

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИЗНОСОСТОЙКОСТИ НАУГЛЕРОЖЕННЫХ СЛОЕВ УЛУЧШАЕМЫХ СТАЛЕЙ 40X И 42CRMoS4

Е. П. Поздняков, А. В. Астрейко, Е. А. Парецкая

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

А. В. Радионов

ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Республика Беларусь

Научный руководитель И. Н. Степанкин

Введение. В условиях усталостного изнашивания деталей машин и инструмента одним из основных параметров является износостойкость контактирующих материалов. Согласно ГОСТ 27674–88 износостойкость – это способность материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения. В отношении сталей основным параметром повышения износостойкости является твердость, которая повышается с увеличением углерода в ней. При выборе высокоуглеродистых инструментальных сталей для изготовления деталей машин и инструмента, работающих в условиях воздействия пульсирующих нагрузок, необходимо учитывать их пониженную технологическую обрабатываемость и дороговизну. Немаловажным фактором является низкая вязкость сердцевины, провоцирующая распространение трещин в более глубокие слои материала. Одним из возможных путей решения является применение улучшаемых сталей с поверхностным упрочнением [1].

Целью работы является получение сравнительных графиков износа конструкционных среднеуглеродистых сталей 40X и 42CrMoS4 с термодиффузионно-упрочненным слоем.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований являлись термодиффузионно-упрочненные слои сталей 40X и 42CrMoS4. Диффузионное насыщение поверхности образцов осуществлялось путем цементации при температуре 920 °С в течение 8 ч в древесно-угольном карбюризаторе с добавлением карбоната бария BaCO₃. Окончательная термическая обработка заключалась в проведении закалки в масле с температуры 860 °С и низкого отпуска при 200 °С в течение 1 ч. Исследования микроструктуры и особенностей разрушения упрочненных слоев проводились на оптическом микроскопе Метам РВ-22. Травление микрошлифов проводилось в 2,5–5%-ном спиртовом растворе азотной кислоты. Распределение твердости и микротвердости термодиффузионных слоев определяли на микротвердомере ПМТ-3 при 0,2 кгс. Интенсивность накопления усталостных повреждений в поверхностном слое инструмента при многократном контактном воздействии на материал исследовали на установке для испытаний на контактную усталость и износ [2]. Установка обеспечивает контактное нагружение торцевой поверхности плоской части образца за счет его

прокатывания по рабочей поверхности подпружиненного дискового контртела. Регистрация значений износа заканчивалась при достижении глубины лунки износа 0,6 мм или 30000 циклов нагружения. Испытания проводились при контактных напряжениях с амплитудой 1300 МПа.

Результаты исследования и их обсуждение. Структура металлической матрицы термоупрочненных науглероженных слоев сталей 40X и 42CrMoS4 представляет собой смесь мартенсита отпуска и остаточный аустенит, в которой присутствуют карбиды. После проведения закалки количество карбидной фазы в слое толщиной 0,2 мм стали 40X снизилось незначительно – с 25 до 23 % (рис. 1, а). В слое стали 42CrMoS4 данный показатель показал более значительное изменение – с 55 до 26 % (рис. 1, б). Окончательная термообработка также повлияла и на величину включений – их размеры уменьшились с 40–50 мкм до 15–20 мкм. Морфологически карбидная фаза разделена на две зоны. Первая зона, распространена на глубину 0,2–0,25 мм. В ней присутствуют преимущественно разрозненные карбиды. У стали 42CrMoS4 карбиды имеют преимущественно округлую форму, в то время как у стали 40X – угловатую (рис. 1). Во второй зоне на глубине более 0,25 мм карбидная фаза представлена в виде цементитной сетки.

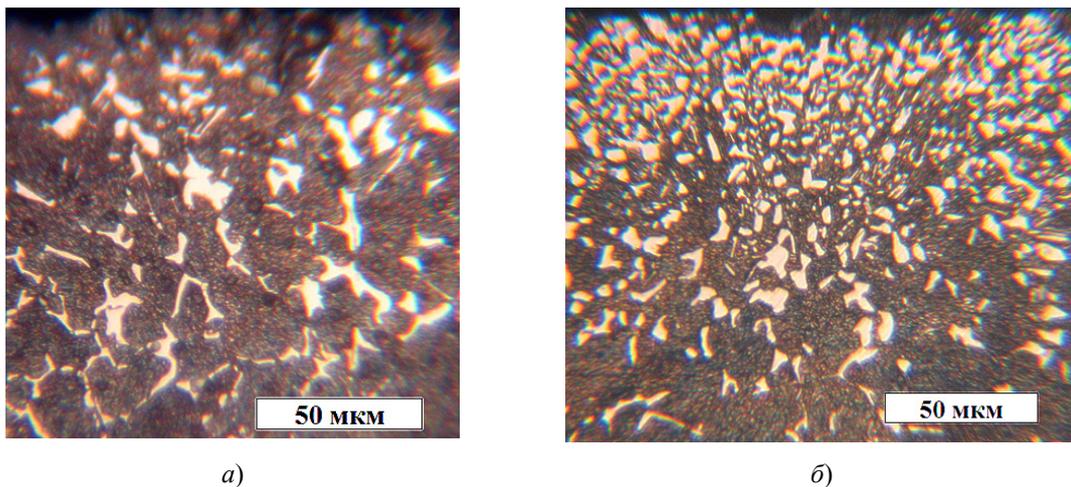


Рис. 1. Структура заэвтектоидной зоны термодиффузионно-упрочненного слоя сталей 40X (а) и 42CrMoS4 (б) после науглероживания в течение 8 ч

Анализ графиков распределения микротвердости по сечению упрочненных слоев показал, что проведение цементации в течение 8 ч формирует близкие по характеристикам термоупрочненные слои на сталях 40X и 42CrMoS4. На поверхности микротвердость составила 8300–8400 МПа, а в сердцевине порядка 6000–6200 МПа. Общая толщина слоев оказалась равной 1,8–2,0 мм.

На рис. 2, б приведены кривые износа сталей 40X и 42CrMoS4 от числа циклов нагружения в условиях воздействия на поверхностный слой материала контактных напряжений амплитудой 1300 МПа. Анализ кривых показал, что их зависимости близки. Отчетливо выделяются два этапа изнашивания. На первом этапе происходит приработка контактирующих поверхностей образцов с контртелом. Интенсивность износа достаточно велика и за первые 1000 циклов нагружения глубина лунки износа достигла 0,13 мм.

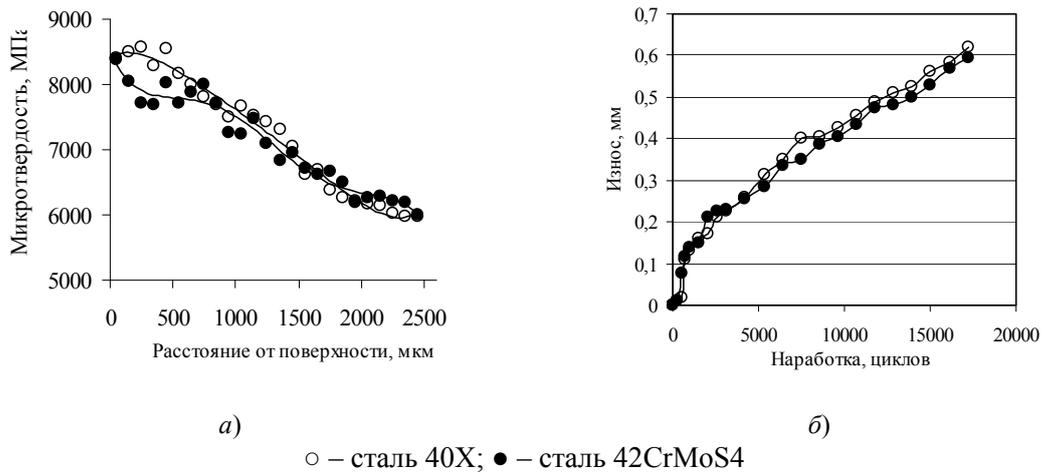


Рис. 2. Распределение микротвердости (а) и зависимости изнашивания от числа циклов нагружения контактными напряжениями с амплитудой 1300 МПа (б) термодиффузионно-упрочненных науглероженных слоев сталей 40X и 42CrMoS4

Второй этап отличается меньшей скоростью износа – прирост глубины лунки износа составляет порядка 0,03 мм на каждые последующие 1000 циклов нагружения. По достижении глубины 0,6 мм наработка составила 17200 циклов. Наблюдаемый интенсивный рост трещин контактной усталости на глубине более 0,2–0,3 мм связан с величиной воздействующих на материал напряжений – 1300 МПа. На данной глубине присутствует карбидная фаза в виде цементитной сетки (рис. 3, а). Именно на границе цементита и мартенсита происходит продвижение трещин контактной усталости, которые достигают критических размеров, формируя питтинги (рис. 3, б и в). Наличие остаточного аустенита в зернах мартенсита мало влияет на продвижение трещин, так как их распространение происходит по межфазной области (рис. 3, в).

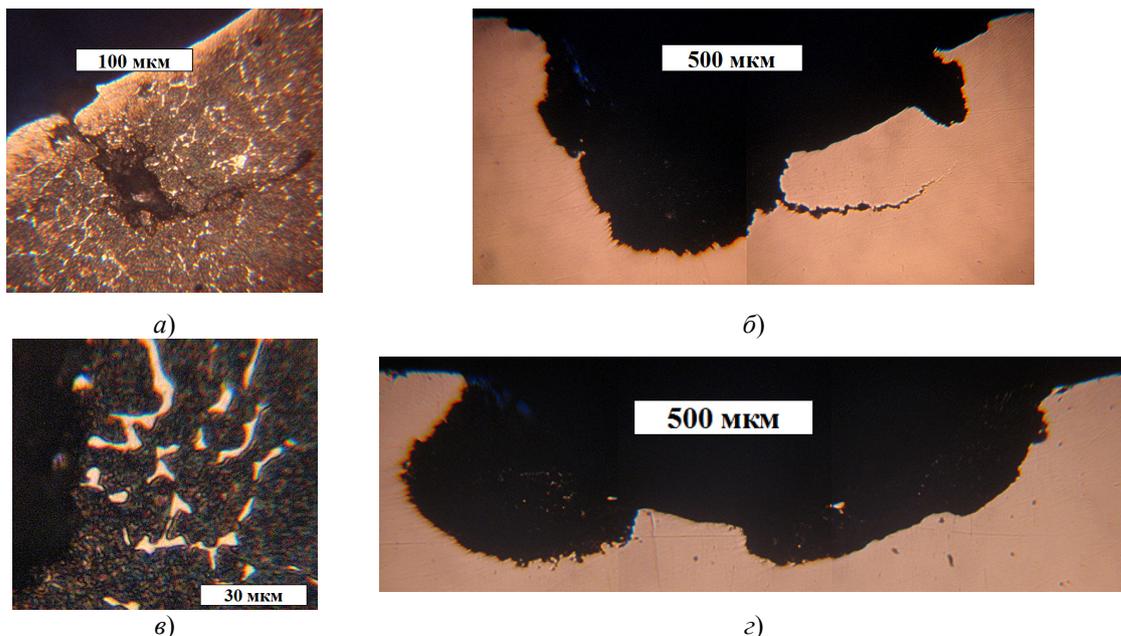


Рис. 3. Особенности разрушения сталей 40X и 42CrMoS4: а, б – сталь 40X; в, з – сталь 42CrMoS4; а, в – 2000 циклов; б, з – более 5000 циклов

Заключение. Изучено структурообразование и износостойкость термоупрочненных науглероженных образцов улучшаемых конструкционных сталей 40X и 42CrMoS4, традиционно не подвергаемых цементации. Установлено, что при 8-часовой цементации в поверхностном термоупрочненном слое толщиной 0,2 мм количество карбидной фазы составляет 23 % для стали 40X и 26 % для стали 42CrMoS4. Определено, что графики распределения микротвердости слоев имеют близкие зависимости. Микротвердость поверхности слоев на обеих сталях составила 8300–8400 МПа, а сердцевины – 6000–6200 МПа. Общая толщина упрочненных слоев составила 1,8–2,0 мм. Проведенными испытаниями на контактную усталость определено, что зависимости изнашивания исследуемых слоев в условиях воздействия пульсирующих напряжений амплитудой 1300 МПа имеют близкое распределение. Разрушение слоев происходит в два этапа. Первый этап характеризуется интенсивным приростом глубины лунки износа в течение первых 1000 циклов нагружения. На втором этапе интенсивность износа снижается. Данные различия в интенсивности могут характеризоваться разным количеством карбидной фазы. Изнашивание сопровождается возникновением и ростом трещин контактной усталости с последующим образованием питтингов в области контактирующих поверхностей образцов с контртелом.

Л и т е р а т у р а

1. Степанкин, И. Н. Применение конструкционных сталей с диффузионным упрочнением поверхности для производства мелкогабаритного штампового инструмента / И. Н. Степанкин, Е. П. Поздняков, О. Г. Девойно // Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки : тез. докл. междунар. науч.-техн. конф., Минск, 7–8 апр. 2016 г. / редкол.: В. К. Шелег (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Бизнесофсет, 2016. – С. 142–144.
2. Устройство для испытания на контактную усталость и износ : пат. ВУ 7093 / И. Н. Степанкин, В. М. Кенько, И. А. Панкратов. – Опубл. 28.02.2011.