

УДК 620.22

*М. В. Майсурадзе, М. А. Рыжков, Ю. В. Юдин, О. А. Сурнаева,
А. А. Куклина, К. П. Ильиных*

УрФУ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург
spirallog@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕВРАЩЕНИЙ ПЕРЕОХЛАЖДЕННОГО АУСТЕНИТА В СТАЛИ 25Г2С2Н2МА ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ОХЛАЖДЕНИИ

АННОТАЦИЯ

Проведено дилатометрическое исследование стали 25Г2С2Н2МА в широком диапазоне постоянных скоростей охлаждения от температуры аустенитизации 925 °С. Установлены температурно-временные параметры формирования феррито-перлитной смеси, бейнита и мартенсита. Получены зависимости доли превращения переохлажденного аустенита от температуры.

Ключевые слова: распад переохлажденного аустенита, дилатометрия, сталь

ABSTRACT

A dilatometer study of steel HY-TUF was carried out in wide range of constant cooling rates (austenitizing temperature was 925 °C). The temperature and time ranges of diffusion, bainite and martensite transformation were determined. The temperature dependencies of fraction of austenite transformation were obtained.

Keywords: decay of overcooled austenite, dilatometer study, steel

Изучено формирование микроструктуры при непрерывном охлаждении стали 25Г2С2Н2МА, используемой в авиастроении и горном машиностроении. Химический состав стали, масс. %: С – 0,24; Мп – 1,38; Si – 1,55; Ni – 1,69; Мо – 0,4; Cr – 0,34. Исследование кинетики превращения переохлажденного аустенита производилось при помощи дилатометра Linseis L78 «R.I.T.A.». Цилиндрические образцы диаметром 3...4 мм длиной 10 мм нагревались до температуры аустенитизации $t_H = 925$ °С, выдерживались при данной температуре в течение 15 мин., а затем охлаждались с постоянной скоростью в интервале 0,025...70,0 °С/с. После этого производилось измерение твердости образцов по методу Роквелла, а также исследовалась микроструктура и осуществлялось измерение микротвердости отдельных структурных составляющих.

© Майсурадзе М. В., Рыжков М. А., Юдин Ю. В., Сурнаева О. А., Куклина А. А., Ильиных К. П., 2015

Кинетика превращения переохлажденного аустенита определялась из исходных зависимостей удлинения образцов от температуры по формуле [1; 2]:

$$P = \frac{\Delta l_{\gamma}(t) - \Delta l_{\text{ТЕК}}}{\Delta l_{\alpha}(t) - \Delta l_{\gamma}(t)},$$

где P – доля превращения аустенита; $\Delta l_{\gamma}(t)$ – удлинение образца в аустенитном состоянии; $\Delta l_{\alpha}(t)$ – удлинение образца после завершения превращения аустенита; $\Delta l_{\gamma}(t)$ – текущее значение удлинения образца.

В результате были установлены зависимости доли превращения переохлажденного аустенита в исследуемой стали от температуры для всех рассмотренных скоростей охлаждения (рис. 1). Точки перегиба на данных графиках позволили определить температурные интервалы протекания превращений, а анализ микроструктуры и микротвердости – оценить долю образующихся структурных составляющих.

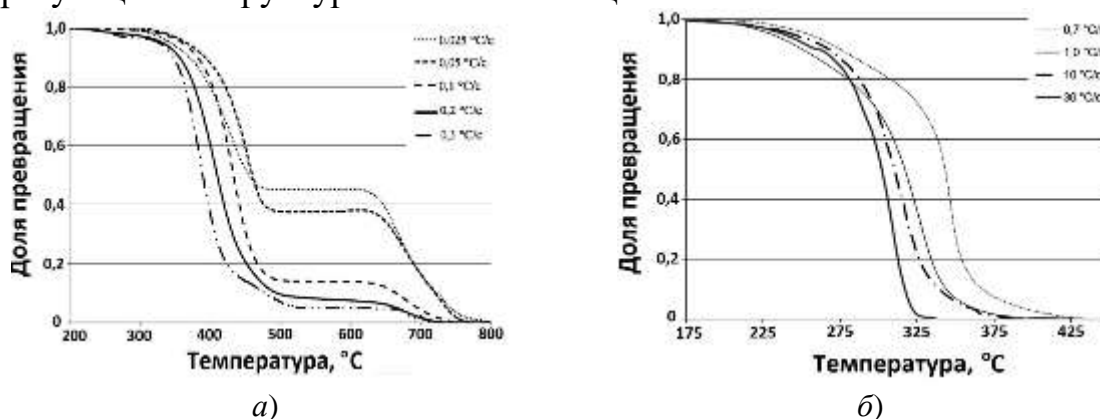


Рис. 1. Зависимость доли превращения переохлажденного аустенита в стали 25Г2С2Н2МА от температуры при непрерывном охлаждении

Согласно дилатометрическим данным, при скоростях охлаждения от 0,025 до 0,30 °C/c в структуре стали присутствуют продукты превращения аустенита по первой ступени (феррито-перлитная смесь) и продукты бейнитного превращения (рис. 1, а).

Температурный интервал формирования феррито-перлитной смеси составляет 780...610 °C при скорости охлаждения 0,025 °C/c, а при скорости охлаждения 0,30 °C/c – 720...640 °C. Превращение по второй ступени в интервале скоростей охлаждения 0,025...0,30 °C/c начинается при температуре 480...500 °C. Температура приостановки бейнитного превращения в указанном выше интервале скоростей охлаждения составляет 315...330 °C.

Таким образом, при непрерывном охлаждении исследуемой стали существует область относительной устойчивости переохлажденного аустенита, характерная для легированных сталей, содержащих

молибден [3]. В данной области происходит охлаждение метастабильного аустенита без протекания каких-либо превращений, фиксируемых dilatометрическим методом. Температурный интервал области относительной устойчивости аустенита для данной стали весьма широк и составляет более 100 °С: от 610...640 °С до 480...500 °С.

При скоростях охлаждения 0,20...0,30 °С/с в структуре наряду с феррито-перлитной смесью и бейнитом образуется незначительное количество мартенсита (порядка 1...3 %). Температура начала мартенситного превращения, фиксируемая dilatометрически при данных скоростях охлаждения, составляет 275...295 °С. Повышение температуры мартенситного превращения при увеличении скорости охлаждения, вероятно, связано с меньшим обогащением аустенита углеродом при образовании феррита и бейнита вследствие уменьшения их доли [2].

При увеличении скорости охлаждения выше 0,30 °С/с диффузионное превращение в стали полностью подавляется, и процесс превращения аустенита идет только с образованием бейнита и мартенсита (рис. 1, б). Температура начала бейнитного превращения при повышении скорости охлаждения понижается: 490...500 °С при скорости охлаждения 0,30 °С/с; 445...455 °С при скорости охлаждения 0,70 °С/с; 390...400 °С – при 1,0 °С/с; 380...390 °С при 10,0 °С/с.

Полностью мартенситная структура в исследуемой стали формируется только при охлаждении со скоростью более 10 °С/с. Температура начала мартенситного превращения в исследуемой стали, определенная при охлаждении со скоростью 30 и 75 °С/с, составила 340...345 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Майсурадзе М. В., Юдин Ю. В., Рыжков М. А. Численное моделирование перлитного превращения в стали 45X5MФ // *Металловедение и термическая обработка металлов.* – 2014. – № 9. – С. 54–59.
2. Кор Т. А., Sietsma J., Van Der Zwaag S. Dilatometric analysis of phase transformations in hypo-eutectoid steels // *Journal Of Materials Science.* – 2001. – Vol. 36. – PP. 519–526.
3. Попова Л. Е., Попов А. А. Диаграммы превращения аустенита в сталях и бета-раствора в сплавах титана. – М.: *Металлургия*, 1991. – 503 с.