

ВЗАИМОСВЯЗЬ ТВЕРДОСТИ (HRC) И ШИРИНЫ РЕНТГЕНОВСКОЙ ЛИНИИ (В) СРЕДНЕЛЕГИРОВАННЫХ И УГЛЕРОДИСТЫХ ОТПУЩЕННЫХ СТАЛЕЙ

Ю.В. Шахназаров, В.Д. Андреева

Санкт-Петербургский государственный технический университет

Сопоставлена HRC и В отпущенных при 100–600 °С изученных сталей марок 12ХНВА, 38ХНЗМФА, ХВГ и нелегированных сталей с 0,11; 0,38 и 0,91% С (Г. Курдюмов, Н. Ослон // ЖТФ. 1939. Т. 9. № 21).

Для обеих групп сталей наблюдается отчетливая корреляция между В и HRC, которая сопровождается значительным уменьшением В, но до определенных значений HRC – 25, 36 и 42 для низко-, средне- и высокоуглеродистых сталей соответственно. При дальнейшем понижении HRC В меняется мало. Таким образом, точка изгиба HRCⁿ на кривых В-HRC не зависит от легирования вообще и конкретно изученного. Для всех углеродистых сталей точка HRCⁿ соответствует Tⁿ_{отп} = 430 °С.

Для обеих групп высокоотпущенных (Tⁿ_{отп} > 450 °С) сталей характерно повышение HRC до определенного предела; дальнейшее увеличение содержания углерода (С) почти не влияет на HRC, а изгибам на кривых HRC – С (%)

кривых HRC – С (%) соответствуют максимумы на кривых В – С (%). Качественно одинаковый ход кривых HRC – С (%) и В – С (%) для обеих групп сталей позволяет рассматривать легированные стали как квазибинарные твердые растворы с углеродом; у них только выше Tⁿ_{отп} (620, 560, 520 °С) по мере повышения содержания углерода, диффузионные перемещения которого, вероятно, способствуют релаксационным процессам в матрице.

Принято считать, что к концу третьего превращения (~ 400 °С) происходит «очистка» твердого раствора от углерода и нелегированные стали становятся неразличимы по В. Оценка разброса значений В показала неразличимость сталей с 0,11-0,91 % углерода только после Tⁿ_{отп} = 430 °С, а при повышении Tⁿ_{отп} от 400 до 500 °С, оцененного по ΔВ, выделения углерода практически не происходит.

430±30°-УЗЛОВАЯ (КРИТИЧЕСКАЯ) ТЕМПЕРАТУРА ЖЕЛЕЗА И УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

К.Ю. Шахназаров, А.Ю. Шахназаров

г. С.-Петербург, Северо-Западный заочный политехнический институт

Вокруг интервала температур 400-500°С сложилась любопытная ситуация. М.В. Белоус его просто не замечает в своей классификации четырех превращений при отпуске, хотя еще в 1925 г. П. Обергоффер, основываясь на минимуме при 400-500°С термоЭДС пары железо-платина, писал: «Имеет ли мы здесь дело с дальнейшими превращениями в чистом железе, должны показать новые подробные исследования».

Б.Г. Лившиц воспроизвел упомянутую кривую термоЭДС в учебнике по физическим свойствам 1937 г., а в 1980 г. ее опустил. Г.В. Курдюмов в 1977 г. опустил на-

блюдение 1940 г.: «Выше 400°С на всех кривых намечается новый минимум теплоемкости».

Э. Гудремоном построена плавная температурная кривая электросопротивления (R) Fe по данным Риббека (1926 г.). Более аккуратное построение по средним значениям R десяти авторов позволяет выразить зависимость R – T в виде двух отрезков прямых, пересекающихся при ~ 450°С. Так же выглядит температурная зависимость теплопроводности (λ), построенная по табличным данным Э.Гудремона. Принципиально лишь различие в темпах изменения λ и R:

при 500-700°C ускоренному росту R соответствует замедление уменьшения λ .

Если R и λ определяются свободными электронами, то теплоемкость (с) и коэффициент линейного расширения (α) являются «решеточными» свойствами и взаимосвязаны. Несмотря на это, у R и с качественно одинаковая температурная зависимость в интервале 300-700°C, а кривые $\alpha - T$ имеют максимум при 400-500°C (Аустен и Пьерс), что связывается с уменьшением магнитной составляющей объема, приводящим к сжатию. Оно отчетливо обнаруживается по изгибу при 450°C кривых $\alpha_{ср} - T$ сталей с 0,05-1,67 % С (Обергоффер). По Эссеру и Мюллеру, на кривой $\alpha_{ср} - T$ при 450 °С наблюдается скачок при достаточно монотонном увеличении параметра решетки (α).

Кестером показаны максимумы R, удельного веса (d) и приращения твердости в результате 4-недельного старения при 20° С после отпуска при 400°C сталей, закаленных от 680°C, а также минимум σ_T после закалки от 400°C.

В 1908 г. Пьер Кюри показал максимум намагничивания железа при 400-500°C, когда наблюдается наиболее интенсивное снижение H_c , максимум магнитострикции и индукции в слабых полях (Бозарт).

Для «горячих» свойств чистого железа при 400-500°C характерны: минимум на кривых σ_T ; максимум при 400°C и минимум при 500°C деформации при растяжении; исчезновение выше 400°C зубчатости на

кривых растяжения; максимальный темп уменьшения H_c ; максимум HV (М.Г. Лозинский); излом кривых HV - $T_{исп}$ (В.К. Григорович) и $lg\sigma_b - T_{исп}$ (Л.Д. Соколов).

После отпуска при 400-500°C имеют место: равенство размеров частиц цемента при электро- и печном нагреве (В.Н. Гриднев); экстремумы H_c и D закаленных и наклепанных сплавов системы Fe-C (К.Ф. Стародубов) и закаленных сплавов системы Fe-N (М.В. Белоус); максимум порога хладноломкости ($T_{кр}$) наклепанной стали марки Ст.3 (И.В. Горынин); максимальное приращение $T_{кр}$ стали марки 25X - после первого отпуска при 650 °С (Э. Гудремон).

Кроме того, после отпуска или нагрева при 400-500°C наблюдается интенсивное увеличение: d наклепанной стали (Геренс); размера карбидов после закалки (М.П. Арбузов); внутреннего трения (М.В. Белоус); $\sigma_{ли}$ холоднотянутых труб; стойкости в серной кислоте (Тамманн); растворимости цементита в железе (Даркен и Гурри).

Температура ~ 400°C имеет признаки узловой точки, что проявляется в пересечении калориметрических кривых равнопрочных наклепанных сталей марок Ст.50 и Ст.У9 (В.Г. Гаврилюк); кривых $\Delta\alpha/\alpha$ закаленной, слабо и сильно наклепанной стали марки Ст. 70 после отпуска 5-30 мин. (К.Ф. Стародубов); кривых H_c и D наклепанной стали марки Ст. 50 после отпуска 1-60 мин. (Бабич).

Приведенные данные подтверждают предвосхищение Обергоффера о критичности температуры 430°C.