

## О СПОСОБАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМОВ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ОТПУСКОВ ЗАКАЛЕННОЙ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

И. Т. ТИХОНОВ

(Представлена научным семинаром кафедр металлловедения, оборудования и технологии термической обработки металлов; технологии металлов; оборудования и технологии сварочного производства)

В наших исследованиях режим кратковременных отпусков подбирался таким образом, чтобы в закаленной быстрорежущей стали достигалась та же степень распада остаточного аустенита, контролируемая по магнитным свойствам, что и после обычного трехкратного отпуска при 560°C с выдержками по 60 мин. При этом такие отпуска были названы эквивалентными обычному [1]. Далее было показано, что продолжительность выдержки эквивалентного отпуска связана с его температурой экспоненциальной зависимостью:

$$\tau = C \cdot e^{\frac{A}{T}}, \quad (1)$$

где  $T$  — температура отпуска в °К;  $A$  и  $C$  — постоянные.

Для случая трехкратных эквивалентных отпусков закаленной стали Р18 формула (1) получала вид:

$$\tau_3 = 1,72 \cdot 10^{-18} \cdot e^{\frac{37500}{T}} \text{ мин.}, \quad (2)$$

где  $\tau_3$  — длительность выдержки при отпуске с температурой  $T$ , измеряемой в °К [2].

Другой исследователь, П. А. Анджюс, для той же цели рекомендует формулу несколько иного вида:

$$20 \lg 3\tau_T + 0,47T - 308,30545 = 0, \quad (3)$$

где  $\tau_T$  — время однократной выдержки при трехкратном отпуске в мин. (однозначно с  $\tau_3$  предыдущей формулы),  $T$  — температура отпуска в °С [3]. Эта зависимость, подобно предыдущей, была получена экспериментально, но контроль за процессами, происходящими при отпуске, осуществлялся не магнитным методом, а по изменению твердости закаленной стали. Поэтому небезынтересно сопоставить результаты, полученные этими различными способами.

Эксперименты, проведенные нами по усовершенствованной методике, позволили обнаружить некоторую зависимость постоянных  $C$  и  $A$  в уравнении (1) от температуры нагрева стали под закалку и уточнить их значение. Так, для стали Р18, закаленной от 1230°C,  $A=38000$  и  $C=9,34 \cdot 10^{-19}$ , а в случае закалки от 1300°  $A=42200$  и  $C=6,0 \cdot 10^{-21}$ . Графически это представлено на рис. 1, где в полулогарифмических координатах на основании экспериментальных данных построены две прямые:

1 — для закалки от 1230°C и 2 — 1300°C. На этом же графике нанесена пунктирная линия, соответствующая уравнению (3) и проходящая в интервале исследованных температур отпуска между прямыми 1 и 2, что свидетельствует об очень хорошем совпадении результатов, полученных обоими методами. Во избежание неясности следует оговориться, что как формула (1), так и формула (3) определяют только продолжительность выдержки при отпуске. Время же на прогрев, зависящее от размеров образцов и нагревательного устройства, для практических целей должно быть учтено особо.

На графике рис. 2 показана зависимость магнитных свойств (а) и твердости (б) закаленной стали Р18 от продолжительности отпусков, выраженной в условных единицах. За условную единицу была принята шестидесятиминутная выдержка

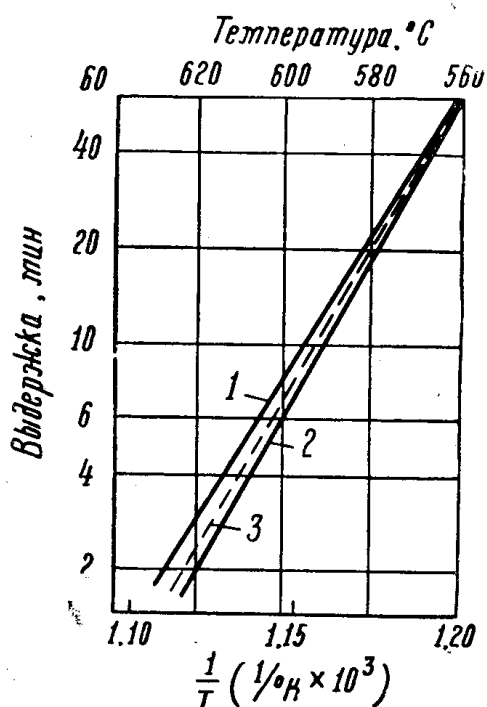


Рис. 1. Зависимость продолжительности выдержек эквивалентных отпусков от их температуры для стали Р18: 1 — закаленной от 1230°C; 2 — 1300°C; 3 — по данным П. А. Анджуса (3)

трехкратного отпуска при 560°C, а также выдержки эквивалентных отпусков, определяемые по формуле (1). Сравнивая эти графики, легко заметить, что значения показаний

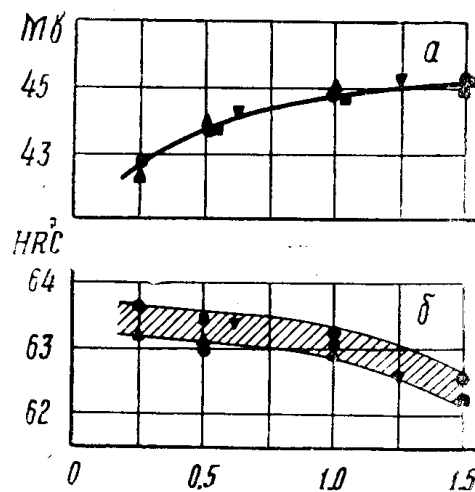


Рис. 2. Зависимость магнитных свойств (а) и твердости (б) закаленной стали Р18 от продолжительности отпусков в условных единицах при различных температурах: ● — 560°C; ▲ — 580°C; ▼ — 600°C; ■ — 620°C

прибора, характеризующие магнитные свойства стали после эквивалентных отпусков с различными температурами, значительно лучше укладываются на одну кривую, чем соответствующие значения твердости. Точки на нижнем графике, представляющие средние значения от четырех — пяти измерений твердости, размещаются в поле обычной для приборов типа Роквелла погрешности 0,5 HRC. В работе [3] твердость определялась на приборе Виккерса, и для решения поставленной задачи, видимо, потребовалось выполнить трудоемкий эксперимент.

Таким образом, можно считать еще раз подтвержденным, что после эквивалентных кратковременных отпусков, режимы которых определены магнитным методом, закаленная быстрорежущая сталь получает ту же твердость, что и после стандартного отпуска. Оба способа определения режимов кратковременных отпусков по магнитным свойствам и твердости стали дают хорошо совпадающие результаты. Однако магнитный способ нам представляется несколько более простым. Опыты нами были

проведены с магнитометром дифференциального типа. Прибор имел две первичных последовательно включенных и питаемых переменным током катушки. Выпрямленный ток включенных навстречу друг другу вторичных катушек регистрировался милливольтметром. В одну катушку помещался эталон — образец, прошедший только закалку, — в другую — образцы после отпуска. Образцы с диаметром 6 мм и длиной 60 мм отпускались в ванне с расплавленным алюминиевым сплавом. Для сокращения времени прогрева производился предварительный подогрев образцов в свинцовой ванне с температурой 560°С в течение 30 сек. Дополнительно время подогрева не учитывалось.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. И. Т. Тихонов, Н. С. Кильков, Е. П. Филимонова. Известия вузов. Черная металлургия, № 10, стр. 112, 1964.
  2. И. Т. Тихонов. Известия ТПИ, т. 147, стр. 203, изд. Томского университета, 1966.
  3. П. А. Анджюс. Металловедение и термическая обработка металлов, № 8, стр. 66, 1966.
-