

нагрузки. Удовлетворительную износостойкость показали образцы стали 40X13 после предварительной нитроцементации, наработка которых зарегистрирована на уровне 7480 циклов. Их стойкость оказалась в 2,4 раза выше, чем стойкость аналогичного слоя стали BOHLER M303 Extra. У остальных партий образцов износостойчивость оказалась очень низкой вследствие низкой микротвердости поверхностного слоя и сердцевины, а также малой толщины диффузионных слоев.

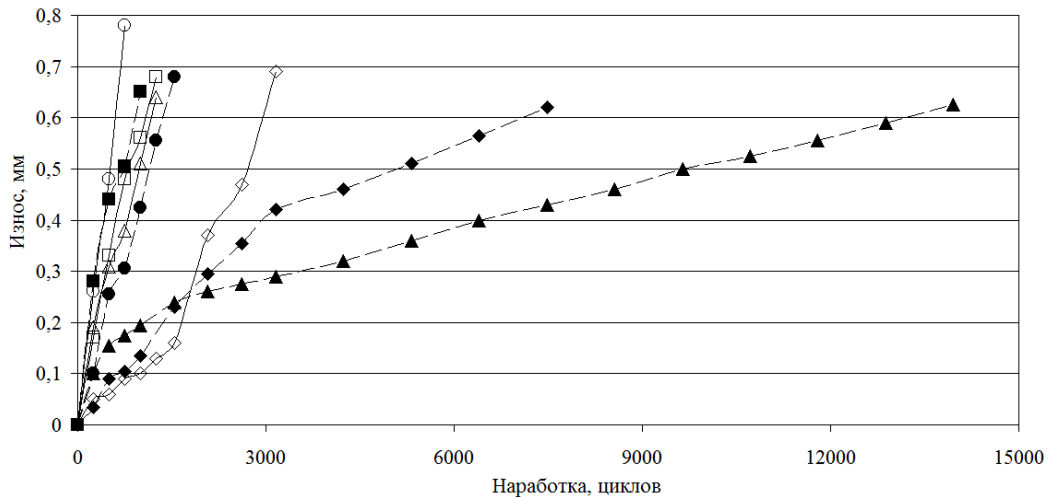


Рис. 1. Кривые износа образцов из стали 40X13 (темные маркеры) и BOHLER M303 Extra (светлые маркеры) при амплитуде контактных напряжений 950 МПа

Исследование структуры образцов в процессе испытаний показало, что материал в области контакта с контртелом на начальном этапе подвергается пластической деформации, приводящей к образованию наклепа. При дальнейшем воздействии на образцы образуются трещины контактной усталости, формирующие в итоге питтинги.

Литература

1. Устройство испытания материалов на контактную усталость и износ : пат. 8260 U Респ. Беларусь : МПК G01N 3/00 / И. Н. Степанкин, И. А. Панкратов, В. М. Кенько, Е. П. Поздняков, Л. В. Степанкина ; заявитель Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – № u 20110940 ; заявл. 23.11.2011 ; опубл. 30.06.2012.

УДК 669.14.018.298.2:620.178

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ЦЕМЕНТОВАННЫХ СЛОЕВ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ 35ХГСА, 40Х И 42СRМO54

Е. П. Поздняков¹, И. Н. Степанкин²

¹Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Республика Беларусь

²Белорусский научно-исследовательский институт нефти
РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», г. Гомель

Традиционно для использования штампового инструмента применяются легированные инструментальные стали 5ХВ2С, Х12М, Р6М5, 6Х4М2ФС и т. д. В их химическом составе содержатся сильные карбидообразующие элементы (Cr, V, W, Mo),

формирующие высокое содержание карбидных включений. При перекове заготовки и формировании гравюры инструмента методами пластической деформации карбиды разрушаются, что является причиной распространения трещины из включения в металлическую матрицу материала. На ОАО «Гомельский завод литья и нормалей» отработана технология изготовления мелкоразмерного холодновысадочного инструмента из конструкционных среднеуглеродистых сталей 40X и 35XГСА с диффузионно-упрочненной поверхностью [1]. В настоящее время на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» для стран Европейского союза выплавляется сталь 42CrMoS4, о свойствах которой мало известно. Поэтому целью работы являлось влияние фазовых составляющих цементованных слоев на свойства сталей 35XГСА, 40X и 42CrMoS4.

Результаты проведенных исследований показали, что структура металлической матрицы цементованных слоев всех сталей состоит из мартенсита и остаточного аустенита, в которой содержатся карбиды цементитного типа. Наиболее мелкие включения формируются в слоях стали 35XГСА (см. таблицу), содержащей меньше хрома, чем остальные стали, и имеющей повышенное содержание кремния, провоцирующего диффузию углерода при цементации непосредственно в аустенитное зерно [2] с последующим выделением мелкодисперсных карбидов при отпуске. Их объемная доля в слоях стали 35XГСА также оказалась минимальной. Повышенное содержание кремния в стали 35XГСА так же позволило получить высокую микротвердость поверхности. Для слоев сталей 40X и 42CrMoS4 при увеличении времени цементации наблюдается повышение микротвердости поверхности.

Показатели науглероженных слоев конструкционных сталей

| Показатель | | Марка стали | | | | | |
|--|-------------|--------------------------------|------|------|--------|----------|--------|
| | | 35XГСА | | 40X | | 42CrMoS4 | |
| | | Длительность цементации, часов | | | | | |
| | | 8 | 12 | 8 | 12 | 8 | 12 |
| Объемная доля карбидной фазы, об. % | | 10 | 15 | 15 | 40 | 30 | 40 |
| Максимальный размер включений, мкм | | 2 | 3 | 10 | 20 | 10 | 30 |
| Микротвердость, ГПа | поверхности | 9,1 | 9,1 | 7,9 | 8,2 | 8,3 | 8,5 |
| | сердцевины | 6,0 | 6,0 | 5,6 | 5,5 | 6,1 | 6,1 |
| Общая толщина диффузионного слоя, мм | | 2,0 | 2,2 | 2,0 | 2,2 | 1,9 | 2,0 |
| Толщина заэвтектоидной зоны, мм | | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| Количество углерода на поверхности, об. % | | 1,10 | 1,3 | 1,67 | > 1,80 | > 1,80 | > 1,80 |
| Объемная доля остаточного аустенита, об. % | | 7,0 | 10,0 | 17,0 | 18,0 | 11,7 | 13,3 |

Испытания на контактную усталость проводились на оригинальной установке [3]. Установлено, что при амплитуде контактных напряжений 1300МПа максимальную наработку при достижении глубины лунки износа 0,6 мм показал науглероженный слой, сформированный на стали 40X в течение 12 часов (рис. 1). Следует отметить, что у обоих слоев стали 35XГСА и слоя стали 40X после 8-часового науглероживания после этапа приработки, длящегося порядка 1000–1500 циклов нагружения, имеется этап высокой износоустойчивости. Отсутствие данного этапа на иных слоях связано с тем,

что поверхностные слои содержат слишком большое количество углерода (более 1,80 об. %) и высокое содержание крупных карбидов (более 30 об. %), размер которых превышает 10 мкм.

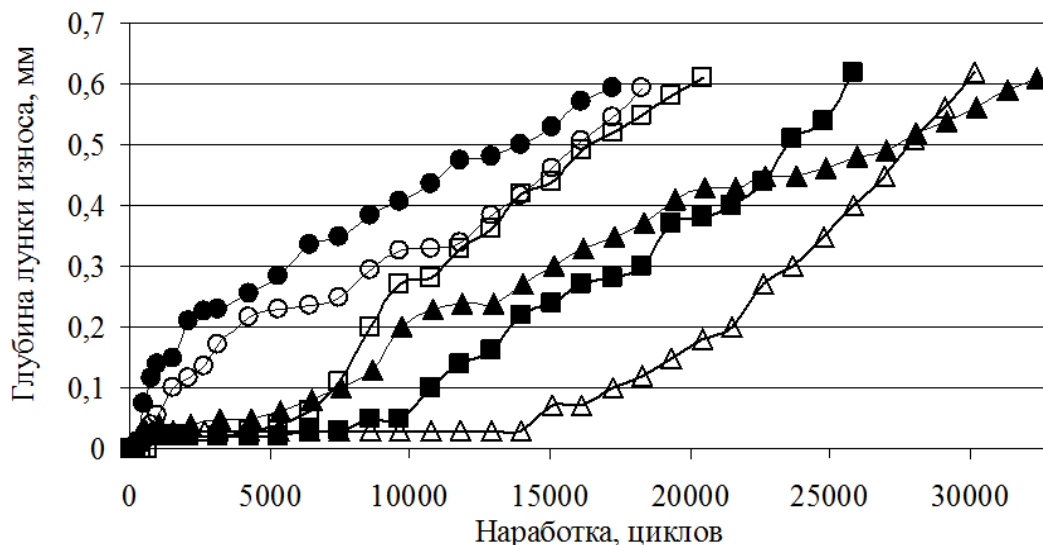


Рис. 1. Кривые износа науглероженных слоев стали:
 ■, □ – 35ХГСА; ▲, Δ – 40Х; ●, ○ – 42CrMoS4
 (8-часовая химико-термическая обработка – светлые маркеры;
 12-часовая химико-термическая обработка – темные маркеры)

Все исследованные слои сопровождаются питтинговым изнашиванием. На начальном этапе при первых контактах с дисковым контртелом материал образцов претерпевает пластическую деформацию. При увеличении наработки в деформированных объемах материала образуются зоны наклепа, в которых зарождаются и распространяются трещины контактной усталости, приводящие к выкрашиванию объемов материала.

В результате проведенных испытаний установлено, что максимальная износостойкость для стали 35ХГСА достигается после 12-часовой цементации, а для стали 40Х – после 8-часовой цементации. Их структура состоит из мартенсита, 10–15 % избыточных карбидов, размером менее 10 мкм, и остаточного аустенита (10 % в стали 35ХГСА и 17 % в стали 40Х).

Литература

1. К вопросу влияния остаточного аустенита на износостойкость науглероженных слоев стали 40Х и 35ХГСА / И. Н. Степанкин [и др.] // Современные методы и технологии создания и обработки материалов : сб. науч. тр. : в 3 кн. / редкол.: А. В. Белый [и др.]. – Минск : ФТИ НАН Беларуси, – 2019. – Кн. 1. Материаловедение. – С. 104–116.
2. Ворошнин, Л. Г. Теория и технология химико-термической обработки : учеб. пособие / Л. Г. Ворошнин, О. Л. Менделеева, В. А. Сметкин. – М. ; Минск : Новое знание, 2010. – 304 с.
3. Устройство испытания материалов на контактную усталость и износ : пат. 8260 U Респ. Беларусь : МПК G01N 3/00 / И. Н. Степанкин, И. А. Панкратов, В. М. Кенько, Е. П. Поздняков, Л. В. Степанкина ; заявитель Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – № и 20110940 ; заявл. 23.11.2011 ; опубл. 30.06.2012.