

К. М. РОЗИН и Б. Н. ФИНКЕЛЬШТЕЙН

ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ МЕТОДОМ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ

(Представлено академиком И. П. Бардиным 23 V 1953)

Исследовалась карбидообразующая аустенитная сталь типа 25-20 с содержанием углерода 0,30% (ГОСТ 5632-51) методом затухания крутильных колебаний проволочных образцов (длина 300 мм, диаметр 0,7 мм) в интервале температур от 20 до 800° при частотах порядка 1 гц. Для устранения каких-либо пластических деформаций создавались колебания малой амплитуды; при этих условиях декремент затухания не зависел от амплитуды. Максимальное касательное напряжение не превышало 0,1 кг/мм². За меру внутреннего трения принимался логарифмический декремент колебаний.

Температурный ход внутреннего трения характеризуется наличием двух максимумов на плавной пунктирной кривой, отображающей монотонное возрастание внутреннего трения с температурой. На рис. 1 приведена эта зависимость для закаленного образца со структурой чистого аустенита.

Низкотемпературный максимум в районе 300° обусловлен атомами углерода, находящимися в твердом растворе, а максимальное значение Q_I по аналогии с системой железо — углерод, исследованной в (1), где низкотемпературный максимум лежит в районе 30°, можно считать пропорциональным содержанию углерода в твердом растворе.

Действительно, в результате отжига в водороде Q_I уменьшается приблизительно на 80%, а содержание углерода, по данным химического анализа, изменяется с 0,30 до 0,08%. Важно отметить, что при переходе углерода во вторичную фазу величина Q_I будет тем меньше, чем больше количество этой фазы.

Высокотемпературный максимум обусловлен вязким течением по границам зерен (2). Высота Q_{II} этого максимума характеризует подвижность в поле напряжений атомов, расположенных на границах зерен. Известно, что при увеличении размеров зерна рассматриваемый максимум смещается в сторону более высоких температур; при значительном росте зерна значение Q_{II} уменьшается, достигая нулевого значения в случае монокристалла. По нашим наблюдениям, при росте зерна со 150 до 230 μ этот максимум смещается в сторону более высоких температур на 25°.

В исследованной стали распад пересыщенного твердого раствора (исходная гомогенизирующая закалка с 1250°), по данным рентгеноструктурного анализа, начинается при выдержках до 12 час. около 650°, далее протекает все более интенсивно при увеличении температуры отпуска, при 800° происходит полное выделение карбидной фазы; при дальнейшем повышении температуры отпуска эта фаза постепенно растворяется, и около 1200° мы снова получаем гомогенный твердый раствор (рис. 2). При изучении влияния температуры отпуска на температурную зависимость внутреннего трения оказалось, что указанные максимумы

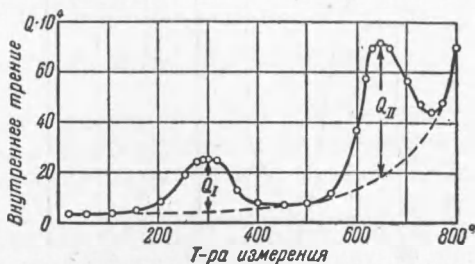


Рис. 1. Температурная зависимость внутреннего трения закаленного образца

внутреннего трения претерпевают значительные изменения, причем эти изменения связаны между собой (рис. 3). Начиная с 650° , оба максимума резко понижаются, при отпуске 800° достигают экстремальных значений, при более высоких температурах происходит медленное изменение максимумов в обратном направлении и, наконец, при отпуске около 1200° они принимают первоначальные значения и далее остаются неизменными.

Таким образом, изменение максимумов внутреннего трения оказывается тесно связанным с поведением вторичной фазы.

Такое поведение внутреннего трения легко объясняется, если обратиться к физической природе отдельных максимумов. Действительно, с началом распада пересыщенного твердого раствора происходит обеднение твердого раствора углеродом, что ведет к уменьшению Q_1 ; выделение частиц новой фазы приводит к упрочнению границ зерен (как показывает

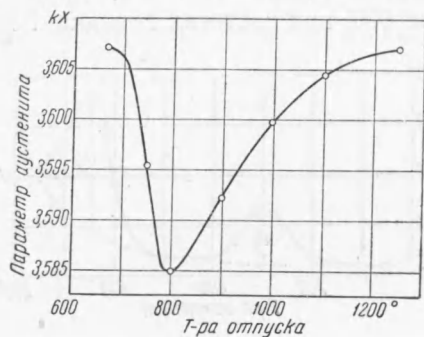


Рис. 2. Влияние температуры отпуска на величину параметра аустенита

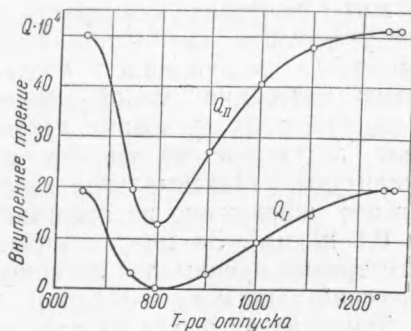


Рис. 3. Влияние температуры отпуска на изменение максимумов внутреннего трения

микрофотография, новая фаза выделяется в виде цепочек по границам зерен), что ведет к уменьшению Q_{II} . Эти изменения достигают максимальных значений при полном выпадении вторичной фазы. Как только эта фаза начала растворяться, возникает изменение максимумов внутреннего трения в обратном направлении. И, наконец, Q_I и Q_{II} принимают первоначальные значения, как только вся вторичная фаза растворилась.

Начиная с отпуска при 650° , с ростом температуры отпуска происходит резкое увеличение количества вторичной фазы, чему отвечает такое же резкое изменение максимумов внутреннего трения; там же, где при изменении температуры отпуска происходит более плавное изменение количества вторичной фазы (от 800 до 1200°), максимумы изменяются также постепенно.

Установленные по изменению внутреннего трения температуры, определяющие интервал выпадения вторичной фазы из пересыщенного твердого раствора (начало выпадения фазы, ее полное выпадение и полное растворение этой фазы), полностью подтвердились данными рентгеноструктурного анализа.

В заключение следует отметить, что при помощи внутреннего трения чрезвычайно удобно изучать не только результат фазового превращения, но и кинетику самого процесса. Сравнение изменений внутреннего трения и электрического сопротивления закаленного образца при 800° показывает, что в течение 2,5 час. электросопротивление уменьшилось на 1,3%, в то время как внутреннее трение увеличилось на 180%.

Московский институт стали
им. И. В. Сталина

Поступило
22 V 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ J. D. Fast, L. J. Dijkstra, Iron and Steel, 25, 5, 165 (1952). ² T'ing-Sui Kê, Phys. Rev., 71, 533 (1947).