

УДК 620.17-18

А. А. Андреев^{*}, А. Б. Овсянников

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия;

**alexander.andreev2511@gmail.ru*

Научный руководитель — канд. техн. наук В. А. Хотинков

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ 20Х ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ В МКИ ТЕМПЕРАТУР

В работе исследованы структура и механические свойства стали 20Х, подверженной закалке из межкритического интервала температур. Методом пробных закалок определены критические точки A_{c1} и A_{c3} исследуемой стали. Обнаружен охрупчивающий зернограничный эффект после закалки от температуры чуть выше A_{c1} .

Ключевые слова: низкоуглеродистая сталь, межкритический интервал температур, конструкционная прочность, зернограничный эффект, механические свойства

A. A. Andreev, A. B. Ovsyannikov

STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF LOW-CARBON STEEL WITH 0,2 %C SUBJECTED TO INTER-CRITICAL TEMPERATURE INTERVAL TREATMENT

The structure and mechanical properties of 0,2 %C steel subjected to hardening from the inter-critical temperature range are studied. The method critical points A_{c1} and A_{c3} of the steel under study were determined by the method of trial quenching. The embrittling grain boundary effect after quenching from a temperature slightly above A_{c1} was found.

Key words: low-carbon steel, inter-critical temperature interval, high strength and toughness, grain boundary embrittlement effect, mechanical property

В настоящее время большую долю металлопродукции составляет сортовой прокат из конструкционных сталей типа 20Х в горячекатаном состоянии с феррито-перлитной структурой. При этом

основной проблемой для изготовителей проката является достаточно низкий уровень прочности проката, а варьирование параметров обработки ограничено вследствие недостаточной мощности прокатного оборудования (температура окончания прокатки) и запрета ускоренного последеформационного охлаждения (охлаждение только на воздухе). Кроме того, агрегатное упрочнение перлитом существенно снижает сопротивление металла к хрупкому разрушению. Для повышения прочности можно использовать дисперсионный механизм упрочнения при введении в композицию стали микролегирующих добавок V, Nb и Ti. Однако такое микролегирование приводит к существенному удорожанию изделия и снижает его вязко-пластические характеристики.

Использование агрегатного механизма упрочнения сталей с ферритной основой за счет повышения доли низкотемпературных продуктов распада переохлажденного аустенита (бейнита, мартенсита) является эффективным и технологически легко выполнимым способом повышения конструктивной прочности низкоуглеродистых сталей. Известно, что одним из способов получения феррито-мартенситной (бейнитной) структуры является нагрев сталей в МКИ с последующим ускоренным охлаждением.

Целью настоящей работы являлось изучение структуры и механических свойств низкоуглеродистой стали 20X после обработки из межкритического интервала (МКИ) температур.

Методом закалок и дюрOMETрическим методом были определены критические точки $A_{c1} = 730$ °C и $A_{c3} = 840$ °C при нагреве образцов стали 20X в диапазоне температур 680...850 °C. Для получения феррит-мартенситной структуры образцы исследуемой стали подвергались закалке в воду от температур нижней (740 °C, режим 1) и верхней (820 °C, режим 2) областей МКИ температур.

Структура стали после обработки по режиму 1 представляла собой смесь феррита, мартенсита и частично нерастворенные карбиды Fe_3C . При повышении температуры закалки в образце стали 20X была сформирована феррито-мартенситная структура, в которой доля феррита составляла ~15 %.

Результаты испытаний на растяжение свидетельствуют о том, что сталь 20X после обработки по режиму 1 находится в пластичном состоянии при невысокой прочности ($\sigma_{0,2} = 320$ МПа, $\sigma_b = 555$ МПа, $\delta_p = 12$ %, $\delta = 24$ %, $\psi = 70$ %), тогда как закалка из верхней области МКИ привела к резкому повышению прочностных и падению пла-

стических характеристик ($\sigma_{0,2} = 970$ МПа, $\sigma_B = 1290$ МПа, $\delta = 7\%$, $\delta_p = 5\%$, $\psi = 19\%$).

Таким образом, обработка в МКИ температур приводит к формированию в стали 20X гетерофазной смеси феррита (Ф), бейнита (Б) и мартенсита (М), в которой каждая структурная составляющая имеет свое функциональное назначение — за пластичность и способность к деформационному упрочнению отвечает доля феррита q_Φ , за прочность — тип (Б/М) и доля упрочняющих частиц $q_{Б/М}$.

Результаты испытаний на ударный изгиб показали, что, несмотря на хорошую пластичность и способность к деформационному упрочнению ($\delta_p = 12$, $\delta = 24$, $\sigma_{0,2}/\sigma_B = 0,57$), сталь 20X после обработки по режиму 1 имеет низкую ударную вязкость ($KCV = 0,33$ МДж/м²). Охрупчивание при такой обработке, по-видимому, связано с появлением в стали 20X при охлаждении от температуры чуть выше A_{c1} зернограничного эффекта — выделения по границам ферритных зерен крайне дисперсных частиц с содержанием углерода близким к эвтектоидному. Анализ поверхности образца методом РЭМ после ее полировки коллоидным Si подтвердил данное предположение.

Проведенные исследования для стали 20X свидетельствуют о том, что обработка в МКИ температур является эффективным способом достижения высокой конструктивной прочности сталей, а варьирование параметров такой обработки (температура и продолжительность выдержки, скорость охлаждения) позволяют за счет целенаправленного изменения структурно-фазового состояния металла получать разные сочетания механических свойств.