

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СТУПЕНЧАТОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ ПЕРЕОХЛАЖДЕННОГО АУСТЕНИТА

И.С.Ляхович, В.В.Сурков

В работе [1] отмечалось, что с позиций современной теории промежуточного превращения [2] трудно объяснимыми являются данные по кинетике ступенчатого превращения аустенита в промежуточной области [3-6]. Наиболее интересным явлением во всех этих экспериментах является сохранение инкубационного периода превращения после предварительной выдержки при более высоких температурах и увеличение (а не уменьшение) его в результате выдержки при более низких температурах. Следовало ожидать, что частичная выдержка даже в течение времени, не превышающего длительности инкубационного периода при более высоких температурах, должна создавать необходимую степень перераспределения углерода для превращения при более низких температурах, т.е. превращение аустенита должно было бы происходить еще в процессе охлаждения от температуры предварительной выдержки T_1 до температуры основного превращения T_2 . Действительно, в работе [1] отмечалось превращение аустенита стали 37ХН3А за время охлаждения от $T_1=450^{\circ}\text{C}$ до $T_2=300^{\circ}\text{C}$, причем с увеличением степени предварительного превращения количество аустенита, превратившегося за время охлаждения, уменьшается. В работе [6] также было обнаружено превращение аустенита в ходе нагрева до 350°C после образования 5 и 10% бейнита при 258°C (сталь с 0,8%С). Более подробное исследование этого явления могло способствовать объяснению ряда закономерностей, отмеченных в работах [1, 3-6].

Исследование проводилось на dilatометре ДКМ по дифференциальной схеме. Была разработана методика обработки dilatограмм, позволяющая определять количество аустенита, превращающегося в процессе нагрева или охлаждения от T_1 до T_2 .

Микроструктурное исследование с помощью точечного метода А.А.Глаголева подтвердило возможность применения описанной методики (табл.1). Некоторое увеличение расчетных данных по сравнению с результатами микроструктурного исследования связано с тем, что фактически превращение при охлаждении от T_1 до T_2 идет в некотором интервале температур, и коэффициент термического сжатия образующихся

структур различен (чем выше температура, тем он меньше), тогда как в использованной методике этот коэффициент принят равным коэффициенту термического сжатия бейнита, образующегося при T_2 .

Т а б л и ц а I

Количество аустенита, образовавшегося за время охлаждения от $T_1 = 450^\circ\text{C}$ до $T_2 = 300$ и 350°C .
Сталь 37ХН3А (время охлаждения 75 сек.)

$T_2, ^\circ\text{C}$	Время выдержки при T_1	Количество аустенита, превратившегося при $T_1, \%$	Количество аустенита, превратившегося при охлаждении от T_1 до $T_2, \%$	
			определение по диаграмме	определение по структуре
300	3 мин. 45 сек.	0	23	20
	4 мин. 45 сек.	7,5	22	20
	5 мин. 23 сек.	15	15	10
	12 мин.	31	10	-
	30 мин.	43	2,0	0
350	3 мин. 30 сек.	0	20	
	4 мин. 35 сек.	7,5	21	
	5 мин. 40 сек.	15	10	
	30 мин.	38	0	

В табл. I приведены сведения о количестве аустенита, образовавшегося при охлаждении (сталь 37ХН3А) от $T_1=450^\circ\text{C}$ до $T_2=300$ и 350°C после различных степеней превращения при T_1 (время охлаждения во всех опытах составляло 70-75 сек.). Сравнение этих данных с табл. 2, в которой указано количество аустенита, превращающегося изотермически за 75 сек. после образования таких же количеств бейнита, что и при T_1 (табл. I), указывает на одну характерную особенность сту-

Т а б л и ц а 2

Количество аустенита, превратившегося при изотермической выдержке за 75 сек. после достижения различных степеней распада. Сталь 37ХН3А.

Количество предварительно превратившегося аустенита, %	Количество аустенита, превратившегося за 75 сек. при $t^{\circ}\text{C}$, %		
	450	350	300
0	6,0	7,0	4,0
7,5	7,5	15,0	8,5
15	5,0	25,0	9,0
31	4,0	20,0	17,0
43	0	19,0	15,0

пенчатого превращения. После небольших степеней предварительного распада (до 15%) при 450°C за время охлаждения до T_2 превращается большее количество аустенита, чем в изотермических условиях за то же время при любой температуре интервала $T_1 - T_2$. Подобное явление было отмечено также и на сталях 5ХНВ, 5ХНМ, 9ХС.

Такое ускорение превращения аустенита в момент охлаждения может быть объяснено влиянием напряжений, возникающих при резком охлаждении. С увеличением степени предварительного превращения развиваются процессы фазового наклепа аустенита, тормозящего последующее превращение при охлаждении.

В работе [8, 9] было показано, что иногда небольшая предварительная деформация оказывает стимулирующее воздействие на мартенситное превращение, переход же к деформациям больших степеней приводит к затормаживающему эффекту. Авторы приписывают микронапряжениям роль стимулирующего фактора, а измельчению блоков - тормозящего фактора. Эти положения могут быть перенесены на превращение в промежуточной области и полностью объясняют зависимость количества превратившегося при охлаждении аустенита от степени предварительного превращения.

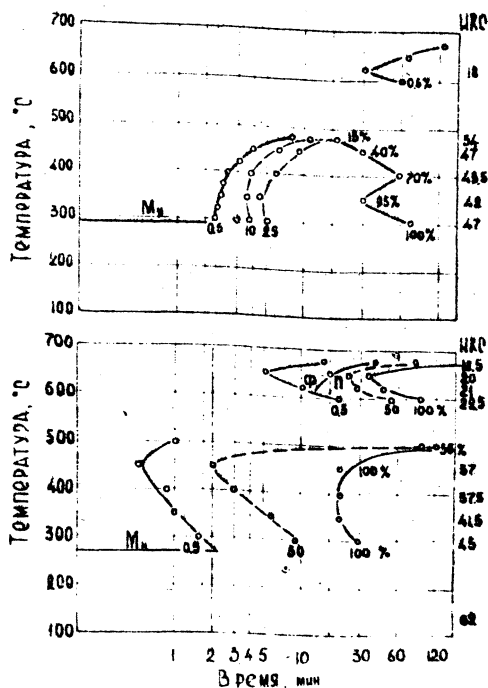


Рис. I
 Диаграммы изотермического превращения.

Количество аустенита, превратившегося в различных температурных интервалах, определялось обработкой dilatометрических кривых нагрева по описанной выше методике. Для исследования были взяты стали 37ХН3А и 5ХНВ, отличающиеся температурной зависимостью кинетики промежуточного превращения: у первой стали с понижением температуры промежуточной области скорость превращения аустенита увеличивается, а у второй, напротив, уменьшается (рис. I).

Как следует из рис. 2, количество атермического образовавшегося в различных температурных интервалах аустенита (% ΔT) суще-

Иницирующее действие напряжений на ускорение превращения аустенита обнаружено и при нагреве образцов от $T_1=300^\circ\text{C}$ до более высоких температур (верхний предел 450°C) – после предварительного образования 20% бейнита. Поскольку основным фактором, влияющим на величину напряжений, возникающих при нагреве и охлаждении образца, является скорость нагрева, было интересно исследовать влияние скорости нагрева от T_1 до T_2 на атермический распад аустенита. Изменение скорости нагрева регулировалось температурой второй ванны от 325 до 650°C и экранированием образца алундовым тигельком, заполненным свинцово-оловянным расплавом.

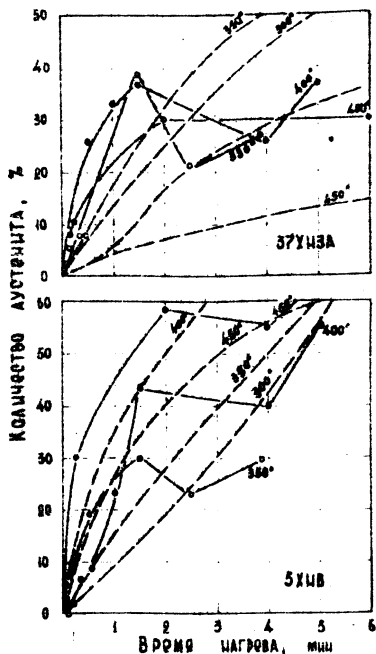


Рис.2

Влияние времени нагрева на превращение при: ———— нагреве (степень предварительного превращения при 300° - 20%);
 - - - - - изотермической выдержке.

протекает безостановочно, причем $\%A_{\Delta T}$ определяется кинетикой изотермического превращения аустенита при температурах $T_1 - T_2$. $\%A_{\Delta T}$ в этом случае не превышает количество аустенита, которое могло бы превратиться за время, равное времени нагрева, при температуре максимальной скорости изотермического превращения. Увеличение скорости нагрева приводит к увеличению $\%A_{\Delta T}$, но выше определенной скорости нагрева $\%A_{\Delta T}$ вновь уменьшается. Такая зависи-

ственно зависит от времени нагрева. Характерным в этих экспериментах является следующий момент. При нагреве стали 37УНЗА от 300 до 350°С (после предварительного распада 20% аустенита) за время нагрева 90 сек. превращается около 40% аустенита. При обычном же изотермическом превращении при 300° после распада 20% аустенита до 90 сек. образуется всего лишь 15-20% бейнита. Даже при $T_2=450^\circ$ (время нагрева в интервале $\Delta T - 120$ сек) превращается 30% аустенита, хотя превращение в основном протекает в интервале 350-400°С, где скорость изотермического превращения значительно меньше, чем при 300°С. Аналогичное явление наблюдается и для стали 5ХНВ.

Таким образом, также как и при исследовании влияния выдержек в верхней зоне промежуточной области на превращение в нижней зоне наблюдается экстремальная зависимость количества аустенита от скорости нагрева.

При очень малой скорости нагрева 0,5°/сек, превращение

мость $\%A_{\Delta T}$ от скорости нагрева может быть объяснена только влиянием напряжений, инициирующих промежуточное превращение. С повышением скорости нагрева растет перепад температур по сечению образца, а следовательно, и величина напряжений. Но с увеличением скорости нагрева одновременно уменьшается время самого превращения во время нагрева, в результате чего $\%A_{\Delta T}$ уменьшается.

Л и т е р а т у р а

1. Л. С. Ляхович и В. В. Сурков. Сб. "Металловедение и термическая обработка металлов", Минск, 1965.
2. Р. И. Энтин. "Превращения аустенита в стали", Metallurgizdat, 1960.
3. Л. И. Коган и Р. И. Энтин. Сб. "Проблемы металлостроения и физики металлов", Metallurgizdat, 1958.
4. Б. А. Леонтьев, Л. С. Палатник, Я. И. Спектор. ФММ, 1957, 5, 2.
5. R.F.Heeman and A.R.Trojano. "Journal of Metals" 1954, 6, II.
6. J.S. White and W.S. Owen. "Journal of the Iron and Steel Inst." 1961, 197, 3.
7. Л. С. Ляхович, В. В. Сурков "О самоотпуске продуктов изотермического превращения аустенита". Сб. "Термическая и термомеханическая обработка стали и сплавов". Минск, 1968.
8. Г. В. Курдюмов, О. П. Максимова, А. И. Никанорова, З. Р. Павленко, А. М. Ямпольский. Сб. "Проблемы металлостроения и физики металлов", Metallurgizdat, стр.41, 1958.
9. О. П. Максимова. Сб. "Проблемы металлостроения и физики металлов", Metallurgizdat, стр.246, 1962.