

Библиографический список

1. Тарновский И. Я. *Формоизменение при пластической обработке металлов.* – М.: Металлургия, 1954. – 534 с.
2. Теория обработки металлов давлением И. Я. Тарновский, А. А. Поздеев, О. А. Ганаго и др. – М.: Металлургиздат, 1963.
3. Сторожев М. В., Попов Е. А. *Теория обработки металлов давлением.* – М.: Машиностроение, 1971. – 424 с.
4. Радкевич М. М. Упрочнение углеродистых и легированных сталей при штамповке в открытых штампах с применением ВТМО // *Вестник машиностроения.* – 1985. – № 6. – С.18-21.

УДК 669 11

О ВЛИЯНИИ ХИМИЧЕСКОЙ МИКРОНЕОДНОРОДНОСТИ АУСТЕНИТА НА КИНЕТИКУ МАРТЕНСИТНО-БЕЙНИТНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ

Е. З. Степанов, О. Б. Бажанова

Санкт-Петербургский государственный технический университет

На кинетику мартенситно-бейнитного превращения аустенита существенное влияние оказывает химическая микронеоднородность исходного аустенита. В работе приведены типичные результаты, полученные при исследовании микронеоднородности по углероду мартенсита сталей легированных хромом методами микрорентгеноспектрального анализа и измерения микротвердости. Показано, что имеется хорошая корреляция между результатами химического анализа образцов и усредненными результатами определения углерода указанными методами (см. табл. 1, 2, рис. 1).

Однако при незначительном разли-

чий средних значений оба использованных метода показали большую химическую неоднородность мартенсита, которая свидетельствует о химической неоднородности по углероду превратившегося в него аустенита. Температура мартенситной точки зависит от содержания углерода и легирующих элементов в аустените: чем ниже содержание углерода и легирующих элементов в аустените, тем выше температуры мартенситного $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения. Поэтому при охлаждении зародыши α -фазы вначале возникают в объемах аустенита, наиболее обедненных углеродом и легирующими элементами.

Таблица 1

Результаты определения содержания углерода в микрообъемах мартенсита

Данные рентгеновского микроанализа				Содержание углерода по замерам микротвердости, %			
Область измерения	Содержание углерода			Среднее содержание углерода, %	Среднее содержание углерода, %	min	max
1	0,40	0,31	0,41				
2	0,44	0,24	0,32				
3	0,36	0,36	0,40				
4	0,34	0,24	0,38				
5	0,38	0,38	0,36				
6	0,36	0,35	0,43				
7	0,30	0,45	0,36				

Результаты химического анализа

Элемент	C	Cr	Mn	Si	P	S
Содержание, %	0,34	3,34	0,55	0,32	0,015	0,06

Результаты определения содержания углерода в микрообъемах мартенсита

Данные рентгеновского микроанализа				Содержание углерода по замерам микротвердости, %			
Область измерения	Содержание углерода			Среднее содержание углерода, %	Среднее содержание углерода, %	min	max
1	0,91	0,83	0,75	0,86	0,85	0,35	1,1
2	0,77	0,86	1,02				
3	0,81	0,95	0,88				
4	0,79	0,90	0,85				
5	0,95	0,90	0,76				
6	0,88	0,78	0,90				

Результаты химического анализа

Элемент	C	Cr	Mn	Si	P	S
Содержание, %	0,9	3,19	0,43	0,29	0,015	0,06

При дальнейшем повышении температуры достигается температура $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения для объемов аустенита со все более высоким содержанием углерода и легирующих элементов и, как следствие, количество превратившегося аустенита увеличивается.

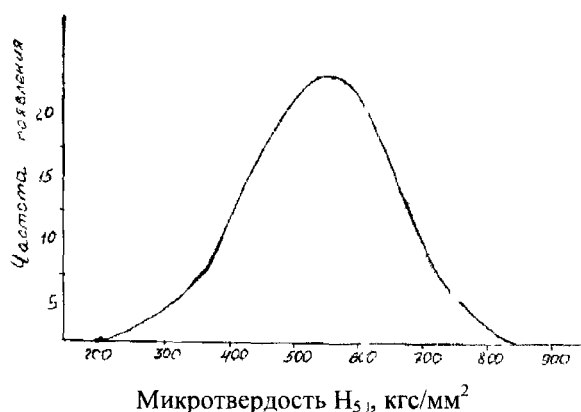


Рис. 1. Кривая распределения микротвердости мартенсита в стали 34ХЗ.

На рис. 2 схематично изображена кривая изменения температуры мартенситного $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения в зависимости от содержания углерода в аустените.

Например, для сплава, содержащего углерод в количестве C_1 , температура превращения должна соответствовать T_1 . Однако вследствие химической неоднородности аустенита превращение $\gamma \rightarrow \alpha$ начинается при более высокой температуре, например, T_2 . Но при T_2 превращается аустенит, содержащий углерод в количестве равном не C_1 , а C_2 . Причем если диффузионное перераспределение

углерода в аустените при температуре T_2 затруднено, то изотермическое превращение аустенита будет быстро замедляться по мере исчерпания объемов аустенита, мартенситная точка которых не ниже T_2 . Превращение аустенита возобновится лишь при дальнейшем охлаждении. В случае охлаждения аустенита до T_1 превратится аустенит с содержанием углерода C_1 , но при T_1 некоторое количество непревратившегося аустенита сохранится, так как в аустените со средним содержанием углерода C_1 имеются большие объемы с концентрацией углерода как меньше, так и больше C_1 (что видно из табл. 2); для превращения последних требуется еще большее понижение температуры.

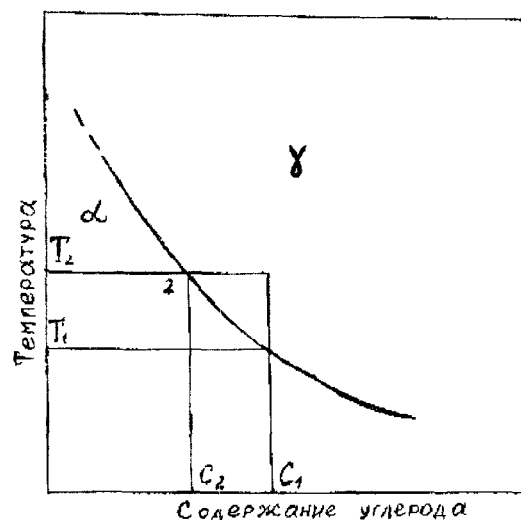


Рис. 2. Схема изменения температуры начала мартенситного превращения в зависимости от содержания углерода в аустените

Таким образом мартенситное превращение и распространяется на интервал температур от M_n до M_k .

Установленная экспериментально микронеоднородность исходного аустенита существенно сказывается и на кинетике бейнитного превращения. В малоуглеродистых сталях по этой причине в бейнитной области ниже промежуточного максимума устойчивости инкубационный период может отсутствовать. Отсутствие инкубационного периода, как известно, является одним из определяющих признаков мартенситного превращения в сталях. Однако в данном случае превращение аустенита отличается от «чисто» мартенситного превращения в сталях тем, что протекает при относительно

высоких температурах и сопровождается диффузионным перемещением углерода. Как следствие, возникают зоны, обедненные и обогащенные углеродом; появляется возможность и для обособления карбидов из аустенита. Следовательно, образовавшиеся кристаллы α -фазы, имеющие когерентные границы, в процессе изотермической выдержки в отличие от кристаллов мартенсита имеют возможность расти. При этом количество непретерпевшегося аустенита уменьшается. Таким образом превращение аустенита при рассматриваемых температурах по своей сущности является бейнитным, об этом свидетельствует и морфология образующейся в данном случае структуры.

УДК 669.11

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОДУКТОВ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПЕРЕОХЛАЖДЕННОГО АУСТЕНИТА В УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЯХ

Г. Н. Теплухин

*Санкт-Петербургский государственный технологический университет
растительных полимеров*

В производственных условиях при термической обработке конструкционные стали обычно закаляют на мартенсит, что позволяет после высокого отпуска получить структуру сорбита, состоящую из пересыщенной углеродом α -фазы с равномерно распределенными карбидами глобулярной формы. Такая структура гарантирует оптимальное сочетание прочности и пластичности.

Для получения высокой прочности конструкционных сталей и высокой твердости инструментальных сталей перлитного класса после закалки проводят низкий отпуск, в результате которого получают структуру отпущенного мартенсита.

Следует отметить, что в обоих случаях стремятся к получению однородной структуры по всему сечению изделий. В некоторых случаях заготовки перед механической обработкой подвергают нормализации. Иногда такая обработка является оконча-

тельной. В этом случае характер образующейся микроструктуры в основном зависит от химического состава стали и сечения изделий. При этом возможно образование ферритно-перлитной или бейнитной структуры, а также их смеси.

При закалке конструкционной стали, наряду с мартенситом, допускается некоторое количество (до 50 %) нижнего бейнита. Прокаливаемость стали определяют по толщине зоны с полумартенситной (мартенситно-бейнитной) структурой. В случае закалки со скоростью ниже критической возможно частичное превращение аустенита по перлитному механизму. Даже незначительное количество продуктов перлитного превращения вызывает повышение температурного порога хрупкости стали.

К сожалению, в литературе отсутствуют сведения о систематическом исследовании механических свойств продуктов пре-