

ТЕРМОКИНЕТИЧЕСКАЯ ДИАГРАММА РАСПАДА АУСТЕНИТА СТАЛИ 40ХГМ (АiSi 4140)

Д.А. Мирзаев, ЕЛ. Фоминых, О.К. Токовой, Д.В. Шабуров

Поковки из стали 40ХГМ и ее зарубежного аналога АiSi 4140 довольно широко изготавливают на отечественных предприятиях. Сталь склонна к образованию флокенов, поэтому очень важно иметь возможность оценивать характер структуры формирующейся в ходе охлаждения для того, чтобы уточнить технологию последующей противоблоксной обработки. Поскольку например появление бейнита и мартенсита стимулирует возникновение флокенов, то оценки структурного состояния удобно производить с помощью термокинетических диаграмм распада γ -фазы.

Построение подобной диаграммы является целью настоящей работы.

Материал и методика исследования

Из промышленной поковки, состав которой представлен в табл. 1, были вырезаны цилиндрические образцы длиной 50 мм; диаметр образцов был разный от 2,5 до 4 мм для того, чтобы получить различные скорости охлаждения.

Эксперименты по охлаждению и распаду γ -фазы в ходе него были выполнены с помощью дилатометра Шевенара. После установки образца на него накатывали печь с температурой 900 °С, фиксируя кривую нагрева, выдерживали порядка 30 минут, а затем охлаждали. Причем скорости охлаждения изменяли в широких пределах, применяя образцы разного диаметра и различные условия охлаждения от замедленного охлаждения с печью, у которой постепенно снижали напряжение питания, до быстрого охлаждения образца в трубке (после откатки печи) в струе воздуха от вентилятора.

Результаты исследования

Некоторые дилатометры показаны на рис. 1. Режим охлаждения I приводит к образованию перлита. В режиме II происходит образование бейнита, а затем мартенситное превращение. Структуры образцов, охлажденных по этим режимам, приведены на рис. 2. По дилатометрам легко оп-

Таблица 1

Химический состав стали 40ХГМ

№ плавки	Содержание элементов, % по массе						
	С	Mn	Cr	Si	Mo	S	P
81766	0,40	0,87	1,05	0,28	0,17	0,005	0,010

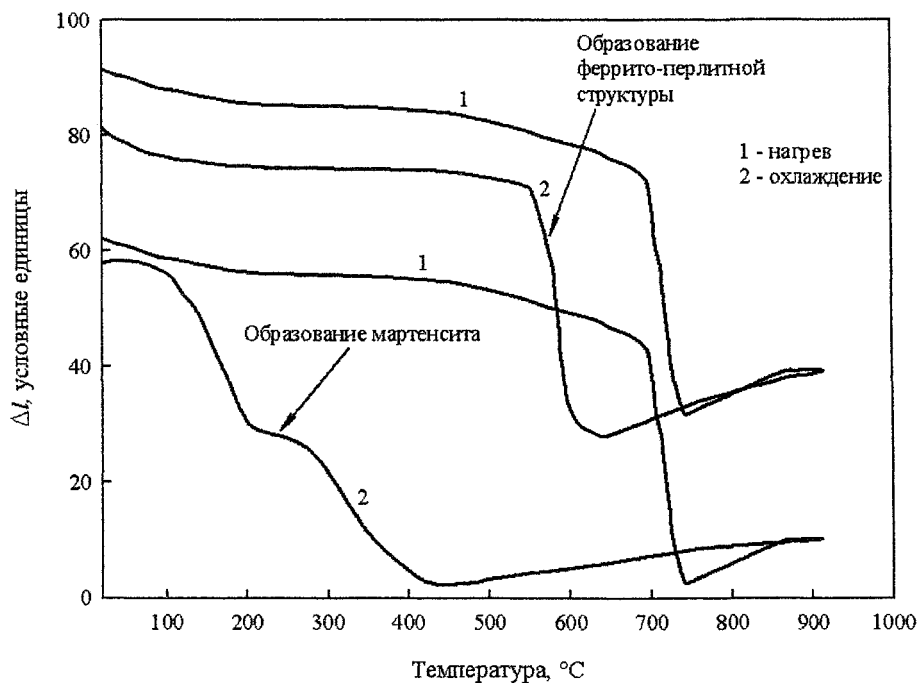


Рис. 1. Дилатометры стали 40ХГМ

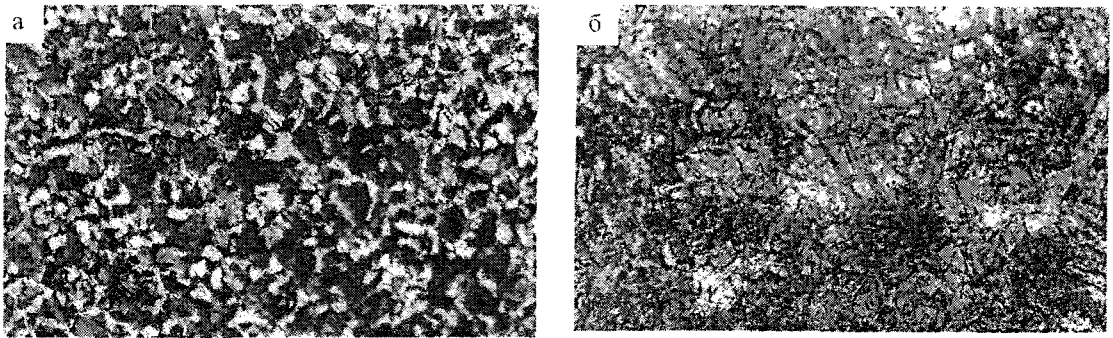


Рис. 2. Структуры образцов после дилатометрических исследований: а – перлит; б – бейнит + мартенсит

ределяются температуры начала, конца распада и превращения на 50 %. Соответствующие температуры были нанесены на кривые изменения температур со временем. За начало времени принимали момент достижения по дилатограмме температуры

A_3 , как верхней температурной границы распада γ -фазы,

Построенная термокинетическая диаграмма представлена на рис. 3. Она была использована для оценки характера распада γ -фазы поковок раз-

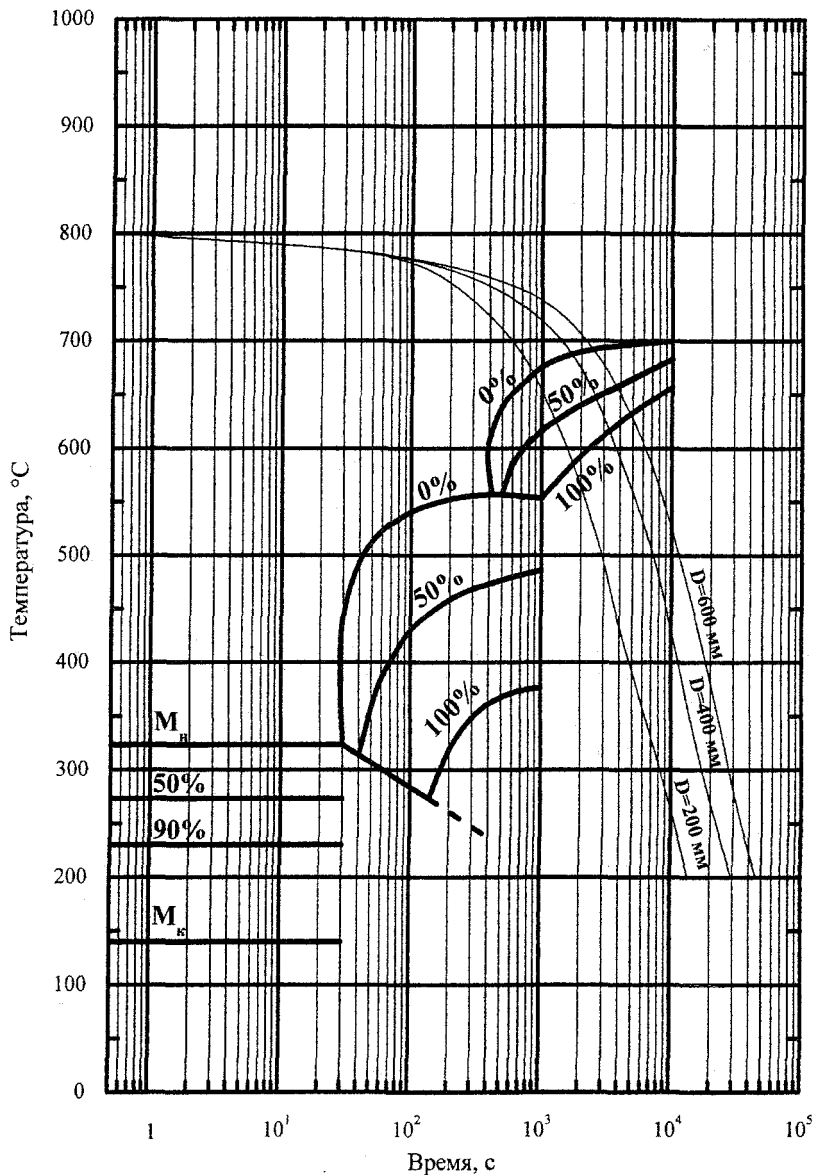


Рис. 3. Термокинетическая диаграмма распада аустенита стали 40ХГМ, используемой для производства поковок

личного диаметра (200, 400 и 600 мм) в условиях охлаждения на воздухе.

Подробные данные об изменении температур на поверхности и на оси приведены в [1]. Различие в ходе кривых охлаждения поверхности и центра наглядно проявляется в том случае, если эти кривые строить, начиная с температуры, превышающей A_3 , как это, например, показано на рис. 4.

Однако, учитывая тот факт, что выше A_3 распад аустенита не возможен, были рассчитаны времена охлаждения поверхности и оси по отношению к моментам времени, когда температура в этих точках была равной $A_3 = 810^\circ\text{C}$. Неожиданно выяснилось, что отсчитанные от A_3 кривые охлаж-

дения осевых точек и поверхности практически совпадают (табл. 2), а это означает, что структуры распада γ -фазы по сечению поковки должны быть одинаковыми.

При внимательном анализе ситуации стало ясно, что ниже 800°C охлаждение поволоков следует режиму, названному В. Кондратьевым регулярным [2]. Именно для регулярного режима для любой точки в заданном круговом сечении отношение

$$T/V_{\text{охл}} = \text{const.}$$

Это означает, что хотя охлаждение точек поверхности и оси происходит неодинаково, но к любой данной температуре T они подходят, имея одинаковую скорость. Поэтому, если строить кри-

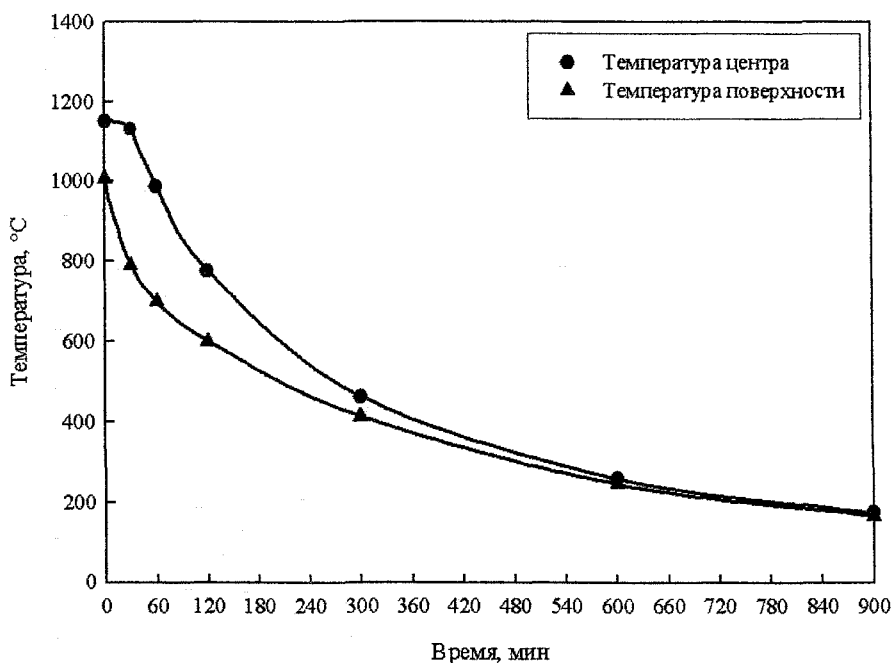


Рис. 4. Температуры центра и поверхности поволоков $\varnothing 600$ мм при охлаждении на воздухе

Таблица 2

Длительность охлаждения поверхности и центра поволоков разного диаметра по отношению к критической температуре начала превращения $A_{c3} = 810^\circ\text{C}$, мин

Температура, °C	Длительность охлаждения от $A_{c3} = 810^\circ\text{C}$ ($\tau_T - \tau_{810^\circ\text{C}}$) для поволоков диаметром (мм)					
	200		400		600	
	центр	поверхность	центр	поверхность	центр	поверхность
800	0	0	0	0	0	0
750	6,4	4,3	8,6	8,6	21,5	15,0
700	10,7	10,7	21,5	25,7	42,9	38,6
650	17,2	17,2	38,6	42,9	66,5	68,6
600	25,7	23,6	60,1	62,2	94,4	107,3
550	38,6	36,5	85,8	90,1	124,4	145,9
500	47,2	49,3	107,3	122,3	158,7	188,8
450	57,9	60,1	137,3	152,3	205,9	244,5
400	75,1	75,1	169,5	188,8	261,7	306,7
350	103,0	79,4	210,2	229,5	377,5	381,8
300	133,0	137,3	263,8	285,3	407,6	461,2
250	174,0	178,0	343,2	366,8	510,5	568,4
200	221,0	227,4	452,6	489,1	695,0	755,0

вые охлаждения, по отношению к A_1 , то для осевых и поверхностных точек они совпадут. Именно по этой причине на рис. 3 для конечного диаметра дана только одна кривая охлаждения. Судя по положению кривых охлаждения на термокинетических диаграммах для поковок диаметром 200, 400 и 600 мм превращение аустенита в процессе охлаждения на воздухе должно пройти по первой ступени и завершиться полностью.

Однако такой упрощенный анализ можно применять для превращения в основном объеме имеет два недостатка. Термокинетическая диаграмма была построена с помощью образцов, прошедших повторную аустенитизацию в печи дилатометра в отличие от самих поковок. Размер зерна у дилатометрических образцов, следовательно, был меньше, что должно сместить С-образную диаграмму влево. Второй недостаток заключается в неучете ликвационных эффектов.

Заключение

Итак, для образцов промышленных поковок стали 40ХГМ сняты дилатогаммы охлаждения с различными скоростями, на основе которых построена термокинетическая диаграмма распада аустенита. Наложение на диаграмму кривых охлаждения промышленных поковок диаметром 200, 400 и 600 мм, позволило установить, что распад аустенита происходит на первой ступени, то есть образуется феррито-перлитная структура.

Литература

1. Абрамов В.В. *Напряжения и деформации при термической обработке стали.* - Донецк, Киев: Вища школа, 1985. - 135 с.
2. Тайц Н.Ю. *Технология нагрева стали.* — М.: Металлургиздат, 1962. - 567 с.