

ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПОСЛЕ ХТО И БУФО

Н. И. Федотов, Ю. П. Хараев, А. Д. Грешилов, Л. А. Куркина

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,
г. Улан-Удэ, Россия

В данной статье исследовалось напряженное состояние поверхностного слоя стальных образцов, возникающее в результате химико-термической обработки и комбинированной обработки, состоящей из безабразивной ультразвуковой финишной обработки с последующей химико-термической обработкой.

Ключевые слова: химико-термическая обработка, безабразивная ультразвуковая финишная обработка, остаточные напряжения.

Развитие современного машиностроения связано с дальнейшим повышением долговечности и надежности деталей машин и инструмента, которые в значительной степени обусловлены качеством поверхностного слоя, сформированным в результате различных технологических факторов при изготовлении. Достаточно подробно причины и механизмы образования остаточных напряжений различного рода, а также методы их определения рассмотрены в работах [1, 2]. Существует общепринятая точка зрения, согласно которой технологические остаточные напряжения могут быть «полезными», к которым относят напряжения сжатия и «вредными» - напряжения растяжения. Как показывает опыт исследований в данном направлении наиболее значимыми причинами возникновения напряжений 1 рода или макронапряжений являются различные воздействия на поверхность заготовки в результате механообработки. В тоже время возрастающая роль методов поверхностного упрочнения, требует дальнейших исследований влияния технологических факторов на формирование остаточных напряжений в том числе таких как химико-термическая обработка и бездиффузионная ультразвуковая финишная обработка (БУФО). В связи с этим целью наших исследований являлось определение величины и знака остаточных напряжений (макронапряжений) в поверхностном слое стальных образцов подвергнутых ХТО и БУФО.

В качестве химико-термической обработки применялось борохромирование [3, 4].

Бездиффузионная ультразвуковая финишная обработка производилась с использованием ультразвукового генератора ИЛ10-0.63.

Металлографические исследования проводили на дифракционных металлографических микроскопах МИМ-10 и НЕОРНОТ-21.

Определение остаточных напряжений основано на методе разрезки колец предложенным Н.Н. Давиденковым [1]. Он заключается в разрезке кольца вдоль образующей и замере изменения диаметра в результате вырезки. Исходя из того, что изменение диаметра соответствует изменению ширины паза после разрезки кольца, то формула для определения остаточных напряжений имеет вид:

$$\sigma_{\theta} = 2 \frac{E \delta p}{(1-\mu^2) \times D_{\text{ср}}^2 \left(\frac{h}{2}\right)} \quad (1), \text{ где:}$$

E – Модуль упругости;

δp – изменение ширины паза после разрезки;

μ – коэффициент динамической вязкости (Коэффициент Пуассона);

$D_{\text{ср}}$ – средний диаметр кольца;

h – толщина кольца

Полученные результаты вычислений со знаком «+» - соответствуют макронапряжениям растяжения, «-» - сжатия.

Исследования проводились на образцах в виде колец из стали 45 с наружным диаметром 22 мм, толщиной стенки 1мм, шириной 10 мм. Разрезка колец производилась вулканитовым кругом.

Ширина паза определялась с учетом ширины отрезного круга из выражения:

$$\delta p = \delta 2 - \delta 1, \text{ где:}$$

$\delta 1$ - ширина вулканитового отрезного круга при разрезке;

$\delta 2$ – ширина паза после разрезки через 30 минут.

Результаты средних значений замеров произведенные на трех образцах в каждом случае приведены в таблице 1. Величина δp положительна при увеличении паза.

ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПОСЛЕ ХТО И БУФО

Таблица 1

Вид обработки	Величина δr , мм
ХТО	0,114
БУФО+ХТО	-0,354

Остаточные напряжения определялись после ХТО и после БУФО с последующим ХТО. Рассчитанные по формуле (1) значения остаточных напряжений показывают (Рисунок 1), что борохроммирование колец из стали 45 с

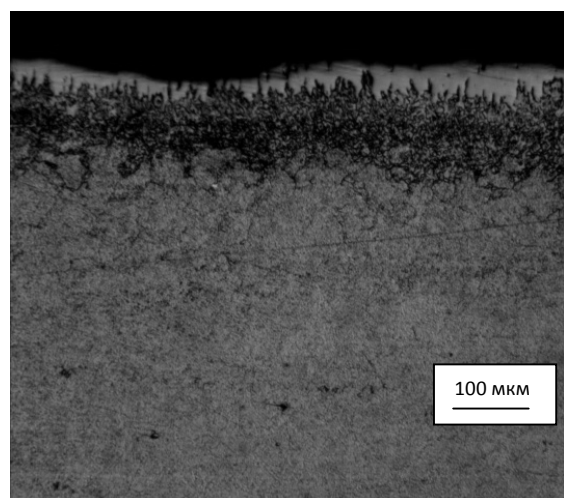
предварительной безабразивной ультразвуковой финишной обработкой приводит к образованию в поверхностных слоях значительных отрицательных остаточных напряжений до -171 МПа. В то же время, образцы подвергнутые борохроммированию без предварительной обработки методом БУФО показали наличие остаточных напряжений со знаком плюс величиной до 50 МПа.



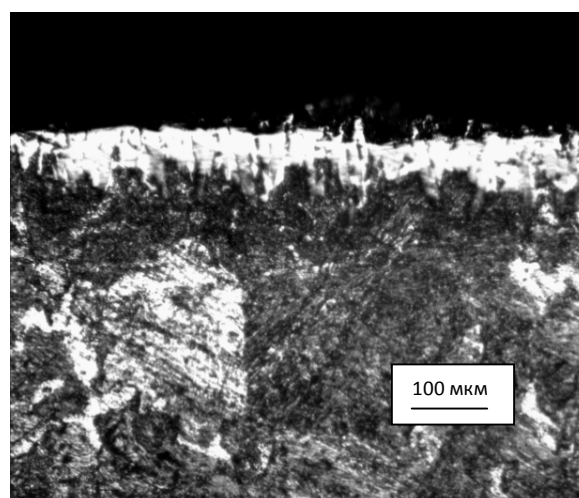
Рисунок 1 – Гистограмма значений остаточных напряжений в кольцах из стали 45 после ХТО и БУФО+ХТО

Исследование микроструктуры образцов представленных на рисунке 2 показало, что величина диффузионного слоя после применения комбинированного метода обработки

(БУФО + борохроммирование) составляет в среднем 85 мкм. Величина диффузионного слоя после стандартного борохроммирования составила $37,5$ мкм.



а



б

Рисунок 2 – Микроструктура образцов из стали 45 после: а – ХТО, б – БУФО+ХТО

Проведенные исследования на кольцах из стали 45 показали, что химико-термическая обработка в частности борохромирование в сочетании с предварительной безабразивной ультразвуковой финишной обработкой приводит к образованию остаточных напряжений сжатия. Борохромирование без БУФО создает остаточные напряжения растяжения. По абсолютной величине остаточные напряжения возникающие после комбинированной обработки значительно превосходят остаточные напряжения после стандартного борохромирования. Применение БУФО перед борохромированием приводит к увеличению диффузионного слоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давиденков Н.Н. Измерение остаточных напряжений в дисках / Н.Н. Давиденков – Заводская лаборатория - №3.
2. Биргер И.А. Остаточные напряжения / И.А. Биргер. - М. : Машгиз, 1963. - 130 с.
3. Ляхович Л.С. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1981. 424С.
4. Гурьев А.М. Новый способ диффузионного термоциклического упрочнения поверхностей железоуглеродистых сплавов / А.М. Гурьев, Б.Д. Лыгденов, С.Г. Иванов, О.А. Власова, Е.А. Кошелева, М.А. Гурьев, С.А. Земляков // Позуновский альманах. – 2008. - №3. – С. 10-16.