

ВЛИЯНИЕ МИКРОДОБАВОК ЦЕРИЯ НА КИНЕТИКУ РОСТА
АУСТЕНИТНОГО ЗЕРНА ПРИ НАГРЕВЕ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Л.С.Ляхович, Р.Н.Худокормова

Процесс микролегирования сталей редкими металлами получил за последние годы значительное развитие. Связано это с тем, что добавки редких металлов позволяют в определенной мере улучшить некоторые физико-механические свойства сталей. Улучшение свойств в этом случае происходит как при кристаллизации стали, так и при ее термической обработке. Очень часто термическая обработка стальных изделий включает в себя высокотемпературный нагрев. Поэтому вопросы роста аустенитного зерна в микролегированных редкими металлами сталях представляют теоретический и практический интерес.

Для изучения кинетики роста аустенитного зерна в этих сталях использовался метод окисления. Поперечный размер зерна измерялся путем перемещения правого подвижного уголка на приборе типа ХНО-10. Для определения среднего поперечного размера производилось около 150 измерений на двух образцах. Предметом исследования служила сталь, содержащая

0,42% С ;	0,24% Si ;	0,55% Mn ;
0,05% Cr ;	0,02% P ;	0,022% S .

Металлический церий вводился перед кристаллизацией стали в количестве 0,05; 0,10; 0,20%. Полученные слитки после гомогенизирующего отжига разрезались на образцы, которые выдерживались различное время при 870; 950 и 1150°C. Загрузка образцов в печь производилась при заданной температуре одновременно. Через промежутки времени, равные 15 минутам, образцы, не содержащие церий, и образцы с различными микродобавками этого элемента извлекались из печи и охлаждались в воде.

На рис.1 приведена зависимость среднего поперечного размера зерен аустенита \bar{d} , мк, от времени выдержки при 870°C. Как видно, измеряемая величина претерпевает в процессе изотермической выдержки существенные изменения. Снижение и рост среднего размера аустенитных зерен происходит довольно синхронно через равные промежутки

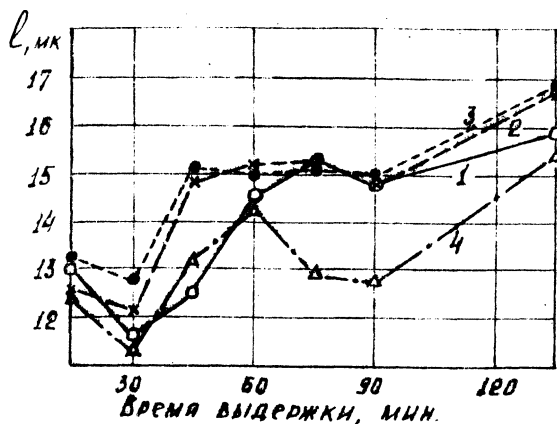


Рис.1. Зависимость среднего размера зерна аустенита l , мк, от времени выдержки при 870°C и величины добавки церия:

- 1 - без церия; 2 - 0,05% церия;
3 - 0,10% церия; 4 - 0,20% церия.

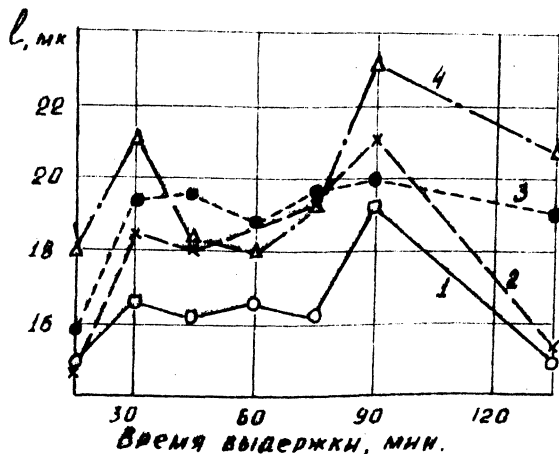


Рис.2. Зависимость среднего размера зерна аустенита l , мк, от времени выдержки при 950°C и величины добавки церия:

- 1 - без церия; 2 - 0,05% церия;
3 - 0,10% церия; 4 - 0,20% церия.

времени для всех образцов. На рис.2 показана аналогичная зависимость для образцов, которые выдерживались при 950°C . Здесь также наблюдаются резкие изменения величины среднего размера зерен при различных по времени выдержках. Максимальные значения среднего размера в данном случае получены не к концу пребывания образцов в печи как при 870°C , а при выдержке, равной 90 минутам.

Из рис.2 следует, что при 950°C микродобавки церия, особенно повышенные (0,2% Ce), усиливают склонность аустенитных зерен к росту. При температуре 870°C 0,2% церия, наоборот, несколько сдерживает увеличение среднего размера зерен, по сравнению с обычным не содержащим церий сплавом. Причину

рассмотренного влияния присадок 0,2% Се на склонность к росту аустенитного зерна при 870⁰ и 950⁰С можно объяснить наличием в аустените нитридов церия и их диссоциацией при высоких температурах. Небольшие добавки церия (0,05; 0,10%) оказывают раскисляющее действие в сплаве. Поэтому при всех исследованных температурах в образцах с такими присадками наблюдается увеличение среднего размера зерен. Если же в сталь добавлено 0,2% Се, происходит раскисление металла и помимо этого идет образование нитридов церия. Возможность такой реакции установлена в работе [1]. Нитриды церия выполняют роль барьеров аналогично нитридам алюминия [2]. По-видимому, в интервале температур 870–950⁰С нитриды церия диссоциируют и барьерный эффект исчезает.

Причина скачкообразного изменения среднего размера зерен с увеличением продолжительности выдержки как при 870, 950⁰С, так и при 1150⁰С не является результатом погрешности измерений или неудачно выбранной методики.

Анализ количества относительно крупных зерен (более 25 мк), обнаруженных в образцах, дает основание полагать, что скачкообразное изменение среднего размера связано с увеличением или уменьшением числа именно таких зерен (табл. I). Например, 60-минутная

Т а б л и ц а I

Количество (%) относительно крупных зерен аустенита ($d > 25$ мк) в зависимости от времени выдержки при 950⁰С и содержания церия в стали

Время выдержки при 950 ⁰ С, мин.	Количество (%) относительно крупных зерен аустенита в сталях			
	без Се	0,05% Се	0,10% Се	0,20% Се
60	11,6	18,0	23,0	15,3
90	18,3	23,0	25,7	38,3
135	8,7	12,5	16,0	17,0

выдержка при 950⁰С приводит к образованию крупных зерен указанного выше размера в количестве 11,6%; 18,0; 23,1; 15,3%, а 90-минутная, соответственно, 18,3%; 23,0; 25,7; 38,3%. Числа даны в порядке,

отвечающем порядку расположения образцов по мере повышения в них содержания церия. Первое число характеризует процент крупных зерен в исходной стали. Для 135-минутной выдержки эти значения вновь претерпевают изменения и становятся равными 8,7%; 12,5; 16,0; 17,0%.

В рассмотренном случае такое, на первый взгляд, странное исчезновение крупных зерен при выдержке от 90 до 135 минут, по нашему мнению, можно объяснить делением зерен на более мелкие. Процесс деления связан, по-видимому, с рекристаллизационными явлениями. Центрами рекристаллизации являются блоки, имеющие наибольшую для данного зерна разориентацию кристаллографических плоскостей. Развитию этого процесса способствуют примеси, накапливающиеся на границах растущих зерен в результате перемещения дислокаций в направлении границ зерен. Повышенная концентрация чужеродных атомов в этих местах приводит к существенному замедлению процесса самодиффузии и, следовательно, к прекращению роста зерен. Однако снижение поверхностной энергии в системе продолжается путем объединения отдельных блоков в более крупные, которые приобретают в дальнейшем видимые границы.

В ы в о д ы

1. При высокотемпературном нагреве сталей кинетика роста зерна аустенита, оцениваемая значением среднего диаметра, носит волнообразный характер.

2. Волнообразный характер кинетики роста среднего диаметра аустенитного зерна связан с периодическим появлением новых центров рекристаллизации, которыми служат блоки с наиболее отличной от других блоков ориентацией кристаллографических плоскостей.

3. Малые добавки церия (до 0,2%), оказывая рафинирующее действие, повышают склонность к образованию в стали разнотерной структуры.

Присадка 0,2% Се дает аналогичный результат только при высоких температурах (950°C). При 870°C присадка церия в указанном количестве тормозит рост аустенитного зерна.

Л и т е р а т у р а

1. Ю. В. Кривовский, Ю. И. Рубенчик, Е. И. Тюрин, В. И. Явойский. Металлург., №8, 1963.

2. Э. Гулдемоян. Специальные стали. Т.2. Металлургиздат. 1960.