

рвалі 850...550 °С); мінімально необхідну для центральних областей ободу для досягнення твердості на рівні вимог нормативної документації (3,3 °С/с в інтервалі 850...550 °С). Дані будуть використані для вдосконалення режимів термічної обробки залізничних коліс поточного виробництва при диференційованому охолодженні на модернізованому обладнанні термічної ділянки колесопрокатного цеху ПАТ «ІНТЕРПАЙП НТЗ».

**Бабаченко О.І., Дьоміна К.Г., Кононенко Г.А., Дементьєва Ж.А.,  
Сафронова О.А., Подольський Р.В.**

*(Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України, м. Дніпро)*

**ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ ПРИ ЗАТВЕРДІННІ  
БЕЗПЕРЕРВНОЛИТОЇ ЗАГОТОВКИ НА ОСОБЛИВОСТІ  
ДЕНДРИТНОЇ СТРУКТУРИ ВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ  
МАРКИ EA1N**

Виконано аналіз процесу утворення литої структури вуглецевої сталі марки EA1N (EN 13261:2009 + A1:2010 (E)) після завершення її кристалізації при зміні в широкому діапазоні швидкості охолодження металу під час затвердіння безперервнолитої заготовки (БЛЗ) діаметром 470 мм.

Показано вплив швидкості охолодження при затвердінні БЛЗ Ø 470 мм на параметри хімічної неоднорідності розподілу кремнію і марганцю в мікроструктурі вуглецевої сталі.

Визначено, що вплив швидкості охолодження металу при затвердінні аналізованої заготовки на розмір дендритних кристалів описується обернено пропорційною залежністю:  $y = 510,85 x^{-0,156}$ . При зміні швидкості охолодження металу при затвердінні від  $10^6$  до  $1$  °С/хв розмір дендритів в напрямку від поверхневих до серединних шарів БЛЗ Ø 470 мм збільшується в ~ 8 разів, а щільність дендритної структури вуглецевої сталі марки EA1N зменшується в 64 рази. При цьому характер її залежності від інтенсивності тепловідведення є зворотним характером зміни розміру дендритів.

Встановлено, що варіацією швидкості охолодження в інтервалі  $1-10^6$  °C/хв можна досягти суттєвої зміни середнього розміру і щільності дендритних кристалів при збереженні сталості об'ємної частки ліквацийних (сегрегаційних) ділянок кремнію та марганцю  $\sim 23\%$  у вуглецевій сталі ( $\sim 0,4\%$  мас. С).

Результати мікрорентгеноспектрального аналізу зразків БЛЗ Ø 470 мм з вуглецевої сталі марки EA1N показали, що максимальний вміст кремнію та марганцю характерний для колишніх просторів між дендритними гілками І-го порядку, мінімальний їх вміст – для колишніх дендритних гілок. При цьому кількість даних елементів в мікроб'ємах сталі, які є колишніми просторами між дендритними гілками ІІ-го порядку, в середньому на 50% більше, ніж в колишніх дендритних гілках.

Визначено, що в усьому дослідженому інтервалі швидкостей охолодження  $1 - 10^6$  °C/хв коефіцієнти дендритної ліквациї  $K_{\delta}^I$  та  $K_{\delta}^{II}$  і кремнію, і марганцю змінюються незначно і становлять 1,8-1,9 і 1,5 для  $K_{\delta}^I$  та  $K_{\delta}^{II}$  відповідно. При цьому значення коефіцієнтів  $K_{\delta}^I$  та  $K_{\delta}^{II}$  для обох елементів практично постійні і в перліті, і у фериті. Доведено, що і кремній, і марганець мають високу дифузійну рухливість тільки при достатньо високих температурах, коли сталь знаходиться в твердо-рідкому стані.

На підставі результатів мікрорентгеноспектрального аналізу встановлено, що неоднорідність розподілу хімічних елементів, яка утворюється в результаті дендритної ліквациї кремнію та марганцю, є первинною і постійною складовою мікроструктури вуглецевої сталі.