**Трегубенко Геннадій Миколайович. "Розвиток наукових основ і розробка технології виробництва нових низьколегованих азотовмісних сталей" : Дис... д-ра наук: 05.16.02 - 2009.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Трегубенко Г.М. «Розвиток наукових основ і розробка технології виробництва нових низьколегованих азотовмісних сталей» - Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.16.02 - "Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів" – Національна металургійна академія України, м. Дніпропетровськ, 2008 р.  Розроблені наукові основи комплексного мікролегування кремністих сталей азотом, титаном та алюмінієм і створений новий клас сталей з карбонітридним зміцненням (типу САТЮ). Показано, що сталі типу САТЮ можуть бути масово застосовувані для виробництва економічного прокату підвищеної та високої міцності. Одержана модель для розрахунку необхідних границь мікролегування азотом, які забезпечують формування оптимальної структури злитка із розосереджоною усадочною раковиною зі сталей типу САТЮ. Її застосування на практиці гарантує зниження головної обрізі з 13-16 до 3,0-5,5%. Розроблені принципіально нові азотовмісні лігатури та високопродуктивні технології їх виготовлення, які дозволяють забезпечити практично необмежений об’єм виплавки сталей типу САТЮ. | |
| |  | | --- | | 1. У дисертації одержано нове вирішення актуальної наукової проблеми – покращення структури та властивостей низьколегованих сталей за рахунок їх комплексного мікролегування азотом, титаном та алюмінієм і розроблені теоретичні та технологічні основи створення та виробництва принципово нових економічних азотовмісних сталей та лігатур.  2. На основі аналізу великої кількості літературних даних щодо мікролегування сталей азотом сумісно з нітридоутворюючими елементами (головним чином ванадієм, рідше ніобієм, титаном або алюмінієм) показано, що найкращий комплекс властивостей мають глибоко розкислені сталі з підвищеною концентрацією азоту (0,015-0,030%) та карбонітридним зміцненням. Однак їх виробництво обмежено через газоевтектичне перетворення при кристалізації, яке визначає значну головну обрізь (до 30-40%). Винятком є сталі, мікролеговані еквівалентною кількістю титану, в яких “надрівноважний” азот зв’язується в його карбонітриди значною мірою вже при кристалізації.  У той самий час відомості, які є у літературі про мікролегування конструкційних сталей азотом у комплексі з титаном або алюмінієм, вельми різномовні. У результаті виконання даної роботи розроблені наукові та технологічні основи оптимального мікролегування низьколегованих та вуглецевих сталей азотом, титаном та алюмінієм.  3. Теоретично обґрунтована та експериментально підтверджена ефективність виробництва та застосування кремністих сталей, мікролегованих азотом, титаном та алюмінієм. Встановлені умови, які необхідно враховувати при розробці нових економічних сталей на базі композиції САТЮ. Визначені оптимальні вмісти кремнію, азоту, титану та алюмінію, які забезпечують максимальне підвищення комплексу механічних та експлуатаційних властивостей низьколегованих сталей. Показано, що гарячекатані сталі на базі композиції САТЮ мають комплекс властивостей, який відповідає сталям підвищеної та високої міцності, і є більш економічними, ніж сталі – аналоги типу Г2 та ХСНД.  4. Уперше розроблені теоретичні основи процесу перерозподілу азоту між фазами при газоевтектичній кристалізації сталей, у тому числі й типу САТЮ. Виконаний аналіз газоевтектичного перетворення у системі залізо-азот та у сталях на її основі. Вивчений процес структуроутворення при газоевтектичній кристалізації злитків сталей типу САТЮ, які містять підвищену концентрацію азоту (). Одержана математична модель для розрахунку початкового вмісту азоту в розплаві, який забезпечує формування оптимальної структури злитку з розосередженою усадочною раковиною із глибоко розкислених сталей типу САТЮ. Її застосування на практиці гарантує зниження головної обрізі при гарячій деформації злитків із сталей типу САТЮ до 3,0-5,5%.  5. Розроблені та промислово освоєні 14 марок сталей на базі композиції САТЮ, які дозволяють виробляти економічний прокат підвищеної міцності. При цьому в залежності від вмісту базових елементів сталі типу САТЮ можна розподілити на 4 групи. У сталях першої групи ((10-15)САТЮ) базовим легуючим елементом є тільки кремній, і вони гарантовано забезпечують виробництво прокату класу міцності С345 при суттєвому зниженні витрати легуючих елементів у порівнянні із сталями-аналогами (09Г2С, 10ХНДП, 15ХСНД і т. п.). Друга група містить сталі 15ГСАТЮ, 15ХСАТЮ та 15САТЮД, які дозволяють одержувати прокат класу міцності С375. Третя група – високоміцні сталі 15Г2САТЮ(Д), 15ХСАТЮД та 35ГСАТЮ – забезпечує виробництво гарячекатаного прокату класу міцності 390. Четверта група – арматурні сталі (22-35)САТЮ, (25-35)ГСАТЮ та 20ХСАТЮ, які забезпечують класи міцності А400С та А500С у гарячекатаному стані та Ат600 – Ат1000 після термозміцнення.  6. Технологія виплавки сталей типу САТЮ адаптована до всіх методів виробництва сталі: киснево-конверторного (НТМК, ЗСМК), мартенівського (АМК, ММК) та електрометалургічного (ФЛЦ ДМЗ ім. Петровского, "КСЗ"). При цьому сталі типу САТЮ вироблялися у двох модифікаціях:  з вмістом азоту нижче або на рівні границі розчинності у твердому металі при температурі солідус для розливки на МБЛЗ або у спокійні злитки та відливки;  з вмістом азоту вище вказаної границі, які розливаються до виливниць, що розширюються донизу, для напівспокійних сталей, з одержанням злитків з розосередженою усадочною раковиною.  7. Розроблені марки сталі, технології їх виробництва та нормативно-технічна документація дозволяють виробляти у промисловому масштабі:  арматуру діаметром 6,0-40,0 мм у гарячекатаному та термозміцненому станах;  прокат фасонний та листовий підвищеної міцності для застосування у металічних будівельних конструкціях зі зварними та іншими з’єднаннями;  прокат для шпунтових свай, які застосовуються у морській воді;  шахтне кріплення підвищеної несучої здатності;  прокат та литво для вагонобудівництва.  8. Вирішена важлива народногосподарська задача зі створення та впровадження у промисловість економічних сталей масового сортаменту, які мають високий комплекс механічних та службових характеристик. Загальний економічний ефект від виробництва сталей типу САТЮ складається зі збільшення виходу придатного металу на 10-12% (20-30 у.г.о./т), зниження витрат на легування (10-150 у.г.о./т) та виключення витрат на допоміжні матеріали (3,3 у.г.о./т) і становить від 15 до 180 у.г.о./т.  9. Уперше теоретично та експериментально обґрунтована можливість одержання принципово нових азотовмісних лігатур (АЛ) на базі стандартних феросплавів або відходів їх виробництва та органічних азотоносіїв методом рідкофазного окускування. Розроблені склади нових АЛ та технологія їх одержання, яка передбачає комплексне використання однієї зі складових (карбаміду) як азотоносія та зв’язки, що забезпечує рідкофазне окускування лігатури. Визначені оптимальні технологічні параметри процесу низькотемпературного синтезу АЛ, створені та апробовані напівпромислові установки продуктивністю 250 та 700 кг/г.  10. Теоретично та експериментально досліджено вплив технологічних факторів на ступінь засвоєння азоту рідкою сталлю при присадці нетрадиційних АЛ. Розроблені технологічні рекомендації, які забезпечують стабільне засвоєння азоту з АЛ при виплавці низьколегованих та легованих сталей.  11. Дослідно-промислова перевірка АЛ при виплавці сталей різного складу та призначення і всіх методів виробництва показала їх високу ефективність як альтернативи стандартним азотованим феросплавам.  У результаті впровадження АЛ досягається економічний ефект від заміни стандартних азотованих феросплавів (азотованого марганцю та ферохрому), який становить у цінах 1997 р. 24 грн./т сталі. | |