**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, 2005.34Дисертація 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 модифікуючих елементів та їх сполук при кристалізації чавуну. Уперше запропонованакритеріальна комплексна оцінка ефективності 17 розчинних у розплаві модифікаторів з урахуванням їх активності на всіх стадіях кристалізації чавуну: при зародженній зросту первинного аустеніту, при евтектичної кристалізації, при формуванні матриці 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 вякості ультрадисперсних модифікаторів тугоплавких сполук - найбільш перспективний спосіб обробки чавунів.
2. Розглянута роль окисних процесів в адсорбційній активності часток УДМ,одержаних методом плазмохімічного синтезу. Уперше розроблений спосіб захистуультрадисперсних часток від окислення шляхом плакування, що забезпечило часткам розміром 10...250 нм високу адсорбційну активність до створення штучнихцентрів кристалізації у розплаві. Вміст кисню в плакованому УДМ у 8,0...8,5 разівнижче, ніж у неплакованому.
3. В рамках теорії ливарного виробництва теоретично обгрунтована фізичнамодель модифікованого УДМ високовуглецевого розплаву заліза, у якому адсорбційно активні ультрадисперсні сполуки (TiCN, SiC, A1N та інш.) мають термодинамічні переваги при формуванні центрів кристалізації та зародженні на них фази, щокристалізується. 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 витримці розплаву в ковші досить високу кінетичну стійкість, рівномірно розподіляючись по об'єму розплаву. При витраті УДМ TiCN у кількості 0,20...0,25% мас. відхилення у вмісті титану по висоті модифікованого розплаву в 10-тонному розливномуковші не перевищує 0,02%. Розподіл УДМ у об'ємі ковша при витримці модифікованого розплаву обумовлюється результатом дії двох протилежно спрямованих процесів: седиментації і дифузії часток під дією броунівського руху, що виявляєтьсятим сильніше, чим менше їх розмір. Наявність мікрооболонки навколо частки зменшує коагуляцію і підвищує агрегативну стійкість системи.
2. Отримані нові науково обґрунтовані теоретичні й експериментальні результати, сукупність яких дозволила розробити високоефективні технології ковшової івнутрішньоформної обробки чавунів комплексними УДМ при литті деталей металургійного обладнання. Механічні й експлуатаційні характеристики різних типів деталей з модифікованих УДМ чавунів у 1,2... 1,5 рази перевершують аналогічні характеристики виробів, що відпиваються за серійними технологіями. Уперше розробленіі впроваджені технічні умови (ТУ У 24.6-24242020-001-2002) на плаковані УДМ,одержувані методом ПХС.
3. Вперше експериментально установлено, що ультрадисперсний SiC різкознижує відбіл у виливку тільки при плакуванні часток: витрата плакованого SiC длязниження 1 мм відбілу зменшилась в 30...60 разів (від 0,060...0,065 до0,001...0,002%мас.) Тривалість збереження модифікуючого ефекту при обробці SiCскладала більш 15 хв при глибині відбілу в пробі 1 ...2 мм, у той час як оброблений75 %-ним феросиліцієм чавун уже через 10 хв мав глибину відбілу біля 10 мм, якапри подальшій витримці зростала. Механізм графітизуючої дії часток SiC, зв'язанийз розкладанням їх у розплаві, такий: *SiC + Fe*= *FeSi (розчин ) + С (нерозчин.).*Вуглецеві утворення є термодинамічно активними центрами кристалізації, а мікроутво-рення кремнію підвищують активність вуглецю. У порівнянні з традиційними модифікаторами (FeSi і SiBa), ефективність графітизуючого модифікування при обробці УДМ на основі SiC значно більша. Інокулююча обробка УДМ на основі TiCNдозволила підвищити мікротвердість цементиту в білому чавуні на 8... 12%, аустеніту - 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 зарахунок утворення центрів кристалізації на основі TiCN; И етап - здрібнюванняграфітної 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 комплексних 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 різного розваження.1. На основі аналізу масиву експериментальних даних установлено, що внут-рішньоформне модифікування комплексним УДМ доменного і ваграночного чавунівпри литті сталерозливних виливниць масою 7... 10 т усуває групові скупчення графітних включень по висоті і перетину стінок, зменшує розгалуженість графіту, диспергує перліт і підвищує міцнісні властивості чавуну на 30...35%. Виконані порівняльні дослідження структури і властивостей мелючих куль, відлитих зі звичайного еле-,ктропічного й обробленого УДМ чавунів показали, що модифіковані кулі малибільш високі твердість (51,0 проти 45,5 HRC) й ударну міцність (57 проти 41).Отримано дисперсну структуру модифікованих відцентроволитих труб при здрібнюванні зерна в 2,0...2,5 рази й усуненні відбілу. Розроблено технологічний процеслиття деталей багерних насосів із високохромистого чавуну із частковою заміноюнікелю марганцем й модифікуванням УДМ на основі TiCN. Твердість деталей з модифікованого чавуну зросла від 46...49 до 55...60 HRC.
2. Досліджені процеси структуроутворення й побудовані діаграми ізотермічного перетворення переохолодженого аустеніту у валкових чавунах, легованих W,Nb, Co, В, Cu, Mo, V, а також Си+Мо і Cu+Mo+V. Дано характеристику бейнітнихструктур у чавунах й визначені температурні інтервали їх формування. Установлено, що окремі легуючі елементи, за винятком кобальту, збільшують стійкість аустеніту в бейнітної області. Комплексне легування чавуну - найбільш ефективний засібполіпшення якості робочого шару валків за рахунок збільшення кількості дрібного-лчастих продуктів перетворення аустеніту, та відповідно, підвищення міцності чавуну. Оптимізований вміст Cu+Мо Й Cu+Mo+V у робочому шарі двошарових валківпри зниженому вмісті Ni (3,0...3,2%). Твердість робочого шару експериментальнихвалків - на 2О...25%, міцність - на 15...20% й зносостійкість - на 25...35% перевищуєвідповідні показники валків серійного виробництва.

10. Наведені теоретичні обгрунтування підвищеного вмісту марганцю в робочому шарі двошарових валків: 1,3.. 1,5% Мп при 3,0...3,1% Ni. За розробленим хімічним складом відлито 680 валків загальною масою 5740 т. Здійснено статистичну обробку й установлений вплив хімічного складу на технологічні параметри лиття двошарових валків. Розроблена технологія лиття двошарових валків із підвищеним вмістом 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 перетворення аустеніту. Виявлений закономірний вплив вольфраму на структуру й властивості валкового чавуну. Розроблена й освоєна технологія лиття двошарових валківіз використанням Ni+Mo+W-вмісних відходів. Міцність робочого шару валківЛПХНВд-74 на 10...12%, зносостійкість- на 12...15% вищі параметрів робочого шару валків, легованих комплексом Си+Мо.28П. 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 листопрокатних станів 1450, 1700, 2000, 2500 застосовувати двошарові валки розробленихвиконань: ЛПХНМВд-74. ЛПХНМФд-74, ЛПХНДМФд-74. ЛПХНДМд-73 з максимальною твердістю вибіленого робочого шару. Валки ЛПХНФд-63 і ЛПХНд-63 рекомендовані для роботи в передобробних клітях, як такі, що мають високу термо-.стійкість при низькому вмісті легуючих елементів.
2. Проведене теоретичне обгрунтування, розроблені та освоєні технологічніпроцеси лиття високотвердих двошарових валків з укороченим промиванням і методом напівпромивання шляхом застосування ультрадисперсної графітизуючої добавки SiC при витраті 0,005...0,010% від маси валка. Кількість промивного чавуну прицьому знижено від 40...50 до 20...30%. За пропонованим технологіям відлиті промислові партії двошарових валків загальною масою 18640 т.
3. Експлуатаційні випробування валків розроблених виконаньЛПХНДМФд-74, ЛПХНМВд-74, ЛПХНДМд-73. ЛПХНДГд-7! на листопрокатнихстанах 1450. 1700 і 2000 металургійних комбінатів України і Росії показали, що їхстійкість на 14,7...38,7% виша стійкості валків серійного виконання. Експлуатаційнівипробування сталерозливних виливниць із чавуну, модифікованого УДМ, показали, шо їх стійкість на 22...45% вища стійкості серійних виливниць. Визначені причини виходу виливниць із ладу, установлений механізм розвитку тріщин у процесіексплуатації 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. |

 |