

той же час Се і V повинні зменшувати, а В і Сu збільшувати кількість і розмір карбідів і сигма фази. Проте при цьому вплив цих елементів на коефіцієнти ліквідації Mn, Cr, Ni, розмір зерна аустеніту і кінетичні чинники такий, що сумарна їх дія екстремальна.

Комплексний вплив Се, В, Сu, V екстремальний і досягає максимальної ефективності диспергування і підвищення однорідності розподілу вторинних фаз при вмісті (% мас.) Се = 0.03, В = 0.003, Сu = 0.5, V = 0.3. При цьому розмір карбідів і сигма фази зменшується відповідно в 1.4 і 5.7 рази, а кількість карбідів в 1.7 рази. Оцінка ефективності впливу Се, В, Сu, V на процес виділення карбідів і сигма фази показує, що по збільшенню ефективності впливу елементи можна розташувати в наступній послідовності:

- час до початку виділення карбідів з твердого розчину - Се, V, В, Сu при цьому відносна ефективність впливу виражається відповідно наступним співвідношенням - 1 : 4.2 : 6.2 : 15.4;
- розмір карбідів - V, Се, Сu, В при співвідношенні 1 : 1.1 : 1.9 : 3.4;
- кількість фази карбиду - Се, V, Сu, В при співвідношенні 1 : 1.04 : 1.08 : 2.41;
- час до початку виділення сигма фази з твердого розчину - V, В, Се, Сu при співвідношенні 1 : 2.5 : 15.7 : 53.5;
- розмір сигма фази - Се, V, Сu, В при співвідношенні 1 : 2.3 : 3.5 : 5.8.

В заключенні необхідно зазначити, що вплив модифікування і мікролегування Се, V, Сu, В на формування неметалічних включень і вторинних фаз складний і неоднозначний та може бути оптимізований тільки із застосуванням комп'ютерного аналізу встановлених кількісних закономірностей.

УДК. 536:539.21:621:664:669.01 (075)

Є. Г. Афтанділянц

Національний університет біоресурсів и природокористування України, Київ

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА НА ДЕНДРИТНУЮ СТРУКТУРУ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК

Известно, что свойства жидкого металла являются важным фактором, который оказывает существенное влияние на формировании дендритной структуры структуры отливок. Однако, в литературе практически отсутствует анализ механиз-

мов такого влияния. Вместе с тем не вызывает сомнения, что параметры межатомного взаимодействия, и связанные с ними поверхностное натяжение, плотность и вязкость расплава оказывают существенное влияние на закономерности первичной кристаллизации отливок.

Учитывая, что в уравнения, описывающие такие определяющие параметры кристаллизации, как скорость зарождения центров и линейная скорость кристаллизации, входят характеристики поверхностного натяжения, вязкости и плотности расплава исследовали их влияние на дендритную структуру литых низко- и среднелегированных конструкционных сталей.

Для пределов типичного содержания в них легирующих элементов и примесей установили аналитические закономерности изменения поверхностного натяжения, вязкости и плотности расплава, учитывающие влияние химического состава на энергию связи легирующих элементов, модификаторов и примесей с железом и энергию активации вязкого течения. Относительная погрешность расчетов составляла 0,5-10,8%.

Анализом полученных аналитических уравнений показано, что влияние химического состава на свойства расплава конструкционной стали существенно. По степени возрастающего влияния элементы располагаются в следующей последовательности:

поверхностное натяжение - увеличивают V, S, Mn, O, P и уменьшают Cr, N, C, S;

кинематическая вязкость - увеличивают V, Cr, N, C, O, S и уменьшают Si, Mn, P;

плотность - увеличивают V, Mn, N, Si, O, P и уменьшают Cr, C, S.

Корреляция между изменением свойств жидкого металла и структурой металла в твердом состоянии отмечается во многих исследованиях. Исследование парной корреляции между значениями поверхностного натяжения, вязкости и плотности при температуре ликвидуса и характеристиками дендритной структуры отливок, изготовленных методом точного литья ($d=20\text{мм}; l=150\text{мм}$) и затвердевших в идентичных условиях охлаждения показало, что с увеличением плотности и вязкости расплава при температуре ликвидуса дисперсность дендритной структуры увеличивается. Наиболее эффективное влияние на характеристики дендритной структуры оказывает плотность расплава.

Анализ влияния поверхностного натяжения показал, что для длины и ширины столбчатых и длины дезориентированных дендритов наблюдается обратная, а для поперечных размеров дезориентированных дендритов и расстояния между осями второго порядка прямая тенденция к изменению размеров при уменьшении поверхностного натяжения.

Переходя к комплексной оценке, установили, что между поверхностным натяжением, плотностью и вязкостью расплавов конструкционных сталей при температуре ликвидуса и характеристиками дендритной структуры существуют достоверные линейные зависимости, которые показывают, что диспергированию дендритной структуры способствуют повышение значений вязкости и плотности и снижение значений поверхностного натяжения. При этом наиболее значимо влияние плотности расплава. Установленные закономерности значимы с вероятностью от 90 до 95% и погрешностью от 7 до 24%.

УДК. 536:539.21:621:664:669.01 (075)

Є. Г. Афтанділянц, К. Г. Лопатько

Національний університет біоресурсів и природокористування України, Київ

ВПЛИВ РОЗМІРУ ЗЕРЕН НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОМАТЕРІАЛІВ

Механічні властивості нанооб'єктів та наноструктурних полікристалічних металів і сплавів визначаються розміром і розподілом їх структурних складових, станом границь зерен і субзерен.

В сучасних структурних моделях міцності виділено характерні розміри, при яких змінюється залежність характеристик міцності від розміру зерна. При зменшенні розміру зерна металевих матеріалів з 10 до 1 мікрона збільшення міцності залізо - вуглецевого сплаву змінюється від 20 до 60 МПа, а для хрому - від 37 до 47 МПа. При диспергуванні зерен у нанорозмірному діапазоні, наприклад з 450 до 70 нм спостерігається більш ефективно зміцнення Fe-Ti сплаву з 20 до 120 МПа, а Cr - з 60 до 470 МПа.

Зміна характеру зміцнення при диспергуванні зерен у нанорозмірному діапазоні пов'язано, з тим, що при нормальній температурі границі структурних елементів при деформації, яка перевищує межу текучості, містять високу концентрацію неупоряд-