**Звіт про науково-дослідну роботу: „Прогнозоване управління структурою і властивостями сталей з карбідним і карбонітридним зміцненням шляхом урахування термодинаміки і кінетики фазових перетворень”**

**Мета роботи** - розробка і вдосконалення принципів комплексного мікролегування і деформаційно-термічної обробки з використанням комп’ютерного моделювання фазових перетворень з урахуванням їх термодинаміки і кінетики для управління структурою і властивостями залізовуглецевих сплавів при одержанні високоміцних та пластичних сталей.

Терміни виконання наукової роботи: початок І кв. 2016 р.

закінчення IV кв. 2018 р.

**Керівник роботи**: Троцан Анатолій Іванович, д.т.н., (Email:ipmm@mail.ru)

**Скорочений зміст висновків рецензентів**.

Наукова робота виконана на високому сучасному рівні і по своїй актуальності, теоретичному і експериментальному рівню та практичній значимості задовольняє вимогам щодо робіт за відомчою тематикою. Робота дає цінну інформацію, яка необхідна для підвищення якості і надійності виробів з легованих сталей, прокату та зварних з’єднань. Отримані результати будуть корисні як для наукових співробітників, так і для технологів-практиків, задіяних в галузях металургії, обробки металів тиском та, термічної обробки.

**Пропозиції про подальше використання результатів роботи.**

Результати дослідження можуть знайти широке застосування при удосконаленні сучасних і розробці нових технологій термічної та деформаційної обробки якісних сталей та відповідального призначення

Дані про реєстрацію роботи: № 0116U003508

**РЕФЕРАТ**

**Об’єкт дослідження** – процеси структуроутворення в ході фазових перетворень і їх математичне моделювання.

**Мета роботи** – розробка і вдосконалення принципів комплексного мікролегування і деформаційно-термічної обробки з використанням комп’ютерного моделювання фазових перетворень з урахуванням їх термодинаміки і кінетики для управління структурою і властивостями залізовуглецевих сплавів при одержанні високоміцних та пластичних сталей.

**Методи дослідження** – математичне і комп’ютерне моделювання процесів фазових перетворень і виділення карбонітридних частинок, оптична мікроскопія, електронна мікроскопія з мікроренгеноспектральним аналізом, Оже-спектроскопія, статистична обробка даних.

Розроблені математичні моделі і відповідні комп’ютерні програми, що описують фазові перетворення і виділення частинок карбонітридів у комплексно легованих сталях. Розроблена програма дозволяє описувати кінетику фазових перетворень як для ізотермічних умов, так і для випадків довільного режиму охолодження. Окрім того існує можливість опису процесів фазових перетворень в об’ємі виробу на основі експериментальних даних або даних теплофізичного розрахунку. Розроблена комп’ютерна модель також дозволяє спрогнозувати характеристики структури, а також врахувати вплив попередньої деформації. Проведені верифікаційні експерименти для перевірки і корегування комп’ютерних моделей.

Розроблена лабораторна установка для керованого охолодження зразків у потоці повітря. З її допомогою виконано ряд експериментів по термічній обробці сталей. Режим роботи установки в ході експериментів базувався на результатах моделювання фазових перетворень в умовах охолодження з непостійною швидкістю. Отримані результати позитивного впливу розроблених режимів обробки на структуру і властивості досліджених зразків.

Виконані масштабні дослідження з використанням промислових даних, спрямовані на підвищення пластичності і протидії крихкому руйнуванню евтектоїдних сталей. Розроблена комп’ютерна програма для виявлення прихованих залежностей, що базується на методі головних компонент, попередньої кластеризації даних і проведення багатофакторного регресійного аналізу на виявлених таким чином блоках даних.

Створені комп’ютерні програми і результати досліджень можуть бути використані при розробці технологій термічної і деформаційно-термічної обробки широкого спектра низько- і середньолегованих сталей, прогнозування розподілення характеристик структури при виробництві прокату, поковок і виливок. Підвищення пластичності і розроблені методики протидії крихкому руйнування виробів з евтектоїдних сталей дозволяють значно знизити виробничій брак.

За результатами роботи опубліковано 13 статей, з яких 7 у зарубіжних виданнях і 2 у вітчизняних виданнях, що входять до Scopus, 5 тез доповідей, отримано 2 патенти України на корисну модель і 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп’ютерну програму.

**Ключові слова**: ФАЗОВІ ПЕРЕТВОРЕННЯ, ТЕРМОДИНАМІКА, КІНЕТИКА, ЛЕГОВАНА СТАЛЬ, КАРБОНІТРИДИ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, МІКРОСТРУКТУРА, МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ.

**Публікації**

Trotsan A.I. About brittle failure of high carbon rolled wire / A.I. Trotsan, V.V. Kaverinsky, O. Isayev, O. Hress, C. Y. Hu, K. M. Wu // High technologies. Business. Society. - 2017. - Vol. 1. - P. 24 - 28.

2. Каверинский В. В. Математическое моделирование кинетики распада переохлаждённого аустенита в легированных сталях / А. И. Троцан, В. В. Каверинский, З. П. Сухенко // Металлофизика и новейшие технологи - 2017. - № 8. - С. 1051 - 1068.

3. Kaverinsky V.V. About Computer Simulation of Austenite Transformation In Bulk / V.V. Kaverinsky, Z. P. Sukhenko // Journal of Materials Sciences and Applications - 2017 - № 3. - P. 47 - 52.

4. Каверинский В. В. Математическое моделирование структурообразования в зоне термического влияния сварного шва низкоуглеродистой среднелегированной стали / В. В. Каверинский, А. И. Троцан, З. П. Сухенко, Г. А. Баглюк // Металлургическая и горнорудная промышленность - 2017. - № 11. - С. 51. - 56.

5. Kaverinsky V.V. Application of nonlinear controlled cooling regimes for structure formation management in eutectoid steel / V.V. Kaverinsky, A.I. Trotsan, G. A. Bagluk, Z. P. Sukhenko // Machines. Technologies. Materials. - Borovets, Sofia Bulgaria. - 2018. - Vol. 1. - P. 144 – 145.