

## О РЕЖИМЕ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ОТПУСКОВ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

И. Т. ТИХОНОВ

(Представлена научным семинаром кафедр металловедения, технологии металлов и сварочного производства)

При повышении температуры трехкратного отпуска закаленной быстрорежущей стали продолжительность выдержек должна уменьшаться в соответствии с уравнением

$$\tau_3 = 1,72 \cdot 10^{-18} \cdot e^{\frac{37500}{T}} \text{ мин,} \quad (1)$$

где  $T$  — температура отпуска в  $^{\circ}\text{K}$  [1]. В результате в закаленной стали будет достигаться та же степень распада остаточного аустенита, что и после обычного отпуска при  $560^{\circ}\text{C}$  с выдержками по 60 мин. Поэтому такие кратковременные отпуска были названы эквивалентными стандартному.

Приведенная зависимость (1) между продолжительностью выдержек и температурой отпуска была найдена экспериментально для стали Р18, закаленной от  $1280^{\circ}\text{C}$ , и трехкратных отпусков с температурами в пределах от  $560$  до  $620^{\circ}\text{C}$ . Практически интересно было также выяснить, как будет влиять на эту зависимость изменение температуры закалки и возможно ли ее использование для быстрорежущих сталей других марок. Для этой цели были проведены дополнительные опыты с образцами стали Р18, закаленными от температур  $1230$  и  $1300^{\circ}\text{C}$ , и образцами стали Р9, закаленными от  $1230^{\circ}\text{C}$ . Образцы трехкратно отпускались при  $560^{\circ}\text{C}$  с выдержками по 60 мин. и при  $580$ ,  $600$  и  $620^{\circ}\text{C}$  с выдержками различной продолжительности. Отпуск выполнялся в ванне с жидким алюминиевым сплавом, перед погружением в которую образцы предварительно подогревались до  $550^{\circ}\text{C}$  в расплавленном свинце. Образцы имели цилиндрическую форму с диаметром  $8$  мм и длиной  $60$  мм. Время выдержки эквивалентных кратковременных отпусков  $\tau_3$  определялось по магнитным свойствам образцов при помощи аустеномера дифференциального типа по ранее принятой методике [1].

График на рис. 1, прямая которого соответствует уравнению (1), показывает, что в пределах точности опытов полученная ранее зависимость сохраняет свое значение для всех выбранных температур закалки от  $1230$  до  $1300^{\circ}\text{C}$ . На график были нанесены только точки, отвечающие значениям  $\tau_3$ , определенным после трехкратного отпуска. Существенно, однако, что и значения  $\tau_3$ , полученные после первого и второго отпусков, практически дают те же результаты. Следовательно, при изменении кратности отпусков, например замене трехкратного

отпуска двукратным, в уравнении (1) будет изменяться только предэкспоненциальный множитель.

Опыты, проведенные со сталью Р9, показали, что и в этом случае продолжительности выдержек трехкратных эквивалентных отпусков, полученные экспериментально и определенные по уравнению (1), имеют близкие значения. Это позволяет рекомендовать уравнение (1) для ориентировочных подсчетов продолжительностей выдержек кратковременных отпусков также стали Р9.

Если допустить, что существует прямая зависимость между количеством образующейся ферромагнитной фазы и процессами, протекающими при нагреве закаленной быстрорежущей стали во время ее отпуска, то уравнение (1) можно представить в виде

$$\tau_0 = C \cdot e^{\frac{Q}{RT}} = 1,72 \cdot 10^{-18} \cdot e^{\frac{75000}{RT}} \text{ мин}, \quad (2)$$

где  $R$  — газовая постоянная, а  $Q$  — так называемая экспериментальная энергия активации [2] процесса, обуславливающего распад остаточного аустенита при отпуске быстрорежущей стали. Полученное значение  $Q = 75000 \text{ кал/моль}$  несколько больше величины энергии активации  $Q = 61000 \text{ кал/моль}$ , определенной П. М. Юшкевичем [3], для полиморфного превращения  $\gamma \rightarrow \alpha$  в процессе отпуска быстрорежущей стали типа Р18 с 1,5% С. При этом превращение протекало при выдержках, продолжительность которых значительно превосходила длительность эквивалентных отпусков.

По поводу возможности достижения в результате кратковременных отпусков оптимального состояния и свойств быстрорежущей стали существуют противоречивые мнения [4, 5]. Процессы, протекающие при отпуске закаленной быстрорежущей стали, еще не полностью изучены. Однако, по-видимому, можно считать, что основной задачей отпуска быстрорежущей стали является превращение остаточного аустенита в мартенсит при достижении высокой вторичной твердости за счет дисперсионного твердения мартенсита [4]. В этом случае отклонение от оптимальных результатов в связи с заменой обычного отпуска эквивалентными кратковременными отпусками той же кратности, очевидно следует ожидать лишь тогда, когда с повышением температуры отпуска будет значительно изменяться соотношение между скоростями течения процессов, вызывающих распад остаточного аустенита и дисперсионное твердение мартенсита. Иначе говоря, будут существенно отличаться экспериментальные энергии активации этих процессов. В одной из последующих работ названного выше автора

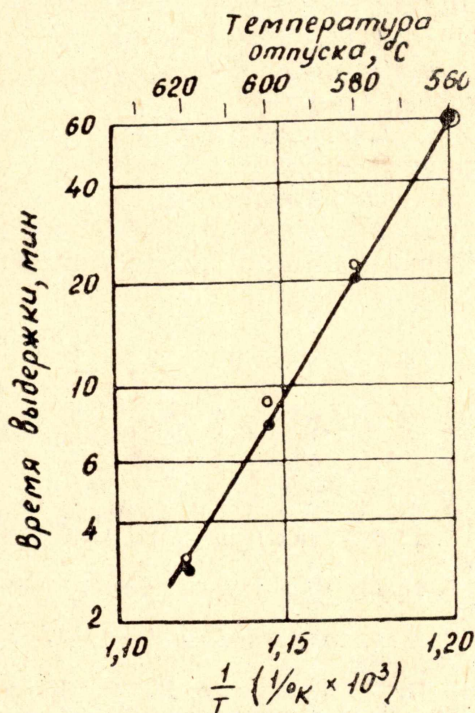


Рис. 1 Зависимость продолжительности выдержки при трехкратном отпуске быстрорежущей стали от величины, обратной его абсолютной температуре: ○ — закалка от 1230°C, ● — закалка от 1300°C.

[6] по скорости роста блоков  $\alpha$ -фазы была определена величина энергии активации процесса разупрочнения мартенсита закаленной быстрорежущей стали Р18. Для температур до  $620^{\circ}\text{C}$  она составляла  $60000 \text{ кал/моль}$ , а для температур более  $650^{\circ}\text{C}$  —  $80000 \text{ кал/моль}$ . Близость этих величин с вышеприведенными значениями энергии активации позволяет предполагать, что в результате эквивалентных кратковременных отпусков будет достигаться не только обычная степень распада остаточного аустенита, но и равноценная стандартному отпуску стадия дисперсионного твердения мартенсита. Этот вывод подтверждается экспериментальными данными, согласно которым после кратковременных отпусков наблюдались обычные для быстрорежущей стали твердость и красностойкость [7, 8]. Режущие свойства после кратковременных отпусков, по-видимому, также можно считать сохраняющимися на обычном уровне [7, 8, 9, 10].

### Выводы

1. Предложенное ранее уравнение (1) для определения продолжительности выдержек трехкратных эквивалентных кратковременных отпусков закаленной быстрорежущей стали Р18 сохраняет свое значение для широкого интервала температур закалки от  $1230$  до  $1300^{\circ}\text{C}$  и может быть рекомендовано для ориентировочных расчетов при отпуске стали Р9.

2. Сопоставление величин экспериментальных энергий активации процессов, протекающих при отпуске закаленной быстрорежущей стали, показывает, что в результате кратковременных эквивалентных отпусков следует ожидать достижения тех же свойств, что и после обычного отпуска стали при  $560^{\circ}$ .

### ЛИТЕРАТУРА

1. И. Т. Тихонов. Изв. ТПИ, т. 147, 1965.
2. К. А. Осипов. Некоторые активлируемые процессы в твердых металлах и сплавах. Изд. АН СССР, 1962.
3. П. М. Юшкевич. Ж. Технической физики, т. 24, в. 4, стр. 715, 1954.
4. Ю. А. Геллер. Инструментальные стали. Металлургиздат, 1961.
5. Г. В. Коротушенко. Изв. вузов СССР — Черная металлургия, № 8, стр. 128, 1960.
6. П. М. Юшкевич. Физика металлов и металловедение, т. 8, в. 6, стр. 896, 1959.
7. К. А. Малинина. Металловедение и термическая обработка металлов, № 3, стр. 47, 1960.
8. И. Т. Тихонов, Н. С. Кильков, Е. П. Филимонова. Изв. вузов СССР — Черная металлургия, № 10, стр. 112, 1964.
9. П. А. Юдковский, В. Я. Буланов, Ю. Н. Журавлев, А. П. Щевель. Станки и инструмент, № 12, стр. 27, 1963.
10. Н. С. Кильков, И. Т. Тихонов, Е. П. Филимонова. Изв. ТПИ, т. 147, 1965.