**Калінін Василь Тимофійович. Наукові основи прогресивних технологій модифікування та легування чавунів для виливків металургійного обладнання : дис... д-ра техн. наук: 05.16.04 / Національна металургійна академія України. - Д., 2005.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Калінін В.Т. Наукові основи прогресивних технологій модифікування та легування чавунів для виливків металургійного обладнання. - Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.16.04 - ливарне виробництво. - Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ, 2005.  34  Дисертація присвячена розробці теоретичних основ вибору й застосування комплексних ультрадисперсних модифікаторів (УДМ), установленню закономірностей формування структури і властивостей двошарових листопрокатних валків й освоєнню прогресивних технологій модифікування чавунів для виливків металургій-ного обладнання.  Проблема вирішена шляхом модифікування чавунних розплавів УДМ на основі Si, А1, Ті, Си та їх сполук, отриманих плазмохімічним синтезом. Розкрита фізи-ко-хімічна природа дії ультрадисперсних модифікаторів на параметри кристалізації чавуну. У рамках теорії ливарного виробництва розроблена й експериментально підтверджена фізична модель модифікованого Fe-C - розплаву, в якому УДМ служать центрами кристалізації. Запропоновані механізми дії графітізуючого та інокулюючого модифікування Fe-C - розплавів.  На базі проведених досліджень створені наукові основи модифікування чавунних розплавів УДМ при ковшовій та внутрішньоформній обробці при виготовленні листопрокатних валків, виливниць, мелючих куль, деталей багерних насосів.  Результати досліджень впроваджені у виробництво на металургійних підприємствах України і Росії зі значним економічним ефектом.  Сформульовані наукові уявлення про легування валкових чавунів W, Nb, Co, В, Cu, Mo, V, а також комплексне легування Си + Mo та Си + Mo +V, що є ефективним засобом поліпшення показників робочого шару прокатних валків.  Розроблені та впроваджені нові технологічні процеси лиття двошарових листопрокатних валків способом напівпромивки шляхом внутрішньоформеного та гра-фітизуючого модифікування ультрадисперсним SiC. Установлені основні причини **виходу**з ладу прокатних валків, способи їх усунення та підвищення експлуатаційної стійкості. | |
| |  | | --- | | У дисертації здійснені теоретичні узагальнення й експериментальні дослідження закономірностей процесів кристалізації модифікованих ультрадисперсними модифікаторами (УДМ) і комплекснолегованих чавунів, розвинуті наукові основи методів керування литою структурою. Вирішена актуальна науково-технічна проблема створення високоефективних комплексів УДМ та технологічних процесів лиття відповідальних деталей металургійного обладнання із підвищеними експлуатаційними характеристиками при функціонуванні в умовах термоциклічних й механічних навантажень. На основі проведених досліджень зроблені наступні основні висновки:   1. Розроблений науково обгрунтований підхід до оцінки активності модифі куючих елементів та їх сполук при кристалізації чавуну. Уперше запропонована критеріальна комплексна оцінка ефективності 17 розчинних у розплаві модифікато рів з урахуванням їх активності на всіх стадіях кристалізації чавуну: при зародженні й зросту первинного аустеніту, при евтектичної кристалізації, при формуванні мат риці у твердому стані. Показано, що активність модифікуючих тугоплавких сполук (TiCN, ZrN, BN та інш.) залежить від температури плавлення, ентальпії утворення, розчинності й електронної спорідненості модифікатора й розплаву. Застосування в якості ультрадисперсних модифікаторів тугоплавких сполук - найбільш перспекти вний спосіб обробки чавунів. 2. Розглянута роль окисних процесів в адсорбційній активності часток УДМ, одержаних методом плазмохімічного синтезу. Уперше розроблений спосіб захисту ультрадисперсних часток від окислення шляхом плакування, що забезпечило част кам розміром 10...250 нм високу адсорбційну активність до створення штучних центрів кристалізації у розплаві. Вміст кисню в плакованому УДМ у 8,0...8,5 разів нижче, ніж у неплакованому. 3. В рамках теорії ливарного виробництва теоретично обгрунтована фізична модель модифікованого УДМ високовуглецевого розплаву заліза, у якому адсорб ційно активні ультрадисперсні сполуки (TiCN, SiC, A1N та інш.) мають термодина мічні переваги при формуванні центрів кристалізації та зародженні на них фази, що кристалізується. Показано, що при кристалізації таких систем дисперсність структу-   **26**  ри залежить від хімічної взаємодії між ультрадисперсною часткою, її мікрооболон-кою із фази, що кристалізується, і розплавом. Теоретично й експериментально встановлено, що розміри ультрадисперсних часток повинні бути спільнорозмірними із розмірами центрів кристалізації: для здрібнювання первинного аустеніту в промислових виливках (інокулююче модифікування) розмір часток УДМ TiCN повинен бути не більш 40...50нм, а для усунення відбілу і здрібнювання графітної фази (графи-тізуюче модифікування) УДМ SIC - 50...200 нм.   1. Розрахункові й експериментальні дані показали, що УДМ мають при ви тримці розплаву в ковші досить високу кінетичну стійкість, рівномірно розподіляю чись по об'єму розплаву. При витраті УДМ TiCN у кількості 0,20...0,25% мас. відхи лення у вмісті титану по висоті модифікованого розплаву в 10-тонному розливному ковші не перевищує 0,02%. Розподіл УДМ у об'ємі ковша при витримці модифіко ваного розплаву обумовлюється результатом дії двох протилежно спрямованих про цесів: седиментації і дифузії часток під дією броунівського руху, що виявляється тим сильніше, чим менше їх розмір. Наявність мікрооболонки навколо частки змен шує коагуляцію і підвищує агрегативну стійкість системи. 2. Отримані нові науково обґрунтовані теоретичні й експериментальні резуль тати, сукупність яких дозволила розробити високоефективні технології ковшової і внутрішньоформної обробки чавунів комплексними УДМ при литті деталей металу ргійного обладнання. Механічні й експлуатаційні характеристики різних типів дета лей з модифікованих УДМ чавунів у 1,2... 1,5 рази перевершують аналогічні харак теристики виробів, що відпиваються за серійними технологіями. Уперше розроблені і впроваджені технічні умови (ТУ У 24.6-24242020-001-2002) на плаковані УДМ, одержувані методом ПХС. 3. Вперше експериментально установлено, що ультрадисперсний SiC різко знижує відбіл у виливку тільки при плакуванні часток: витрата плакованого SiC для зниження 1 мм відбілу зменшилась в 30...60 разів (від 0,060...0,065 до 0,001...0,002%мас.) Тривалість збереження модифікуючого ефекту при обробці SiC складала більш 15 хв при глибині відбілу в пробі 1 ...2 мм, у той час як оброблений 75 %-ним феросиліцієм чавун уже через 10 хв мав глибину відбілу біля 10 мм, яка при подальшій витримці зростала. Механізм графітизуючої дії часток SiC, зв'язаний з розкладанням їх у розплаві, такий: *SiC + Fe*= *FeSi (розчин ) + С (нерозчин.).*Вуг лецеві утворення є термодинамічно активними центрами кристалізації, а мікроутво- рення кремнію підвищують активність вуглецю. У порівнянні з традиційними мо дифікаторами (FeSi і SiBa), ефективність графітизуючого модифікування при обро бці УДМ на основі SiC значно більша. Інокулююча обробка УДМ на основі TiCN дозволила підвищити мікротвердість цементиту в білому чавуні на 8... 12%, аустені ту - на 18...26%, перліту - на 28...37%. 4. Уперше запропоновано поетапний механізм дії комплексного УДМ (SiC+TiCN) у розплаві: 1 етап - диспергування дендритів первинного аустеніту за рахунок утворення центрів кристалізації на основі TiCN; И етап - здрібнювання графітної фази й усунення відбілу внаслідок створення додаткових центрів кристалі-   **27**  зації на основі SiC; ПІ етап - здрібнювання зерна та зміцнення металевої матриці ту- . гоплавкими частками TiCN> Розроблені і підтверджені патентами склади комплекс них УДМ при загальній витраті 0,005...0,Q10% мас. і розміру часток ЗО... 150 нм. Установлені технологічні способи введення УДМ у розплав при литті деталей різно го розваження.   1. На основі аналізу масиву експериментальних даних установлено, що внут- рішньоформне модифікування комплексним УДМ доменного і ваграночного чавунів при литті сталерозливних виливниць масою 7... 10 т усуває групові скупчення графі тних включень по висоті і перетину стінок, зменшує розгалуженість графіту, диспе ргує перліт і підвищує міцнісні властивості чавуну на 30...35%. Виконані порівняль ні дослідження структури і властивостей мелючих куль, відлитих зі звичайного еле-, ктропічного й обробленого УДМ чавунів показали, що модифіковані кулі мали більш високі твердість (51,0 проти 45,5 HRC) й ударну міцність (57 проти 41). Отримано дисперсну структуру модифікованих відцентроволитих труб при здріб нюванні зерна в 2,0...2,5 рази й усуненні відбілу. Розроблено технологічний процес лиття деталей багерних насосів із високохромистого чавуну із частковою заміною нікелю марганцем й модифікуванням УДМ на основі TiCN. Твердість деталей з мо дифікованого чавуну зросла від 46...49 до 55...60 HRC. 2. Досліджені процеси структуроутворення й побудовані діаграми ізотерміч ного перетворення переохолодженого аустеніту у валкових чавунах, легованих W, Nb, Co, В, Cu, Mo, V, а також Си+Мо і Cu+Mo+V. Дано характеристику бейнітних структур у чавунах й визначені температурні інтервали їх формування. Установле но, що окремі легуючі елементи, за винятком кобальту, збільшують стійкість аусте ніту в бейнітної області. Комплексне легування чавуну - найбільш ефективний засіб поліпшення якості робочого шару валків за рахунок збільшення кількості дрібного- лчастих продуктів перетворення аустеніту, та відповідно, підвищення міцності ча вуну. Оптимізований вміст Cu+Мо Й Cu+Mo+V у робочому шарі двошарових валків при зниженому вмісті Ni (3,0...3,2%). Твердість робочого шару експериментальних валків - на 2О...25%, міцність - на 15...20% й зносостійкість - на 25...35% перевищує відповідні показники валків серійного виробництва.   10. Наведені теоретичні обгрунтування підвищеного вмісту марганцю в робо чому шарі двошарових валків: 1,3.. 1,5% Мп при 3,0...3,1% Ni. За розробленим хіміч ним складом відлито 680 валків загальною масою 5740 т. Здійснено статистичну об робку й установлений вплив хімічного складу на технологічні параметри лиття дво шарових валків. Розроблена технологія лиття двошарових валків із підвищеним вмі стом марганцю 1,7...2,0% і міді 1,0...2,0% при вмісті нікелю 2,0...2,2%. Установлено, що валки, відлиті з чавуну розробленого складу, мали підвищену глибину відбілу (30...35 мм), високу дисперсність первинного аустеніту, карбідів і продуктів пере творення аустеніту. Виявлений закономірний вплив вольфраму на структуру й влас тивості валкового чавуну. Розроблена й освоєна технологія лиття двошарових валків із використанням Ni+Mo+W-вмісних відходів. Міцність робочого шару валків ЛПХНВд-74 на 10...12%, зносостійкість- на 12...15% вищі параметрів робочого ша ру валків, легованих комплексом Си+Мо.  28  П. Запропоновані теоретичні й практичні розробки з інокулюючого модифікування чавуну робочого шару двошарових валків ультрадисперсним TiCN у кількості 0.008...0,015% мас. У валках з модифікованого УДМ чавуну на 30...45% скорочується зона стовпчастих кристалів, у 2...2.5 рази зменшується розмір евтектичного зерна, знижується анізотропія міцнісних властивостей. Досягнуте підвищення термо-Й зносостійкості модифікованого чавуну на 26...35%.   1. Рекомендовано в обробних клітях чистової групи безперервних листопро катних станів 1450, 1700, 2000, 2500 застосовувати двошарові валки розроблених виконань: ЛПХНМВд-74. ЛПХНМФд-74, ЛПХНДМФд-74. ЛПХНДМд-73 з макси мальною твердістю вибіленого робочого шару. Валки ЛПХНФд-63 і ЛПХНд-63 ре комендовані для роботи в передобробних клітях, як такі, що мають високу термо-. стійкість при низькому вмісті легуючих елементів. 2. Проведене теоретичне обгрунтування, розроблені та освоєні технологічні процеси лиття високотвердих двошарових валків з укороченим промиванням і мето дом напівпромивання шляхом застосування ультрадисперсної графітизуючої добав ки SiC при витраті 0,005...0,010% від маси валка. Кількість промивного чавуну при цьому знижено від 40...50 до 20...30%. За пропонованим технологіям відлиті проми слові партії двошарових валків загальною масою 18640 т. 3. Експлуатаційні випробування валків розроблених виконань ЛПХНДМФд-74, ЛПХНМВд-74, ЛПХНДМд-73. ЛПХНДГд-7! на листопрокатних станах 1450. 1700 і 2000 металургійних комбінатів України і Росії показали, що їх стійкість на 14,7...38,7% виша стійкості валків серійного виконання. Експлуатаційні випробування сталерозливних виливниць із чавуну, модифікованого УДМ, показа ли, шо їх стійкість на 22...45% вища стійкості серійних виливниць. Визначені при чини виходу виливниць із ладу, установлений механізм розвитку тріщин у процесі експлуатації виливниць.   Розроблені склади чавунів та технологічні процеси лиття впроваджені на підприємствах України та Росії, що дозволило значно підвищити техніко-економічні показники виробництва виливків металургійного обладнання. | |