**Бубликов Юрій Олександрович. Розробка ресурсозберігаючої технології виробництва безванадієвих електросталей з карбонітридним зміцненням : Дис... канд. наук: 05.16.02 - 2009.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Бубликов Ю.О. «Розробка ресурсозберігаючої технології виробництва безванадієвих електросталей с карбонітридним зміцненням» - Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.02 – "Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів" – Національна металургійна академія України, м. Дніпропетровськ, 2009 р.  У дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-технічна задача забезпечення комплексу високих механічних властивостей та експлуатаційних характеристик прокату та литва з низьколегованих електросталей завдяки їх модифікуванню азотом, титаном та алюмінієм замість дорогих та дефіцитних ванадію та ніобію.  Проведені теоретичні та експериментальні дослідження взаємодії азоту з нітридоутворюючими елементами та встановлено, що дисперсність первинної структури литого металу регулюється тільки титаном при його вмісті 0,002%, а алюміній, як і ванадій та ніобій, впливає на розмір зерна фериту лише при подальшій термічній обробці та (або) при гарячій деформації.  Дослідженні технологічні особливості виплавки та розливання електросталі з карбонітридним зміцненням з рівноважним та «надрівноважним» вмістом азоту. Встановлені оптимальний вміст титану для обох видів металопродукції. Всебічними порівняльними випробуваннями проката та литва підтверджені істотні переваги розробленої сталі над відомими аналогами по мінімальному вмісту легуючих, використанню найменш дефіцитних та надто дешевших мікролегуючих елементів, по властивостям металопродукції (міцність, ударна в’язкість, опір втомі), а також по виходу придатної продукції.  Виконані широкі промислові дослідження по впровадженню технології в умовах ВАТ «Електрометалургійний завод “Дніпроспецсталь” ім. А.М.Кузьміна», ВАТ «Металургійний завод ім. Г.І.Петровського» та ВАТ «Кременчуцький сталеливарній завод». Виготовлені промислові партії фасонного (швелер, уголок) і листового прокату із сталей з рівноважним азотом; квадрата, прутка і холоднодеформованого арматурного прокату із сталей з «надрівноважним» азотом і більш 3 тис. т. вагонного литва. На підставі виконаних досліджень розроблена нормативно-технічна документація на промислове виробництво. | |
| |  | | --- | | 1. На підставі аналізу літературних та обробки промислових даних показана провідна роль дисперсійного та зернограничного зміцнення низьколегованих сталей шляхом їх комплексного модифікування азотом, титаном та алюмінієм. 2. Теоретично встановлена можливість утворення нітриду титану вже в рідкому металі при концентрації титану 0,002%, тоді як доля інших активних нітридоутворюючих металів (Al, V, Nb) при їх реальних концентраціях 10-1 - 10-2 % можлива лише в твердому стані. Відповідно, титан в конструкційних азотовмісних сталях виступає як регулятор первинної литої структури, а алюміній визначає формування зеренної структури металу в результаті термічної обробки і (або) гарячої деформації. 3. Експериментально методом оптичної мікроскопії встановлено, що вже при ~ 0,02% титану кількість його карбонітридів в литій сталі марки 20ГЛ, яка містить 0,012-0014% азоту, досягає 103 од/см2, і подальше зростання його концентрації приводить до істотного зниження ефективності зміцнення через збільшення частки великих карбонітридів та зменшення їх щільності. 4. З використанням електронної мікроскопії ідентифіковані типи нанодисперсних карбонітридних фаз розміром від 10 нм до 10-12 мкм при максимальній кількості часток розміром 60-100 нм в низьколегованих кремній-марганцевих сталях, модифікованих азотом, титаном і алюмінієм. 5. Визначені умови формування макроструктури конструкційної електросталі, мікролегованої титаном, алюмінієм, азотом, та сформульовані вимоги, що забезпечують одержання злитків із спокійного за хімічним складом металу з розосередженою усадочною раковиною. 6. Встановлені особливості електроплавки, розливки та подальшої прокатної переробки низьколегованої конструкційної сталі з «надрівноважним» вмістом азоту та карбонітридним зміцненням із забезпеченням зниження головної обрізі з 16-17% до 1,8-2,6%. 7. Показано що, карбонітридне модифікування електросталі забезпечує формування мікроструктури прокату дрібніше 10-11 балу. Досягнутій рівень механічних властивостей розробленої сталі повністю відповідає класу міцності 325 за ГОСТ 19281, який сьогодні досягається тільки в низьколегованому прокаті із сталей типу 09Г2С, 16Г2САФ, 15ХСНД. За рівнем ударної в'язкості розроблена сталь навіть перевершує ванадійвмісну сталь марки 16Г2САФ більш ніж удвічі аж до температур -70оС; 8. Додаткова холодна деформація катанки 8 мм у мотках зі сталі з «надрівноважним» вмістом азоту забезпечує одержання арматурного прокату класу міцності А600 і вище без додаткових обмежень щодо вмісту кремнію. 9. Розроблена і впроваджена в умовах ВАТ «КСЗ» технологія виплавки сталі 20ГЛ з карбонітридним зміцненням, що забезпечує одержання вагонного литва трьох категорій властивостей:   балки надресорні та рами бічні з гарантованою границею текучості 380 МПа та іншими нормативними вимогами до нормалізованої сталі за ОСТ 32.183-2001;  балки надресорні та рами бічні з регламентованим зерном фериту не більшим ніж 8 бал відповідно до ТТЦВ-32-695-2006;  елементи автозчеплення з гарантованою границею текучості 450 МПа після гартування та відпуску згідно з СТО РЖД 1.05.003.  Показано, що для забезпечення необхідних властивостей литого металу вміст в ньому титану повинен становити 0,015-0,030%.  10. Дослідження втомної міцності, показало що комплексне модифікування сталі 20ГЛ титаном, алюмінієм і азотом забезпечує підвищення довговічності литого металу в 2,1-2,3 рази, а гарантованого мінімального рівня втоми в 1,7-2,6 рази. Втомними випробуваннями реальних литих елементів візків вантажних вагонів із сталі 20ГЛ з карбонітридним зміцненням підтверджена ефективність запропонованої технології, про що свідчить коефіцієнт запасу опору втомі 2,21 для надресорних балок і 2,0 для рам бічних. Це повністю відповідає вимогам до вагонів нового покоління та істотно перевищує витривалість виробів зі звичайної сталі (k = 1,8). | |