

100 мкм) позволяют повышать износостойкость защитного покрытия до двух раз по сравнению с износостойкостью аналогичного карбидного слоя, но полученного по традиционной технологии химико-термической обработки. Преимущества хромовых карбидных слоев, формирующихся на предварительно металлизированных изделиях, наиболее сильно проявляются по мере ужесточения условий износных испытаний. При этом показатели жаро- и коррозионной стойкости данных защитных слоев не ниже тех же показателей стойкости хромовых карбидных покрытий, но полученных на неметаллизированных образцах.

УДК 621.785.52

М.С. Краснер, Э.П. Пучков, канд. техн. наук

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА НИТРОЦЕМЕНТОВАННЫХ СТАЛЕЙ 5Х3В3МФС И 4Х5МФС

В работе исследовали влияние температуры нагрева под закалку и режима отпуска на свойства нитроцементированного слоя сталей 5Х3В3МФС и 4Х5МФС. Нитроцементацию сталей проводили в атмосфере, содержащей 18-19% аммиака и 81 - 82% природного газа. Температура насыщения 980-1000^oС.

При нитроцементации стали 5Х3В3МФС по режиму, обеспечивающему поверхностную концентрацию углерода $1,0 \pm 0,25\%$, максимальная твердость поверхности (Н РС 67-68) достигается при закалке с температур 880-950^oС. При повышении температуры нагрева снижение твердости вызвано увеличением количества остаточного аустенита в структуре закаленного слоя, а при понижении температуры нагрева - уменьшением концентрации углерода в мартенсите.

При нитроцементации стали 5Х3В3МФС по режиму, обеспечивающему более высокую концентрацию углерода в диффузионном слое ($1,7 \pm 0,25\%$), зависимость поверхностной твердости от температуры нагрева под закалку имеет иной вид. В этом случае уменьшение температуры нагрева под закалку даже до 820^oС не приводит к понижению поверхностной твердости. Объясняется это тем, что высокое содержание углерода в диффузионном слое обеспечивает необходимую его концентрацию в твердом растворе при пониженных температурах нагрева под закалку. Кроме того, наличие в поверхностном слое большого количества карбидов также повышает его твер-

дость. Этот вывод хорошо иллюстрируется распределением твердости (HRC) по глубине диффузионного слоя после закалки с различных температур, которое представлено на рис. 1, а. При закалке с 920°C высокая твердость сохраняется на большей глубине диффузионного слоя (1,3–1,4 мм). Понижение температуры нагрева под закалку на твердость поверхностного слоя с повышенным содержанием карбидной фазы практически не сказывается, но довольно резко уменьшает твердость на большей глубине, где количество карбидов невелико и мартенсит недостаточно насыщен углеродом.

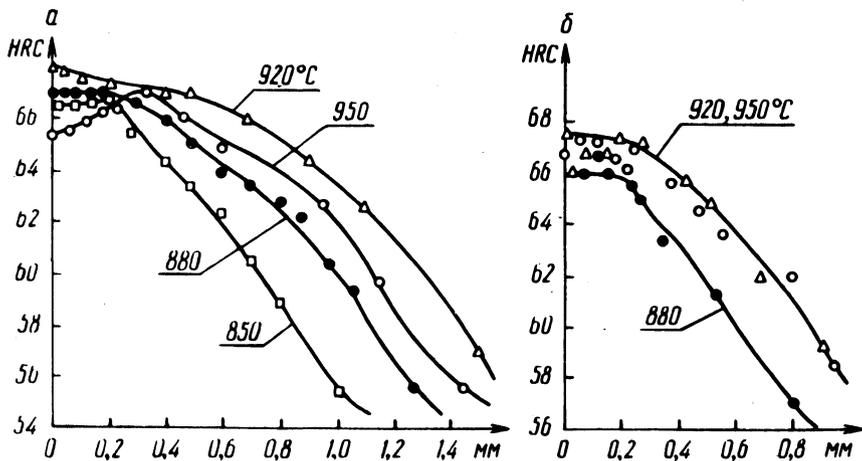


Рис. 1. Распределение твердости (HRC) по глубине нитроцементованного слоя стали 5X3B3MФC: а – поверхностная концентрация углерода ($1,7 \pm 0,25\%$); б – $1,0 \pm 0,25\%$ соответственно.

На рис. 1, б представлены аналогичные данные для образцов с поверхностной концентрацией углерода $1,0 \pm 0,25\%$. Они показывают, что твердость диффузионного слоя в этом случае ниже твердости диффузионного слоя с концентрацией углерода на поверхности $1,7 \pm 0,25\%$ и закаленного с тех же температур.

Аналогичные исследования, проведенные на стали 4X5MФC, показали, что приведенные в данной работе зависимости количественно и качественно сохраняются и для этой стали.

Влияние отпуска на поверхностную твердость нитроцементованных сталей 5X3B3MФC и 4X5MФC исследовали в интервале температур $450\text{--}650^{\circ}\text{C}$. Закалку стали 5X3B3MФC проводили с температур 1120 и 1150°C , стали 4X5MФC – с 1050°C . Выполняли одно- и двукратный отпуск (по 1 ч). Нагрев под закалку и отпуск осуществляли в атмосфере высокоочищенного азота.

Эффект вторичной твердости нитроцементованной стали 5ХЗВЗМФС проявляется тем сильнее, чем выше температура закалки и содержание углерода в диффузионном слое. Повышение температуры нагрева под закалку и концентрации углерода в диффузионном слое приводят к увеличению количества остаточного аустенита в структуре закаленной стали. Это в свою очередь вызывает понижение твердости диффузионного слоя после закалки и, вследствие превращения остаточного аустенита в мартенсит, более сильный эффект вторичной твердости после отпуска.

Необходимо отметить, что для нитроцементованной стали 5ХЗВЗМФС повышение температуры нагрева под закалку выше 1150°C вызывает интенсивный рост зерна и при поверхностной концентрации углерода $\geq 2,4$ приводит к частичному оплавлению поверхности.

Максимальный эффект вторичной твердости достигается при отпуске в интервале температур $550-575^{\circ}\text{C}$. Получаемая при этом твердость (H RC 61-63) не зависит от температуры нагрева под закалку ($1120-1150^{\circ}\text{C}$ и поверхностной концентрации углерода (1,0-2,0%). Однако при поверхностной концентрации углерода $1,7 \pm 0,25\%$ максимальная твердость достигается только после двукратного отпуска, а при поверхностной концентрации углерода $1,0 \pm 0,25\%$ — после однократного. Последующие отпуска не влияют на твердость.

Эффект вторичной твердости нитроцементованной стали 4Х5МФС проявляется слабее, чем у нитроцементованной стали 5ХЗВЗМФС. Максимальная твердость поверхности имеет те же значения и достигается в том же температурном интервале и той же кратности отпуска.

На основании проведенных исследований была разработана технология термической обработки нитроцементованных сталей 5ХЗВЗМФС и 4Х5МФС. Эта технология была апробирована на инструменте для холодного выдавливания в условиях Минского автомобильного завода. Промышленные испытания показали, что стойкость упрочненного по разработанной технологии инструмента в 1,6-2,5 раза выше серийного, изготовленного из стали Х12М.