України.

Одержані в роботі результати можуть бути використані на діючому обладнанні та після реконструкції прокатно-термічного виробництва металургійних заводів. Отримання найбільш конкурентоспроможної продукції можливе в умовах створення нових модульних ліній суміщеної деформаційно-термічної обробки прокату спеціальних сталей.

8. Висновок

Дисертація **Куницької І.М.** являє собою закінчену науково-дослідну роботу, в ній отримані нові науково обгрунтовані результати, які у сукупності вирішують важливу науково-технічну задачу встановлення впливу параметрів суміщеної деформаційно-термічної обробки, з урахуванням особливостей структуроутворення та кінетики рекристалізації аустеніту при багатопрохідній гарячій деформації, на рівень фізико-механічних властивостей сортового прокату спеціальних сталей.

По обсягу і завершеності досліджень, науковій новизні і практичній цінності результатів робота відповідає вимогам ДАК України, що висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор Куницька Ірина Миколаївна заслуговує на присудження наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.01 – «Металознавство та термічна обробка металів».

Офіційний опонент, доктор технічних наук,
 провідний науковий співробітник ІЧМ НАНУ



С.В. Бобирь

Підпис д.т.н. С.В. Бобиря підтверджую:
 Вчений секретар ІЧМ НАНУ
 канд. техн. наук



О.Є. Меркулов

Вх N 52 від 10.11.16р.