

МАЯТНИКОВОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ ПЕРЕОХЛАЖДЕННОГО АУСТЕНИТА

Л.С.Лякович, В.В.Сурков

Результаты исследования ступенчатого превращения [I] показывают, что небольшая степень предварительного распада аустенита замедляет последующее изотермическое превращение как при более высоких, так и низких температурах. Однако в ходе нагрева от T_1 до T_2 наблюдается интенсификация превращения; количество аустенита, распавшегося за время нагрева, значительно превышает то количество, которое распадается за то же время при постоянной температуре (даже при температуре наибольшей скорости распада аустенита). Представляло интерес исследовать влияние многократного нагрева и охлаждения в определенном интервале температур на кинетику превращения и количества аустенита, распавшегося в результате такого "маятникового" превращения.

Исследование проводилось на стали 37ХНЗА дилатометрическим методом. Изменение скорости нагрева и охлаждения в исследуемом интервале температур 350–450°C достигалось изменением температуры свинцово-оловянных ванн. Продолжительность выдержки в ваннах ограничивалась лишь временем, необходимым для нагрева (или охлаждения) образца до заданной температуры. Момент достижения температуры определялся на визуальном экране дилатометра. Изменение температуры ванны охлаждения от 330 до 250°C и ванны нагрева от 470 до 550°C позволяло менять время охлаждения и нагрева в интервале 350–450°C от 21 до 68 сек. и от 18 до 49 сек. соответственно. Общее время выдержки составляло 30 мин., при этом число циклов "маятниковой раскочки" менялось в пределах 18–46. В момент эксперимента фиксировалось время нагрева и охлаждения, прирост длины образца для каждого цикла. При этом величина прироста фиксировалась как визуально, так и на фотобумаге. Температура ванны в момент эксперимента поддерживалась с точностью $\pm 5^\circ\text{C}$, что почти не отражалось на равномерности скорости нагрева, особенно в тех случаях, когда температура ванны была значительно выше (ниже) граничных температур интервала $\Delta T: 450^\circ$ и 350°C . Количество аустенита, превратившегося за каждый цикл нагрева и охлаждения, определялось по методике, описанной в [I].

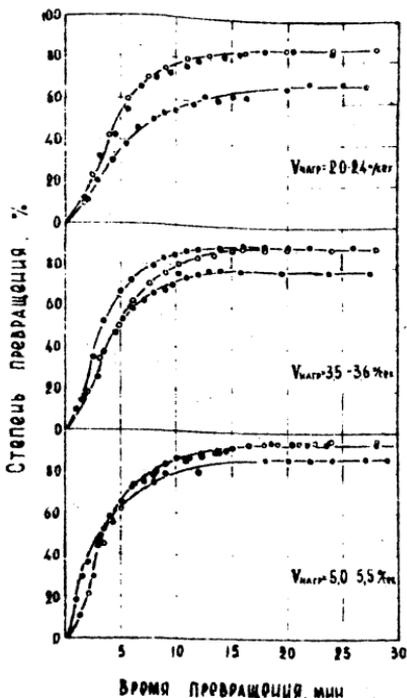


Рис. I

Кинетика "маятникового" превращения аустенита, охлаждения, град/сек: -1,6; -2,7; -4,5

аустенита при "маятниковой раскочке" действительно заканчивается раньше, чем при обычном изотермическом превращении. Так, изотермическое превращение исследуемой стали при 350° и 450°С заканчивается через 35 и 25 мин. соответственно, а при маятниковой раскочке в этом интервале температур - за 15-20 мин. Одновременно с этим можно отметить уменьшение степени превращения аустенита с ростом скорости охлаждения и уменьшением скорости нагрева (рис.2). Это явление объясняется в первую очередь тем, что уменьшение скорости нагрева достига-

На рис. I приведены кинетические кривые, характеризующие кинетику превращения аустенита в ходе многократного нагрева и охлаждения. Математическая обработка этих кривых позволила определить, что превращение подчиняется общей для изотермического превращения аустенита зависимости:

$$V_{\tau} = V_0 (1 - e^{-\sigma \tau^{\theta}}),$$

где V_{τ} - объем превращения за время τ .

Экспериментальные данные укладываются в координатах $\lg \tau$ и $\lg \lg \frac{1}{1-V}$ на прямую линию. При этом наклон прямой характеризуется показателем степени при времени " θ " (табл. I).

В работе [I] было высказано предположение о том, что возникающие в момент охлаждения или нагрева от T_1 до T_2 напряжения инициируют превращение аустенита, способствуют "реализации" зародышей, что должно привести к ускорению превращения. Как следует из рис. I, превращение аусте-

Т а б л и ц а I

Значение показателя времени " δ " в формуле Колмогорова $V_L = V_0 (1 - e^{-\alpha t})$ для "маятникового" превращения аустенита

№ пп.	Скорость, °/сек.		δ
	охлаждение	нагрев	
I-1	1,47	5,27	1,4I
I-2	1,72	3,57	1,3I
I-3	1,75	2,02	1,56
2-1	2,5	5,0	1,27
2-2	2,82	3,64	1,5I
2-3	2,94	2,38	1,46
3-1	4,65	5,55	0,8I
3-2	4,35	3,57	1,30
3-3	4,65	2,04	1,3I

лось уменьшением температуры высокотемпературной ванны, это увеличивало время пребывания образца в верхней зоне промежуточной области, где процессы стабилизации аустенита протекают особенно интенсивно. Аналогичным образом действовало и увеличение скорости охлаждения, сокращающее время пребывания образца в зоне низких температур промежуточной области.

Наряду с этой причиной следует учитывать и увеличивающуюся с ростом скорости нагрева и охлаждения возможность нарушения когерентности на границе образовавшейся пластины α -фазы, что тормозит превращение [2]. Эта точка зрения подтверждается результатами электронноструктурного исследования. С увеличением скорости нагрева и охлаждения при маятниковой раскочке увеличивается и дисперсность продуктов распада аустенита. Подобное изменение структуры говорит

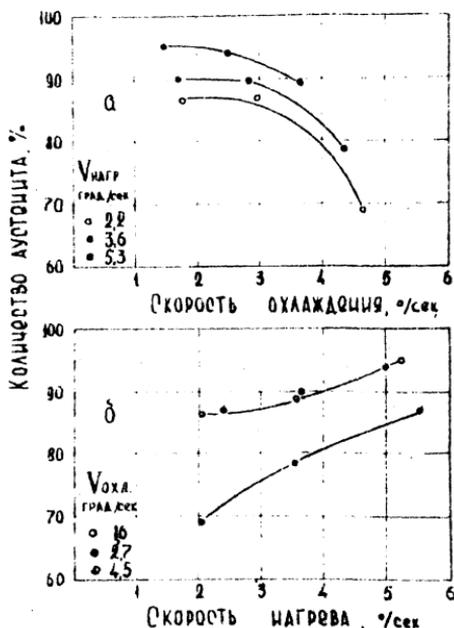


Рис.2

Зависимость объема превращения аустенита от скорости нагрева и охлаждения при "маятниковой" обработке

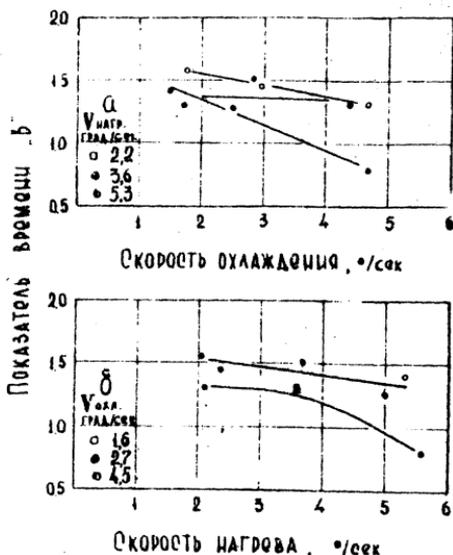


Рис.3

Зависимость показателя времени "b" в формуле от скорости нагрева и охлаждения при "маятниковом" превращении

о замедлении скорости роста образовавшихся бейнитных зародышей. Подтверждением точки зрения о нарушении когерентности является также изменение кинетики маятникового превращения по сравнению с кинетикой обычного изотермического распада аустенита.

С увеличением скорости нагрева и охлаждения маятниковой обработки наблюдается уменьшение показателя "b" в формуле, описывающей кинетику маятникового превращения. При максимальных значениях скоростей нагрева и охлаждения (5,5 и 4,6⁰/сек. соответственно) показатель "b" близок к единице (рис.3), что согласно теоретическому анализу Н.Н.Сироты [2] соответствует процессу, протекающему лишь за счет образования зародышей (скорость роста кристаллов равна нулю).

Для подобного случая показатель времени " τ " равен 1. Такой случай, в частности, характерен для мартенситного превращения, когда скорость роста очень велика, и мартенситные пластины можно рассматривать как зародыши превращения, не испытывающие дальнейшего роста. Действительно, мартенситное превращение подчиняется зависимости [3]

$$V_{\tau} = V_0 (1 - e^{-a\tau}).$$

Таким образом, при значительной величине напряжений, возникающих при охлаждении (нагреве) от T_1 до T_2 , превращение протекает в условиях затрудненного роста пластин α -фазы.

Л и т е р а т у р а

1. Л. С. Д я х о в и ч и В. В. С у р к о в. Сб. "Металловедение и термическая обработка металлов", Минск, 1965.
2. Н. Н. С и р о т а . "Известия сектора физико-химического анализа", Институт общей и неорганической химии АН СССР. Т.23, 1953.
3. Я. С. У м а н с к и й и др. "Физическое металловедение". Металлургиздат, 1955.