

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ МАРТЕНСИТНЫХ СТАЛЯХ

Г. И. Суфиянова, Л. В. Спивак

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, Букирева, 15

Целью работы является исследование фазовых превращений в низкоуглеродистых мартенситных сталях с четырьмя типами легирования: 10X3Г3МФ, 10Н3М3Б, 22Х2Г2Н1.5М1 и 27Х2Г2Н1.5М0.5ФБ.

Мартенситно-старяющие стали – это высокопрочные стали с незначительным содержанием углерода [1].

До последнего времени мартенситно-старяющие стали обеспечивали рекордные показатели конструкционной прочности, а низкоуглеродистые мартенситные стали – наилучшее отношение цена/качество. Тенденция к созданию сталей с низким содержанием углерода вызвана необходимостью повышения прочности с сохранением вязкости и пластичности.

Для выполнения данной работы был освоен метод анализа ДСК, было ознакомление с установкой STA 449 C Jupiter. Дифференциальная сканирующая калориметрия (DSC) – метод, в котором измеряется температурная зависимость разности между тепловыми потоками образца и эталона, температура которых изменяется по заданной температурной программе [2].

Прибор STA 449 C Jupiter является первым среди термо-микровесов в синхронном ТГ-ДСК исполнении, благодаря сочетанию вакуум-плотной конструкции прибора, высочайшего ТГ/ДСК разрешения и непревзойденной долговременной стабильности и является самой мощной и многозадачной СТА-системой для исследования, разработки и определения широкого спектра органических и неорганических материалов. В таблице 1 представлены составы исследуемых сталей.

Таблица 1. Химический состав исследованных сталей

Условное обозначение стали	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Mo, %	V, %	Nb, %
10X3Г3МФ	0.1	0.37	3	3	0.19	0.41	0.12	—
10Н3М3Б	0.1	0.18	0.33	—	3.10	2.9	—	0.06
22Х2Г2Н1.5М1	0.22	0.25	1.87	1.92	1.5	1	—	—
27Х2Г2Н1.5М0.5ФБ	0.27	0.25	1.87	1.92	1.5	0.5	0.14	0.16

Полученные данные анализа ДСК-кривых при нагреве разных сталей занесены в таблицу 2. Точность определения температуры начала фазового

превращения составляла $\pm 10^{\circ}\text{C}$. В таблицу 3 занесены данные ДСК-кривых при охлаждении сталей.

Таблица 2. Критические температуры и тепловые эффекты для исследуемых образцов при нагреве

Условное обозначение стали	A_{C1} , К	A_{C3} , К	Q_1 , Дж/г	Q_2 , Дж/г	ΔH_1 , Дж	ΔH_2 , Дж	ΔS , Дж/К
10Х3Г3МФ	1012	1091	1,69	4,03	-93,38	-223,20	-0,30
10Н3М3Б	1024	1091	2,87	6,02	-161,31	-339,03	-0,47
22Х2Г2Н1.5М1	1069	—	21,90	—	-1212,62	—	-1,13
27Х2Г2Н1.5М0.5ФБ	1151	—	76,28	—	-4224,85	—	-3,67

Таблица 3. Критические температуры и тепловые эффекты для исследуемых образцов при охлаждении

Условное обозначение стали	M_n , К	Q , Дж/г	ΔH_1 , Дж	ΔH_2 , Дж	ΔS , Дж/К
10Х3Г3МФ	703	21,36	1183,07	223,20	1,68
10Н3М3Б	749	58,27	3281,02	339,03	4,38
22Х2Г2Н1.5М1	594	21,66	1199,33	—	2,02
27Х2Г2Н1.5М0.5ФБ	644	83,72	4636,93	—	7,20

У сталей с содержанием 0,1 % углерода на ДСК-кривой при нагреве наблюдается два эндотермических пика, а с содержанием 0,2 % углерода – один, при охлаждении у всех один экзотермический пик.

Общим свойством в рассмотренных сталях при нагреве является разложение пиков ДСК-кривой на два подпика, из чего следует, что существует по крайней мере два этапа при аустенитном превращении этих сталей.

Различием сталей с содержанием 0,1 % углерода при нагреве является существенные различные значения тепловых эффектов у второго пика ДСК-кривой, также у стали 10Н3М3Б фазовые превращения протекают при более высоких температурах.

Легирование по схеме Х3Г3МФ повышает устойчивость аустенита к распаду по сравнению со сталью с другой схемой легирования Н3М3Б с содержанием углерода 0,1 %.

При охлаждении со скоростью 40 К/мин в сталях с содержанием 0,22 % и 0,27 % углерода подавляется перлитное превращение. Замена марганца на никель в составе стали не подавляет перлитное превращение и не приводит к смещению температурного интервала превращения в сталях с содержанием 0,1 % углерода.

Список литературы

1. Гуляев А. П. *Металловедение*. М.: Металлургия, 1986. 542 с.
2. Спивак Л. В., Ратт А. В. *Дифференциальный калориметрический анализ и термограмметрия при фазовых переходах в конденсированных средах: учеб.-метод. пособие* / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2007. 23 с.