

выплавляемой продукции, материальной и технической базы конкретного металлургического предприятия.

УДК 669.786:621.74.042

Г.М. Трегубенко, Г.А. Поляков, С.М. Підгорний

Національна металургійна академія України, Дніпро

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ВІДЦЕНТРОВНОЛИТОЇ НИЗЬКОЛЕГОВАНОЇ ЕЛЕКТРОСТАЛІ, ЯКА МІКРОЛЕГОВАНА КОМПЛЕКСОМ АЗОТ – ТИТАН – АЛЮМІНІЙ

Роботи, проведені у ВНДТІ і ЦНДІТМаш по дослідженню структури і властивостей відцентровнолитих труб з вуглецевих сталей, показали, що метал після термічної обробки відповідає вимогам стандартів на катані труби по механічним властивостям, а по однорідності цих властивостей в подовжньому і тангенціальному напрямках перевершує виготовлений гарячою прокаткою або отриманий стаціонарним литтям [1].

У роботі показано, що традиційна технологія відцентрового лиття з подальшою нормалізацією не забезпечує в товстостінних трубах з низьколегованої електросталі 10ХСНД необхідний рівень властивостей, що отримується після гарячої прокатки ($\sigma_b \geq 510$ МПа; $\sigma_T \geq 390$ МПа; $\delta \geq 19\%$;

$KCU \geq 29$ Дж/см² при -40°C і після механічного старіння при $+20^\circ\text{C}$). Використання мікролегування церієм, ванадієм, металевим кальцієм, а так само застосування термоцикування не дозволило добитися бажаного рівня механічних властивостей у відцентровому литті.

Досліджена можливість карбонітридного зміцнення (КНЗ) відцентрового лиття з електросталі 10ХСНД комплексним введенням мікродобавок титану, алюмінію і азоту. Перший з них визначає рівень розчинності азоту в рідкому металі і формування карбонітридних включень в розплаві, а також, виконуючи функцію інокулятора, виступає як регулятор величини первинного литого зерна. ***Нітриди алюмінію, які формуються в твердому металі, забезпечують подрібнення зерна при нагріві під термічну обробку.***

У дослідженнях велика увага була приділена поведінці азоту при відцентровому розливанні, як елементу, найбільш відповідальному за ефективність карбонітридного зміцнення. Аналіз вмісту азоту в металі проводили в зразках, відібраних з печі

до і після введення його у ванну, в ковшовій пробі і в темплетях від труб по перетину стінки на зовнішній і внутрішній поверхнях і в її центрі. Всього було проаналізовано 25 плавок сталі 10ХСНД з КНЗ і три труби без КНЗ - дві труби із сталі St52 і одна із сталі 10ХСНД.

Вперше виявлений ефект додаткового насичення металу азотом в процесі заливки металу в кокіль відцентрової машини. Можна стверджувати, що це пов'язано з взаємодією повітря з тонкою плівкою рідкої сталі в заливальній горловині і далі по всій довжині кокілю. При цьому, із-за постійно поновлюваної поверхні контакту повітря з відносно невеликими порціями розплаву, що поступають в машину, швидкість поглинання металом азоту достатньо велика.

При подальшій кристалізації із-за різкого зменшення розчинності азоту з $\sim 0,050$ до $\sim 0,012$ % мас. не зв'язаний в карбонітриди титана надлишковий азот повинен переходити в газову фазу. Проте в умовах відцентрового розливання забезпечується можливість фіксації в твердому розчині при кристалізації сталі надлишкових концентрацій азоту в порівнянні із статичним розливанням (зливки, безперервна заготівка, звичайне литво), завдяки додатковому динамічному тиску відцентрових сил на метал. При цьому показано, що для гарантованого отримання беспористої структури металу вміст титану має бути не менше 0,033% мас.

На підставі всього комплексу проведених досліджень встановлено, що оптимальне мікролегування титаном, алюмінієм і азотом забезпечує поліпшення мікроструктури і підвищує механічні властивості відцентроволитих труб з електросталі 10ХСНД до рівня вимог деформованого металу.

За результатами дослідно-промислових плавок розроблена нормативна документація на виплавку і відливання електросталі 10ХСНД з карбонітрідним зміцненням. Проведена і прийнята замовником промислова партія відцентроволитих труб різних розмірів з цієї сталі.

Список літератури

1. Юдин С.Б. *Центробежное литье* [Текст] / С.Б. Юдин, М.М. Левин, С.Е. Розенфельд. – М.: *Машиностроение*, 1972.- 280 с.