

УДК 621.43.016

Чернета О.Г., к.т.н.¹, Нестеренко А.М., с.н.с.², Поддубный И.Н., магистр¹,
Коробочка А.Н., д.т.н.¹, Ищенко Л.И., д.т.н.³

1 — Днепродзержинский ГТУ, г. Днепродзержинск; 2 — ИЧМ НАН
Украины, г. Днепропетровск; 3 — ЗНТУ, г. Запорожье

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КЛАПАНОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, ПОДВЕРГНУТЫХ ЗАКАЛКЕ ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Изложена методика исследования структуры клапанов двигателей внутреннего сгорания, подвергнутых закалке токами высокой частоты.

Введение

Метод высокочастотной обработки поверхности деталей и изделий заключается в их поверхностной закалке в результате нагрева металла током высокой частоты [1]. Пропускаемый через нагреватель-индуктор ток создает переменное магнитное поле, под действием которого в электропроводном теле, установленном в индукторе с малым зазором, возбуждается ток. Вследствие поверхностного эффекта индуцированный ток отесняется к поверхности тела, где плотность тока оказывается наибольшей. Быстрота снижения плотности тока характеризуется глубиной его проникновения в тело детали (изделия), под которой понимают расстояние от поверхности, где плотность тока падает в $e = 2,7$ (e — основание натурального логарифма) раз по сравнению с ее значением на поверхности, где выделяется свыше 85% всей джоулевой теплоты.

Процесс индукционного нагрева протекает следующим образом: в начальной стадии тепловыделение сконцентрировано в тончайшем поверхностном слое и по мере потери стали магнитных свойств глубина проникновения тока увеличивается и область тепловыделения непрерывно возрастает, а вне этой области нагрев происходит за счет теплопроводности [1].

Устройство для закалки состоит из генератора высокой частоты, конденсаторной батареи, понижающего трансформатора. К выводам вторичной обмотки подключается индуктор, станок, измерительная и автоматическая аппаратура управления и системы охлаждения. Нагрев производят на звуковой или радиочастоте 1000 кГц. Расход мощности при индукционном нагреве под закалку составляет 0,5...1,0 кВт на 1 см² поверхности детали.

Материалы исследования

Для исследований выбрана сталь 40X10C2M, из которой изготавливают впускные клапаны двигателей внутреннего сгорания (ДВС) автомобилей.

Закалку токами высокой частоты (ТВЧ) клапанов ДВС проводили на высокочастотном генераторе модели ВЧГ 8.60 / 0,44 (ТУ 16-530.239-78). Режимы термической обработки клапанов ДВС, включающие закалку ТВЧ и последующий низкотемпературный отпуск, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Режимы термической обработки клапанов ДВС из стали 40X10C2M [3]

Марка стали	Закалка		Отпуск (старение)	
	Температура, °C	Охлаждающая среда	Температура, °C	Охлаждающая среда
40X10C2M	1100 – 1150	Воздух	400	Воздух

Шлифы образцов для металлографического анализа, вырезанные из разных участков продольных сечений клапанов из указанной стали после термической обработки по указанным в табл. 1 режимам, заливали пастой «Протокрил» в специальные обоймы, а затем препарировали шлифовкой и полировкой по стандартной схеме [2]. Травление полированных шлифов осуществляли в стандартном травителе (реактив Ржешотарского — 4% раствор HNO_3 в спирте — «ниталь» [2]). Металлографический анализ полученных шлифов производили с помощью современных микроскопов фирмы «Карл Цейсс»: оптического «Axiovert 200M MAT» и растрового электронного EVO 60.

Как видно из приведенного на рис. 1а микроснимка, анализировать методом оптической микроскопии особенности структурообразования такой сложнелегированной стали, как исследуемая 40X10C2M, достаточно затруднительно, поскольку элементы ее тонкого строения после проведенной термической обработки непосредственно вблизи поверхности образцов практически не выявляются. При анализе на растровом электронном микроскопе хорошо просматриваются пакеты игл мартенсита, сгруппированные в пределах бывших зерен аустенита (рис. 1б). Границы этих зерен очерчены тонкими выделениями структурно-свободного феррита.

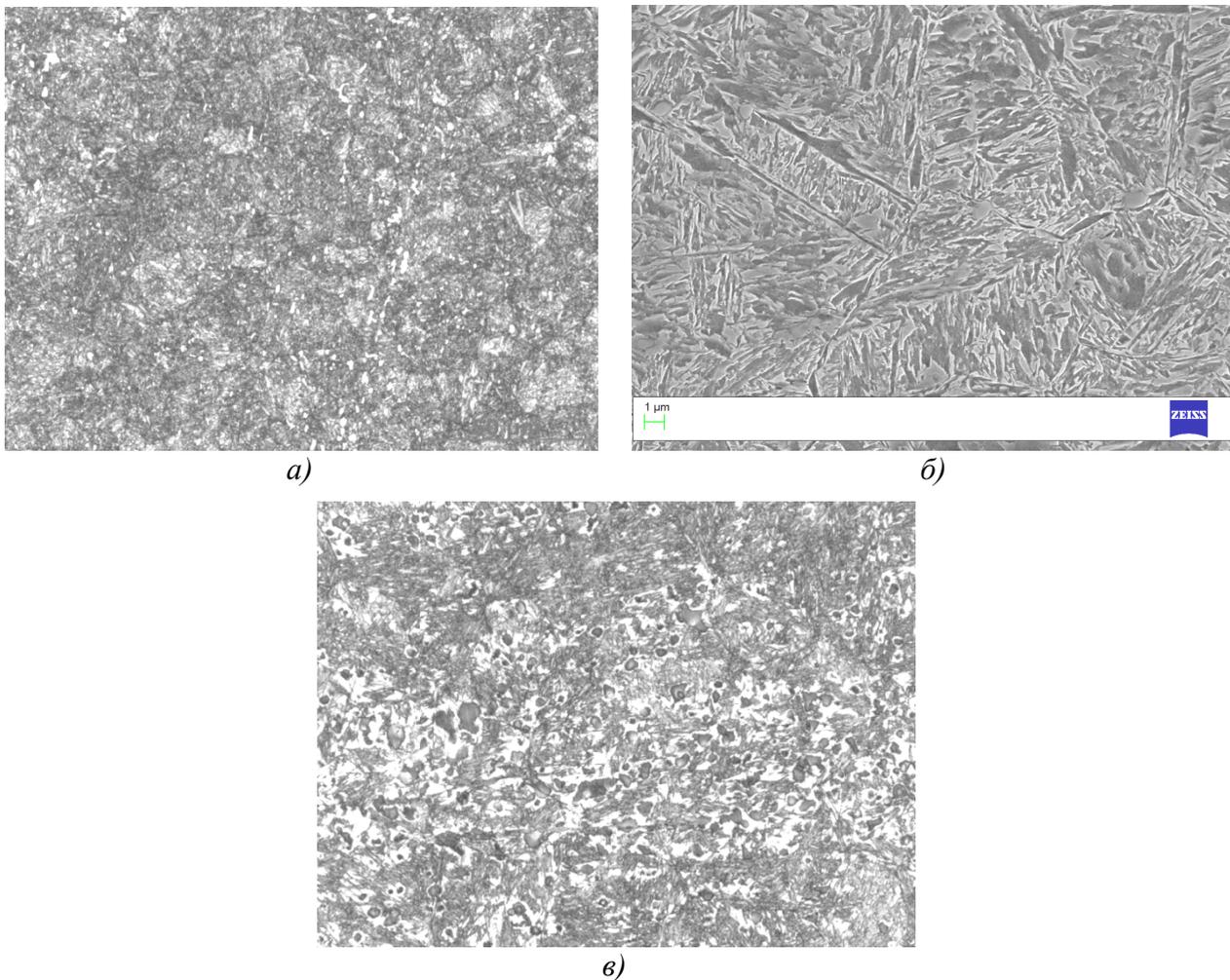


Рис. 1. Микроструктура поверхностной (а, б) и подповерхностной (в) зон образца клапана из стали 40X10C2M после проведенной термической обработки:

а, в — $\times 800$ -оптическая микроскопия; б — $\times 10000$ -растровая электронная микроскопия

Кроме того, на рис. 1б хорошо просматриваются округлые выделения карбидных фаз размером $0,5 - 1,0 \text{ мкм}$, идентификация которых будет проведена нами в последующих исследованиях. Структура подповерхностного слоя является не столь дисперсной (рис. 1в). Наряду с различающимися даже в оптическом микроскопе пакетами мартенсита при микроструктурном

анализе выявляются светлые участки, оконтуривающие выделения округлой фазы темного цвета (рис. 1б). Установление природы этих фаз будет произведено нами при помощи дополнительных исследований. Проведенное исследование все же позволяет утверждать, что в поверхностной и в подповерхностной зонах клапанов в результате обработки по приведенному в табл. 1 режиму формируется структура, близкая по типу к отпущенному мартенситу.

Замеры микротвердости поверхностной и подповерхностной зон клапана, изготовленного из стали 40X10C2M, после термической обработки, произведенные на микротвердомере ПМТ-3 с нагрузкой 0,5 Н, показали следующее.

В поверхностном слое исследованного термообработанного образца по мере удаления от поверхности значения микротвердости $H_{\mu 0,5}$ несколько снижаются (рис. 2). В серединной зоне образцов (около 3 мм от поверхности), где влияние ТВЧ-нагрева не столь выражено, уровень значений микротвердости $H_{\mu 0,5}$ более низкий, а их разброс по выбранному маршруту замеров довольно незначителен (рис. 2).

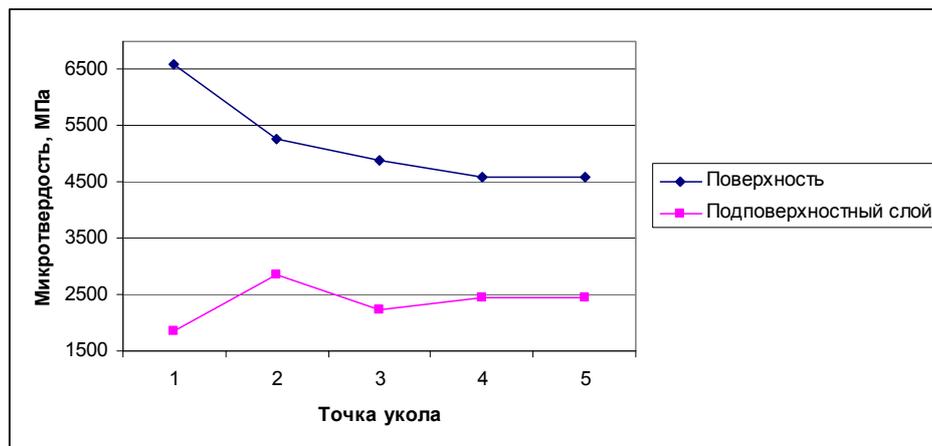


Рис. 2. Характер распределения значения микротвердости $H_{\mu 0,5}$ в поверхностной и серединной зонах термообработанного образца клапана из стали 40X10C2M

Выводы

Установлено, что термическая обработка клапанов из стали 40X10C2M ДВС автомобилей по режиму, включающему нагрев ТВЧ, охлаждение на воздухе и последующий низкотемпературный (400 °С) отпуск, приводит к формированию в поверхностном слое структур типа мартенсита отпуска, обеспечивающих увеличение микротвердости $H_{\mu 0,5}$ поверхностной и подповерхностной зон этих клапанов в 2 – 2,5 раза по сравнению с серединой.

Список литературы

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация): учебник / Д.Н. Гаркунов. — 5-е изд. перераб. и доп. — М.: Из-во МСХА, 2002. — 351 с.
2. Баранова Л.В. Металлографическое травление металлов: справочник / Л.В. Баранова, Э.Л. Демкина. — М.: Металлургия, 1986 — 256 с.
3. Седов Ю.Е. Справочник молодого термиста / Ю.Е. Седов, А.М. Адаксин. — М.: Высш. шк., 1986. — 239 с.
4. Глазов В.Г. Микротвердость металлов и проводников / В.Г. Глазов, В.Н. Вигдарович. — М.: Металлургия, 1969. — 248 с.
5. Васичев Б.Н. Электронно-зондовый микроанализ тонких пленок / Б.Н. Васичев. — М.: Металлургия, 1977. — 173 с.

Стаття надійшла до редакції 21.04.09

© Чернета О.Г., Нестеренко А.М., Поддубный И.Н., Коробочка А.Н., Ивченко Л.И., 2009