

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СТАЛИ 40X10C2M, ПОДВЕРГНУТОЙ ТЕРМОУПРОЧНЕНИЮ

Чернета О.Г., Нестеренко А.М., Поддубный И.Н., Коробочка А.Н.
(ДГТУ, г. Днепродзержинск, ИЧМ НАНУ, г. Днепропетровск, Украина)

The main result of the work is considered to technology of the heat treatment of the internal combustion engines's valves by tempering of high-purity currents with subsequent low temperature vacation.

Введение

Одним из научных направлений кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство» Днепродзержинского государственного технического университета является повышение ресурса работы деталей автомобилей, в частности двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

Для исследования была выбрана группа впускных и выпускных клапанов (ДВС) из стали 40X10C2M – мартенситного класса, которая обладает высокой пластичностью в нагретом состоянии, хорошо поддается ковке и обработке резанием, имеет достаточную теплопроводность и низкий коэффициент термического расширения.

Эту сталь применяют для производства клапанов двигателей внутреннего сгорания, которые эксплуатируются при максимальной температуре 650 °С [1].

Клапан, особенно выпускной, является одной из наиболее напряженных деталей двигателя внутреннего сгорания. Клапан подвергается ударным нагрузкам в условиях высоких температур, действию термической усталости, обусловленной многократными нагревами и охлаждениями, коррозионному воздействию горячих газов [2].

Ударная нагрузка на клапан и седло изменяется в зависимости от величины теплового зазора между торцом клапана и коромыслом, между стержнем клапана и втулкой и состояния сопрягаемых поверхностей. При изменении зазора между торцом клапана и коромыслом двигателя от 0,25 до 1,0 мм скорость посадки клапана на седло возрастает от 0,482 до 0,970 м/с, усилие растяжения стержня клапана увеличивается в среднем с 250 до 350 Н. Ударная нагрузка на фаску при посадке клапана достигает $(1 - 2) \cdot 10^7$ Па в зависимости от ширины фаски и величины теплового зазора [3].

Результаты исследований

Для упрочняющей обработки клапанов двигателей внутреннего сгорания использовали технологию термической обработки токами высокой частоты с последующим низкотемпературным отпуском.

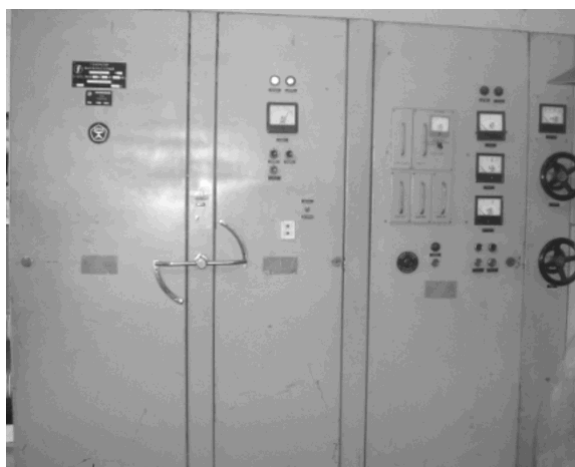
В виде образцов для исследования клапанов двигателей внутреннего сгорания использованы как микрошлифы (рис.1), так и серийные детали.

Перед исследованием со всех клапанов были сняты термические напряжения. Нормализацию образцов для стали 40X10C2M проводили в электрической печи в течении 2,5 часов при температуре 750 °С, охлаждение – вместе с печью [4].

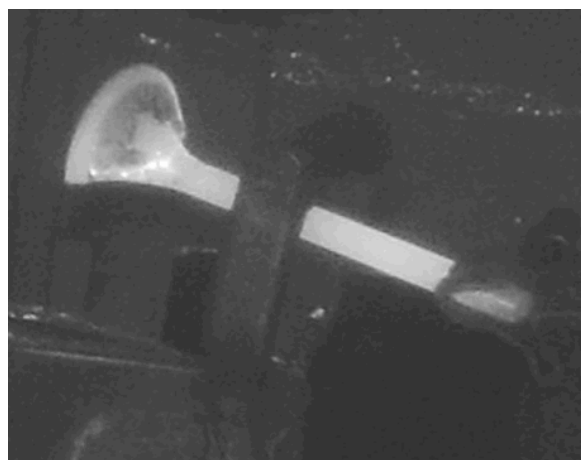
Закалку токами высокой частоты (ТВЧ) клапанов ДВС проводили на высокочастотном генераторе модели ВЧГ 8.60 / 0,44 (ТУ 16 – 530.239 – 78) (рис.2а). Режимы термической обработки клапанов ДВС, включающие закалку ТВЧ и последующий низкотемпературный отпуск, представлены в табл.1.



Рис.1. Продольные образцы клапанов, приготовленные для проведения исследований



а)



б)

Рис.2. Установка для закалки деталей ТВЧ

а) – высокочастотный генератор ВЧГ 8.60 / 0,44; б) – расположение клапана в индукторе установки

Таблица 1. Режимы термической обработки клапанов ДВС из стали 40Х10С2М [4]

Закалка		Отпуск (старение)	
Температура, °С	Охлаждающая среда	Температура, °С	Охлаждающая среда
1100 – 1150	Воздух	400	Воздух

Шлифы образцов для металлографического анализа после термической обработки (рис.1) были вырезаны из разных зон продольных участков клапанов. Образцы заливали пастой «Протокрил» в специальные обоймы, а затем обрабатывают шлифовкой и полировкой по стандартной схеме [5]. Травление полированных шлифов

осуществляли в стандартном травителе (4% раствор HNO_3 в спирте – «ниталь» [5]). Металлографический анализ полученных шлифов производили с помощью современного оптического микроскопа «Axiovert 200M MAT» фирмы «Карл Цейсс»

Как видно из приведенного микроснимка на рис. 3,в, анализировать методом оптической микроскопии особенности структурообразования сложнолегированной стали 40X10C2M достаточно затруднительно, поскольку элементы ее тонкого строения после проведенной термической обработки непосредственно вблизи поверхности образцов практически не выявляются. Кроме того, на рис.3,в хорошо просматриваются округлые выделения карбидных фаз размером 0,5 – 1,0 мкм, идентификация которых будет проведена нами в последующих исследованиях. Наряду с различающимися даже в оптическом микроскопе пакетами мартенсита при микроструктурном анализе выявляются светлые участки, оконтуровывающие выделения округлой фазы темного цвета (рис. 3,в).

Проведенное исследование все же позволяет утверждать, что в поверхностной и в подповерхностной зонах клапанов в результате обработки ТВЧ по приведенному в табл. 1 режиму формируется структура, близкая по типу к отпущенному мартенситу.

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

В поверхностном слое исследованного термообработанного образца по мере удаления от поверхности значения микротвердости $H_{0,5}$ снижаются (с 6650 МПа до 4500 МПа). В срединной зоне образцов (около 3 мм от поверхности), где влияние ТВЧ-нагрева не столь выражено, уровень значений микротвердости $H_{0,5}$ более низкий, а их разброс по выбранному маршруту замеров довольно незначителен (2500 – 2600 МПа).

Трибологические исследования клапанов ДВС проведены на машине трения для испытания клапанов двигателей внутреннего сгорания (рис.4), разработанной на кафедре «Автомобили и автомобильное хозяйство» Днепропетровского государственного технического университета (регистрационный номер заявки на полезную модель № 200902605 от 23.03.2009 г.).

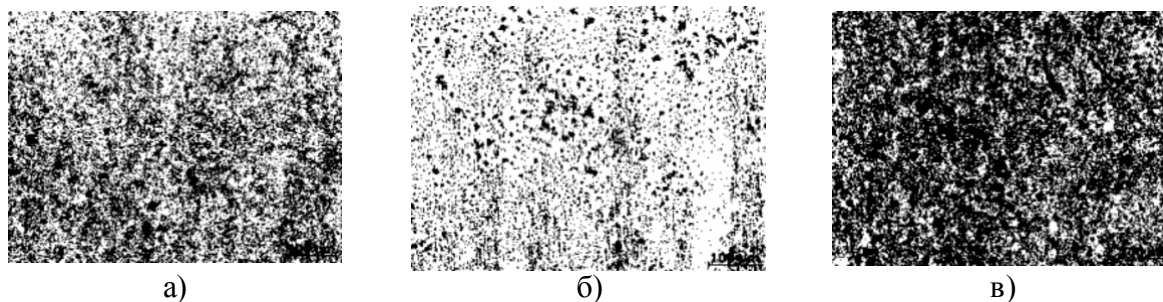


Рис. 3. Микроструктура поверхностного слоя стержня клапана (сталь 40X10C2M) после термической обработки
а) – исходный; б) – нормализованный; в) – закалка ТВЧ после нормализации

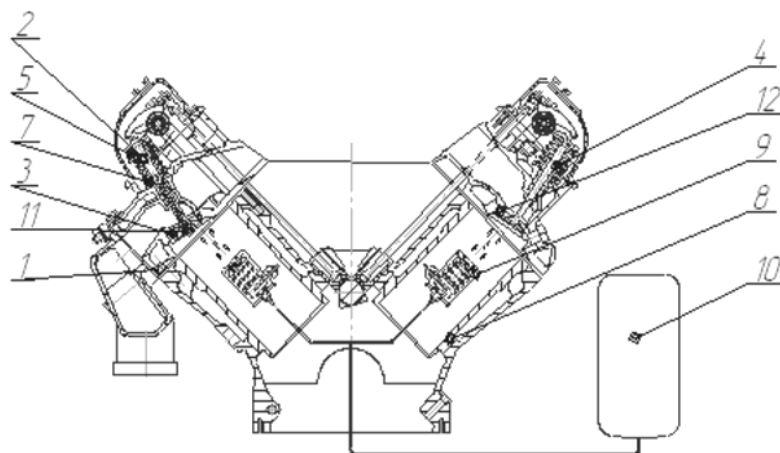


Рис. 4. Схема установки для трибологических испытаний клапанов двигателей внутреннего сгорания

1 – головка цилиндров; 2 – клапан; 3 – седло клапана; 4 – направляющая втулка; 5 – пружина клапана; 6 – распределительный вал; 7 – механизм вращения клапана; 8 – блок проточных камер; 9 – горелки; 10 – резервуар для топлива; 11,12 – датчики измерения температуры клапана и седла соответственно

Выводы.

Установлено, что термическая обработка клапанов из стали 40Х10С2М 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 $H_{0,5}$ поверхностной и подповерхностной зон этих клапанов в 2 – 2,5 раза по сравнению с серединой.

Список литературы: 1. Мотовилин Г.В. и др. Автомобильные материалы: Справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. / Г.В. Мотовилин, М.А. Масино, О.М. Суворов. – М.: Транспорт, 1989. – с. 94 – 97. 2. Кугель Р.В. Долговечность автомобилей / Под ред. А.А. Липгарта. – М.: Машгиз, 1961. – с.379-380. 3. Мишин И.А. Долговечность двигателей. Л.: «Машиностроение» (Ленинградское отд – ие), 1976. – с.187-188. 4. Седов Ю.Е., Адаксин А.М. Справочник молодого термиста. – М.: Высш. шк., 1986. – 239 с., ил. 5. Баранова Л.В., Демкина Э.Л. Металлографическое травление металлов. Справочник. – М.: Металлургия, 1986 – 256 с.

Надійшла до редколегії 23.03.2009 р.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СТАЛИ 40Х10С2М, ПОДВЕРГНУТОЙ ТЕРМОУПРОЧНЕНИЮ

Чернета О.Г., Нестеренко А.М., Поддубный И.Н., Коробочка А.Н.

У статті розглядалася структура матеріалу після термічної обробки. Об'єкт дослідження - клапан із сталі 40Х10С2М ДВС автомобілів термооброблений по режиму, що включає нагрів ТВЧ, охолодження на повітрі і подальший низькотемпературний (400 °С) відпустці

термическая обработка, структура материала, клапан, микротвердость