**Іванова Людмила Харитонівна. Теоретичні основи та практичні методи одержання литих прокатних валків із комплексномодифікованих чавунів : Дис... д-ра наук: 05.16.04 – 2008**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Іванова Л.Х. Теоретичні основи та практичні методи одержання литих прокатних валків із комплексномодифікованих чавунів. – Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.16.04 – ливарне виробництво. – Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ, 2007.  Дисертація присвячена розробці теоретичних основ вибору рідкісноземельних металів для модифікування білих, половинчастих і сірих валкових чавунів та застосування комплексних модифікаторів на їх основі, встановленню закономірностей формування структури та властивостей матеріалу прокатних валків з відбілом та з невираженим відбілом із чавунів з кулястим або вермикулярним графітом й освоєнню прогресивних технологій модифікування чавунів для прокатних валків та їх теплового оброблення.  Одержані науково обґрунтовані теоретичні та підтверджені експериментально результати. Сукупність цих результатів дозволила на рівні винаходів розробити високоефективні технології позапічної обробки валкових чавунів комплексними модифікаторами оптимальних складів для валків відбелених та з невираженим відбілом, механічні та експлуатаційні властивості котрих значно перевершують аналогічні властивості валків, виготовлених за серійними технологіями. Запропоновано й експериментально обгрунтовано застосування відходів спеціальних виробництв (шлаків, що вміщують рідкісноземельні метали, ніобій або цирконій, а також надпровідникових сплавів, що вміщують ніобій, титан, мідь або олово) як легувальних елементів. Відходи та суміші, які вміщують модифікувальні й легувальні компоненти, були використані для лиття чавунних прокатних валків. Оброблення розплавів відходами й запропонованими сумішами дозволяє зменшити витрати легувальних хімічних елементів, підвищити механічні й службові властивості матеріалу валків, утилізувати відходи, котрі раніше не використовувалися. Встановлені оптимальні режими теплового оброблення, в тому числі з гарячого посаду валків із комплексномодифікованих чавунів з кулястим або вермикулярним графітом. | |
| |  | | --- | | У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення науково-прикладної проблеми, що виявляється в широкому використанні нових прогресивних матеріалів, перспективних процесів легування й модифікування розплавів, в тому числі комплексними модифікаторами на основі рідкісноземельних металів та відходами спеціальних виробництв, що вміщують легувальні й модифікувальні хімічні елементи, а також теплового оброблення литих прокатних валків, що забезпечують поліпшення їх фізико-механічних властивостей та експлуатаційних характеристик.  На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень зроблені наступні основні висновки:  1. Аналіз сучасного стану вальцеливарного виробництва та відповідної науково–технічної літератури виявив, що роботи по розробці теоретичних основ та практичних методів одержання литих прокатних валків із комплексномодифікованих чавунів є актуальними та спрямованими на вирішення суттєвої науково–технічної проблеми.  2. Вперше в рамках теорії ливарного виробництва встановлені закономірності впливу рідкісноземельних елементів церієвої групи – самарію та ітрієвої групи – гадолінію та комплексних модифікаторів на їх основі в інтервалі швидкостей охолодження 0,5…5,5 град/с, що мають місце у валковій ливарній формі. Узагальнення експериментальних даних дозволило сформулювати основні принципи первинного та вторинного структуроутворення в модифікованих цими рідкісноземельними металами високовуглецевих сплавах на основі заліза та встановити інтервали залишкових вмістів самарію та гадолінію, оптимальні для білих та половинчастих і сірих валкових чавунів з кулястим графітом: для білих та сірих чавунів слід застосовувати для модифікування чавунних розплавів тільки гадоліній, а для половинчастих чавунів можна застосовувати і гадоліній, і самарій. Вказані індивідуальні особливості рідкісноземельних металів необхідно враховувати при виборі складів комплексних модифікаторів, так заміщення частини церію на гадоліній або самарій для модифікування валкових чавунів дає ефект у 2…3 рази більший, що говорить про особливу цінність їх, як складових комплексних модифікаторів.  3. На основі аналізу масиву експериментальних даних встановлено, що вплив самарію та гадолінію, а також комплексних модифікаторів на їх основі на параметри кристалізації чавунів має такий самий складний характер, як і церію, лантану та ітрію: дрібні присадки (від мінімальних значень їх залишкового вмісту до 0,107% гадолінію та до 0,129% самарію) не викликають сфероідизації графітних включень, призводять до підвищення температури початку евтектичної кристалізації та зменшення її тривалості та навпаки – підвищення вмісту цих модифікаторів призводить до різкого зниження температури початку евтектичної кристалізації та збільшенню її тривалості, що викликає закономірні структурні зміни, які виявляються при модифікуванні сірого чавуну в зміні форми графітних включень від пластинчастої до кулястої. За інтенсивністю впливу на зниження температури початку евтектичної кристалізації дослідні рідкісноземельні метали розміщуються в такий спадний ряд: гадоліній, ітрій, самарій, церій, лантан.  4. Досліджено процеси структуроутворення у доевтектичних та заевтектичних чавунах різного хімічного складу в діапазоні швидкостей охолодження 0,5…5,5 град/с, що мають місце у валковій ливарній формі. Евтектичне перетворення з утворенням пластинкової ледебуритної евтектики проходить при вмістах дослідних рідкісноземельних металів у границях 0,190…0,731% – в доевтектичних та 0,154…0,650% – в заевтектичних чавунах, за цього однак кількість карбідної фази та графіту різні. За карбідоутворювальною здібністю дослідні рідкісноземельні метали розміщуються в такий спадний ряд: гадоліній, ітрій, церій, самарій, лантан, а за здібністю утворювати пластинкову ледебуритну евтектику гадоліній та самарій випереджають ітрій, церій та лантан. Графіт в сірих модифікованих чавунах набуває вермикулярну форму при мінімальному залишковому вмісті дослідних рідкісноземельних металів – 0,040, компактну – 0,100%. Кулястий графіт одержано тільки в чавунах, модифікованих гадолінієм (РЗМзал– 0,152…0,650%) або самарієм (РЗМзал– 0,442%).  5. Експериментально доведений факт про наявність зв’язків між структурою модифікованих рідкісноземельними металами чавунів доевтектичного та заевтектичного складів у рідкому та твердому станах або спадковості структури, котра зберігається при переплавленні та кристалізації.  6. Вперше встановлено вплив рідкісноземельних металів на нейтронопоглинаючий ефект чавунів. Переважним елементом є гадоліній, при присадці якого у чавун нейтронопоглинаючий ефект збільшується у 10…15 разів.  7. Отримані нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, сукупність яких дозволила розробити високоефективні технології лиття прокатних валків із чавуну з вермикулярним графітом з підвищеними експлуатаційними характеристиками. Експериментально встановлені оптимальні вмісти рідкісноземельних металів в валкових чавунах з вермикулярними графітом при різних швидкостях охолодження. В чавунах с низьким вмістом сірки (до 0,03%) оптимальним є вміст РЗМзал 0,065…0,176 (для швидкості охолодження 0,5 град/с) та 0,01…0,156% (для швидкості охолодження 5,5 град/с). В чавунах з підвищеним вмістом сірки (до 0,10%) при дослідних швидкостях охолодження експериментально встановлені інтервали концентрацій РЗМзал, що забезпечують одержання вермикулярних включень: при швидкості охолодження 5,5 град/с - 0,081…0,129%, а при швидкості 0,5 град/с – 0,161…0,190%. При обробці розплавів модифікатором КМг9 вмісти Mgзал при швидкостях охолодження 5,5 і 0,5 град/с повинні бути у границях 0,022…0,03 і 0,019…0,03%, відповідно, при обробці ж комплексом КМг9 і ФС30РЗМ30 у складі чавуна необхідно мати 0,0071…0,015% Mgзал і 0,023…0,025% РЗМзал. За таких вмістів модифікаторів одержано найліпші сполучення мікроструктури і фізико-механічних властивостей чавунів.  8. Вперше встановлені області виділення вермикулярних графітних включень в валкових чавунах при обробці комплексним модифікатором на основі рідкісноземельних металів і феротитаном: при швидкості охолодження 5,5 град/с і вмісті титану 0,40…0,42% область концентрацій РЗМзал для стабільного одержання вермикулярного графіту у чавунах розширюється до концентрацій 0,078…0,169%, а при швидкості охолодження 0,5 град/с – 0,129…0,230%.  9. Досліджений вплив комплексних модифікаторів на основі рідкісноземельних елементів та легувальних комплексів хімічних елементів Тi+Nb+Cu, Ti+Nb+Sn, Nb+Cu+Sn, Cu+Sn, Ti+Cu на структуру та властивості матеріалу прокатних валків. Найефективнішим для валкових чавунів є легувальний комплекс Тi+Nb+Cu, що сприяє значному підвищенню експлуатаційної стійкості валків в порівнянні з валками серійного виробництва.  10. На основі аналізу масиву експериментальних даних розроблені хімічні склади модифікованих рідкісноземельними металами білих, половинчастих та сірих валкових чавунів з високими експлуатаційними властивостями та нові хімічні склади високоефективних комплексних модифікаторів на основі рідкісноземельних металів для лиття відбілених та з невираженим відбілом прокатних валків із чавунів з кулястим або вермикулярним графітом, новизна яких підтверджена авторськими свідоцтвами на винахід.  11. Удосконалений технологічний процес лиття відбілених листопрокатних валків виконання ЛШ–57 за рахунок визначення тривалості витримки основного металу до повного заповнення форми напівпромивним металом залежно від розмірів валків, а також використання для модифікування основного металу високоефективного комплексного модифікатора оптимального складу ФС30РЗМ30. Апробовані розроблені технологічні схеми модифікування розплавів ФС30РЗМ30 для одержання валків с невираженим відбілом виконань СШХН–50 і ЛШ–41. Це дозволило зменшити кількість та розміри неметалевих включень в робочому шарі валків на 46…84%, підвищити механічні властивості робочого шару, серцевини та шийок валків на 15…25, а експлуатаційну стійкість – на 29%. Проти серійного магнієвого процесу модифікування комплексним модифікатором оптимального складу дозволяє усунути піроефекти й димогазовиділення, що значно підвищує культуру виробництва. В промислових умовах розроблені технології були впроваджені.  12. Вперше запропоновано та обґрунтовано використання як легувальних елементів та досліджено вплив шлаків для обробки чавунних розплавів на мікроструктуру та властивості білих, половинчастих і сірих чавунів з метою розробки міжгалузевих безвідходних технологій з підвищеним вилученням цінних компонентів. Використання шлаків для легування валкових чавунів дозволяє підвищити властивості чавунів, збільшити коефіцієнт засвоєння легувальних елементів у порівнянні з використанням феросплавів, що в комплексі з низькою ціною відходів дозволяє зменшити вартість обробки розплавів, а також підвищити стійкість валків.  13. Вперше науково й експериментально обґрунтовані технології лиття прокатних валків із чавуну з вермикулярним графітом з підвищеними експлуатаційними характеристиками. Розроблені й освоєні технології одержання чавунів з вермикулярним графітом при литті валків виконань СВХН–60, СВХН–47 і ЛВ–58 на заміну валків виконань СПХН–60, СШХН–47 і ЛП–58 з використанням для модифікування розплавів сумішей, що складаються з двох комплексних модифікаторів– ФМС30РЗМ30 и ФС15Т20М25РЗМ10 у співвідношенні 1:3 та з трьох комплексних модифікаторів – ФС30РЗМ30, КМг9 і ФС15Т20М25РЗМ10 у співвідношенні 2:6:13, відповідно, а також з використанням для обробки розплавів комплексного модифікатора ФС30РЗМ30 та відходів надпровідникових сплавів, вміщуючих легувальний комплекс Тi+Nb+Cu. Найвищі експлуатаційні характеристики й добре сполучення структурних складових у білих, половинчастих і сірих валкових чавунах одержані при обробці розплавів ФС30РЗМ30 та відходами, вміщуючими легувальний комплекс Тi+Nb+Cu, у кількостях 0,6…0,7 та 1,1…1,3%, відповідно.  14. Вперше для умов вальцеливарного виробництва визначені режими теплового оброблення, в тому числі з гарячого посаду, валків із комплексномодифікованих чавунів з кулястим або вермикулярним графітом. Механічні властивості (*sвр*, *sввиг*, *ак*) чавунів по перерізу бочок та шийок термооброблених валків у порівнянні з чавунами у литому стані були вищими на 6…20% після штучного старіння та на 22…96% після подвійного відпалу. Теплове оброблення також дозволяє зменшити внутрішні ливарні напруження у робочому шарі валків на 55…88%, підвищити їх експлуатаційну стійкість на 11…18 %, а також прискорити введення прокатних валків в експлуатацію.  15. Впровадження удосконалених технологічних процесів виробництва прокатних валків відбілених та з невираженим відбілом із чавунів з кулястим та вермикулярним графітом забезпечило економічний ефект у розмірі 1,36 млн. крб, з котрих частка автора складає 272 тис. крб. | |