

Запорізький державний технічний університет

Матвеева Марина Олегівна

УДК 627.771.07

**ДОСЛІДЖЕННЯ, РОЗРОБКА І ВПРОВАДЖЕННЯ
МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТРУБОПРОКАТНИХ ВАЛКІВ,
ЩО ВІДЛИТІ ЗАСОВОМ ВІДЦЕНТРОВОГО ЛИТТЯ**

05.02.01 - Матеріалознавство

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук

Запоріжжя - 1997



00743517 (R)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державній металургійній академії Міністерства освіти України.

Науковий керівник - кандидат технічних наук,
професор Вілай Григорій Омелянович,
Державна металургійна академія України,
професор кафедри ливарного виробництва

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Шаповалова Оксана Михайлівна,
фізико-технічний інститут Дніпропетровського державного
університету, завідувача науково-дослідною лабораторією нових
матеріалів і технологій;

кандидат технічних наук, ст.наук.спів. Колотілкін Олег Борисович,
Запорізький державний технічний університет,
докторант кафедри технології металів

Провідна установа - Державний трубний інститут,
відділ труб та трубних заготовок,
Міністерство промислової політики України,
м. Дніпропетровськ

Захист відбудеться "10" листопада 1997 р. о 14⁰⁰ годині
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д17.052.01 у Запорізькому
державному технічному університеті за адресою:
330063, м.Запоріжжя, вул.Жуковського, 64

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотечі Запорізького
державного технічного університету за адресою:
330063, м.Запоріжжя, вул. Жуковського, 64

Автореферат розісланий "22" листопада 1997 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, д.т.н. *І.П. Волчок*

Волчок І.П.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Одним з основних напрямків виходу України з глибокої економічної кризи, послідуючого піднесення та науково-технічного розвитку усіх галузей промисловості є реструктуризація гірничо-металургійного комплексу. Особливо важливого значення набуває підвищення ефективності прокатного виробництва і насамперед трубопрокатного. Це зумовлено необхідністю зростання виробництва труб для агропромислового та паливно-енергетичного комплексів.

Відповідно концепції розвитку гірничо-металургійного комплексу, яка була розроблена Міністерством промисловості України, Національною академією наук та Державним комітетом з питань науки та технологій, ринковий дефіцит на труби у країнах СНД до 2005 року оцінюється в обсязі 3,0...3,5 млн.т. У разі здійснення відповідної структурної перебудови Україна має можливість тривалий час зберігати існуючий рівень експорту труб. Для реалізації цього мають бути використані нові перспективні наукові процеси у прокатному виробництві, у тому числі матеріали та технології виготовлення основного робочого інструменту - литих валків, які багато в чому визначають продуктивність сучасних прокатних станів і якість труб.

Актуальність теми. Основними постачальниками сорто- та трубопрокатних валків для України і країн СНД були і зостаються Акціонерне товариство Дніпропетровський завод прокатних валків (ДЗПВ) та Лутутінське об'єднання прокатних валків (ЛОПВ). Тому з економічної і наукової точок зору є доцільною розробка нових матеріалів, вдосконалення процесів та технологій у вальцеливарному виробництві.

Валки повинні поєднувати високу зносостійкість матеріалу робочого шару і підвищену міцність внутрішньої зони. Їх відливають біметалевими і багатшаровими з різних за хімічним складом сплавів, які забезпечують фізико-механічні властивості, стосовно конкретних умов експлуатації. Крім того, необхідно забезпечувати однорідну структуру і властивості по перетину шарів відливки. Це потребує для їх виробництва нових процесів та методів, що враховують зміну по перетину відливки кінетики кристалізації і засоби впливу на ці процеси.

Проведені під час виконання цієї роботи комплексні дослідження спрямовані на розробку сплавів з підвищеними експлуатаційними властивостями і технології виробництва із них трубопрокатних валків зі значним зменшенням витрат дефіцитних дорогих легуючих і модифікуючих матеріалів.

Напрямок досліджень обрано у зв'язку із затвердженням міжву-

зівської цільової науково-технічної програми "Дослідження, розробка та впровадження нових ефективних засобів виготовлення і експлуатації прокатних валків підвищеної надійності та довговічності" наказ Міністерства вищої і середньої спеціальної освіти СРСР №1194 від 03.12.82; наказом Міністерства чорної металургії СРСР №737 від 10.08.82 "Що до розвитку відцентрового засобу виробництва литих валків для прокатних станів чорної металургії".

Мета і Задачі дослідження. Наукове обґрунтування, розробка і впровадження технологічних основ виробництва білих чавунів підвищеної зносостійкості; дослідження процесів структуроутворення комплекснолегованих і модифікованих чавунів для відцентрового лиття прокатних валків, а також впливу технологічних факторів на їх структуру і властивості, розробка на цій основі промислової ресурсозберігаючої технології відцентрового лиття валків з високими експлуатаційними характеристиками.

Задачі дослідження, спрямовані на реалізацію роботи, сформульовані у вигляді:

- дослідження впливу комплексного легування хромом, ванадієм, марганцем, титаном і азотом, модифікування РЗМ та ультрадисперсними порошками на структуру і властивості білих валкових чавунів;
- експериментальні і аналітичні дослідження впливу технологічних факторів на структуру та рівень властивостей чавуну робочого шару, а також їх диференціацію у радіальному перетині валків;
- розробка, промислове випробування та впровадження у виробництво оптимізованих сплавів, технологічних заходів лиття із них трубопрокатних валків з високими експлуатаційними характеристиками;
- теоретичне обґрунтування, розробка і освоєння комп'ютерної методики розрахунку показників фізико-механічних властивостей та експлуатаційної стікості валків різних способів виробництва, виконання та призначення.

Наукова новизна одержаних результатів. Теоретично обґрунтована і експериментально підтверджена сукупність наукових положень та рекомендацій, які дозволяють цілеспрямовано управляти технологічними процесами формування структури і властивостей матеріалів трубопрокатних валків. Наукова новизна результатів, що отримані під час рішення поставленої проблеми, складається з наступного:

- дістали подальший розвиток дослідження та наукове обґрунтування впливу комплексного легування ванадієм (0,47...2,19%); хромом (0,36...1,70%); марганцем (2,6...9,6%); азотом (0,07...0,84%); титаном (0,013...0,527%) та модифікування РЗМ (0,03...0,07%) на мікрострук-

туру білих чавунів, кількість та розподіл карбідних і карбонітридних фаз, а також обумовлене цим підвищення на 8...10% зносостійкості порівняно з відомими сплавами;

- визначено вплив гетерогенного модифікування ультрадисперсними порошками карбонітридів титану (0,15%) на змінення мікро- та макро-структури білих чавунів і обумовлене цим підвищення їх міцності і зносостійкості при одночасному в 12...19 разів зменшенні витрат дефіцитних легуючих та модифікуючих елементів;

- визначено вплив основних параметрів технології плавки і заливки металу у ливарні форми на структуру та властивості чавуну валків: оптимальні значення перегріву розплаву вище температури рівноваги кремній-відновлювальної реакції 70...90 °С; підвищення температури заливки металу понад 1330...1350 °С призводить до зменшення глибини робочого шару та зниження його твердості; при збільшенні масової швидкості заливки за межі оптимальних значень (11,7...15,6 кг/с) чітко виявляється тенденція зменшення твердості робочого шару;

- вперше розроблені технологічні номограми для визначення тривалості заливки у ливарні форми металу робочого та внутрішнього шарів, перехідної зони відцентроволитих валків-роликів з глибиною відбілу 10...70 мм;

- вперше розроблені та освоєні нові засоби оцінки твердості по її інтегральним показникам і експлуатаційної стійкості прокатних валків.

Практичне значення одержаних результатів. На основі результатів виконаних досліджень та встановлених закономірностей процесів структуроутворення у матеріалах валків розроблена промислова ресурсозбеігаюча технологія відцентрового лиття трубокатних валків-роликів з підвищеною експлуатаційною стійкістю із нових економнолегованих і модифікованих білих чавунів. Розроблені та впроваджені у виробництво технологічні інструкції. За 1989...1991 р.р. на ДЗПВ відлито 291 заготовку діаметром 305...315 мм і довжиною 810...850 мм. Економічний ефект за рахунок впровадження технології відцентрового лиття валків на ДЗПВ становить 206587 крб (у цінах 1990 р.).

Особистий внесок здобувача.

1. За допомогою сучасних методів виконані дослідження впливу основних легуючих (ванадій, хром, марганець, азот) та модифікуючих (РЗМ, ультрадисперсні порошки титану) елементів на процеси структуроутворення та властивості білих чавунів для валків.

2. Узагальнені результати досліджень термо-часових параметрів відцентрового лиття валків-роликів та визначені їх оптимальні значення

3. Розроблено спосіб оцінки фізико-механічних властивостей та експлуатаційної стійкості валків.

4. Здійснена обробка експериментальних даних, отримані графічні та регресійні залежності, які описують вплив хімічного складу чавуну і основних параметрів технології на структуру та службові властивості матеріалу валків.

5. Освоєна та впроваджена у виробництво технологія відцентрового лиття біметалевих заготовок валків-роликів з поліпшеною мікроструктурою та властивостями по перетину робочого шару.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи обговорювались на Всесоюзній науково-технічній конференції "Ефективність виробництва та застосування нових модифікаторів, розкислювачів та лігатур в металургії та машинобудуванні" (м. Дніпропетровськ, 1988 р.); науковому семінарі "Підвищення якості та зниження металосмкості відцентрового литва" (м. Київ, 1988 р.); V, VI, VII науково-технічних конференціях "Неметалеві включення і гази в ливарних сплавах" (м. Запоріжжя, 1988, 1991, 1994 р.р.); I та II Всесоюзних конференціях "Високоазотисті сталі" (м. Київ, 1990, 1992 р.р.); II республіканській науково-технічній конференції "Шляхи підвищення якості та економічності ливарних процесів" (м. Одеса, 1990 р.); V республіканській науково-технічній конференції "Підвищення технічного рівня та вдосконалення технологічних процесів виробництва відливок" (м. Дніпропетровськ, 1990 р.); науковому семінарі "Відцентрове литво - прогресивний технологічний процес виробництва труб та заготовок відповідального призначення" (м. Київ, 1990 р.); міжрегіональній конференції "Прогресивні технологічні процеси у ливарному виробництві" (м. Хабаровськ, 1991 р.); I Всесоюзній конференції "Теорія і практика процесів одержання біметалевих та композиційних відливок" (м. Київ, 1991 р.); міжнародній конференції "Антифрикційні та зносостійкі чавуну" (м. Вінниця, 1992 р.); III міжнародній конференції "High Nitrogen Steels" (м. Київ, 1993 р.); міжнародній конференції "Евтектика IV" (м. Дніпропетровськ, 1997 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 27 робіт, одержано 4 авторських свідоцтва і патент України.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів і загальних висновків, викладених на 113 сторінках друкованого тексту, містить 60 малюнків, 27 таблиць, 4 додатки. Список використаної літератури включає 127 найменувань.

ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У вступі обгрунтована актуальність роботи, її мета і задачі дослідження, наукова новизна отриманих результатів, їх практична цінність та реалізація у промисловості.

Перший розділ присвячений аналізу хімічного складу та властивостей матеріалів відлитих чавунних валків вітчизняного і закордонного виробництва. Встановлено, що в Україні застосовують більш низькі межі вмісту кремнію і вуглецю. Легування нікелем більш 4% не передбачається, за кордоном 20,0...35,8% валків містять 3,5...5,0% нікелю; верхня межа легування хромом - 1,0%, за кордоном - 1,5...2,0%.

Другою важливою особливістю структури та властивостей є змінення по перетину робочого шару валків твердості та зносостійкості при близькому хімічному складі. З причини значного перепаду твердості (12...15 од.Шору) відбувається нерівномірне зношення по глибині калібрів валків, що призводить до передчасного виходу валків зі строю.

Спад твердості має зменшитися при побільшенні в 1,5...2,0 рази вмісту легуючих елементів. Що до вітчизняної практики, то з причини дефіцитності та високої ціни, легування підвищеною кількістю нікелю, хрому, ванадію і молібдену практично не застосовується.

За результатами робіт, проведених у фізико-технічному інституті металів та сплавів НАН України та науково-дослідному інституті чорних металів ім.Бардіна (м.Москва) встановлено, що задача підвищення експлуатаційних властивостей виробів найпростіше з технічної і економічної точок зору, може бути вирішена методами легування невеликою кількістю азоту та нітридоутворюючих елементів, за рахунок утворення дисперсних нітридів і їх міжфазного та внутрішньофазного розподілу. Зміцнюючий ефект впливу азоту має підтвердження у дослідженнях і публікаціях Уральського політехнічного інституту, Інституту чорних металів м.Єкатеринбургу. Вплив азоту на структуру та властивості α і γ -заліза поглиблено вивчається у Інституті металофізики України. Але їх не можна мати за закінчені, бо надійне прогнозування розчину азоту і параметрів нітридоутворення у визначеному на практиці широкому діапазоні складів сплавів та температур доки ще не забезпечено. Більшість результатів має відношення до сталей різних класів, що до чавунів - ці питання розроблені обмежено.

На підставі аналізу хімічного складу матеріала валків, оцінки необхідного рівня їх фізико-механічних властивостей у різних зонах визначені основні задачі дослідження.

У другому розділі наведені методи дослідження, їх апаратурно-технічне та метрологічне забезпечення. Дослідні зразки були відлиті

у лабораторних умовах на постійній, попередньо виплавленій лігатурі, плавки вагою 0,3...0,6 кг проводили у алундових тиглях. Під час проведення дослідно-промислових плавок чавун плавили в індукційних печах ІЧТ-6/1,5.

Виміри температури, визначення хімічного складу експериментальних чавунів і твердості матеріалу валків, визначення термічних констант, металографічний аналіз проводили за стандартними методиками.

Розроблено математичну модель процесу формування багат шарових виливків при відцентровому литті. Вихідна схема включає металеву виливницю, вставку, у якій передбачається виготовлення валків різних діаметрів у одній виливниці, робочий шар та внутрішню зону заготовки. Для цієї системи наведено загальне змінення енергії, яке поєднує теплопередачу крізь елементи форми і метал заготовки, що кристалізується. Умови спряження наведені для усіх елементів системи. Для кожного елемента спряження описані умови обмеження.

Визначення вмісту азоту і титану у експериментальному чавуні проводили за спеціальними методиками. Загальний вміст азоту визначали методом заснованим на кислотному розчині зразків металу. Вірогідність визначення вмісту азоту вибірково перевіряли на газоаналізаторі "LECO". Метод визначення титану базується на тому, що титан утворює у взаємодії з діалтіпірілметаном дуже стійку комплексну сполуку, яка має жовтий колір, інтенсивність кольору пропорційна концентрації титану у розчині.

Для правильної оцінки твердості, яка є основним показником зносостійкості робочого шару валка, застосовано поняття - сумарна інтегральна твердість, запроваджена одиниця твердості - питома твердість, тобто твердість, яка припадає на одиницю об'єму або маси робочого шару валка. За допомогою розробленої програми "REGRE" проведені розрахунки зміни інтегральної твердості, яка дозволяє визначити змінення працездатності валка при зменшенні товщини робочого шару. Засіб захищений авторським свідоцтвом.

Дослідження лінійного зв'язку між параметрами об'єкту реалізували методом множинного регресійно-кореляційного аналізу із застосуванням персонального комп'ютера IBM 486, пакет програм "Статграф", програмне забезпечення Quattro Pro for DOS, Quattro Pro for Windows, Excel for Windows.

У третьому розділі приведені узагальнені результати промислових та лабораторних досліджень впливу комплексного легування хромом, марганцем, ванадієм, азотом, титаном, а також гомогенного та гетерогенного модифікування розплавів РЗМ і ультрадисперсними порошками

титану на формування структури та властивостей білих чавунів.

В умовах ДЗПВ проведені дослідження змінення твердості типових заготовок розміром $\varnothing 315 \times (790 \pm 10)$ мм, виконання ТПХНВ-51 і ТПХНВ-60. Твердість металу по товщині робочого шару відрізняється на 12...15 од.Шору (рис.1), що обумовлено змінням швидкості охолодження металу при віддаленні от поверхні. Так, у відцентроволитих валках з високою (70 од.Шору) і низькою (55 од.Шору) твердістю при віддаленні від литої поверхні грубішають дендрити перліту та перлітокарбідної евтектики, зменшується кількість карбідної фази та росте кількість графітних включень від 0,2...0,3% (на відстані 10...15 мм от поверхні валка) до 2,4...6,8% (на відстані 50...70 мм).

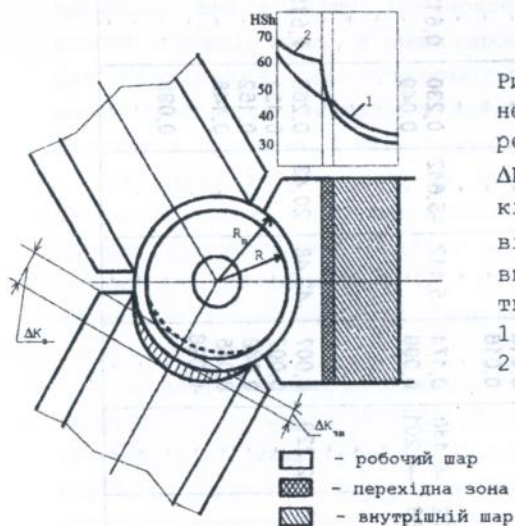


Рис.1. Схема розташування і змінення твердості по перетину валків редуційного стану:

$\Delta K_z, \Delta K_{zn}$ - знос робочого шару валків загальний і до переточування, відповідно; R_v - радіус валка; R - внутрішній радіус труби; змінення твердості по перетину валків:

- 1 - серійного виробництва;
- 2 - дослідного відцентрового.

Для забезпечення зменшення спаду твердості по глибині робочого шару застосовували комплексне легування ванадієм, хромом, марганцем, азотом, титаном і модифікування РЗМ. Проведені спеціальні серії плавок, у яких вивчали особливості структуроутворення в азотованих білих і половинчастих чавунах. Результати по кожній серії були оброблені методами множинного регресійно-кореляційного аналізу, результати наведені у табл.1.

У серії плавок системи Fe-C-N-V-Ti ванадій і азот у сплавах в рідкому стані, при температурах вищих за температуру ліквідус, утворюють нітридні фази типу VN, які пригнічують розвиток пограничної ліквіації при зростанні первинного аустеніту. Відзначено різке збільшення розчинності VN у первинному аустеніті. За впливом на розчинність вуглецю у первинному аустеніті ванадій перевищує хром, марганець.

Таблиця 1

Узагальнені результати регресійно - кореляційного аналізу експериментальних даних дослідних плавок

№	Вигляд залежності	Ст. пом. Y	Вільн. член рівн.	Коефіцієнти регресії										
				C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ti	V	РЗМ	R
1	$F=f(C, Si, Mn, \dots, Ti)$	0,011	0,103	-0,035	0,166	0,112	-0,948	-0,909	0,032	0,775	0,079	-	-	0,90
	$F=f(Cr, Ni, Ti)$	0,010	-0,031	-	-	-	-	-	0,030	0,504	0,094	-	-	0,86
	$F=f(Cr, Ti)$	0,010	0,006	-	-	-	-	-	0,030	-	0,082	-	-	0,85
	$F=f(Cr)$	0,011	0,007	-	-	-	-	-	0,033	-	-	-	-	0,83
	$F=f(Ti)$	0,016	0,025	-	-	-	-	-	-	-	0,220	-	-	0,53
2	$F=f(C, Si, Mn, \dots, Ti)$	0,048	-1,987	0,577	-0,827	0,044	17,38	-5,810	0,052	-1,360	-0,004	-	-	0,87
	$F=f(C, Si, Mn, Ni, Ti)$	0,048	-0,325	0,288	-0,963	0,026	-	-	-	-0,819	-0,140	-	-	0,81
	$F=f(Mn, Ti)$	0,053	0,061	-	-	0,019	-	-	-	-	-0,172	-	-	0,70
	$F=f(Mn)$	0,058	0,039	-	-	0,016	-	-	-	-	-	-	-	0,57
	$F=f(Ti)$	0,068	0,144	-	-	-	-	-	-	-	-0,119	-	-	-0,28
3	$F=f(C, Si, Mn, \dots, V)$	0,034	-0,348	0,172	-0,140	0,174	-5,112	-5,642	0,230	0,613	0,294	-0,085	-	0,88
	$F=f(C, Si, Mn, Cr, Ti, V)$	0,035	-0,169	0,066	-0,201	0,099	-	-	0,049	-	0,433	-0,023	-	0,82
	$F=f(Ti, V)$	0,039	0,016	-	-	-	-	-	-	-	0,316	-0,006	-	0,64
	$F=f(Ti)$	0,038	0,011	-	-	-	-	-	-	-	0,297	-	-	0,64
	$F=f(V)$	0,047	0,010	-	-	-	-	-	-	-	-	0,024	-	0,31
4	$F=f(C, Si, Mn, \dots, PЗМ)$	0,088	-3,649	0,945	2,220	0,007	-42,48	20,43	0,266	7,515	1,982	0,080	-0,082	0,98
	$F=f(Mn, Cr, Ti, V, PЗМ)$	0,120	-0,383	-	-	0,007	-	-	0,131	-	-	-0,017	-0,361	0,89
	$F=f(Mn, Cr, V, PЗМ)$	0,123	0,063	-	-	0,048	-	-	0,152	-	-	0,099	-0,231	0,87
	$F=f(Mn, Cr, V,)$	0,120	-0,079	-	-	0,045	-	-	0,148	-	-	0,092	-	0,86
	$F=f(Mn)$	0,202	0,325	-	-	-0,028	-	-	-	-	-	-	-	0,31
	$F=f(Cr)$	0,127	0,147	-	-	-	-	-	0,099	-	-	-	-	0,80
	$F=f(V)$	0,210	0,311	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,040	-	0,15
	$F=f(PЗМ)$	0,212	0,310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,137	0,08

Первинна фаза зміцнюється розчинами укорінення (VN). Продукти розпаду первинного аустеніту, які збагачені вуглецем і нітридами відрізняються підвищеною дисперсністю, твердістю та міцністю.

У білому азотованому чавуні, що легований ванадієм і титаном отримана найбільша кількість зміцнюючих фаз, загальна їх кількість становила 0,065...2,11 об.%, середній розмір нітридів - 11...19 мкм, карбонітридів - 2,0...3,0 мкм, густина до 2251 шт на 1 мм².

У сплавах системи Fe-C-N-Cr-Ti ще у рідкому стані, вище за температуру 1400 °С, спостерігається утворення по перитектичній реакції нітрида Cr₂N, при евтектичному перетворенні можлива також поява нітрида Fe₄N, при цьому відбувається звуження ділянки α - Fe та збільшується загальний вміст азоту. Встановлено, що азот існує частіше всього у вигляді нітридів хрому, а також карбонітридів та сульфонітридів. Кількість фаз укорінення, які утворюються, знаходилась згідно з даними металографічного аналізу у межах 0,001...0,2 об.%; середній розмір нітридних включень 3 мкм, густина до 20 шт на 1 мм².

У серії плавок системи Fe-C-N-Mn-Ti при збільшенні вмісту титану кількість азоту зменшується, що не узгоджується з літературними даними про збільшення вмісту азоту із зростанням вмісту титану в сталях та системах Fe-N-Ti. Це обумовлено складним та різним за величиною і напрямком впливом марганцю та титану на розчинність азоту і вуглецю.

За результатами досліджень кількість утворюючихся фаз укорінення знаходилась у межах 0,052...0,078 об.%, середній розмір включень складав 5...7 мкм, густина 12...16 шт на 1 мм². Первинними фазами є карбідні включення Mn₇C₃ або (Mn,Fe)₇C₃. На цих включеннях утворюються при евтектоїдних перетвореннях нітриди та карбонітриди титану.

Встановлено, що найбільший вплив на структуру, кількість та розподіл зміцнюючих карбідних і карбонітридних фаз чинять ванадій, титан і азот. Загальна кількість включень у сплавах Fe-C-N-V-Ti була більше ніж на два порядки вище порівняно зі сплавами, легованими хромом, титаном, азотом; в 20...30 разів більше порівняно зі сплавами, легованими марганцем, титаном, азотом.

Легування ванадієм, титаном, азотом і модифікування РЗМ збільшує дисперсність металевої матриці (рис.2), забезпечує карбідне та карбонітридне зміцнення продуктів розпаду аустеніту (рис.3), що приводить до зростання твердості металу робочого шару. Падіння твердості по глибині робочого шару зменшилось до 4...5 од.Шору, проте при збільшенні його глибини до 50...70 мм спостерігається зростання розмірів зерна у структурі металевої матриці. Тому необхідні додаткові дослідження

по розробці нових засобів керування макроструктурою біметалевих валків. Враховуючи отримані результати гомогенних процесів карбонітридного зміцнення високовуглецевих сплавів заліза досліджували гетерогенні процеси такого зміцнення при модифікуванні сплавів ультрадисперсними порошками (УДП) карбідів та карбонітридів титану.

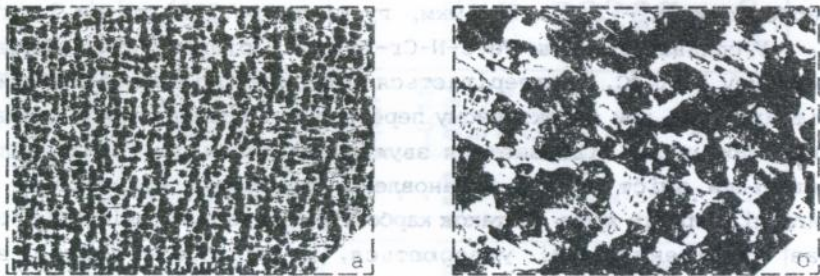


Рис.2. Мікроструктура чавуну, що легований ванадієм(1,71%), азотом(0,236%), титаном(0,205%) і модифікований РЗМ (0,058%): а - $\times 100$, б - $\times 500$

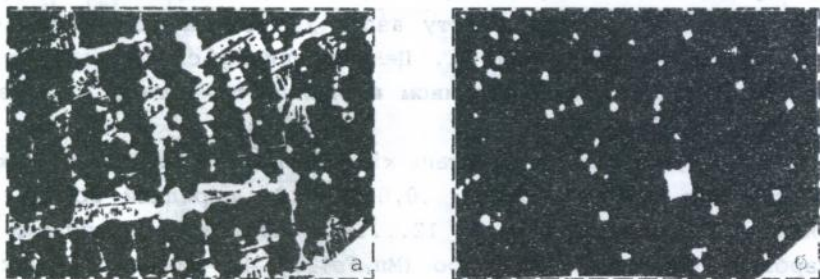


Рис.3. Неметалеві включення у білих чавунах: а - V 1,74%; Ti 0,191%; N 0,264%; б - V 1,45%; Ti 0,288%; N 0,240%; РЗМ 0,069%; а, б - $\times 500$, теплове травлення

Були застосовані ультрадисперсні порошки карбонітриду титану фракції 0,01...0,02 мкм, з питомою поверхнею 29...34 м²/г. Порошки одержували плазмово-хімічним синтезом у низькотемпературній плазмі. Застосування карбонітриду титану дозволило значно (на 1...2 порядки) скоротити вміст легуючих елементів.

Досліджували вплив на структуру та властивості білого чавуну модифікування 0,15% УДП, від 0,034 до 0,07% РЗМ і легування хромом від 0,71 до 4,93%. Металографічний аналіз зразків різного хімічного складу виявив, що введення УДП приводить до значного подрібнення основних структурних складових металевої матриці у досліджених чавунах. Збільшення кількості РЗМ у сплаві до 0,07% спричиняє под-

рівнення структури, більш рівномірний розподіл структурних складових металевої матриці, збільшення кількості зміцнюючих фаз та їх рівномірний розподіл у металевій матриці (рис.4). Зростання у складі чавуну хрому посилює ліквідаційні процеси при кристалізації сплаву, це підкреслює дендритний характер структури.

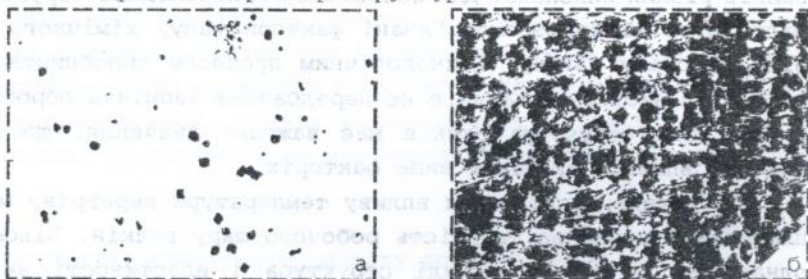


Рис.4. Мікроструктура чавуну, що модифікований РЗМ (0,069%) і УДП (0,15%): а,б - x500

Вивчено вплив хімічного складу дослідних сплавів на мікротвердість структурних складових сплавів. Введення до 0,15% УДП сприяє підвищенню міцностних характеристик сплаву, підвищує мікротвердість продуктів евтектоїдного розпаду аустеніту та мартенсіту від 4532 МПа до 4807 МПа, а також і світлої феритної оторочки навколо включень графіту від 3012 до 3257 МПа. У чавуні без додаткового легування УДП виявлені окремі неметалеві частинки, які вміщують титан та підвищену кількість хрому. У чавунах, що модифіковані 0,15% УДП, цих частинок більше, вміст титану в них вищий.

Методом мікрорентгеноспектрального аналізу на приладі MS-46"Самса" проведені дослідження міжфазного розподілу основних легуючих елементів. У комплексномодифікованих РЗМ - до 0,07% і УДП - до 0,15% сплавах виявлені включення двох основних типів: нітриди, карбонітриди з підвищеним вмістом титану і хрому та включення на базі оксисульфідів РЗМ.

За результатами проведених у роботі досліджень розроблено засіб відцентрового лиття біметалевих прокатних валків, захищений авторським свідоцтвом №1668029 від 04.04.89 р. Валки отримані цим засобом мали стабільну твердість по глибині робочого шару.

Застосування УДП при виробництві двошарових прокатних валків доцільно, так як завдяки їх модифікуючому ефекту змінюється процес первинної кристалізації: подрібнюються дендрити первинного аустеніту, замість стовбчатих дендритів з'являються дендрити близькі за формою до округлої, зменшується їх розгалуженість, подрібнюються фази у

білій евтектиці; зменшується неоднорідність мікроструктури.

У четвертому розділі наведені результати досліджень впливу термочасових параметрів плавлення, перегріву та заливки сплавів на структуру та властивості матеріалу робочого шару відцентроволитих валків різних виконань. Для забезпечення необхідної структури металу мають бути тісно взаємозв'язані фактори часу, хімічного складу та рідкого стану чавуну. Технологічним процесом виробництва чавунних валків із вибілених чавунів не передбачена термічна обробка. Згідно з цимлита структура валків має важливе значення, що обумовлено значним впливом вказаних вище факторів.

Проведені дослідження впливу температури перегріву металу у плавильних печах на твердість робочого шару валків. Відомо, що при однаковому хімічному складі структура і властивості визначаються перегрівом металу у печі відносно кремній-відновлювальної реакції. За даними д.т.н. Шуміхіна В.С. температура рівноваги кремній-відновлювальної реакції (T_p) з врахуванням впливу на неї усіх елементів та домішок у складі рідкого металу може змінюватися у межах від $+41,6^{\circ}\text{C}$ до $-61,1^{\circ}\text{C}$ (по відношенню до T_p системи Fe-C-Si). У даній роботі встановлені межі впливу коливань ΔT_p на твердість металу робочого шару валків. Оптимальним визначено перегрів $\Delta T_p = 70 \dots 90^{\circ}\text{C}$ (рис.5).

Методом множинного кореляційно-регресійного аналізу досліджено взаємозв'язок між твердістю на глибині 10 і 20 мм та хімічним складом чавуну. У результаті отримані такі рівняння (довірча імовірність $P = 0,95$):

$$H_{10} = 71,41 - 0,87\text{Ni} + 15,12\text{Cr} + 3,46\text{Mn} - 2,1\text{C} - 0,03\Delta T_p - 22,78\text{Si};$$

$$H_{20} = 75,77 - 0,15\text{Ni} + 17,73\text{Cr} + 1,46\text{Mn} - 5,23\text{C} - 0,03\Delta T_p - 24,06\text{Si}.$$

Отримані рівняння дозволяють визначити твердість матеріалу валків у залежності від їх хімічного складу при оптимальному перегріві (ΔT_p).

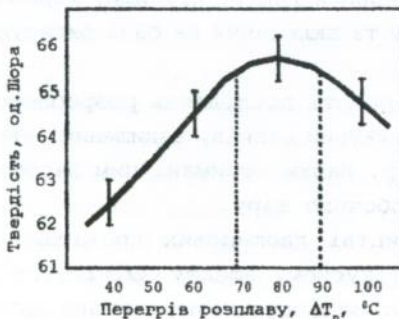


Рис.5. Вплив температури (ΔT_p) на твердість робочого шару валків

Встановлено основний фактор, що впливає на вибілюваність — це температура заливки металу робочого шару. Заливка у інтервалі температур від 1330 до 1350°C забезпечує робочий шар глибиною 40 мм, твердістю на відстані 10 мм від поверхні у межах $62 \dots 64$ од.Шору і $59 \dots 60$ од.Шору у кінці робочого шару. Чітко виявляється тенденція до зменшення твердості робочого

шару при збільшенні масової швидкості заливки понад 15,6 кг/с.

У п'ятому розділі проаналізоване промислове освоєння технології відцентрового лиття трубпрокатних валків. Досліджені властивості чавуну робочого шару валків існуючого на цей час виробництва та дослідних, результати випробувань наведені у табл.2.

Були проведені розрахунки інтегральної твердості для двохшарових валків, які дозволяють оцінювати їх працездатність у порівнянні з експлуатаційною стійкістю валків того самого типорозміру з оптимальною товщиною робочого шару. Оцінка працездатності валків і, у відповідності з цим, їх оптової ціни має сприяти удосконаленню технології

Таблиця 2

Механічні властивості металу робочого шару валків

Відстань від литої поверхні, мм	Валки	Межа міцності, МПа				Ударна в'язкість, кДж/м ²		Твердість	
		при розриві		при вигині		а _н	Δа _н %	HSh	ΔHSh%
		σ _b	Δσ _b %	σ _н	Δσ _н %				
20	існуючого виробництва	177-216	20-25	344-392	15-22	52-56	19-30	60-66	7-8
	дослідні	212-270		394-478		62-73		65-71	
30	існуючого виробництва	160-199	28-33	323-372	21-27	58-64	14-23	56-62	11-16
	дослідні	205-265		390-474		66-79		65-69	

виробництва валків, застосуванню нових прогресивних засобів лиття, що мають забезпечувати оптимальну товщину робочого шару стосовно конкретних умов прокатки. Для цього у вальцеливарному виробництві має бути економічно доцільним виробляти валки з більш високими показниками інтегральних властивостей. Для прокатного виробництва такі інтегральні показники мають забезпечувати, у залежності від типу, сортаменту та обсягів виробництва, можливість замовляти валки з визначеними інтегральними показниками властивостей.

Усього за 1989...91 р.р. під час дослідження термо-часових параметрів відлито 2911 заготовка діаметром 305...315 мм, довжиною 810 і 850 мм. З них виготовлено 1137 валків виконання ТПХНВ-60 і 225 валків виконання ТПХНВ-51 для Нікопольського південно-трубного та Первоуральського новотрубного заводів. З використанням модифікування

ультрадисперсними порошками і РЗМ відлито 48 роликів у 1990 році для Первоуральського новотрубного заводу. Застосовуючи комплексне легування і модифікування, а також регулюючи основні термо-часові параметри, масмо можливість отримувати валки з визначеною глибиною вибілу від 10 до 60 мм. Дослідні валки у порівнянні з валками існуючого виробництва, мають менший спад твердості по глибині робочого шару в 1,5...2,0 рази.

Результати експлуатаційних випробувань відцентроволитих валків на стані 30-102 Нікопольського південно-трубного заводу продемонстрували у 1,3...1,5 рази більшу стійкість у порівнянні із стійкістю валків, що відлиті у стаціонарні форми.

Загальні висновки

1. На основі аналізу вітчизняних і закордонних даних про ливарні сплави, їх властивості та технології виробництва із них трубопрокатних валків встановлено, що вони відрізняються за хімічним складом, структурою та основними службовими властивостями: твердістю, міцністю, зносостійкістю. При цьому по глибині робочого шару змінюється структура та дисперсність металевої матриці сплавів, зменшується кількість карбідної фази та збільшується кількість графітних включень від 0,2...0,3% до 2,4...6,8%, а також має місце падіння твердості на 12...15 од.Шора. Цим обумовлена нерівномірність зносу по глибині калібру валків і передчасний вихід їх із експлуатації. Підвищення експлуатаційної стійкості валків і якості прокату має бути забезпечено розробкою та диференцьованим визначенням матеріалів валків та удосконаленням технології їх виробництва.

2. Вивчено індивідуальний та комплексний вплив основних легуючих елементів марганцю (2,6...9,6%), хрому (0,36...1,7%), ванадію (0,47...2,19%), а також титану (0,013...0,527%) і азоту (0,07...0,84%) на структуру, кількість та розподіл зміцнюючих фаз - карбідів та карбонітридів у зносостійких білих і половинчастих чавунах. Змінення структури виявляється у збільшенні дисперсності металевої матриці сплаву та утворенні карбідних та карбонітридних включень, що забезпечило отримання у металі робочого шару структури білого чавуну та менш інтенсивне падіння твердості по радіусу валка.

3. Модифікування 0,1...0,3% РЗМ комплекснолегованих білих чавунів забезпечує поменшення розмірів нітридних та карбонітридних включень і, завдяки цьому, підвищення однорідності та властивостей матеріалу робочого шару відцентроволитих валків. При цьому мікротвердість цементиту підвищується на 8...12%, аустеніту на 18...36%.

4. Розроблені та досліджені нові засоби поліпшення однорідності і підвищення міцностних властивостей металу робочого шару, за допомогою застосування гетерогенного модифікування ультрадисперсними порошками карбонітриду титану (0,10...0,15%); що дозволило підвищити твердість та зносостійкість на 7...16% при зменшенні в 12...19 разів витрат дефіцитних легуючих елементів - хрому, нікелю, ванадію.

5. Вивчено вплив термо-часових параметрів плавки і заливки комплекснолегованих чавунів, що містять азот, на структуру та властивості трубопрокатних валків. Встановлено: оптимальні значення перегріву розплаву вище за температуру рівноваги кремній-відновлювальної реакції ($\Delta T_p = 70...90$ °C); з підвищенням температури заливки металу понад 1330...1350 °C зменшується глибина робочого шару та знижується його твердість; при збільшенні масової швидкості заливки понад межі оптимальних значень 11,7...15,6 кг/с чітко виявляється тенденція зменшення твердості робочого шару.

6. Розроблений, науково обґрунтований та захищений авторським свідоцтвом новий показник - інтегральна твердість, який дозволяє оцінювати експлуатаційну стійкість валків різного хімічного складу, визначати твердість по глибині робочого шару.

7. Вдосконалена та освоєна технологія виготовлення відцентровим засобом трубопрокатних валків з комплекснолегованих і модифікованих чавунів, яка забезпечує підвищення експлуатаційної стійкості в 1,3...1,4 рази у порівнянні з валками серійного виробництва. Основні результати роботи впроваджені на Дніпропетровському заводі прокатних валків, очікуваний економічний ефект складає 206587 крб. (у цінах 1990 р.).

Список опублікованих праць здобувача за темою дисертації:

1. Белай Г.Е., Матвеева М.О. Исследование и освоение процессов центробежного литья биметаллических заготовок // Процессы литья. - 1992. - №3. - С.72-76.

2. Шевченко В.В., Герасименко Л.Г., Матвеева М.О. Новые защитные покрытия для центробежного литья чугуновых заготовок // Повышение качества и снижение металлоемкости центробежного литья. - Киев. - 1988. - С.69-73.

3. Белай Г.Е., Дворникова Н.В., Темченко Г.Н., Матвеева М.О. Исследование распределения азота в титаносодержащих железоуглеродистых сплавах // Высокоазотистые стали. - Киев: Институт металлофизики АН УССР. - 1990. - С.376-379.

4. Матвеева М.О., Шевченко В.В., Герасименко Л.Г. Совершенствование технологии центробежного литья прокатных валков

применением новых типов защитных покрытий для элементов литейной формы // Центробежное литье – прогрессивный технологический процесс производства труб и заготовок ответственного назначения. – Киев. – 1990. – С.67-73.

5. Белай Г.Е., Дворникова Н.В., Матвеева М.О., Колодяжная Л.Ю., Овчинникова О.В. Модифицирование высокоуглеродистых сплавов железа карбонитридными фазами // Высокоазотистые стали. – Киев: Институт металлофизики АН Украины. – 1992. – С.123-125.

6. Dvornikova N.I., Belay G.E., Matveyeva M.O., Kolodjagnaja L.V. Investigation and mastering of the production technology of special purpose castings of nitrided high carbon alloys // High Nitrogen Steels. – Kiev. – 1993. – P.620-623.

7. А.с. 1656402 СССР, МКИ G01 N3/58. Способ оценки свойств биметаллических изделий типа тел вращения / Г.Е.Белай, Ю.А.Мушенков, А.М.Бидаш, М.О.Матвеева (СССР). – №4643687/28; Заявлено 30.01.89; Оpubл. 15.06.91, Бюлл.№22. – 3 с.

8. А.с. 1668029 СССР, МКИ B22 D27/20, 13/00. Способ центробежного литья биметаллических прокатных валков / Г.Е.Белай, А.М.Бидаш, Г.А.Ганджа, М.О.Матвеева, Н.В.Дворникова, Р.Ф.Доронкина, Н.С.Козаченко, А.А.Лушпа (СССР). – №4672807/02; Заявлено 04.04.89; Оpubл. 07.08.91, Бюлл.№29. – 2 с.

9. А.с. 1701753 СССР, МКИ C22 C37/06. Чугун для прокатных валков / А.М.Бидаш, Г.Е.Белай, А.А.Сирота, М.О.Матвеева (СССР). – №4695039/02; Заявлено 22.05.89; Оpubл. 30.12.91, Бюлл.№48. – 3 с.

10. А.с. 1785789 СССР, МКИ B22 D13/00, 27/20. Способ центробежного литья биметаллических прокатных валков / Г.Е.Белай, М.О.Матвеева, А.М.Бидаш, А.А.Сирота, Ю.В.Дяченко (СССР). – №4879638/02; Заявлено 02.11.90; Оpubл. 07.01.93, Бюлл.№1 – 3 с.

11. Патент №1337 Украина, МКВ5В22D27/20, В22D13/00. Спосіб відцентрового лиття біметалевих прокатних валків / Г.О.Білай, А.О.Лушпа, Г.П.Ждакаєв, М.С.Козаченко, М.О.Матвеева, Г.А.Ганджа, В.В.Комосов (Україна). – №93250308; Заявлено 23.03.91; Надрук. 25.03.94, Бюлл.№1. – 2 с.

12. Белай Г.Е., Матвеева М.О., Беспалько В.Н., Соколова Т.А. Влияние модифицирования РЗМ и ультрадисперсными порошками карбонитридов ванадия, хрома, марганца на эвтектическую кристаллизацию белых износостойких чугунов // Труды Междунар. конф. "Эвтектика IV". – Днепропетровск: Государственная металлургическая академия Украины. – 1997. – С.59.

Анотація

Матвеева М.О. Дослідження, розробка і впровадження матеріалів для трубопрокатних валків, що відлиті засобом відцентрового лиття. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 - матеріалознавство. - Запорізький державний технічний університет, Запоріжжя, 1997.

Дисертацію присвячено дослідженню процесів структуроутворення у комплекснолегованих і модифікованих білих чавунах підвищеної зносостійкості для відцентроволитих прокатних валків, визначенню впливу технологічних факторів на структуру та властивості матеріалу валків, розробці на цій основі промислової ресурсозберігаючої технології відцентрового лиття валків з високими експлуатаційними характеристиками. Основні результати роботи впроваджені на АО Дніпропетровський завод прокатних валків.

Ключові слова: білий чавун, прокатний валок, відцентрове литво, легування, модифікування, карбонітридне зміцнення.

Анотация

Матвеева М.О. Исследование, разработка и внедрение материалов для трубопрокатных валков, отливаемых методом центробежного литья. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.01 - материаловедение. - Запорожский государственный технический университет, Запорожье, 1997.

Диссертация посвящена исследованию процессов структурообразования в комплекснолегированных и модифицированных белых чугунах повышенной износостойкости для центробежных прокатных валков, определению влияния технологических факторов на структуру и свойства материала валков, разработке на этой основе промышленной ресурсосберегающей технологии центробежного литья валков с высокими эксплуатационными характеристиками. Основные результаты работы внедрены на АО Днепропетровский завод прокатных валков.

Ключевые слова: белый чугун, прокатный валок, центробежное литьё, легирование, модифицирование, карбонитридное упрочнение.

Summary

Matveyeva M.O. Study, development and introducing of tube-rolling rolls casted centrifugal method. - Manuscript.

Thesis for candidate's degree for speciality 05.02.01 - material design. State technical university, Zaporozhye, 1997.

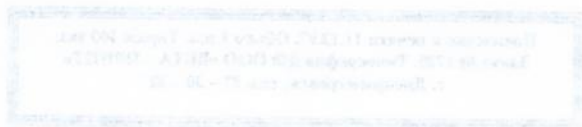
The dissertation is denoting study of structurization proesis in alloyed and modified white cast iron of increased wear capability for centrifugal casted rolls. The influence of technological factos on the struture and properties materials for rolls was investigated. The technology of centrifugal casting durability rolls for tuberolling mills was introduced on Dnepropetrovsk roll plant.

Key words: white cast iron, roll, centrifugal casting, alloying, modifying, carbonitride hardening.

Для заметок

Для заметок

ST. E. E. A.



431916

АВ 39.172
АВ 39.172

Подписано к печати 11.12.97. Объем 1 н.л. Тираж 100 экз.
Заказ № 1720. Типография ДФ ООО «ВЕТА – ПРИНТ»
г. Днепропетровск, тел. 37 – 30 – 22