

## О РЕГУЛИРОВАНИИ РЕЖИМА КРАТКОВРЕМЕННОГО ОТПУСКА БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ ПО СУММАРНОМУ ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

И. Т. ТИХОНОВ

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

Большая продолжительность обычного отпуска быстрорежущей стали и возникающие в связи с этим затруднения, особенно при автоматизации процессов термической обработки, вызвали в последнее время значительный интерес к ускоренным отпускам, проводимым при повышенных температурах. Опубликованные по этому вопросу работы [1, 2], а также исследования, выполненные в ТПИ, показали, что при повышении температуры трехкратного отпуска, например, до 620° выдержка сокращается до трех минут, а в случае нагрева до 750° для однократного отпуска, дающего максимальную вторичную твердость, потребовалась всего одна секунда [2]. Это говорит о том, что при кратковременных отпусках значительно возрастает роль теплового воздействия в период нагрева стали до температуры отпуска, а также отклонений температуры в процессе выдержки и для достаточно точного проведения режима таких отпусков необходима разработка новых методов регулирования.

Зависимость скорости реакции от температуры, как известно, определяется уравнением.

$$V = Be^{-\frac{A}{T}}$$

которое для времени протекания реакции или процесса до их полного завершения или достижения какой-либо определенной стадии преобразуется в вид:

$$\tau = C \cdot e^{\frac{A}{T}}, \quad (2)$$

где  $T$  — абсолютная температура, а  $A$  и  $C$  — постоянные.

Целью отпуска быстрорежущей стали является разложение остаточного аустенита, что сравнительно просто может быть проконтролировано магнитометрическим методом. На графике рис. 1 в качестве примера показан ход изменения магнитных свойств образцов закаленной быстрорежущей стали Р18 в зависимости от продолжительности трехкратных отпусков при температурах 560, 580 и 600°С. График показывает, что степень распада остаточного аустенита, соответствующая его распаду после стандартного трехкратного отпуска при 560° и характеризующаяся отклонением стрелки магнитометра до деления шкалы в 51,5 мв, в случае отпуска при 580° достигается в результате выдержки продолжительностью 22 мин., а в случае отпуска при 600° —

7,3 мин., и в этом смысле эти режимы кратковременных отпусков могут считаться эквивалентными стандартному. Таким образом, стандартный отпуск и эквивалентные кратковременные отпуска вызывают одинаковую степень распада остаточного аустенита, т. е. доводят процесс отпуска до одной и той же стадии. В соответствии с уравнением (2) на графике рис. 2 показана зависимость логарифма времени трехкратных эквивалентных отпусков быстрорежущей стали от величины, обратной их абсолютной

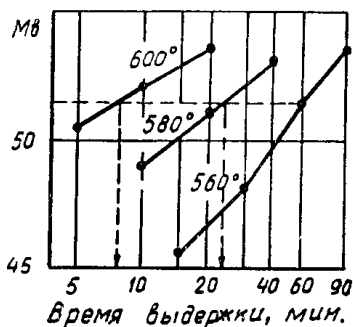


Рис. 1. Зависимость магнитных свойств закаленной быстрорежущей стали от продолжительности выдержки при трехкратном отпуске с различными температурами.

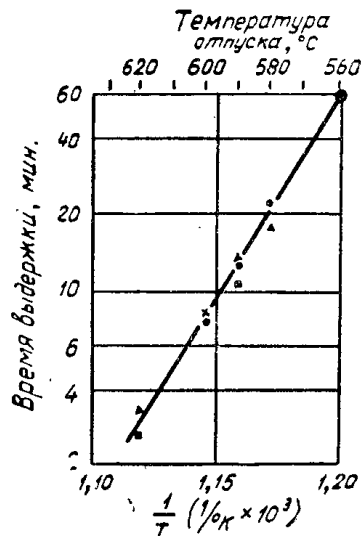


Рис. 2. Зависимость продолжительности выдержки при трехкратном отпуске быстрорежущей стали от величины, обратной его абсолютной температуре.

температуре. При этом найденные вышеописанным методом значения продолжительности эквивалентных отпусков действительно достаточно хорошо укладываются на прямую линию. График позволяет найти числовые значения постоянных  $A$  и  $C$  и получить формулу для определения продолжительности кратковременных отпусков. В случае быстрорежущей стали Р18, закаленной с температуры  $1280^\circ$ , продолжительность трехкратных отпусков при различных температурах может быть вычислена по формуле.

$$\tau_3 \pm 1,72 \cdot 10^{-18} \cdot e^{\frac{7500}{T}} \text{ мин.}$$

где  $T$  — температура отпуска в  $^\circ\text{K}$ .

Наличие общей закономерности, связывающей воздействие времени и температуры на процессы, протекающие в закаленной быстрорежущей стали при ее отпуске, позволяет по-новому решить также вопрос о контроле и регулировании режимов ускоренных отпусков. Можно считать, что в процессе отпуска закаленная сталь должна получить определенное температурно-временное воздействие  $\Theta = V \cdot \tau$ , которое для отпуска, протекающего при постоянной температуре, равно:

$$\Theta = B \tau \cdot e^{-\frac{A}{T}}, \quad (3)$$

где  $\tau$  — продолжительность отпуска,  $T$  — температура отпуска в  $^\circ\text{K}$ , а  $A$  и  $B$  постоянные. В случае же протекания отпуска в интервале температур и учета температурного воздействия в период нагрева и коле-

баний температуры при выдержке продолжительность отпуска будет определяться условием

$$B \int e^{-\frac{A}{T}} d\tau = \Theta, \quad (4)$$

где  $\Theta$  — постоянная величина, равная температурно-временному воздействию стандартного и эквивалентных отпусков.

Практически регулирование режима отпуска может быть осуществлено следующим образом. Показания прибора, регистрирующего изменение температуры отпускной ванны, преобразуются преобразователем в величины, пропорциональные  $e^{-\frac{A}{T}}$  и суммируются интегрирующим устройством. После достижения этой суммой величины, соответствующей завершению отпуска, подается сигнал об его окончании или включается устройство, извлекающее инструменты из отпускной ванны. Поскольку скорость процессов, протекающих при отпуске, очень сильно уменьшается с понижением температуры, интегрирующее устройство может включаться начиная с температуры порядка  $540^\circ$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. К. А. Малинина. *Металловедение и термическая обработка*, № 3, 1960.
  2. Г. В. Коротушенко. *Известия вузов, Черная металлургия*, № 8, 1960.
-