

УДК: 621.745.55

Заблоцкий В. К., Шимко В. И.

### ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СТАЛЯХ 45X3ГНМФ И 70X5ВМФ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ В ИЗОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

При обычных условиях охлаждения в интервале температур происходит непрерывное изменение структуры, что приводит к неоднородности структуры по сечению изделия. Неоднородность структуры неблагоприятно влияет на свойства [1]. Для обеспечения однородной структуры по сечению изделий необходимо обеспечить структурные превращения в процессе изотермической выдержки при охлаждении [2]. Выбрать режим изотермической выдержки можно на основании данных о структурно-фазовых превращениях, которые вытекают из диаграмм изотермического превращения переохлажденного аустенита [3]. Для сталей 45X3ГНМФ и 70X5ВМФ, которые в промышленности могут найти широкое применение как штамповые и валковые стали, данные о диаграмме изотермического распада аустенита частично известны для стали 45X3ГНМФ и не известны для стали 70X5ВМФ.

Целью данной работы является исследование структурно-фазовых превращений в широком интервале температур изотермических выдержек и установление общего характера превращений для каждой стали. Исследовали стали, химический состав которых приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав сталей 45X3ГНМФ и 70X5ВМФ

Сталь	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Mo, %	S, %	P, %	V, %	W, %
45X3ГНМФ	0,48	0,22	0,57	3,03	0,36	0,75	0,006	0,012	0,07	–
70X5ВМФ	0,74	0,45	0,65	4,68	0,30	0,62	0,0025	0,020	0,22	1,18

Диаграммы изотермического распада аустенита строили по методике работы [4]. В качестве образцов использовали металл сечением  $3 \times 5 \times 20$  мм, вырезанный из поковок исследуемых сталей. Максимальную температуру нагрева при построении диаграмм изотермического превращения устанавливали по методике, приведенной в работе [5]. Эти температуры соответствовали  $A_{C3}$  и составляли  $870$  °С для стали 45X3ГНМФ и  $900$  °С для стали 70X5ВМФ.

Диаграммы изотермического превращения переохлажденного аустенита для исследованных сталей приведены на рису. 1 и 2.

Как следует из рис. 1 и 2, на диаграммах каждой из сталей наблюдаются области мартенситного, перлитного и бейнитного превращения аустенита. Между областями перлитного и бейнитного превращений наблюдается область повышенной устойчивости аустенита. Характерно, что в стали 70X5ВМФ перлитное превращение происходит быстрее, что можно объяснить повышенным содержанием углерода в этой стали, подобно тому, как это наблюдается в других легированных сталях [6].

Температурный интервал повышенной устойчивости аустенита в стали 70X5ВМФ составляет  $250$  °С, что шире, чем  $150$  °С для стали 45X3ГНМФ. В данном случае более широкий интервал зоны устойчивого аустенита для стали 70X5ВМФ можно объяснить большей легированностью аустенита, полученного при нагреве выше  $A_{C3}$ . В стали 45X3ГНМФ перлитное превращение происходит в более широком интервале, чем в стали 70X5ВМФ. Это можно объяснить большей однородностью аустенита в стали с повышенным содержанием углерода. После выдержки в области минимальной устойчивости аустенита, твердость для обеих сталей остается достаточно высокой (HRC 35–40), что можно объяснить получением мелкодисперсной структуры перлита (рис. 3, а).

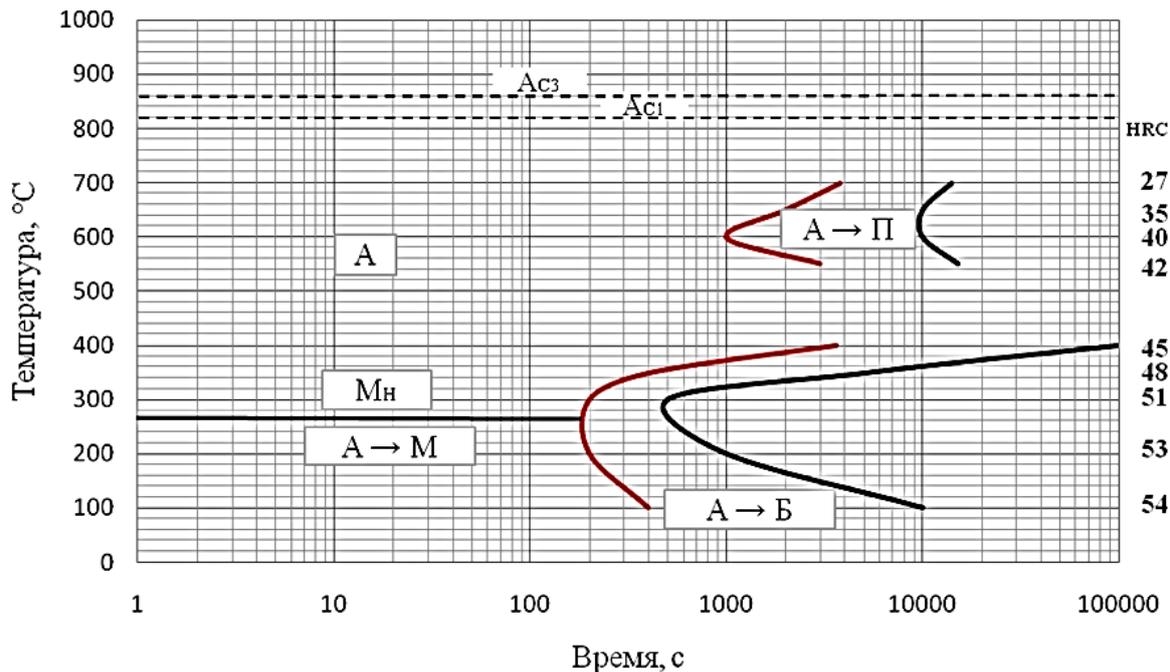


Рис. 1. Диаграмма изотермического превращения переохлажденного аустенита для стали 45X3ГНМФ

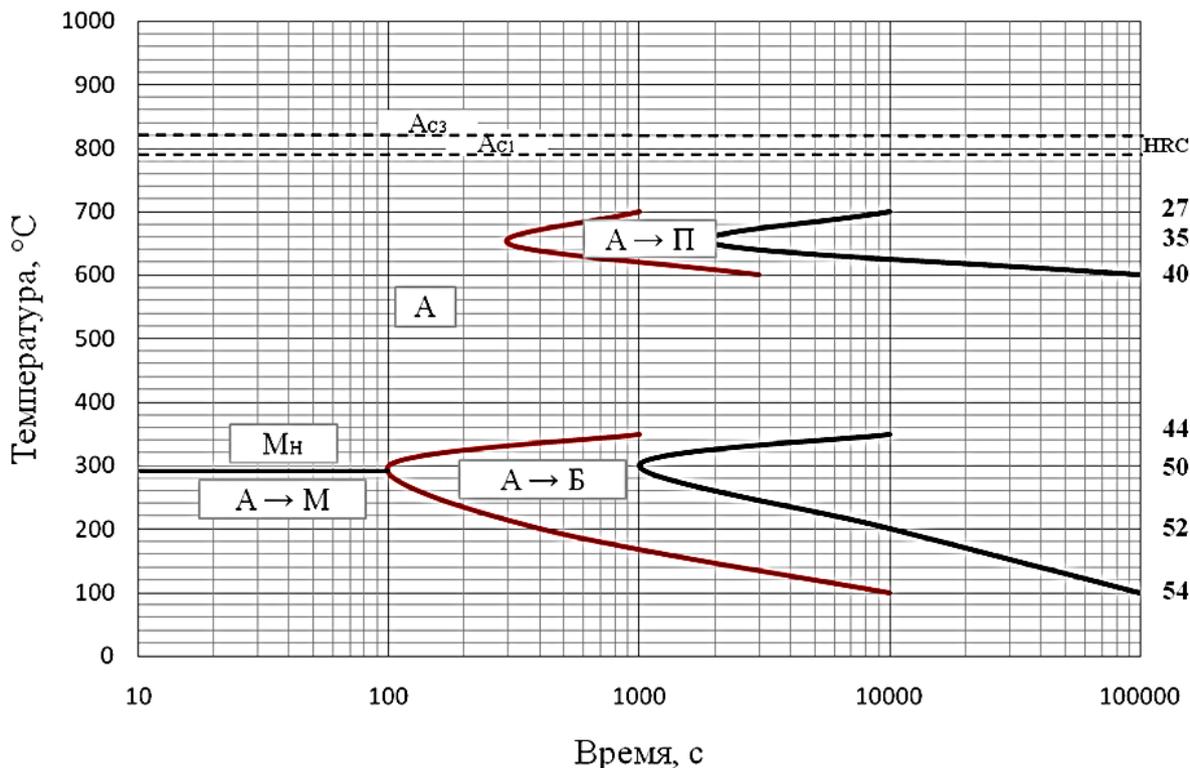


Рис. 2. Диаграмма изотермического превращения переохлажденного аустенита для стали 70X5ВМФ

Низкую твердость (HRC 27) обе стали получают после изотермической выдержке при 700 °С, что связано с коагуляцией карбидов (рис. 3, б).

В области бейнитного превращения изотермическая выдержка обеспечивает незначительно более высокую твердость в стали 70X5ВМФ, это можно объяснить большим содержанием углерода в бейнита этой стали.

Кроме того, исследования показывают, что сталь 70X5BMФ после изотермической выдержки в бейнитной области получает более мелкозернистую структуру, чем сталь 45X3ГНМФ (рис. 3, в).

Сравнительный анализ проведенных исследований показывает, что сталь 70X5BMФ, в силу своей большей легированности, обладает большей устойчивостью аустенита и склонна к обеспечению более высоких значений твердости после окончательной термической обработки на бейнит. Если учесть, что бейнитная структура с повышенной твердостью способствует получению большей износостойкости в стали, то можно сделать вывод, что сталь 70X5BMФ является более износостойкой, чем сталь 45X3ГНМФ.

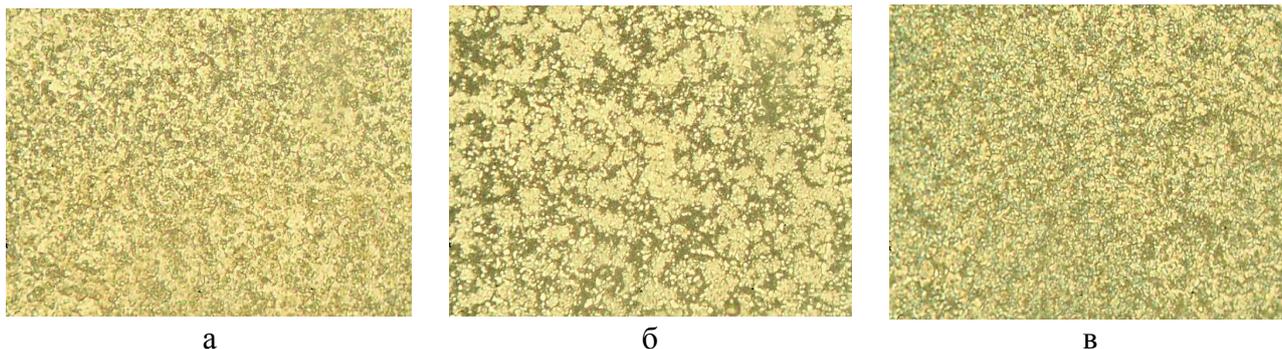


Рис. 3. Микроструктура стали 70X5BMФ ( $\times 280$ ):

а – после изотермической выдержки при 650 °С; б – после изотермической выдержки при 700 °С; в – после изотермической выдержки при 350 °С

Предварительная термическая обработка для этих сталей, по результатам перлитного превращения, обеспечивает одинаково низкую твердость при одинаковых температурно-временных параметрах.

### ВЫВОДЫ

На характер структурно-фазовых превращений сталей 45X3ГНМФ и 70X5BMФ при охлаждении в изотермических условиях значительное влияние оказывает углерод. С его увеличением устойчивость аустенита в перлитных и бейнитных областях уменьшается. Дисперсность структуры бейнита в стали 70X5BMФ выше, чем в стали 45X3ГНМФ, что должно обеспечивать более высокую износостойкость изделий из этой стали.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуляев А. П. *Металловедение* / А. П. Гуляев. – М. : *Металлургия*, 1988 – 647 с.
2. Гудцов Н. Г. *Металловедение и термическая обработка стали и чугуна* / Н. Г. Гудцов. – М. : *Металлургиздат*, 1957. – 1204 с.
3. Попов А. А. *Диаграммы превращения аустенита в сталях и бета-раствора в сплавах титана : справочник термиста* / А. А. Попов, Л. Е. Попова. – 3-е изд. – М. : *Металлургия*, 1991. – 503 с.
4. Заблоцкий В. К. Особенности структурных превращений при нагреве под закалку легированных сталей 65X4СМФ и 65X4ГМФ / В. К. Заблоцкий, И. Ю. Мелещенко, В. П. Пастернак // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – X., 2008. – № 1/1 (31). – С. 30–34.
5. Заблоцкий В. К. Закалка стали 45X3ГНМФ на бейнит / В. К. Заблоцкий, В. И. Шимко // *Материалы Международной научно-технической конференции «Сучасні аспекти металознавства та термічної обробки металів»*. – Мариуполь, 2010. – С. 70–72.
6. Заблоцкий В. К. Самоотжиг поковок из стали 45 / В. К. Заблоцкий, В. И. Шимко, В. Е. Фельдман, А. И. Шимко // *Строительство. Материаловедение. Машиностроение : сб. науч. тр.* – Днепропетровск : ПГАСиА, 2010. – Выпуск 53. – С. 100–104.

Статья поступила в редакцию 07.11.2011 г.