

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет»
имени Т. Ф. Горбачева

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

**МАТЕРИАЛЫ И ТИПОВЫЕ РЕЖИМЫ
ТЕРМООБРАБОТКИ
ДЛЯ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ДВС**

Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине «**Материалы в автомобилестроении**»
для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов»,
образовательная программа «Автомобили и автомобильное
хозяйство», всех форм обучения

**Составители Д. В. Видин
Д. Б. Шатько**

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 12 от 11.05.2016
Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
направления 23.03.03
Протокол № 8 от 07.06.2016
Электронная копия находится
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2016

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- изучение материалов, применяемых для изготовления основных деталей и механизмов двигателя внутреннего сгорания (ДВС);

- ознакомление с методами упрочняющей термической обработки данных деталей.

2. ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ И ДЕТАЛИ ДВС. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

На большинстве современных автомобилей установлены поршневые двигатели внутреннего сгорания. В них теплота, выделяющаяся при сгорании топлива в цилиндрах, преобразуется в механическую работу. Детали двигателя можно объединить в две основные группы: кривошипно-шатунный механизм и механизм газораспределения (табл. 1).

Таблица 1

Материалы некоторых основных деталей ДВС
и рекомендации по методам их упрочнения

Основные детали	Материал	Метод упрочнения
1	2	3
Блок цилиндров	АК7ч (АЛ9)	Закалка, старение
	СЧ26, СЧ25, СЧ20	Отжиг
	МЛ5	Закалка, старение
Гильзы	ЧН15Д7, ЧН2Х, ЧНХТ, ЧН11Г7Х2Ш, ЧН19Х3Ш	Закалка ТВЧ, н.о.
Головка блока	АК5М (АЛ5), АК7ч (АЛ9), АК9ч (АЛ4), АК6М2	Старение
Маховик	СЧ15, СЧ20, СЧ25, СЧ26, СЧ30, СЧ35	Отжиг
Зубчатый венец	45	Закалка, н.о.
Коленчатый вал	45, 50	Закалка, н.о.
	45, 40Х, 40ХН, 40ХНМА, 50Г, 50ХФА, 60ХФА, 42ХМФА	Улучшение, закалка ТВЧ, н.о.
	СЧ40, ВЧ 50	Закалка ТВЧ, н.о.

Продолжение табл. 1

1	2	3
Поршень	АЛ1, АК7Ц9 (АЛ11), АЛ21, АЦ4Мг (АЛ24), АК10М2Н, АЛ30, АК18	Закалка, старение
Поршневой палец	15Х, 15ХА, 15ХМ, 12ХН, 12ХН3А, 12Х2Н4А, 12ХН2	Цементация, закалка, н.о.
	45	Улучшение, закалка ТВЧ, н.о.
Шатун	40, 40Г, 45Г2, 40ХФА, 40Х, 40ХНР, 40ХР, 40Х2МА	Улучшение, ППД
Болты шатунные	40Х, 38ХА, 40ХН, 35Х, 30Х, 40ХН2МА, 40ХФА, 35ХМ, 30ХМА, 30ХН3А	Улучшение
Распределитель- ный вал	40, 45, 45Л	Закалка, н.о.
		Улучшение, закалка ТВЧ, н.о.
	15Х, 15ХФ, 18ХГТ, 15ХН2М	Цементация (цианирование), закалка, н.о.
	СЧ40, СЧ45, ВЧ 50, ВЧ 55	Отбел
		Закалка ТВЧ, н.о.
Азотирование		
Гайки шатунных болтов	30, 35, 30Х, 30ХМ, 35Х, 40ХН, 40ХН2МА	Улучшение
Толкатели клапа- нов	35, 40, 45	Закалка ТВЧ, н.о.
	15Х, 20Х, 15кп, 20кп	Цементация (цианирование), закалка, н.о.
Коромысла	40Х, 45ЛК-I	Улучшение, закалка ТВЧ, н.о.
Клапаны: <i>Впускные клапаны</i> При Т до 600 °С <i>Выпускные клапаны</i> При Т до 700 °С При Т 750÷900 °С	40Х9С2, 40Х10С2М 45Х14Н14В2М, 45Х22Н4М3, 55Х20Г4АН4 ХН77ТЮР, ХН55ВМТКЮ	Закалка и старение

2.1. Кривошипно-шатунный механизм

Кривошипно-шатунный механизм преобразует прямолинейное возвратно-поступательное движение поршней, воспринимающих давление газов, во вращательное движение коленчатого вала. Детали кривошипно-шатунного механизма можно разделить на две группы: подвижные и неподвижные. К первым относятся поршень с кольцами и поршневым пальцем, шатун, коленчатый вал и маховик, ко вторым – блок цилиндров, головка блока цилиндров, крышка блока распределительных зубчатых колес и поддон (картер). В обе группы входят также и крепежные детали.

Продольный разрез двигателя внутреннего сгорания представлен на рис. 1.

Неподвижные детали кривошипно-шатунного механизма.

Блок цилиндров, или блок-картер, 1 является остовом двигателя. На нем и внутри него расположены основные механизмы и детали систем двигателя. Блок цилиндров – это сложная отливка коробчатой формы из серого чугуна марок СЧ20, СЧ25, СЧ26, СЧ30, СЧ35, СЧ40, СЧ45 или из алюминиевого сплава марок АК12 (АЛ2), АК9ч (АЛ4), АК9чп (АЛ4–1), АК7ч (АЛ9), АК7чп (АЛ9–1), АК8 (АЛ34) (табл. 1). Блок цилиндров может быть отлит вместе с цилиндрами или иметь вставные цилиндры-гильзы. Гильзы цилиндров отливают из специальных жаропрочных чугунов марок ЧН15Д7, ЧН2Х, ЧНХТ и др. (табл. 1) и устанавливают в блок цилиндров. Зеркало цилиндра – верхняя поверхность цилиндра, внутри которой перемещается поршень, для повышения износостойкости и долговечности подвергают закалке с нагревом токами высокой частоты (ТВЧ) и тщательно обрабатывают для уменьшения трения при движении в цилиндре поршня с кольцами.

Головка блока 2 является крышкой, закрывающей цилиндры. Головки блоков представляют собой отливку из легированного серого чугуна или алюминиевого сплава марок АК9ч (АЛ4), АК9чп (АЛ4–1), АК7ч (АЛ9), АК7чп (АЛ9–1), АК6М2 (табл. 1).

После литья блок цилиндров и головку блока из алюминиевого сплава для повышения прочности подвергают искусственному старению либо закалке и старению. Чугунное литье проходит деформационное старение с целью уменьшения коробления в процессе эксплуатации и обеспечения сохранности правильной

геометрической формы.

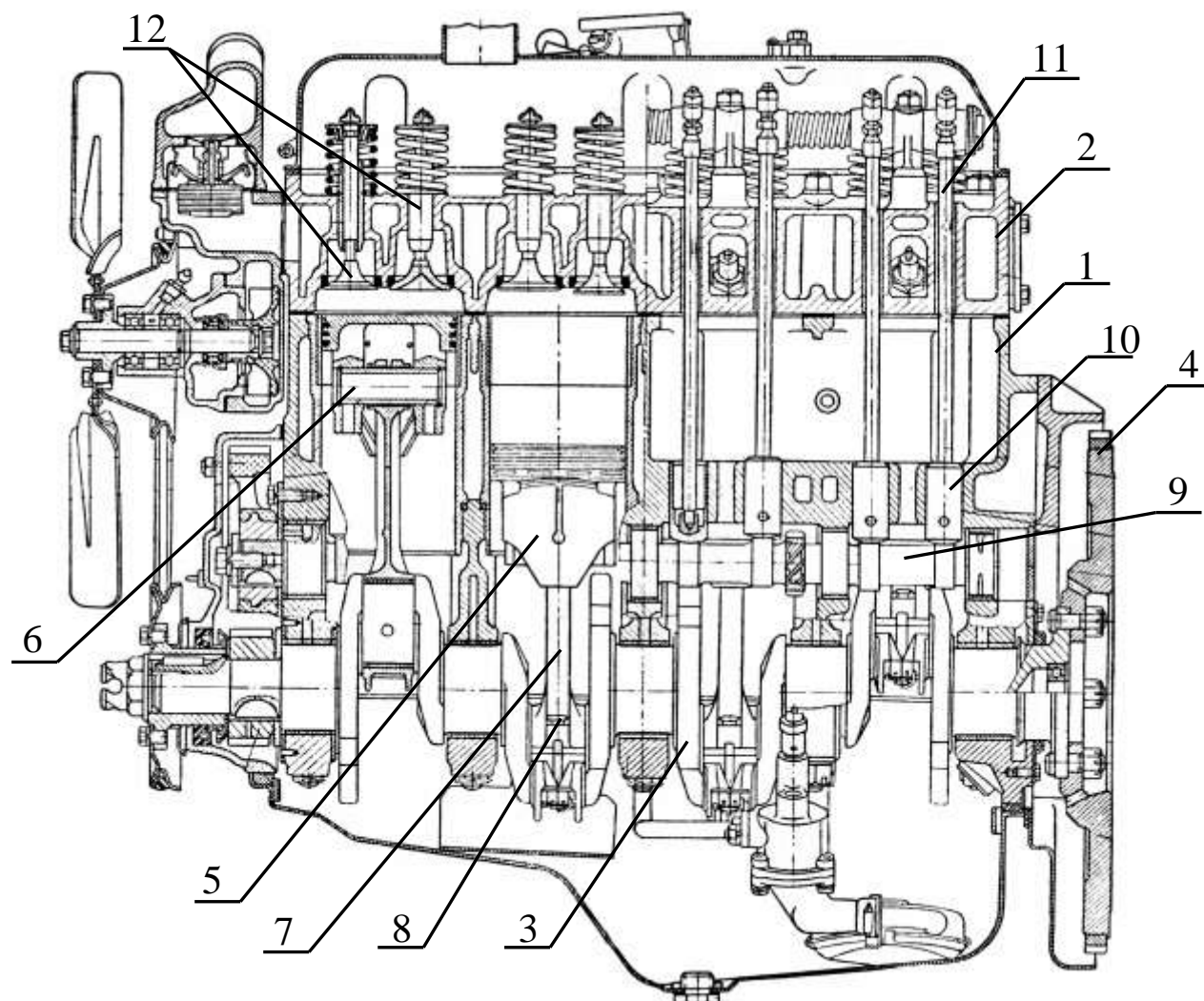


Рис. 1. Продольный разрез двигателя автомобиля ГАЗ-24 «Волга»

Подвижные детали кривошипно-шатунного механизма

Коленчатый вал 3 испытывает большие нагрузки и подвергается скручиванию, изгибу и механическому изнашиванию. Крутящий момент, развиваемый на коленчатом валу, передается на трансмиссию автомобиля, а также используется для привода в действие различных механизмов двигателя.

Коленчатый вал в соответствии с ГОСТ 4669–68¹ изготавливают горячей штамповкой из сталей марок 45, 40Х, 40ХН, 40ХНМА, 50Г и 50ХФА вместе с противовесами или без них (табл. 1). Поковки из углеродистой стали должны быть нормали-

¹ Отменен в 1982 году

зованы, а из легированной улучшены, т.е. закалены и отпущены на твердость HB 163÷269 (разность показаний не должна превышать 50 единиц HB). Для повышения износостойкости и долговечности шатунных и коренных шеек, их закаливают с нагревом ТВЧ (HRC 52÷62) на глубину 1,5÷3 мм, после чего шлифуют и полируют.

Маховик 4 служит для накопления энергии в течение рабочего хода и вращения коленчатого вала во время вспомогательных тактов, а также для уменьшения неравномерности вращения вала, сглаживания момента перехода деталей кривошипно-шатунного механизма через мертвые точки, облегчения пуска двигателя и трогания автомобиля с места.

Маховик отливают из серого чугуна марок СЧ15, СЧ20, СЧ25, СЧ26, СЧ30, СЧ35 (HB 170÷235) (табл. 1), располагая основную массу металла на ободке для увеличения момента инерции. На обод маховика напрессовывают или надевают зубчатый венец, необходимый для вращения коленчатого вала при пуске двигателя стартером. Зубчатый венец изготавливают из углеродистой конструкционной стали 45 с последующей закалкой и низким отпуском до HRC 48÷56. Поверхность маховика, соприкасающуюся с ведомым диском сцепления, шлифуют и полируют.

Шатунно-поршневая группа включает в себя поршень 5, поршневые пальцы 6, шатуны 7, болты шатунные 8.

Поршень предназначен для преобразования кинетической энергии взрыва в поступательное движение. В результате неравномерного движения поршня возникают большие силы инерции, на величину которых влияют масса поршня и угловая скорость коленчатого вала. Кроме механических нагрузок поршень подвергается действию высоких температур в период сгорания топлива и расширения образовавшихся газов. Он нагревается также вследствие трения его боковой поверхности о стенки цилиндра. В автомобильных двигателях чаще устанавливают поршни, изготовленные из алюминиевых сплавов АЛ1, АК7Ц9 (АЛ11), АЛ21, АЦ4Мг (АЛ24), АК10М2Н, АЛ30, АК18 (табл. 1), так как они достаточно прочные, легкие, имеют высокую теплопроводность и хорошие антифрикционные свойства. Для повышения прочности, надежности и обеспечения постоянства размеров и формы

поршни из алюминиевого сплава подвергают упрочняющей термической обработке – закалке с последующим старением.

Поршиновой палец соединяет поршень с верхней головкой шатуна. Он должен быть прочным, легким и износостойким, т.к. во время работы подвергается трению и большим механическим нагрузкам, переменным по величине и направлению.

Наружная цилиндрическая поверхность пальцев, изготовленных из сталей 15X, 15XA, 15XM, 12XН, 12XН2, 12XН3А, 12X2Н4А, в местах, указанных на чертежах, должна быть упрочнена цементацией с последующей закалкой и низким отпуском, а из стали 45 – поверхностной закалкой ТВЧ с последующим низким отпуском. Заготовки пальцев, подвергаемые поверхностной закалке, должны быть предварительно улучшены (табл. 1).

После такого упрочнения наружная поверхность пальца твердая HRC 56÷65 на глубине 1÷1,5 мм, а сердцевина вязкая. Твердость сердцевины пальцев, подвергаемых цементации, должна быть не менее HRC 20÷40, а твердость сердцевины пальцев, подвергаемых закалке ТВЧ, после улучшения – не менее HRC 25÷35.

Шатун соединяет поршень с коленчатым валом и преобразует возвратно-поступательные движения поршня во вращательное движение коленчатого вала. Шатун воспринимает большие нагрузки, меняющиеся по величине и направлению. Он подвергается сжатию, изгибу и растяжению. Чтобы выдержать такие нагрузки, шатун должен быть прочным, жестким и легким. Готовый шатун должен иметь высокую усталостную прочность, оптимальную теплопроводность и высокий предел выносливости.

В соответствии с ГОСТ 845–67² шатун штампуют из стали марок 40 «селект», 40Г, 45Г2, 40X, 40XН, 40XP, 40XН2МА и подвергают термическому улучшению (табл. 1). Шатуны и их крышки должны иметь твердость не ниже НВ 217÷289. При необходимости повышения усталостной прочности их поверхность обрабатывают дробью или другими способами ППД.

Болты шатунные изготавливают из сталей 40X, 38XA, 40XН, 40XН2МА, 40XФА, 35XM, 30XМА, 30XН3А, гайки шатунных болтов изготавливают из сталей 30, 35 или 30X, 30XM, 35X, 40XН,

² Отменен в 1982 году

40ХН2МА (табл. 1). Готовый болт и гайки должны быть механически прочными, поэтому они должны быть подвергнуты термическому улучшению и иметь твердость НРС 25÷38. На поверхности гаек и болтов не допускаются трещины, плены, окалина, закаты, заусенцы и забоины.

2.2. Детали механизма газораспределения

Распределительный вал 9 (рис. 1) передает движение от коленчатого вала через кулачки клапанам, открывая и закрывая их. Готовый вал должен иметь оптимальную структуру, обеспечивающую хорошее сопротивление износу, высокие механические свойства на сжатие, изгиб и срез, достаточно высокую твердость и хорошую вязкость, высокую теплопроводность, хорошую сопротивляемость усталостному разрушению, удовлетворительную коррозионную стойкость.

В соответствии с ГОСТ 8007–67³ распределительный вал изготавливают из сталей 40 и 45, 45Л или 15Х, 15ХФ и 18ХГТ, а также из стали 15ХН2М. Для некоторых моделей автомобилей используются для распределительных и коленчатых валов серые модифицированные чугуны СЧ40, СЧ45 и высокопрочные ВЧ 50, ВЧ 55. Рабочие поверхности кулачков, опорных шеек, эксцентриков и зубчатых колес стальных распределительных валов подвергают термической либо химико-термической обработке с последующим шлифованием для повышения надежности и износостойкости.

Валы из углеродистых улучшаемых сталей подвергают поверхностной закалке (табл. 1), при этом твердость кулачков и эксцентрика бензинового насоса должны быть не менее НРС 54, зубьев колес – не менее НРС 40 на глубине 2÷5 мм, на носике кулачка допускается глубина до 10 мм. Валы из цементуемых сталей по поверхностям, оговоренным в чертежах, должны подвергаться цементации на глубину 1÷2 мм и последующей закалке с низким отпуском. У чугунных валов для повышения износостойкости кулачки и опорные шейки подвергают одному из трех

³ Отменен в 1982 году

видов упрочняющей обработки: отбеливанию с поверхности, закалке ТВЧ или азотированию.

Толкатели 10 передают усилия от кулачка распределительного вала к клапану или штанге. Готовый толкатель должен иметь высокие физико-механические свойства, обеспечивающие длительную работу без разрушения.

Толкатели клапанов изготавливают из легированных сталей 15Х, 20Х или углеродистых 35, 40, 45, 15кп и 20кп (табл. 1). Рабочие поверхности из низкоуглеродистых сталей подвергают цементации на глубину $0,8 \div 1,5$ мм с последующей закалкой и низкотемпературным отпуском, при этом резкий переход от цементованного слоя к сердцевине не допускается. Толкатели из среднеуглеродистой стали упрочняют закалкой ТВЧ с последующим низкотемпературным отпуском. Глубина закаленного слоя на торце толкателя при поверхностной закалке должна быть не менее 2 мм; твердость рабочей поверхности торца толкателя – не менее HRC 55÷62, цилиндрической части толкателя – не менее HRC 33.

Износ рабочей пары будет меньше, если толкатели чугуновые, а распределительный вал стальной. Если толкатели и вал стальные, то тарелку толкателя наплавляют отбеленным чугуном.

Коромысла передают усилие от штанги 11 к клапану 12 и представляют собой стальной неравноплечий рычаг. Это ответственная деталь, изготавливаемая из улучшаемых легированных сталей 40Х, 45ЛК–I. Поверхность конца коромысла, соприкасающуюся со стержнем клапана, называют бойком. Поверхности бойка и регулировочного винта, соприкасающиеся с наконечником штанги, термически обрабатывают на высокую твердость HRC 56÷62 закалкой ТВЧ с предварительным улучшением сердцевины, шлифуют для повышения надежности и износостойкости.

Клапаны 12 предназначены открывать и закрывать впускное или выпускное отверстия, расположенные в головке блока (двигатели с верхним расположением клапанов) или в блоке цилиндров (двигатели с нижним расположением клапанов). Основными частями клапана являются головка и стержень.

Клапаны работают при высокой температуре и подвергаются коррозионному действию газов. Готовый клапан должен иметь

достаточную твердость и прочность при повышенных температурах – жаропрочность, постоянство механических и физических свойств при нагреве и охлаждении, высокую окалинотойкость и износостойкость, низкий коэффициент линейного расширения, хорошую теплопроводность при высоких температурах, хорошую сопротивляемость термической и механической усталости.

В особо тяжелых условиях работают выпускные клапаны. Поэтому материал, применяемый для их изготовления, должен быть коррозионно- и износостойким. Этим требованиям удовлетворяют высоколегированные жаропрочные стали и сплавы.

Впускные клапаны изготавливают цельными, сварными и с наплавкой. Для изготовления применяют стали хромонсилы 40X9C2, 40X10C2M и др. с рабочей температурой до 600 °С (табл. 1).

Выпускные клапаны изготавливают цельными, сварными, пустотелыми, с наплавкой коррозионно-, жаро- и износостойких материалов. Материал выбирают в зависимости от условий работы клапанов по рабочей температуре. Клапаны, работающие при температурах до 700 °С, изготавливают из жаропрочных сталей 45X14H14B2M, 45X22H4M3, 55X20Г4АН4; клапаны, работающие при температурах 750÷900 °С, – из хромоникелевых сплавов, например ХН77ТЮР, ХН55ВМТКЮ (табл. 1).

Жаропрочность сталей и сплавов обеспечивается закалкой с последующим старением, вызывающим дисперсионное твердение твердых растворов мартенсита или аустенита.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В соответствии с индивидуальным заданием, приведенным в прил. 1, табл. 1, используя справочную литературу, выполнить для конкретной детали ДВС следующую работу:

1. Составить таблицу химического состава используемых материалов.
2. Определить вид материала и способы его упрочнения.
3. Исходя из требований к детали, назначить режим упрочняющей термической обработки (см. пример назначения режима упрочняющей термической обработки, прил. 3).

4. Зарисовать типовой режим упрочняющей термообработки в виде графика в координатах “Т, °С – τ, мин”. Пояснить его структурными превращениями.

5. Указать основные свойства материалов (σ_B , σ_T , δ , KCV, HB (HRC)) до и после упрочняющей термообработки. Данные представить в виде таблицы (прил. 2, табл. 1).

6. Дать характеристику технологических свойств материалов, представить их в виде таблицы (прил. 2, табл. 2).

7. Провести анализ химического состава с упрочняющей термообработкой на основные свойства детали ДВС.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите неподвижные детали кривошипно-шатунного механизма и дайте им характеристику.

2. Назовите подвижные детали кривошипно-шатунного механизма и опишите их служебное назначение.

3. Из каких деталей состоит механизм газораспределения? Какие функции выполняют эти детали?

4. Для названной детали ДВС сформулировать:

- условия эксплуатации;

- требования, предъявляемые к ней;

- варианты достижения указанных свойств за счет:

а) выбора материала;

б) упрочняющей термообработки.

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

1. Изучить неисправности кривошипно-шатунного механизма. [12, гл. 2, с. 22]. 1 час.

2. Изучить неисправности механизма газораспределения. [12, гл. 2, с. 32]. 1 час.

3. Ознакомиться с методами ремонта кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов. [13, гл. 10, с. 128]. 2 часа.

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лахтин, Ю. М. Материаловедение : учебник для вузов / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – Москва: Альянс, 2009. – 528 с.

2. Короткова, Л. П. Конструкционные материалы [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / ГОУ ВПО "Кузбас. гос. техн. ун-т". – Кемерово, 2005. – 156 с. – 74 экз.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90168&type=utchposob:common>

3. Колесник, П. А. Материаловедение на автомобильном транспорте : учебник для студентов учреждений высш. проф. образования / П. А. Колесник, В. С. Кланица. – 5-е изд., испр. – Москва: Издательский центр «Академия», 2012. – 320 с. – (Сер. Бакалавриат).

4. Мотовилин, Г. В. Автомобильные материалы : справочник / Г. В. Мотовилин, М. А. Масино, О. М. Суворов. – Москва: Транспорт, 1989. – 463 с.

5. Марочник сталей и сплавов / под ред. А. С. Зубченко. – Москва : Машиностроение, 2001. – 672 с.

6. Материаловедение : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки и специальностям в области техники и технологии / Б. Н. Арзамасов [и др.]; под ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 648 с.

7. Материаловедение. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Д. В. Видин [и др.]; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева». – Кемерово, 2011. – 163 с.

[http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90704&type=utchposob:common.](http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90704&type=utchposob:common)

8. Материаловедение. Применение и выбор материалов. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю. П. Солнцев [и др.]. – Санкт-Петербург : Химиздат, 2007. – 200 с.

www.bibliociub.ru/102722_Materialovedenie_Primenenie_i_vybor_materialov_Uchebnoe_posobie.html

9. Металлы и сплавы: справочник / под ред. Ю. П. Солнцева. – Санкт-Петербург : АНО НПО «Профессионал»; АНО НПО «Мир и Семья», 2003. – 1066 с.

10. Кузнецов, А. С. Слесарь по ремонту автомобилей (моторист). – Москва : Академия, 2011. – 304 с.

11. Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей: учебник для студентов вузов / под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2007.

12. Шестопалов, К. С. Легковые автомобили / К. С. Шестопалов, С. Ф. Демиховский. – М. : Изд-во ДОСААФ, 1989. – 302 с.

13. Карагодин, В. И. Слесарь по ремонту автомобилей : учеб. пособие / В. И. Карагодин, С. К. Шестопалов. – Москва : Высшая школа, 1985. – 192 с.

14. ГОСТ 380-88, ГОСТ 1050-88, ГОСТ 1435-90, ГОСТ 4543-71, ГОСТ 801-78, ГОСТ 5632-72, ГОСТ 5950-73, ГОСТ 19255-73, ГОСТ 19281-89, ГОСТ 1412-85, ГОСТ 7293-85, ГОСТ 1215-79, ГОСТ 4784-74, ГОСТ 2685-75, ГОСТ 15527-70, ГОСТ 17711-80, ГОСТ 5017-74, ГОСТ 18175-78, ГОСТ 613-79, ГОСТ 493-79.

Варианты индивидуальных заданий

№ п/п	Деталь	LADA		КамАЗ-65117		БелАЗ-7555	
		Материал	Твердость	Материал	Твердость	Материал	Твердость
1	Блок цилиндров	СЧ26	HB 160÷240	СЧ20	HB 170÷241	СЧ30	HB 180÷250
2	Головка блока	АК6М2	HB 140÷160	АК9 (АЛ4)	HB 75	АК9 (АЛ4)	HB 75
3	Шатун	Сталь 40	HB 217÷250	40ХН2МА	HB 207÷255	40Х2Н2А	HB 207÷255
4	Поршневой палец	12ХН	HRC 56÷62 HB ≥ 229	12ХН2	HRC ≥ 58 HB ≥ 229	12Х2Н4А	HRC ≥ 58 HB ≥ 229
5	Поршень	АК10М2Н	HB 180÷220	АК18	HB 250	АК10М2Н	HB 250
6	Коленчатый вал	СЧ25	HB ≥ 187	42ХМФА	HRC 52÷62	ВЧ50	HB ≥ 260
7	Маховик	СЧ26	HB ≥ 187	СЧ 20	HB 170÷229	СЧ30	HB ≥ 187
8	Впускной клапан	40Х9С2	HRC 35÷40	40Х10С2М	HRC 35÷40	40Х10С2М	HRC 35÷40
9	Выпускной клапан	55Х20Г9АН4, НХ26С2Р2	HRC 32÷38 HB ≥ 207	55Х20Г9АН4, ЭП869	HRC 32÷38 HRC 20÷30	45Х22Н4М3, ХН55ВМТКЮ	HRC 32÷38 HRC 20÷30
10	Распределительный вал	ВЧ 65	HB 190÷280	18ХГТ	HRC 56÷63	15ХН2М	HRC 58÷63
11	Коромысло	40Х	HRC 56÷63	–	–	–	–
12	Зубчатый венец маховика	Сталь 45	HRC 48÷50	Сталь 45	HRC 49÷55	Сталь 50	HRC 52÷58
13	Впускной трубопровод	АК9 (АЛ4)	HB 75	СЧ15	HB 163÷220	СЧ15	HB 163÷220
14	Выпускной трубопровод	СЧ190 (нормаль 52205)	HB 183÷235	СЧ15	HB 163÷220	СЧ15	HB 163÷220
15	Картер сцепления	АК12М2 (нормаль 53228)	HB 180÷220	СЧ20	HB 170÷229	СЧ20	HB 170÷229
16	Нажимной диск сцепления	СЧ26	HB ≥ 187	СЧ25	HB ≥ 187	СЧ25	HB ≥ 187

Основные свойства

Материал	Твердость после предварительной т.о. (НВ)	Свойства после упрочняющей термической обработки				
		Твердость, НРС (НВ)	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	КСУ, МДж/м ²

Технологические свойства

Материал	Обрабатываемость давлением	Свариваемость	Обрабатываемость резанием	Шлифуемость	Прокаливаемость D_{50} , мм

ПРИМЕР НАЗНАЧЕНИЯ РЕЖИМА УПРОЧНЯЮЩЕЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Разработать режим упрочняющей термической обработки распределительного вала ДВС различных марок автомобилей, изготовленного из следующих материалов: сталь 18ХГТ (КамАЗ-65117), 40ХНЗФА (ЗИЛ-130), ВЧ 60 (КамАЗ-740).

Распределительный вал передаёт движение от коленчатого вала через кулачки клапанам, открывая и закрывая их. Готовый вал должен иметь оптимальную структуру, обеспечивающую хорошее сопротивление износу, высокие механические свойства на сжатие, изгиб и срез, достаточно высокую твердость и хорошую вязкость, высокую теплопроводность, хорошую сопротивляемость усталостному разрушению, удовлетворительную коррозионную стойкость.

Рабочие поверхности кулачков, опорных шеек, эксцентриков и зубчатых колёс стальных распределительных валов подвергаются термической либо химико-термической обработке с последующим шлифованием для повышения надёжности и износостойкости.

Валы из углеродистых улучшаемых сталей подвергаются поверхностной закалке, при этом твердость кулачков и эксцентрика бензинового насоса должны быть не менее HRC 54, зубьев колёс – не менее HRC 40 на глубине 2÷5 мм, на носике кулачка допускается глубина до 10 мм. Валы из цементуемых сталей по поверхностям, оговоренным в чертежах, должны подвергаться цементации на глубину 1÷2 мм и последующей закалке с низким отпуском. У чугунных валов для повышения износостойкости кулачки и опорные шейки подвергаются одному из трех видов упрочняющей обработки: отбеливанию с поверхности, закалке ТВЧ или азотированию.

Химический состав стали 18ХГТ

Материал	C	Si	Mn	Cr	Ti	P	S
18ХГТ	0,17-0,23	0,17-0,37	0,8-1,1	1,0-1,3	0,03-0,09	< 0,035	< 0,035

Сталь 18ХГТ – цементуемая сталь перлитного класса.

Распределительный вал подвергается цементации с последующей закалкой и низким отпуском. Термическая обработка направ-

лена на получение высокой твердости на поверхности и повышенной вязкости в сердцевине.

В качестве предварительной термической обработки проводится нормализация (930–960 °С, воздух).

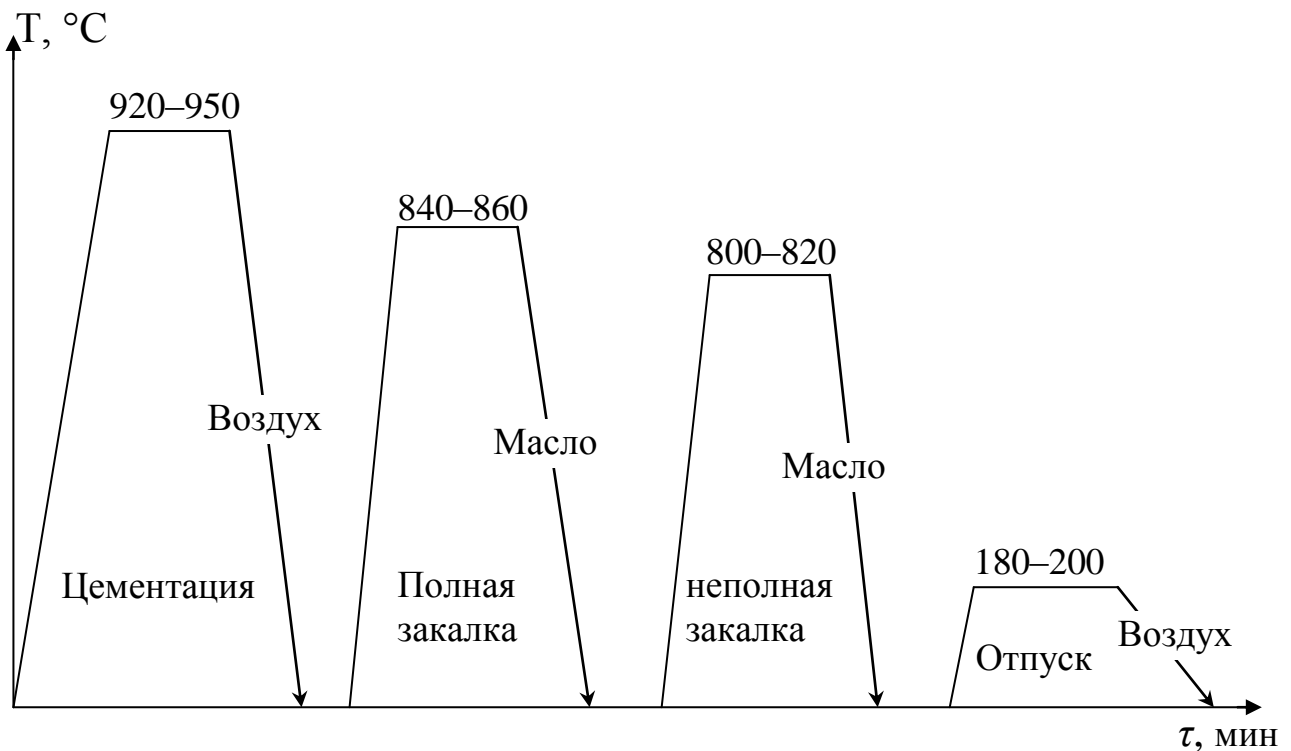
Упрочняющая обработка включает следующие операции:

Цементация 920–950 °С, воздух;

Полная закалка 840–860 °С, масло;

Неполная закалка 800–820 °С, масло;

Отпуск 180–200 °С, воздух.



Цементация проводится на насыщение поверхностного слоя детали углеродом до 0,8–1,0%. Полная закалка необходима для измельчения зерна и устранения цементитной сетки. Неполная закалка направлена на обеспечение максимальной твердости на поверхности. Заключительной операцией обязательно является низкий отпуск, цель которого снять напряжения и ликвидировать остаточный аустенит.

После химико-термической обработки структура состоит на поверхности из мартенсита и вторичных карбидов (HRC 56-63). Структура сердцевины – сорбит (HB 285).

40ХНЗФА (аналог по ГОСТ 38ХНЗМФА) – улучшаемая сталь.

Химический состав стали 38ХНЗМФА

Материал	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	P	S
38ХНЗМФ А	0,33- 0,40	0,17- 0,37	0,25- 0,50	1,20- 1,50	3,00- 3,50	0,35- 0,45	0,10- 0,18	<0,035	<0,035

Для достижения вязкой сердцевины и высокой твердости на поверхности распределительный вал подвергается улучшению с последующими закалкой ТВЧ и низким отпуском.

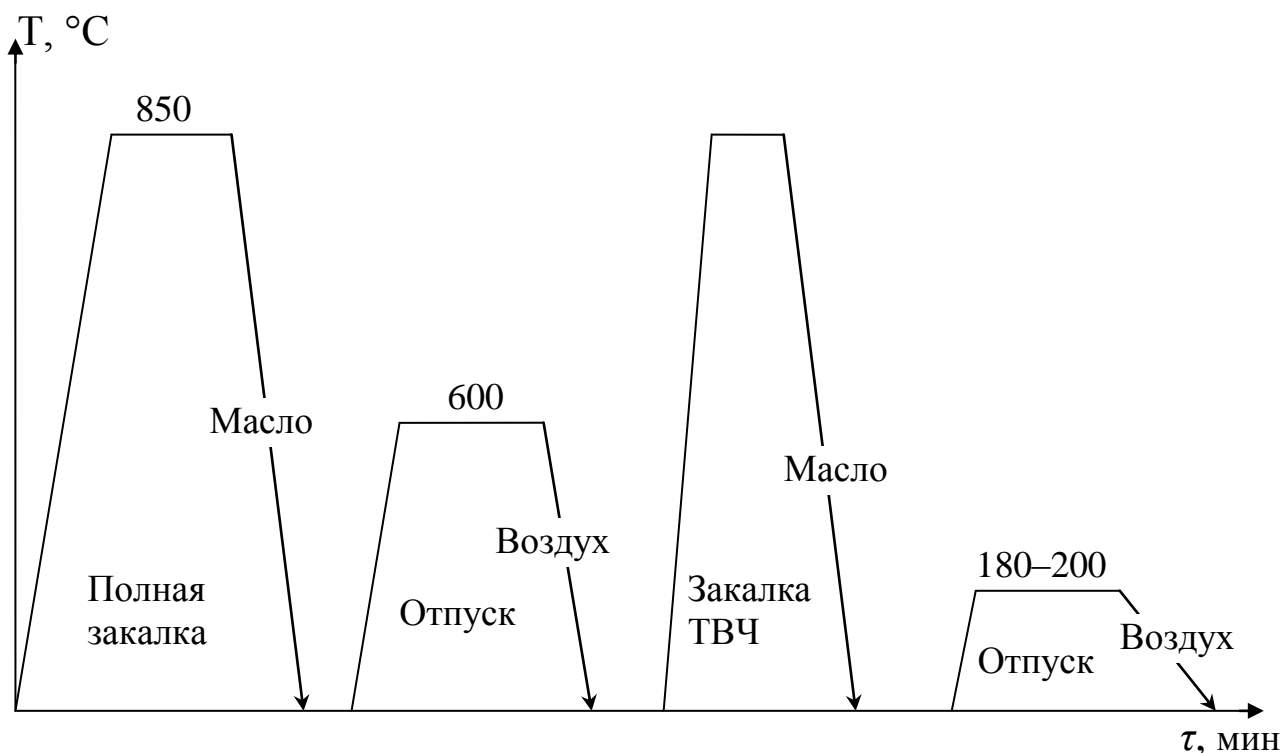
Улучшение:

Полная закалка 850 °С, масло;

Высокий отпуск 600 °С, воздух.

Закалка ТВЧ, масло;

Низкий отпуск 180–200 °С, воздух.



Улучшение обеспечивает высокую конструкционную прочность сердцевины, а закалка ТВЧ – высокую твердость и износостойкость поверхности.

После термической обработки мы имеем структуру среднелегированного сорбита в сердцевине (HRC 39) и мелко игольчатого мартенсита на поверхности (HRC 54-58).

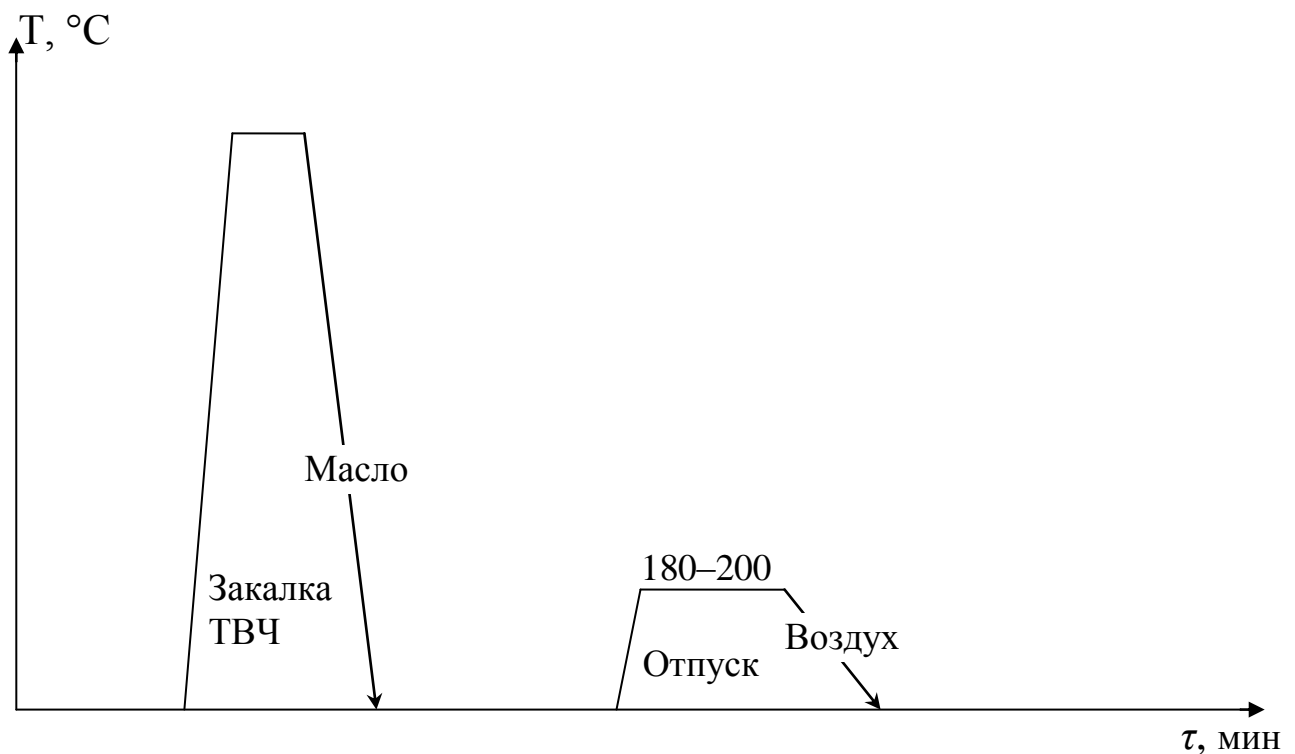
ВЧ 60 – серый высокопрочный чугун, структура состоит из шаровидного графита с перлитной основой.

В качестве предварительной термической обработки проводится отжиг для снятия внутренних напряжений и исключения возможности коробления детали (деформационное старение).

Распределительный вал, изготавливаемый из высокопрочного чугуна, подвергается закалке ТВЧ для получения высокой твердости на поверхности и сохранения относительной вязкости сердцевины. После закалки проводим низкий отпуск для снятия внутренних напряжений.

Закалка ТВЧ, масло;

Низкий отпуск 180–200 °С, воздух.



После термической обработки деталь имеет структуру мелкоигольчатого мартенсита с включениями графита на поверхности (HRC 52-54), что значительно повышает ее твердость при относительно вязкой сердцевине (HB 280). При этом неметаллические включения графита отлично удерживают смазку и сами являются антифрикционным материалом.

Составители
Видин Денис Владимирович
Шатько Дмитрий Борисович

**МАТЕРИАЛЫ И ТИПОВЫЕ РЕЖИМЫ
ТЕРМООБРАБОТКИ ДЛЯ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ДВС**

Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине «**Материалы в автомобилестроении**»
для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-
технологических машин и комплексов»,
образовательная программа «Автомобили и автомобильное
хозяйство», всех форм обучения

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 27.06.2016. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 1,0.
Тираж 30 экз. Заказ
КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.
Издательский центр КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4.