

$\alpha\text{-}\gamma$ -превращения, сопровождающегося растворением фаз, выделившихся при старении.

Сочетание высоко- и низкотемпературной ТЦО приводит к повышению дисперсности мартенсита, а также к увеличению скорости его распада с выделением интерметаллидов высокой дисперсности.

Содержание аустенита определяли рентгеновским методом, сравнивая среднюю интегральную интенсивность отражений (220) и (311) аустенита и интенсивность отражения (211) мартенсита. Результаты, приведенные в табл. 1, показывают, что содержание аустенита зависит от режима циклирования (температурный интервал, число циклов). Твердость термоциклированных образцов изменяется незначительно и находится в пределах 52–55 НRC.

Указанные структурные особенности термоциклической обработки мартенситностареющей стали H27Ю2Т2Б позволяют повысить ее прочностные и пластические характеристики.

*УДК 621.762*

**Л.Ф.КЕРЖЕНЦЕВА, Г.Г.МАКАЕВА,  
Е.С.ТУРОВСКАЯ**

## **РАЗРАБОТКА РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ШЛАМОВЫХ ОТХОДОВ СТАЛИ Р6М5**

Известно [1, 2], что порошок, полученный из шламовых отходов быстрорежущей стали Р6М5, обладает нулевой текучестью, неудовлетворительной прессуемостью и имеет низкую насыпную плотность. Частицы отходов быстрорежущей стали имеют разнообразную форму: тонкую "вьюнообразную", тонкую изогнутую, вытянутую и осколочную различных размеров (5–180 мкм). Кроме того, порошок из отходов после сушки и магнитной сепарации характеризуется повышенным содержанием кислорода (~ 5,4 %). Для улучшения технологических свойств и уменьшения содержания кислорода, снижающего конструкционную прочность материалов, порошок из шламовых отходов стали Р6М5 подвергали отжигу в среде диссоциированного аммиака. С целью повышения текучести и прессуемости указанный порошок смешивали с порошком железа марки ПЖРВ, фракционный состав которого соответствовал фракционному составу порошка Р6М5.

Для проведения исследований по изучению свойств порошковых материалов на основе отходов стали Р6М5 было выбрано 3 состава: I – 100 % Р6М5; II – 70 % ПОР6М5 + 30 % ПЖРВ; III – 60 % ПОР6М5 + 40 % ПЖРВ. Из всех трех составов прессовали образцы диаметром 10 мм, высотой 10–12 мм. Относительная плотность и твердость образцов после их спекания и повторного прессования соответственно составляли: состав I – 78–80 %; 62–65 НRB; II – 83–85 %, 48–50 НRB; III – 87–89 %, 52–54 НRB. Для улучшения свойств порошковые материалы указанных составов подвергали термообработке. Основные закономерности термической обработки порошковых материалов аналогичны закономерностям обработки компактных материалов. Однако

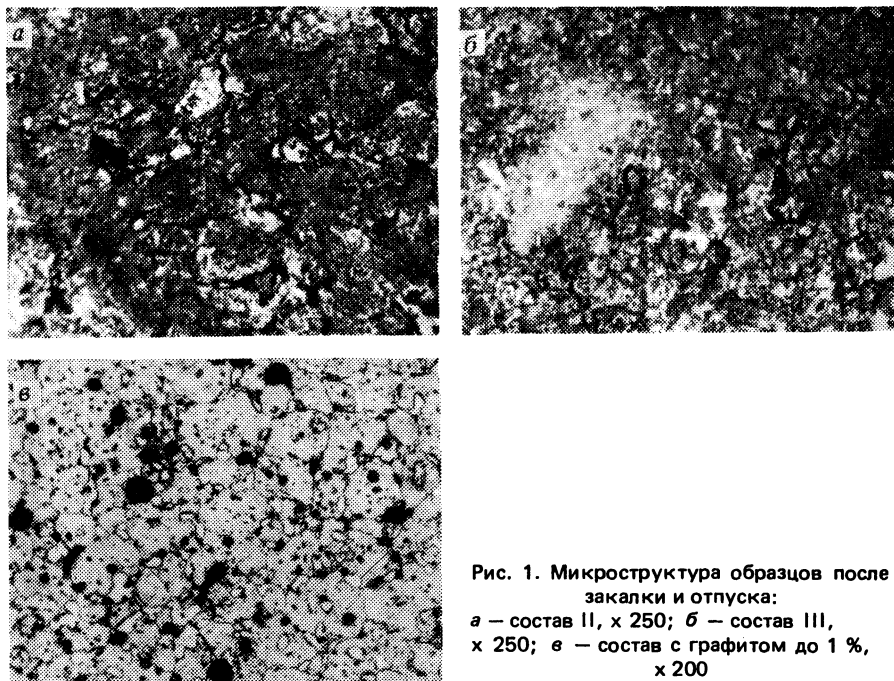


Рис. 1. Микроструктура образцов после закалки и отпуска:  
 а — состав II,  $\times 250$ ; б — состав III,  $\times 250$ ; в — состав с графитом до 1 %,  $\times 200$

наличие пористости, неоднородность структуры спеченных материалов требуют корректировки, а в ряде случаев и изменения режимов, условий и приемов их термической обработки, которые могут значительно отличаться от обработки компактных материалов идентичного химического состава.

Пористость спеченных материалов оказывает влияние на положение критических точек при термообработке, вызывая их смещение по отношению к критическим точкам компактных материалов. Увеличение пористости приводит к снижению  $A_{c1}$  и повышению  $A_{r1}$  и  $M_n$ . Основная причина такого явления — в снижении теплопроводности порошковых материалов. Повышение положения точки  $M_n$  для порошковых сталей сопровождается снижением твердости мартенсита, что объясняется его самоотпуском в процессе охлаждения с более высоких температур.

Исходя из изложенного выше, оптимальные режимы термической обработки материалов исследуемых составов определялись методом пробных закалок [3]. Температурный интервал режимов термообработки составлял от 950 °С до 1200 °С с интервалом варьирования 50 °С. Нагрев под закалку осуществлялся в солях бария с охлаждением на воздухе. После термической обработки спеченных материалов определялась твердость образцов и изучалась их микроструктура.

Установлено, что оптимальными температурами закалки являются: для состава I — 1050 °С; II и III — 1100 °С. При этом твердость образцов I—III составов равняется 38, 30 и 20 HRC соответственно. Микроструктура образ-

цов после закалки состоит из мартенсита, остаточного аустенита и карбидов (рис. 1).

Однако химическим анализом образцов после их термообработки установлено, что в процессе высокотемпературной обработки происходит частичное выгорание углерода, результатом чего являются невысокие значения твердости. Поэтому дальнейшие исследования проводили на образцах тех же составов с добавками графита до 1 %. Закалку осуществляли по оптимальным указанным выше режимам с охлаждением в масле. После закалки был проведен отпуск образцов по следующему режиму: I отпуск — до 560 °С, выдержка 60 мин, охлаждение в масле; II и III отпуска — выдержка 20 мин, охлаждение на воздухе. Такой режим обусловлен тем, что продолжительность длительных отпусков непропорционально велика по сравнению с общим временем закалки (3—5 мин), а кратковременный отпуск уменьшает этот разрыв [2]. Кроме того, для предотвращения окисления и обезуглероживания поверхности образцов использовалась засыпка из смеси оксида алюминия и отработанного карбюризатора в соотношении 3:1. Оптимальное соотношение механических свойств образцов после их термообработки наблюдалось у состава II: ударная вязкость —  $0,26 \cdot 10^2$  кДж/м<sup>2</sup>, прочность на изгиб — 400 МПа, твердость — 50 HRC. Микроструктура образцов указанного состава (рис. 1, в) содержит мартенсит отпуска, остаточный аустенит и большое количество крупных карбидов, расположенных по границам зерен.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Г а б р и е л о в И.П., К е р ж е н ц е в а Л.Ф., Б у р а ч о н о к И.Н. Свойства порошка, полученного из металлоабразивных отходов быстрорежущей стали // Порошковая металлургия. — Мн., 1985. — Вып. 9. — С. 133-136.
2. Г е л л е р Ю.А. Инструментальные стали. — М., 1975. — 583 с.
3. Г о р ч а к о в а С.А. Влияние углерода на фазовый состав, структуру и свойства порошковой быстрорежущей стали типа Р6М5 // МИТОМ. — 1984. — № 3. — С. 20—22.