

УДК 620.178:74

Седов Э.В., Бондарева О.П., Проничев Д.В.

**УДАРНО-ЦИКЛИЧЕСКАЯ ВЫНОСЛИВОСТЬ
НИТРОЦЕМЕНТИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ**

Волгоградский государственный технический университет,

Волгоград, пр. Ленина 28, 400131

Sedov E.V., Bondareva O.P., Pronichev D.V.

SHOCK-CYCLIC ENDURANCE OF STEELS NITROCARBURIZION

Volgograd state technical University,

Volgograd, Lenin Ave 28, 400131

Аннотация. В работе исследована ударно-циклическая выносливость низколегированных сталей после химико-термической обработки и ее связь со структурой, ударной вязкостью и твердостью материалов.

Ключевые слова: нитроцементация, ударная вязкость, ударно-циклическая выносливость.

Abstract. In this paper, we investigated shock-cycle endurance low-alloy steels after chemical and heat treatment and its relationship with the structure, toughness and hardness of materials.

Key words: nitrocarburizing, impact strength, shock-cyclic endurance.

Вступление.

Надежность и долговечность деталей из низкоуглеродистых хромоникелевых и хромомарганцовистых сталей определяется их способностью противостоять значительным ударно-циклическим нагрузкам при работе, особенно в условиях низких температур.

Обзор литературы.

Низкоуглеродистые хромоникелевые и хромомарганцовистые стали подвергаются упрочняющей обработке – нитроцементации и закалке, которая

во многих случаях обеспечивает повышение износостойкости примерно в два раза по сравнению с цементацией [1, 2]. При проектировании трудно оценить взаимосвязь долговечности с ударной вязкостью и другими свойствами изделия, поэтому изучение корреляции ударно-циклической выносливости с другими характеристиками представляется очень важным.

Входные данные и методы.

Целью данной работы являлось исследование ударно-циклической выносливости сталей 18ХГТ, 20ХНЗА, 20ХГСНТ после химико-термической обработки (Х.Т.О.) и ее связи со структурой, ударной вязкостью и твердостью материалов.

Исследования по ударно-циклической выносливости проводились на испытательной машине копер ДСО–150 (г. Лейпциг, Германия), с вращением образцов. Ударное нагружение осуществлялось бабой в двух диаметрально противоположных точках образца с частотой 300 ударов в минуту при одной энергии удара 7,25 Дж. Размеры образцов – длина 205 мм, диаметр 15 мм, расстояние между опорами 130 мм. Ударную вязкость определяли на машине УКИ-10М по ГОСТ 9454. Микроструктура сталей после Х.Т.О. оценивалась согласно отраслевой нормали. Образцы для механических испытаний подвергались газовой нитроцементации на глубину 0,9 мм при температуре 870 °С. Далее следовало подстуживание, закалка и низкий отпуск – 180 °С, 2 часа. Также исследовались образцы после газовой цементации, двойной закалки и низкого отпуска.

Результаты. Обсуждение и анализ.

После Х.Т.О. содержание углерода в поверхностном слое составляло 0,8 – 1,0 %, содержание азота не превышало 0,4%, а уровень твердости во всех материалах был в пределах 57-60 HRC₃. Микроструктура поверхности нитроцементированных сталей представляла собой: сталь 18ХГТ, 20ХГСНТ – мелкоигольчатый мартенсит, карбонитриды 1-3 балла, остаточный аустенит 2-3 балла; сталь 20ХНЗА – грубоигольчатый мартенсит, карбонитриды 1-2 балла и большое количество обособленного аустенита 4 балла. Содержание

остаточного аустенита составляло 30, 40 и 55% соответственно в сталях 18ХГТ, 20ХГСНТ и 20ХНЗА. Такая микроструктура и пониженная твердость стали 20ХНЗА по сравнению со сталями 18ХГТ, 20ХГСНТ объясняется ее легированием: она содержит больше никеля и не содержит титана, ограничивающего рост зерна, аустенита при температуре нитроцементации. Работоспособность упрочненных Х.Т.О. деталей зависит от свойств поверхностного слоя и сердцевины. При близких значениях свойств поверхностно-упрочненного слоя предел выносливости деталей повышается по мере увеличения текучести и твердости сердцевины. Поэтому твердость сердцевины образцов тщательно контролировалась и составляла для сталей 18ХГТ – 31-32 НРС, 20ХНЗА – 35-36 НРС, 20 ХГСНТ – 39-40 НРС.

Проведенные испытания показали, что стали легированные никелем имеют в 3-5 раз более высокую ударно-циклическую выносливость после нитроцементации, чем хромомарганцевая сталь (31 и 56 тыс. циклов у сталей 20ХНЗА и 20ХГСНТ соответственно, против 10,5 тыс. циклов у стали 18ХГТ), хотя различие в ударной вязкости сердцевины этих сталей составляет около 15% до Х.Т.О. и 20-75% после Х.Т.О. (табл.1). Высокой ударно-циклической выносливости нитроцементированной стали 20ХГСНТ способствует более мелкозернистая микроструктура упрочненного слоя, а кроме того экспериментально установлено наличие на поверхности данной стали сжимающих остаточных напряжений первого рода ($\sigma=1590$ Мпа), которые также способствуют достижению высокой ударно-циклической выносливости.

Установлено, что по сравнению с цементацией нитроцементация стали 20ХГСНТ не приводит к снижению ударно-циклической выносливости (54-56 тыс. циклов), а для стали 20ХНЗА после нитроцементации эти показатели заметно снижаются (цементация – 55 тыс. циклов, нитроцементация – 31 тыс. циклов), что вероятно связано с ее грубой микроструктурой нитроцементированного слоя.

Таблица 1.

Механические свойства нитроцементированных сталей

Механические характеристики	Марки сталей и термическая обработка				
	18ХГТ	20ХГСНТ		20ХНЗА	
	Нитроцементация	Нитроцементация	Цементация	Нитроцементация	Цементация
Твердость поверхности, HRC _Э	60	60	60	57	59
Твердость сердцевины, HRC _Э	31-32	39-40	39-40	35-36	35-36
Ударная вязкость сердцевины, Дж/см ²	78	90	90	85	85
Ударная вязкость после ХТО, Дж/см ²	20	24	21	35	30
Число циклов ударного нагружения до разрушения (тыс.)	11,5	56	54	31	55
Предел выносливости при изгибе, МПа	740	1000	990	780	930

В изломах образцов на ударно-циклическую выносливость не обнаруживаются очагов усталостных разрушений, наблюдается зона распространения трещины и зона долома. Это, по-видимому, объясняется тем, что разрушение начинается из многих очагов. При испытании на усталость при изгибе (после нитроцементации) всегда ярко выражен и очаг усталостного разрушения, и зона распространения трещин, и зона долома (рис.1).

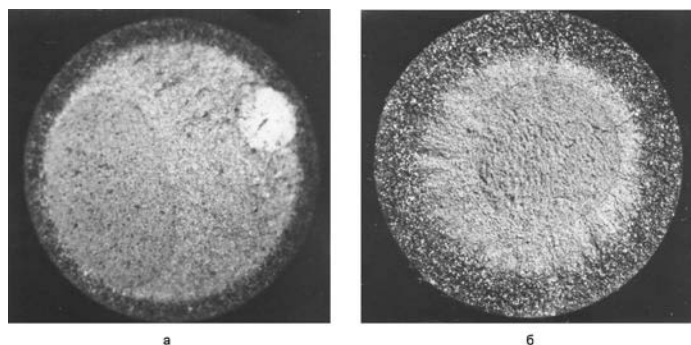


Рис. 1. Строение изломов усталостных образцов из стали 20ХНЗА (х3) при испытании на изгиб (а) на ударно-циклическую выносливость (б).

С целью выявления связей между полученными значениями механических свойств сталей по стандартной методике были рассчитаны коэффициенты парной корреляции между ними. Проверка статистической значимости полученных коэффициентов, проведенных на уровне значимости $\alpha=0,05$, показала, что значение ударно-циклической выносливости (число циклов до разрушения) не коррелирует с ударной вязкостью образцов после Х.Т.О.. Однако выявлено, что ударно-циклическая выносливость коррелирует с пределом выносливости при изгибе. Статистическая обработка результатов экспериментов позволила получить зависимость связывающие эти характеристики.

$$N = 141,31\sigma_{-1} - 84135,9 \quad (1),$$

где: N - число циклов нагружения; σ_{-1} - предел выносливости при изгибе, МПа

Заключение и выводы.

Таким образом установлено, что ударно-циклическая выносливость нитроцементированных сталей 20ХНЗА, 20ХГСНТ при исследованных значениях энергии единичного удара в 3-5 раз выше ударно-циклической выносливости стали 18ХГТ. Ударно-циклическая выносливость нитроцементированных сталей 18ХГТ 20ХНЗА, 20ХГСНТ не связана с ударной вязкостью сталей, а зависит от предела выносливости при изгибе.

Литература:

1. Попов И.Н., Крохалев А.В., Седов Э.В. и др. Влияние нитроцементации на ударно-циклическую выносливость низколегированных сталей // Металловедение и прочность материалов: межвуз. сб. науч. трудов / ВолгГТУ. – Волгоград, 2003. – С. 62-66.
2. Тихонов А.К., Палагин Ю.М. Метод испытаний шестерен на ударный изгиб // МиТОМ, 1994.- №12.- С.32-34.

Статья отправлена: 01.12.2015г.

© Седов Э.В.