

**ПРОВЕРКА РЕЖИМОВ УСКОРЕННЫХ ОТПУСКОВ
ЗАКАЛЕННЫХ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ Р18 и Р6М3 ПО ИХ
МАГНИТНЫМ СВОЙСТВАМ**

Н. С. КИЛЬКОВ, И. Т. ТИХОНОВ, Е. П. ФИЛИМОНОВА

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

Работа была выполнена для Томского инструментального завода и имела целью сопоставить режимы ускоренных отпусков сверл на автоматической линии завода с обычным трехкратным отпуском при 560°C . Сопоставление указанных режимов проводилось путем контроля за изменением магнитных свойств и твердости закаленных сталей в процессе различных вариантов отпусков.

Для оценки результатов термической обработки по данным контроля магнитных свойств и твердости были изготовлены образцы из сталей Р18 и Р6М3. Использование образцов объясняется тем, что контроль магнитных свойств непосредственно на сверлах вследствие отклонений в их форме и размерах не может дать большой точности. Опыты были проведены на образцах цилиндрической формы $\varnothing 10$ мм, по массе близких сверлам $\varnothing 16 \div 27$ мм. Образцы изготовлялись партиями из сталей одной поставки и минимального количества прутков, этим исключалось влияние колебаний в составе сталей различных поставок на результаты опытов.

Для контроля магнитных свойств образцов был использован магнитометр дифференциального типа, питаемый переменным током. Измерение проводилось при двух значениях магнитного поля и соответственно силах тока 0,4 и 1,0 а. Магнитное поле при токе 1,0 а было близко к полю магнитного насыщения образцов. В этих условиях изменение магнитных свойств будет преимущественно определяться изменением значений максимальной магнитной индукции образцов, в большей степени зависящей от содержания в стали остаточного аустенита. При силе тока 0,4 а магнитное поле близко к области с максимальным значением магнитной проницаемости, следовательно, в этих условиях на изменение магнитных свойств будут наиболее сильно сказываться структурные изменения, связанные с процессами упрочнения или разупрочнения стали.

Показания милливольтметра магнитометра являются относительной характеристикой изменения магнитных свойств в зависимости от условий термической обработки и не соответствуют каким-либо определенным значениям, например, количеству остаточного аустенита.

Измерение твердости выполнялось на приборе ТК-2 на зачищенной цилиндрической поверхности образцов. Значения твердости даны без поправки на цилиндрическую форму образцов, которая для $\varnothing 10$ мм составляет $+1$ HRC [1].

Партия образцов из стали Р18 прошла термическую обработку по следующим вариантам. Половина образцов была закалена от 1280° и вторая половина от 1300°. Продолжительность стандартного трехкратного отпуска при 560° изменялась в пределах 40÷90 мин, двукратного отпуска с температурой 600° — 5÷20 мин. Нагрев под закалку производился в две ступени: предварительный нагрев 890°, 2,5 мин. и окончательный нагрев при указанных выше температурах в соляной ванне (100% BaCl₂) 2,5 мин. Охлаждение при закалке производилось в расплавленном каустике с температурой 400÷450°. Отпуск был выполнен в малой заводской печи с каустиковой ванной. Ванна загружалась только исследуемыми образцами, поэтому ее температура не снижалась после загрузки образцов. Продолжительность выдержек при отпусках соответствовала времени от момента погружения образцов в ванну до их извлечения из нее.

Структура стали после закалки от 1280° была оценена баллом 11, а после закалки от 1300° — баллами 9÷11.

Отпуски с различными режимами, после которых сталь, закаленная с определенной температурой, получает одинаковые магнитные свойства, были названы нами эквивалентными друг другу. Коэффициент эквивалентности может быть определен простым соотношением

$$K = \frac{t_1}{t_2},$$

где t_1 — время нагрева при отпуске с одной и t_2 — с другой температурой.

В результате ранее выполненных нами работ [2, 3] было показано, что в случае одинаковых условий закалки стандартного трехкратного отпуска при 560° и эквивалентного ему трехкратного отпуска при 600° быстрорежущая сталь приобретает практически равноценные режущие свойства и твердость. Понятие об эквивалентности стандартному отпуску может быть распространено и на двукратные отпуска. Коэффициент эквивалентности двух отпусков может быть подобран путем изменения масштаба времени одного из них до совпадения кривых, соответствующих изменению магнитных свойств в зависимости от продолжительности отпусков. Указанные совмещенные кривые для исследуемого двукратного отпуска при 600° и трехкратного отпуска при 560° приведены на графиках (рис. 1). Из графиков видно, что двукратный отпуск при 600° с выдержками по 14 мин. эквивалентен трехкратному отпуску при 560°С с выдержками по 60 мин., т. е. коэффициент эквивалентности в данном случае составляет 4,3. Это значит, что высокотемпературный отпуск на закаленную сталь оказывает примерно в 4,3 раза более интенсивное воздействие по сравнению с отпуском при 560°.

На рис. 1 приведены кривые, соответствующие изменению твердости в зависимости от продолжительности отпусков. Эти кривые показывают, что твердость в пределах точности ее измерения сохраняет почти постоянное значение 64÷65 HRC при всех исследованных режимах отпуска.

Термическая обработка стали Р6М3 производилась в тех же условиях и на таких же образцах, что и для стали Р18. Закалка образцов из стали Р6М3 производилась с температур 1220° и 1240°С. После закалки от 1220° зернистость стали была оценена в 9,5 балла, а после закалки от 1240° — в 8,5 балла. Отпуск был проведен при двух температурах — трехкратный отпуск при 560° и двукратный — при 600°. Изменение магнитных свойств и твердости образцов в зависимости от продолжительности нагревов при отпусках показано на графиках (рис. 2). Экспериментальные значения показаний магнитометра после двукратного отпуска при 600° и трехкратного — при 560° достаточно хорошо укладываются на одну кривую при коэффициенте эквивалентности этих отпусков, равном 3,85.

Таким образом, эквивалентным стандартному трехкратному отпуску с температурой 560° в этом случае можно считать двукратный отпуск при 600° с нагревами продолжительностью по 15,6 мин.

Сопоставляя изменение свойств при отпуске у образцов стали Р18 и Р6М3, можно отметить следующие особенности поведения последней.

Сталь Р6М3 в закаленном, а также отпущенном состоянии отличается более высокой магнитной индукцией по сравнению со сталью Р18.

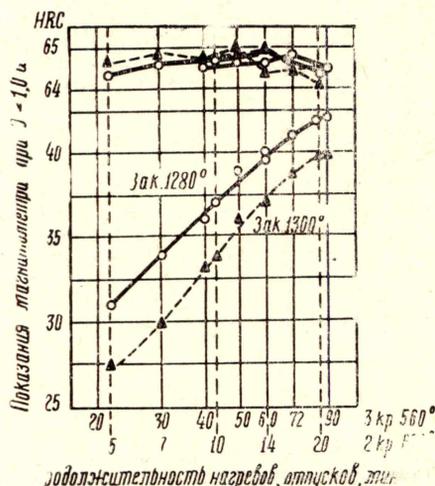


Рис. 1. Магнитные свойства и твердость стали Р18 в зависимости от продолжительности нагревов при отпусках с температурами 560 и 600° С

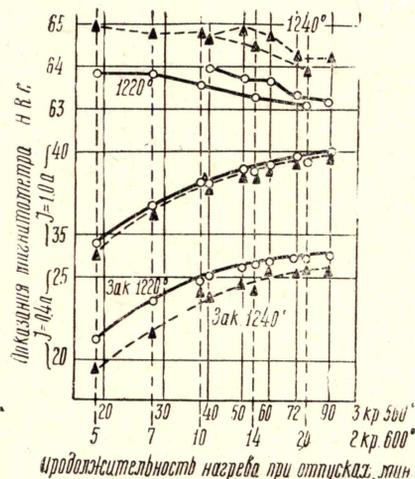


Рис. 2. Магнитные свойства и твердость стали Р6М3 в зависимости от продолжительности нагрева при отпусках с температурами 560 и 600° С

С другой стороны, магнитные свойства стали Р6М3 относительно меньше изменяются с изменением режимов отпусков. Так, в случае трехкратного отпуска с температурой 560° при увеличении продолжительностей нагревов от 40 до 90 минут изменение показаний магнитометра для стали Р18 составило 12,3%, а для стали Р6М3 — только 5%. Естественно, что метод магнитного контроля режимов отпуска будет значительно менее чувствителен для стали Р6М3 по сравнению со сталью Р18. Далее, при работе магнитометра с достаточно сильными магнитными полями ($I = 1,0$ а) в случае стали Р6М3 почти отсутствовала разница в магнитных свойствах образцов, закаленных от 1220 и 1240° , в то время как для стали Р18 изменение температуры закалки на 20° на магнитных свойствах сказалось вполне отчетливо (рис. 1). Различия в режимах закалки, как показывают графики на рис. 2, по магнитным свойствам стали Р6М3 могут быть выявлены лишь при работе магнитометра с полями в области максимальной магнитной проницаемости ($I = 0,4$ а), хотя и в этом случае разница в магнитных свойствах образцов при изменении температур закалки менее значительна, чем у стали Р18. Твердость стали Р6М3 после двукратных отпусков при 600° С проявляет тенденцию, хотя и весьма незначительную ($\sim 0,5$ HRC), к некоторому снижению по сравнению с твердостью после эквивалентных трехкратных отпусков при 560° С.

После получения рассмотренных данных часть образцов была подвергнута термической обработке вместе со сверлами на автоматической линии завода. Контроль их магнитных свойств и твердости показал, что применяемые на автоматической линии режимы двукратных отпусков при 600° С по своему воздействию на закаленные быстрорежущие стали Р18 и Р6М3 можно считать эквивалентными обычному отпуску.

Выводы

1. Магнитные методы контроля режимов отпуска в случае стали Р6М3 примерно в 2,5 раза менее чувствительны, чем для стали Р18, что связано со значительно меньшими изменениями магнитных свойств у стали Р6М3 при отклонениях в режимах отпусков.

2. Твердость закаленной стали Р18 после двукратного эквивалентного отпуска не отличается от твердости, получаемой в результате обычного трехкратного отпуска при 560°C . После же ускоренных отпусков стали Р6М3 можно заметить тенденцию к некоторому снижению ее твердости.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Каменичный. Краткий справочник технолога-термиста. Машгиз, 1963.
 2. И. Т. Тихонов, Н. С. Кильков, Е. П. Филимонова. Кратковременный отпуск быстрорежущей стали Р18. Известия вузов «Черная металлургия», № 10, стр. 112, 1964.
 3. Н. С. Кильков, И. Т. Тихонов, Е. П. Филимонова. Влияние кратковременных отпусков на свойства быстрорежущей стали. «Изв. ТПИ», том 147, стр. 206, 1966.
-