

Ли Афанасий  
Умиров Ношир Тухтабоевич  
Хакимов Бохадир Бозорович

ТОПЛИВО-СМАЗОЧНЫЕ  
И  
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ

(Учебное пособие)

Ташкент - 2020

Министерство высшего и среднего образования  
Республики Узбекистан

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации  
сельского хозяйства

А. Ли, Н. Умиров, Б. Хакимов

# ТОПЛИВО-СМАЗОЧНЫЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Утверждено Ученым Советом института в качестве учебного пособия

Ташкент - 2020

*Рекомендовано в печать ученым советом Ташкентского института  
инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (ТИИИМСХ)*

*(Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2020 года)*

Пособие составлено на основании учебной программы дисциплины: «Топливо-смазочные и эксплуатационные материалы». Изучение дисциплины предусмотрено учебными планами направлений 5430100 – «Механизация сельского хозяйства» и 5450300 – «Механизация мелиоративных работ водного хозяйства».

Основная задача дисциплины заключается в технико-экономическом обосновании целесообразности и эффективности использования эксплуатационных материалов в процессе эксплуатации, обслуживания и ремонта машин.

#### **Рецензенты:**

**Горлова И.Г.** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Механизация сельского хозяйства» Ташкентского государственного аграрного университета.

**Бердимуратов П.Т.** - кандидат технических наук, и.о. доцента кафедры «Эксплуатация и ремонт машин» Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства.

## **Введение**

Подъем экономики страны связан с развитием промышленности, с наращиванием объема производства и повышением качества продукции, выпускаемой машиностроительными заводами. Экономичность, надёжность и долговечность работы тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных и мелиоративных машин в значительной степени зависит от качества применяемых эксплуатационных материалов при изготовлении, топлива, смазочных материалов и технических жидкостей, а также от грамотного их применения в эксплуатации.

Научно-технический прогресс в создании и совершенствовании технических средств обуславливает расширение работ по повышению качества выпускаемых эксплуатационных материалов. В связи с этим увеличивается производство улучшенных бензинов, дизельного топлива с малым содержанием серы, моторных масел с высокими эксплуатационными свойствами.

В настоящее время выпускаются новые виды материалов и сорта трансмиссионных масел, пластичных смазок и технических жидкостей. Совместное решение вопросов повышения качества используемых эксплуатационных материалов, совершенствование конструкции тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных и мелиоративно-строительных машин, улучшение условий их эксплуатации будет способствовать повышению надежности и долговечности техники, рациональному использованию топлив и смазочных материалов.

Выпускники сельскохозяйственных ВУЗов - будущие инженеры-механики, должны хорошо знать основные свойства и особенности применения новых эксплуатационных материалов в машиностроении. Инженер-механик сельскохозяйственного производства должен уметь технически грамотно подбирать эксплуатационные материалы – сорта и марки топлива, смазочных материалов и специальных жидкостей в ходе эксплуатации технических средств, а также контролировать их качества с помощью приборов.

# Глава 1. ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЖИДКОСТИ

## 1.1. Топлива для машин

### 1.1.1. Бензины

Основным сырьем для производства топлива для машин является природная нефть. Нефть состоит по массе из 83-87% углерода, 12-14% водорода, 2-4% серы, остальное - азот, кислород и др.

Входящие в нефть углеводородные соединения подразделяются на следующие основные группы (или ряды):

1. Алкановые (парафины). Общая формула  $C_nH_{2n+2}$ . Содержание алканов зависит от месторождения нефти и колеблется в пределах 10-70%. Алканы имеют самую высокую температуру сгорания, желательны в бензинах и дизельных топливах. Их октановые числа составляют около 100.

2. Нафтеновые (цикланы). Общая формула  $C_nH_{2n}$ . В большинстве нефтей содержится 60-70% цикланов. Желательны для бензинов и зимних сортов дизельных топлив. Имеют высокие значения октанового числа.

3. Ароматические (арены). Общая формула  $C_nH_{2n-6}$ , содержание в нефти 5-20%. Имеют самые высокие октановые числа, составляющие 100-110. Желательны в бензинах. Однако повышают токсичность выхлопных газов.

4. Непредельные углеводороды. Общая формула  $C_nH_{2n-2}$ . В сырой нефти отсутствуют, образуются в процессе ее переработки. Желательны в бензинах и дизельных топливах.

5. Сернистые соединения в нефти являются вредными и требуют удаления. Они снижают мощность двигателей, увеличивают расход топлива и количество ремонтов двигателей, повышают токсичность выхлопных газов. Количество серы определяет в основном качество нефти.

Нефти сибирских месторождений России имеют высокие содержания серы и более низкое качество, чем, например, низкосернистые (мягкие) нефти с месторождений Азербайджана и стран Персидского залива.

Топлива из нефти получают несколькими способами, основные

следующие:

-прямая перегонка (постепенное или однократное нагревание при атмосферном давлении);

-крекинг (нагревание при повышенном давлении);

-коксование (нагрев без доступа воздуха);

-каталитический крекинг (нагревание в присутствии катализаторов);

-синтезирование (в присутствии катализаторов) применяется для получения высококачественных добавок к бензинам;

-синтезирование (в присутствии катализаторов) применяется для получения высококачественных добавок к бензинам;

-риформинг(нагревание до 350-520°С при давлении 1,5-4 МПа, в присутствии катализаторов, содержащих платину, иридий, германий и др., а также в присутствии водорода).Применяется для получения из бензиновых фракций нефти 80-85% бензина с октановым числом 90-95.

В настоящее время в качестве сырья для получения бензинов и дизельных топлив используются также уголь, сланец, торф и растительные масла.

В Узбекистане выпускаются четыре марки бензинов АИ-92, АИ-95, АИ-98(табл. 1)[7]. Цифры в марке бензина обозначают октановое число, характеризующее важнейшие для бензинов детонационные свойства. Октановое число в бензинах определяется моторным методом на одноцилиндровой установке с изменяемой степенью сжатия.

В бензинах АИ-92, АИ-95 и АИ-98 октановое число определяется более точным исследовательским методом также на одноцилиндровой установке с изменяемой степенью сжатия [8], но при большем числе (по сравнению с моторным методом) испытаний. Оба метода заключаются в сравнении детонационной стойкости (детонационных свойств) испытуемого и эталонного топлива. Эталонным топливом служит смесь изооктана и гептана с различным содержанием тетраэтилсвинца.

Таблица 1

## Основные характеристики бензинов

Показатель	АИ-92	АИ-95	АИ-98
Октановое число, не менее:			
моторный метод	85	Не нормируется	89
исследовательский метод	92	95	98
Концентрация свинца, г/дм <sup>3</sup> , в бензине: этилированном, не более	0,37	-	0,37
неэтилированном	Отсутствие		
Цвет этилированного бензина	Оранжево-красный	-	Синий
Фракционный состав: температура начала перегонки бензина, °С, не ниже	35	30	35
10% бензина перегоняется при температуре, °С, не выше	70	68	70
50% бензина перегоняется при температуре, °С, не выше	115	115	115
90% бензина перегоняется при температуре, °С, не выше	180	180	180
Температура конца кипения, °С, не выше	195	195	195
Давление насыщенных паров бензина, кПа (мм рт. ст.)	66,7 (500)	53,4 (400)	66,7 (500)
Испытание на коррозию на медной пластине	Выдерживает		
Индукционный метод, мин, не менее	1200	600	1300
Содержание механических примесей и воды	Отсутствие		

Чем выше октановое число, тем качественнее бензин, тем более

мягко, бездетонационно сгорает он в цилиндрах двигателя. Для повышения октанового числа и улучшения антидетонационных свойств в бензины добавляют антидетонаторы. В России в качестве антидетонаторов чаще всего используют тетраэтилсвинец  $Pb(C_2H_5)_4$ . Антидетонаторы являются очень ядовитыми жидкостями. В качестве антидетонатора используют также неядовитые добавки в бензин в количестве 10-20% метилтретбутилового эфира  $CH_3OCH_2CH_3$ , повышающего октановые числа бензина на 5-12 единиц.

Бензины выпускаются северных, зимних, летних и южных сортов.

Северные и зимние сорта содержат большее количество низкокипящих углеводородов и имеют лучшие пусковые свойства при низких температурах. Однако в летних и южных условиях их использование затруднено, т.к. в топливной системе образуются паровые пробки, делающие двигатель неработоспособным. Учитывая климатические трудности разных зон, в России выпускается единый сорт зимнего бензина по ГОСТ 2084-77.

В таблице 2 приведены аналоги отечественных и зарубежных бензинов, реализуемых на рынке России.

**Таблица 2**

**Соответствие отечественных и некоторых зарубежных марок бензинов**

Отечественный бензин		Зарубежный бензин	
Марка, ГОСТ, ТУ	Марка	Спецификация	Страна
А-76	Обычный	ONORM C113	Австрия
ГОСТ 2084-77	Type 2	JIS K 2202-80	Япония
		CAN-2-3.5-79	Канада
АИ-92	А-93		Болгария
ТУ 38.00165-97	Normal	DIN 51600	Германия
	Regular	DIN 51607	Германия
		ASTM D439-83	США
АИ-95	Premium	BS 7070-85	Великобритания



ГОСТ 2084-77	Superbenzin	SNV 181162	Швейцария
АИ-98	А-96	БДС 86 38-82	Болгария
ТУ 38.401-58-122-	4 star	BS 4040-78	Великобритания
95	Super	SNV 181161/1	Швейцария

В настоящее время вопросы экологии, снижения токсичности выхлопных газов имеют очень важное значение.

Требования стандартов к содержанию в бензинах вредных составляющих (свинца, серы, ароматических углеводородов), превышающих токсичность выхлопных газов, приведены в таблице 3.

**Таблица 3**

**Требования к содержанию в бензинах вредных составляющих**

Содержание составляющих	Стандарты			
	Россия бензины: АИ-92, АИ-95, АИ-98	Действ. европейские нормы: EN 228	Перспективные требования Европейского экономического сообщества	Перспективные требования Европейской ассоциации автомобильных компаний
Свинец, г/дм <sup>3</sup>	0,13-0,37 (за исключением АИ-95)	0,13	0,005	0,005
Сера, %	0,05-0,1	0,05	0,02	0,003
Ароматические углеводороды, %	Не нормируются	35-45	35-45	35-45

Из таблицы 5 видно, что выпускаемые в России автомобильные бензины по ядовитым составляющим не укладываются в требования действующего в Европе стандарта EN 228, и, тем более, далеки от перспективных требований Европейского экономического сообщества (ЕЭС) и Европейской ассоциации автомобильных компаний.

Для устранения этого недостатка в России установлены 4 марки новых бензинов с улучшенными экологическими свойствами **АИ-80ЭК, АИ-92ЭК, АИ-95ЭК** и **АИ-98ЭК**. Эти бензины укладываются в требования европейского стандарта **EN 228**. Бензины **АИ-80ЭК** и **АИ-92ЭК** уже выпускаются (например, на Московском нефтеперегонном заводе). Индекс **ЭК** означает, что бензин экологически чистый и по содержанию в нем серы и свинца он соответствует действующей европейской норме.

### **1.1.2. Дизельные топлива**

Дизельные двигатели (дизели) в настоящее время широко используются на легковых автомобилях и автобусах всех классов. Подавляющее число грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности имеют дизельные двигатели.

Дизели расходуют по сравнению с бензиновыми двигателями на 20-30% меньше горючего. Стоимость дизельных топлив существенно меньше бензинов. Токсичность выхлопных газов у дизельных двигателей меньше, чем у бензиновых. Основным сырьем для производства используемых в автомобильных дизелях топлив является природная нефть. Также в качестве сырья используется каменный уголь, сланцы, торф и т.д.

Дизельные топлива состоят из фракций, выкипающих из нефти в пределах 200-350°C. Наличие более легких фракций повышает жесткость работы двигателей, тогда как наличие более тяжелых фракций вызывает задымление.

К этим топливам предъявляются следующие важнейшие требования:

-хорошая прокачиваемость для надежной работы топливного насоса высокого давления;

-хорошее смесеобразование и распыл;

-низкое нагарообразование на клапанах, кольцах, поршнях, распылителях;

-отсутствие коррозионного воздействия на детали двигателя.

Основными характеристиками дизельных топлив являются следующие:

-температура самовоспламенения – минимальная температура, при которой

топливо самовоспламеняется без постороннего источника зажигания. В качестве критерия оценки воспламеняемости топлива принято цетановое число. Цетановое число определяется моторными методами на специальных одноцилиндровых стандартных двигателях и должно быть не менее 45. Температура вспышки – минимальная температура, при которой смесь паров топлива и воздуха вспыхивает при поднесении к ней пламени, лежит в пределах от 35 до 90°С;

-температура застывания - характеризуется потерей подвижности при низких температурах и составляет от минус 10 до минус 60°С;

-коксовость топлива является показателем содержания в нем смолистых и нестабильных соединений, вызывающих нагарообразование. Оценивается так называемым «коксовым числом» на специальном приборе (прибор Конрадсона). Не должно превышать 0,05-0,1%;

-содержание серы не должно превышать 0,2-0,5%. Сера и сернистые соединения повышают токсичность выхлопных газов и вызывают коррозионные разрушения деталей двигателя;

-содержание воды и механических примесей в топливе не допускается.

Основные характеристики отечественных дизельных топлив приведены в таблице 4.

**Таблица 4**

**Характеристики дизельных топлив**

Показатель дизельных топлив	Летнее (Л)	Зимнее (З)	Арктическое (А)
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав: 50% перегоняется при температуре, °С, не выше	280	280	255
96% перегоняется при температуре, °С, не выше	360	340	330
Вязкость кинематическая при 20°С, мм <sup>2</sup> /с	3,0...6,0	1,8...5,0	1,5...4,0

Температура, °С, не выше:			
застывания	-10	-35	-55
помутнения	-5	-25	-
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	40	35	30
Массовая доля серы, %, не более	0,01		
Плотность при 20°С, кг/м <sup>3</sup> , не более	860	840	830

Соответствие марок отечественных и зарубежных дизельных топлив приведено в таблице 5.

**Таблица 5**

**Соответствие марок отечественных и зарубежных дизельных топлив**

Маркаотечественного топлива, ГОСТ 305-82	Зарубежноетопливо		
	Марка	Спецификация	Страна
Л (дизельноелетнее)	Л	БДС 8884-82	Болгария
	2D	ASTM 975-81	США
	-	DIN 51603-81	Германия
	N <sup>0</sup> 3	JIS K 2204-83	Япония
З (дизельноезимнее)	1D	ASTM 975-81	США
	Special	JIS K 2204-83	Япония
	ТУР А	CAN-2-3.6-M-83	Канада
А (дизельноеарктическое)	Z50	PN 67/C-96048	Польша
	ТУР АА	CAN-2-3.6-M-83	Канада

В России дизельные топлива для многооборотных двигателей выпускаются по ГОСТ 305-82 трех марок:

-Л (летнее), используемое при температуре окружающей среды 0°С и

выше;

-З(зимнее) двух сортов, используемое при  $-20^{\circ}\text{C}$  и выше с температурой застывания не выше  $-35^{\circ}\text{C}$ , а также используемое при  $-30^{\circ}\text{C}$  и выше с температурой застывания не выше  $-45^{\circ}\text{C}$ ;

-А (арктическое), для эксплуатации при температурах  $-50^{\circ}\text{C}$  и выше.

По содержанию серы топлива выпускаются двух групп:

1 группа – не более 0,2%;

2 группа – не более 0,5% (для арктического топлива не более 0,4%).

В обозначение летнего топлива входят массовая доля серы и температура вспышки (например, Л – 0,2 – 40 или Л – 0,5 – 40). Обозначение зимнего топлива входят доля серы и температура застывания (например, З– 0,2 – 35 или З – 0,5 – 35). В обозначение арктических топлив входит только доля серы (например, А – 0,2 или А – 0,4).

Основной проблемой выпускаемых в России по ГОСТ 305-82 дизельных топлив является высокое содержание серы, повышающее токсичность выхлопных газов автомобилей. Требования отечественного и зарубежных стандартов к содержанию серы в дизельных топливах указаны в таблице 6.

**Таблица 6**

**Требования отечественного и зарубежных стандартов  
к содержанию серы в дизельных топливах**

Стандарт	Содержание серы в топливе, % (не более)
ГОСТ 305-82	0,2-0,5
Действующая европейская норма EN-590	0,05
Перспективные требования Европейского экономического (ЕЭС)	0,035
Перспективные требования Европейской ассоциации автомобильных компаний	0,003

Из таблицы следует, что требование действующей европейской нормы

(EN-590) отечественные дизельные топлива превышают в 4-10 раз.

Для устранения этого недостатка в России предусмотрен выпуск экологически чистых дизельных топлив ДЭК-Л (вместо Л) и ДЭК-З (вместо З) с содержанием серы не более 0,05%. Индексы ЭК означают, что топливо по содержанию в нем серы удовлетворяет действующей европейской экологической норме.

### **1.1.3. Газообразные топлива**

Горючие газы, применяемые в качестве топлив в двигателях внутреннего сгорания, в зависимости от физического состояния делят на две группы: сжатые и сжиженные [6].

По способу получения горючие газы делятся на естественные, добываемые из газовых месторождений (природный газ) и выходящие из нефтяных скважин (попутные нефтяные газы) и искусственные, получаемые при переработке нефти или газификации твердого топлива.

Горючие газы являются благородным видом топлива, обеспечивающим высококачественное сгорание в двигателях автомобилей, снижение токсичности выхлопных газов и шума. При применении газообразного топлива вместо бензина или дизельного топлива прежде всего улучшается экология автомобилей. Токсичность выхлопных газов снижается по окиси углерода в 3-4 раза, по окислам азота 1,2-2 раза, по углеводородам в 1,2-1,4 и более раз. Это позволяет выполнить или существенно приблизиться к выполнению целого ряда действующих европейских экологических норм (EN 228, EN 590, «Евро-1», «Евро-2»), а также вводимых с октября 2000г. «Евро-3» и с 2005г. «Евро-4».

При применении газообразного топлива улучшаются важные технические характеристики автомобилей в т.ч.:

- надежность и моторный ресурс двигателей возрастает на 30-50%;
- срок службы моторного масла увеличивается в 2-3 раза;
- межремонтные пробеги увеличиваются в 1,4-1,5 раза.

В качестве отрицательных характеристик при использовании в

автомобилях газообразного топлива можно отметить снижение динамических качеств автомобилей на 5-8% и повышение трудоемкости технических обслуживаний и ремонтов на 3-5%.

Основными оценочными характеристиками горючих газов являются:

*-октановое число.* Характеризует антидетонационные свойства. Газообразные топлива имеют октановые числа 90-125, т.е. более высокие, чем автомобильные бензины и обеспечивают мягкую работу двигателей;

*-температура воспламенения.* Для горючих газов высокая ( $470^{\circ}\text{C}$ ), они требуют в двигателе зажигания от постороннего источника (электрической искры или запального дизельного топлива);

*-теплота сгорания.* Для природного, нефтяного и канализационного газов составляет 6000-9000 ккал/м<sup>3</sup>, т.е. практически равна теплоте сгорания жидких топлив;

*-содержание влаги в газе.* Ухудшает процесс сгорания, вызывает коррозию металлических поверхностей, выводит из строя запальные свечи.

Пары влаги из горючего газа должны удаляться. Самый газифицированный автомобильный транспорт в мире имеет на 2000г. Аргентина, затем Италия. Россия занимает пятое место, автомобилей на газе у нас в 13 раз меньше, чем в Аргентине. Целый ряд фирм в России осуществляет модернизацию автомобилей под газовое топливо. Схемы модернизации двигательных установок различных автомобилей под газовое топливо приведены в [6].

### **Сжатые газы**

В качестве топлива используется, в основном, сжатый природный газ, так называемый компримированный природный газ (КПГ), закачанный в баллоны емкостью 50л под давлением 20 МПа (200 кг/см<sup>2</sup>). Этот газ фактически не содержит серы и состоит на 90-98% из метана, самого высококачественного с точки зрения горения и нетоксичного газа.

КПГ в 2-4 раза дешевле бензина. Переоборудование автомобиля под природный газ стоит около 3,5-3,8 млн. сумм (360-380 \$ США). Для заправки

автомобилей используют 2 марки сжатых газов А и Б, различаемых содержанием метана и азота.

Приоритет использования природного газа в качестве наиболее перспективного в экологическом отношении и экономичного моторного топлива устанавливает принятый в конце 1999г. закон «Об использовании природного газа в качестве моторного топлива». Большие запасы природного газа сосредоточено в Узбекистане. Наше государство экспортирует природный газ в сопредельные государства, в частности Россию и Китай.

Специалисты многих стран уже осознали, что в связи с истощением мировых запасов нефти неизбежно «эпоха нефти» сменится «эпохой метана».

### **Сжиженные газы**

Сжиженный газ получают при давлении 0,1-0,7 МПа практически при нормальной температуре из нефтяных газов. В основном это смесь пропана  $C_3H_8$  и бутана  $C_4H_{10}$ . В составе нефтяных газов месторождений Узбекистана и стран СНГ содержание пропана и бутана колеблется соответственно в пределах 2-20% и 1-17%, т.е. в жидкое топливо переводится 5-30% нефтяного газа.

Хранится сжиженный газ обычно в баллонах емкостью 250л при рабочем давлении 1,6 МПа. Автомобили на сжиженном газе могут эксплуатироваться круглосуточно на всей территории Узбекистана. Заправка осуществляется на станциях. Одна станция за сутки обычно может обслужить 100-150 автомобилей. Выпускаются сжиженные газы 2 марок: СПБТЗ – смесь пропана и бутана техническая зимняя; СПБТЛ - смесь пропана и бутана техническая летняя.

Сжиженный газ имеет такие недостатки как ядовитость, большое содержание серы и неприятный запах из-за использования в качестве добавки сильно пахнущего вещества (одоранта) для обнаружения утечек газа. Кроме того, сжиженный газ ограничен по ресурсам, при сокращении добычи нефти. Транспортировка сжиженного газа осуществляется в автомобильных и железнодорожных цистернах при давлении 1,4-1,8 МПа. Важный показатель –



удельная масса сжиженных газов (для оценки заполнения баллонов) составляет при  $t=15^\circ$  для пропана 0,509 кг/л, бутана 0,585 кг/л.

Важным показателем, определяющим конструкцию топливной системы двигателя, является давление насыщенных паров жидкого газа при различных температурах. Для пропана и бутана эти давления составляют, МПа:

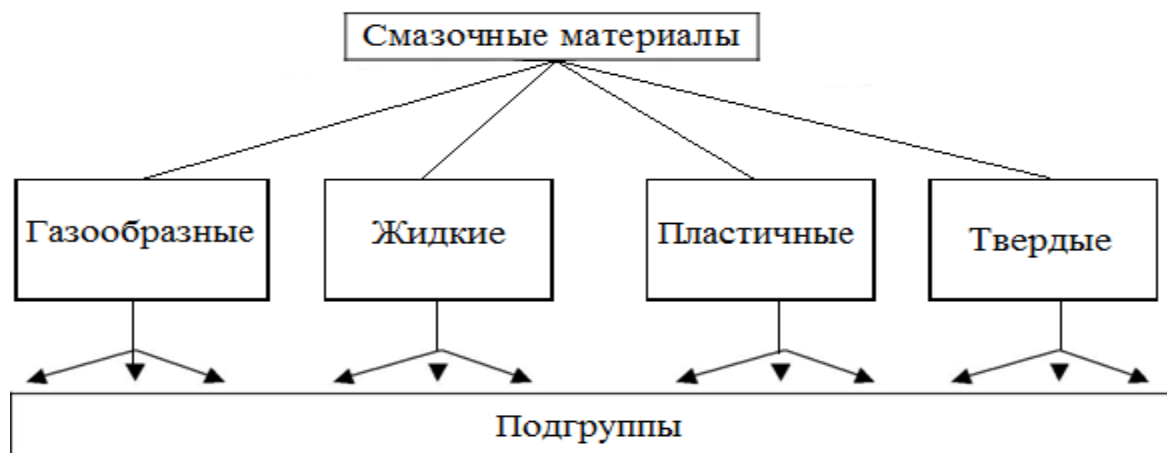
Температура, °С						
Газ	-50	-20	0	20	50	70
Пропан	0,08	0,27	0,43	0,85	1,8	2,7
Бутан	0,01	0,045	0,096	0,21	0,51	0,81

## 1.2. Смазочные материалы

### 1.2.1. Общая классификация

Функции смазочных материалов, применяемых в технике многообразны. Это сокращение затрат энергии на трение, уменьшение скорости изнашивания трущихся деталей, охлаждение деталей, защита от коррозии, уплотнение деталей, удаление абразива и электроизоляция.

Все смазочные материалы подразделяются на четыре группы – газообразные, жидкие, пластичные и твердые с последующим подразделением каждой группы на подгруппы (рис. 1).



**Рис. 1. Общая классификация смазочных материалов**

При эксплуатации автомобилей в основном используется подгруппа антифрикционных материалов жидкой группы (моторные, трансмиссионные, гидравлические масла), а также подгруппы 00, 0, 1, 2 и 3 из группы пластичных смазок. Эти подгруппы и рассмотрены в настоящем пособии.

### **1.2.2. Моторные масла**

Моторные масла предназначены прежде всего для смазывания поршневых двигателей внутреннего сгорания автомобилей и тракторов[7].

Для целого ряда автомобилей моторные масла используются также и в коробках передач.

Многообразие типов, конструкций двигателей, условий их работы, применяемых топлив предопределяет необходимость применения для смазывания моторных масел с существенно отличающимися свойствами.

Технология изготовления масел включает приготовление основы (базового масла), в которую добавляются легирующие присадки.

Основа минеральных и полусинтетических масел изготавливается из нефти путем ее очистки. Основа синтетических масел изготавливается искусственным путем (синтезированием). Добавляемые в моторные масла легирующие присадки можно условно разделить на следующие группы:

- энергосберегающие;
- вязкостные;
- противоокислительные;
- противокоррозионные;
- моющие;
- температурные;
- маслянистые;
- противопенные;
- многофункциональные.

Моторные масла можно условно разделить на следующие группы. Минеральные и полусинтетические масла – основные эксплуатационные масла

для летних и зимних условий, составляющие по объему около 75% всего выпуска моторных масел.

Синтетические масла, примерно 25% всего объема выпуска моторных масел, используются для эксплуатации автомобилей в очень холодных (арктических) и очень жарких (тропических) условиях.

Универсальные масла, используются на бензиновых и дизельных поршневых двигателях. Не универсальные- только для бензиновых или только дизельных двигателей. Всесезонные масла для летних и зимних условий эксплуатации. Летние масла (для условий эксплуатации в летнее время).

В России моторные масла нормируются по ГОСТ 17479.1-85. Нормирование включает вязкость и применимость масел.

Обозначаются моторные масла первой буквой М. Вязкость (кинематическая вязкость) является важным показателем масла, она измеряется в  $\text{мм}^2/\text{с}$  (сантистоксах). Вязкость 1  $\text{мм}^2/\text{с}$  имеет дистиллированная вода при температуре  $+20^\circ\text{C}$ .

По кинематической вязкости моторные масла ГОСТ 17479.1-85 делит на 12 групп, обозначаемых индексами вязкости. Из них 8 групп (индексы 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24) - это основная (горячая) вязкость, измеряемая при температуре  $+100^\circ\text{C}$ . 4 группы - это дополнительная (холодная) вязкость (индексы 3<sub>з</sub>, 4<sub>з</sub>, 5<sub>з</sub>, 6<sub>з</sub>), измеряемая при температуре  $-18^\circ\text{C}$ . Например, в марке масла М-4<sub>з</sub>/10В<sub>1</sub> индекс 4<sub>з</sub> означает, что холодная вязкость масла не более 2600  $\text{мм}^2/\text{с}$ , а индекс 10 означает величину горячей вязкости 9,5-11,5  $\text{мм}^2/\text{с}$ . Для измерения вязкости используются приборы, называемые вискозиметрами В России наиболее часто используется вискозиметр Пинкевича (ВПЖТ-4).

Конструкции вискозиметров различных типов приведены в [8]. Вискозиметры обычно представляют U-образную стеклянную трубку с расширенными концами (емкостями). Между емкостями впаяна капиллярная трубка. Вязкость масла определяется временем перетекания порции масла из одной емкости в другую.

По применимости моторные масла делятся на 6 групп (А, Б, В, Г, Д, Е). А

и Б группы масел с малым количеством присадок, уже не выпускаются. Современные масла для автомобилей - это группы Г и Д. Группа Е - это масла – для судовых дизелей. Цифра 1 около группы означает, что масло идет на бензиновый двигатель, 2 – на дизельный двигатель, отсутствие индекса указывает на универсальное масло.

В США и Западной Европе по вязкости и применимости моторные масла нормируются разными стандартами.

По вязкости масло нормируется стандартом SAE (стандарт общества инженеров - автомобилистов), всего 11 групп масел. Из них 5 групп - это основная (горячая) вязкость, измеряемая при температуре +100°С, а также 6 групп - дополнительная (холодная) вязкость, измеряемая при температуре от – 40°С до –15°С. Вязкости масел по стандарту SAE и ГОСТ 17479.1-85 согласуются следующим образом (табл. 7).

**Таблица 7**

**Соответствие вязкости масел по различным стандартам**

Основная (горячая) вязкость		Дополнительная (холодная) вязкость	
ГОСТ 17479.1-85	SAE	ГОСТ 17479.1-85	SAE
6,8	20	-	0W
10,12	30	33	5W
14,16	40	43	10W
20	50	53	15W
24	60	63	20W
		-	25W

В обозначении марки зарубежного масла холодная и горячая вязкость обозначаются через черту, например, SAE 5W-30, SAE 15W-50 и т.д.

В США и других странах применимость моторных масел нормируется

стандартом API, разделяющим масла на 9 групп для бензиновых двигателей (SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH, SJ) и на 9 групп для дизельных двигателей (CA, CB, CC, CD, CD-II, CF, CF-4, CF-2, CG-4). Практически первые 6 групп для бензиновых и 5 групп для дизельных двигателей уже не выпускаются, это старые низкокачественные масла. Универсальное масло по классификации API обозначается через дробь, например, APISH/CF, APISJ/CG-4 и т.д. Стандарт API подразделяет также моторные масла на 2 группы по энергосберегающим свойствам. Наличие энергосберегающих свойств указывается в товарном знаке API. Применение таких масел позволяет экономить до 3% топлива. Современная классификация API моторных масел представлена в таблице 8.

**Таблица 8**

**Современная классификация моторных масел по стандарту API**

Категория и класс по API	Область и условия применения масел
SG	Для бензиновых двигателей автомобилей выпуска 1989-94гг. и ранее
SH	Для бензиновых двигателей автомобилей выпуска 1994-97 гг. и ранее, заменяют масла класса SG
SJ	Для бензиновых двигателей автомобилей выпуска 1997г. и ранее. Введены дополнительные требования относительно расхода масла в двигателе, энергосберегающих свойств и способности выдерживать нагрев, не образуя отложений.
CF	Для дизелей автомобилей, работающих на топливе с повышенным содержанием серы(до 0,5%)
CF-4	Для 4-тактных дизелей грузовых автомобилей выпуска с 1990г., имеют лучшие моющие свойства, чем масла CF

CF-2	Для 2-тактных дизелей грузовых автомобилей. Заменяют масла CD-II. Имеют лучшие моющие и противоизносные свойства
CG-4	Для 4-тактных дизелей грузовых автомобилей, выполняющих нормы по токсичности выхлопа, установленные в США с 1994г. Заменяют масла CF-4 в ранее выпущенных двигателях. Имеют лучшие моющие, противоизносные, антикоррозионные свойства и меньшую вспениваемость

Применимость масел в Западной Европе классифицируется по стандарту ACEA. Этот стандарт делит масла на 12 групп. Группы A1, A2, A3, A4 – масла для легковых автомобилей и микроавтобусов с бензиновыми двигателями. Группы B1, B2, B3, B4 – масла для легковых автомобилей и микроавтобусов с дизельными двигателями. Группы E1, E2, E3, E4 – для дизельных двигателей тяжелых грузовиков.

Последние группы A4, B4 и E4 – это долго работающие масла выпуска с 1998г., обеспечивающие на автомобилях новейших моделей самые современные уровни требований, улучшение экологии выхлопных газов, и обеспечение экологических норм Евро-1 и Евро-2. Универсальные масла по классификации ACEA обозначаются через косую черту, например, ACEA A3/B3/E3-96, ACEA A4/B4-98 и т.д.

В США и Японии широко используется классификация моторных масел по стандарту ILSAC. В эту классификацию входят масла для автомобилей с 4-тактными бензиновыми двигателями, выпускаемыми фирмами США и Японии. Всего в этой классификации две марки масел: CF-1 (соответствует SHc холодной вязкостью в пределах 0W-10W); CF-2 (соответствует SJc холодной вязкостью в пределах 0W-10W).

Рассмотренные выше четыре зарубежных стандарта по моторным маслам SAE, API, ACEA, ILSAC являются основными и общепринятыми во всем мире. Остальные встречающиеся в литературе стандарты по моторным маслам носят

частный характер, относятся к отдельным фирмам или ведомствам. Наиболее известными зарубежными производителями масел для автомобилей являются фирмы – Castrol, Shell, Esso, Fuchs, Texaco, Neste, Valvoline, Motuli др.

Эти фирмы производят большое разнообразие высококачественных моторных масел для всех типов автомобильных двигателей. В настоящее время для транспортных средств, эксплуатируемых в густонаселенных городах, фирмой Fuchs (Германия) выпускается экологически безопасное биоразлагаемое моторное масло «Plantomot 5W-40» (серия «Planto»).

Некоторые отечественные фирмы – производители моторных масел для автомобилей - приведены в таблице 9.

**Таблица 9**

**Отечественные фирмы-производители моторных масел**

Фирма	Торговая марка, маркировка по ГОСТ 17479.1-85, SAE	Класс по API
НК «Лукойл»	Лукойл-супер Лукойл (синтетическое)	SF-4/SG SJ/CF
	Лукойл-люкс Лукойл-авангард	SJ/CF CG-4
НПФ «Спектр-Авто», г. Москва	Спектрол (синтетическое, полусинтетическое, минеральное) SW-40, 5W-30, 10W-40, 15W-30, 15W-40, 15W-50, 20W-40	SJ/ SF-4 SF/CC
АО «Ангарская нефтяная компания», г. Ангарск	Ангрол, М-53/12Г	SF/CC
АО «Ярославоргсинтез», г. Ярославль	Яр-Марка, М-63/14Г, М-10Г (И), М-8В	SF/CC SD/CD
Рязанский НПЗ	Рексол, М-43/12Г	SF/CC
НПЗ, г. Волгоград	Gastrol GTX, 15W-30 Волнез, 10W-30, 15W-40	SF/CC

Уфанефтехим	Уфалюб., 15W-40, 10W-40, 10W-30, 20W-40	SF/CC
НПЗ, Кстово	НОРСИ-101, 10W-30, 10W-40, 15W-40	SF/CC
АО «Красный нефтяник», г. Санкт-Петербург	М-63/12Г, М-53/12Г	SF/CC

Можно видеть, что в настоящее время масла современного уровня в России производятся несколькими предприятиями. Например, НК «Лукойл», минеральные масла «Лукойл-люкс» (APISJ/CF) и «Лукойл-авангард» (APICG-4), соответствующие современным требованиям. Предприятие «Спектр-Авто» (Россия), выпускает гамму синтетических, полусинтетических и минеральных масел «Спектрол», некоторые из которых соответствуют современному уровню требований. Моторные масла являются дорогостоящим эксплуатационным материалом, стоимость 1л зарубежного масла достигает 13-15\$ США.

Качество масел при эксплуатации подвергается проверке.

Непригодным к эксплуатации масло делают следующие отклонения от нормы: снижение вязкости или температуры вспышки на 20% и более; кислотное число превышает предельные значения; содержание механических примесей превышает 1%, воды 0,5%, топлива 3%.

В практике эксплуатации используются следующие способы очистки и восстановления (регенерации) масел:

-отстаивание в цистерне с подогревом в течение 25-30 часов и дальнейшей выдержкой еще 2-3 суток;

-сепарация (центробежная). Эффективный способ очистки, при этом наилучшие показатели при использовании загрузки сепаратора на 30-35% от номинальной часовой производительности;

-фильтрация через фильтры поверхностно - адсорбирующего типа с



тонкостью до 1-5 мкм.

Однако полное восстановление первоначальных свойств моторных масел невозможно, эти масла содержат присадки, которые срабатываются в процессе эксплуатации масел в двигателях.

### **1.2.3. Трансмиссионные масла**

Трансмиссионные масла применяют в коробках передач, раздаточных коробках, механизмах рулевого управления и др. Основные требования к этим маслам следующие:

- уменьшение износов деталей и сил трения;
- отвод тепла и удаление продуктов износа;
- защита от коррозии;
- снижение ударных нагрузок, вибрации, шума;
- уплотнение зазоров между поверхностями трения.

Следует отметить, что в автоматических коробках передач, в связи с очень высокими требованиями к свойствам масел, нередко используют специальные масла. Они выпускаются под особыми индексами, наиболее распространенные из которых – TypeF, DEXRON, MERCON и др.

Меняют трансмиссионные масла через 75-400 тыс. км пробега, или, если автомобиль эксплуатируется нерегулярно, через 3-7 лет независимо от пробега.

Трансмиссионные масла имеют минеральную и синтетическую основу. Применение синтетических трансмиссионных масел в настоящее время возрастает.

Для придания маслам функциональных и специфических свойств в основу вводят различные присадки – противозадирные, загущающие, противокоррозионные и т.д. При оценке качества трансмиссионных масел основное внимание уделяется их высокотемпературным свойствам.

В России трансмиссионные масла классифицируются по ГОСТ 17479.2-85, который подразделяет масла на 6 групп по вязкости и на 5 групп по эксплуатационным свойствам и обозначается ТМ(табл. 10 и 11).

**Таблица 10****Классификация трансмиссионных масел по вязкости**

Стандарт	Индексы вязкости					
	6	9	12	18	34	43
ГОСТ 17479.2-85						
SAE	70W	75W	80W/85 W	90	140	250
Рабочая температура, °C	-65...+15	60...+25	-50...+30	-35...+35	-20...+45	-5...+55
Сорт масла	Арктический	Зимний		Всесезонный		Летний

При обозначении масла сначала пишется группа по эксплуатационным свойствам и затем индекс вязкости, например, ТМ-3-18, ТМ-4-34 и т.д. Чем больше индекс вязкости, тем гуще масло. Группа ТМ-1 в настоящее время практически не выпускается (старые масла с низким уровнем эксплуатационных свойств).

Международная классификация SAE (табл.10) по вязкости делит масла на 7 групп, из них 4 зимних (индекс W) и 3 летних. Всесезонные масла имеют двойную маркировку, например, SAE 75W-90, SAE 85W-140 и т.д. Международная классификация API предусматривает деление масел на 6 групп(табл.11) по уровню эксплуатационных свойств (тип передачи, рабочая температура, удельные контактные нагрузки).

**Таблица 11****Классификация трансмиссионных масел по уровню эксплуатационных свойств**

Группа		Тип передачи, допустимая температура, °C и контактные давления, МПа
ГОСТ 17479.2-85	API	

ТМ-1	GL-1	Цилиндрические и конические. 90°С. 1600 МПа
ТМ-2	GL-2	Цилиндрические, конические, спирально-конические. 120°С. 2100 МПа
ТМ-3	GL-3	Спирально-конические. 120°С. 2300 МПа
ТМ-4	GL-4	Гипоидные. 150°С. 2500 МПа
ТМ-5	GL-5	Гипоидные. 150°С. 3000 МПа
-	GL-6	Гипоидные. 200°С. 4000 МПа

Давление в зонах контакта цилиндрических, конических и червячных передач может составлять 500-2000 МПа, в гипоидных – до 4000 МПа. Рабочая температура масла в агрегатах трансмиссий может достигать 200°С, а в точках контакта зубьев может иметь место кратко временный перегрев до 300°С. Основные характеристики отечественных трансмиссионных масел, широко используемых в автомобилях, приведены в таблице 12.

**Таблица12**

**Основные характеристики трансмиссионных масел**

Показатель	Марка масла					
	Тэп-15(ТМ-2-18)**	ТСп-10*(ТМ-3-9)	3-9 гип – 3)	ТАД-17и(ТМ-3-18)	ТСп-15*(ТМ-3-18)	ТАп-15В*(ТМ-3-18)
Вязкость кинематическая при 100°С, мм <sup>2</sup> /с, не менее	15,0±1	10,0	9,0	17,5	16	15,0±1
Индекс вязкости, не менее	-	95	140	100	90	-
Содержание, %, не более: механических примесей	0,03	0,02	0,05	-	0,01	0,03
воды	Следы					

Температура, °С: застывания, не выше	-18	-40	-50	-25	-25	-20
вспышки в открытом тигле, не ниже	185	130	160	200	185	185
Испытания на коррозию пластинок из стали и меди	Выдерживает					
Из*** не менее	-	48	50	58	55	50
Ди**** (при 20°С, 1ч, нагрузке 392Н), мм	0,55	0,40	0,90	0,40	0,50	-

\*Допускается применение смесей трансмиссионных масел ТАп-15В, ТСП-15к при температуре ниже -30°С и ТСП-10 при температуре ниже -45°С с зимним (арктическим) дизельным топливом (15...18%) для улучшения низкотемпературных свойств этих масел

\*\*В скобках указаны обозначения по ГОСТ 17479.2-85, без скобок обозначения фирмы-производителя масла.

\*\*\*Из – индекс задира. Характеризует противозадирные свойства масел.

\*\*\*\*Ди – диаметр пятна износа. Характеризует противоизносные свойства масел.

#### 1.2.4. Масла для гидравлических систем

Эти масла работают в автомобильных системах, в механизмах передачи мощности, в приводах различных гидравлических агрегатов грузовых автомобилях, автобусах, строительных машинах (механизмы подъема кузовов и платформ грузовых автомобилей, ковш экскаваторов и т.д., включающих гидроцилиндры, насосы, системы гидроприводов, клапаны, масляные баки и т.д.).

Основными требованиями к этим маслам являются следующие:

- высокая температура кипения и отсутствие вспенивания;

- хорошие вязкостно-температурные свойства, физическая и химическая стабильность.

В России эти масла классифицируются ГОСТ 17479.3-85 и обозначаются буквами МГ. По эксплуатационным свойствам масла подразделяются на четыре группы А, Б, В, В+. По вязкости используемые в автомобилях масла подразделяются на 10 групп -5,7,10,15,22,32,46,68,100,150. В марке масла указывается обозначение масла, вязкость и группа, например, МГ-15Б, МГ-22А

и т.д. Масла выпускаются, в основном, на минеральной основе.

Международная классификация гидравлических автомобильных масел производится по ISO 6074. Эта классификация подразделяет автомобильные масла также на четыре группы по эксплуатационным свойствам – НН, НЛ, НМ, НV и на 10 групп по вязкости. Соответствие отечественных и зарубежных групп гидравлических масел приведено в таблице 13.

**Таблица 13**

**Группы гидравлических масел по отечественной и зарубежной классификации**

ГОСТ17479.3-85	ISO6074	Применение масла, присадка, максимальное давление(МПа) и температура (°С) в системе
А	НН	Для систем с шестеренчатыми и поршневыми насосами. Без присадок. До давления 15 МПа и температуры 80°С
Б	НЛ	Для систем с насосами всех типов. Антиокислительные присадки. До давлений 25 МПа и температур 80°С
В	НМ	Для систем с насосами всех типов. Антиокислительные и противоизносные присадки. До давлений 25 МПа и температур 90°С
В+	НV	Для систем с насосами всех типов. Антиокислительные, противоизносные, загущающие присадки. До давлений 25 МПа и температур 90°С

Наиболее широко распространенные отечественные масла и их зарубежные аналоги для использования в автомобилях приведены в таблице 14.

Серьезной проблемой этих масел и жидкостей является их экологическая чистота, при эксплуатации автомобилей возможны их сливы в окружающую среду. Санитарные службы контролируют сливы и требуют их утилизации.

Таблица 14

## Аналоги отечественных и зарубежных гидравлических масел

Отечественный материал	Зарубежный материал	
	Классификация	Фирма, марка
АУП (МГ-22Б)* ТУ 38.1011258-89	ISO 6074	Shell, Tellus C22 Mobil, DTE 13
МГЕ-10А (МГ-15Б) ОСТ 3801281-82	ISO 6074 HV-15	Shell, AeroShell fluid 41.4 Mobil, Aero HFC
ВМГЗ (МГ-15В) ТУ 38.101479-86	ISO 6074 HV-15	Shell, Tellus T15 Mobil, DTE 11
МГ-30 (МГ-46Б) ТУ 38 101719-78	-	Shell, Tellus C46 BP, Energol HLR 46
Р (МГ-22В) ОСТ 38.01434-87	ISO 6074 HM-22	Shell, Tellus 22Caltex, Rando HD 22
АУ (МГ-22А) ТУ 38.1011232-89	ISO 6074 HN-22	Shell, Tellus C22BP, Energol HLR 22

\*В скобках дано обозначение по ГОСТ 17479.3-85. В настоящее время в РФ допущено к применению трансмиссионно-гидравлическое масло ТГМ производства АО «Ярославнефтеоргсинтез».

Зарубежными фирмами разрабатываются экологически безопасные масла для гидросистем автомобилей. Такие биоразлагаемые масла (серия PLANTO), получившие экологический знак «Голубой Ангел», разработаны и выпускаются крупнейшим мировым производителем смазочных материалов германской фирмой «Fuchs». Например, всесезонные масла «Plantosyn 3268 ECO» с вязкостью 32, 46 и 68 по ISO.

### 1.2.5. Пластичные смазки

Пластичные смазки (ранее их называли тавотами и консистентными смазками) применяются в автомобилях для смазывания таких узлов как ступицы колес, карданные шарниры, рессоры, водяные насосы, шкворни передних подвесок, соединения рулевого управления и трансмиссий и т. д. Эти смазки занимают промежуточное положение между жидкими маслами и твердыми смазочными материалами. Специфика их применения следующая:

- пригодность для смазывания сильно изношенных пар трения;
- возможность использования в негерметизированных и даже в открытых узлах;
- способность прочно держаться на смазываемых поверхностях;
- очень длительные сроки эксплуатации и хранения.

Пластичные смазки получают добавлением в минеральную или синтетическую масляную основу 5-30% различных загустителей, под действием которых масло становится мазеподобным.

В качестве загустителей используют металлосодержащие мыла (кальциевые, натриевые, литиевые, алюминиевые), углеводороды (парафин, церезин и др.), неорганические соединения (глины, силикагели).

Наиболее распространены следующие пластичные смазки:

- *солидолы*– наиболее дешевые смазки, полученные загущением промышленных минеральных масел кальциевыми мылами, для рабочих температур до 50-65°C;
- *литолы*– универсальные высокотемпературные смазки, полученные загущением нефтяных и синтетических масел литиевыми мылами;
- *консталины*– получены загущением минеральных масел натриевыми мылами, для рабочих температур от –10°C до 120°C. Наиболее важные показатели пластичных смазок следующие:
  - *температура каплепадения*– условный критерий начала плавления (минимальная температура падения первой капли в

капсулетермометра);

- *пенетрация*(число пенетрации) – показатель густоты смазки - определяется по величине проникновения в смазку стандартного конуса под действием собственного веса на приборах пенетрометрах.

Международная классификация NLGI пластичных смазок по консистенции (густоте) основана на числах пенетрации и имеет вид, таблице 15.

**Таблица 15**

**Международная классификация NLGI пластичных смазок по консистенции (густоте)**

Класс консистенции	Диапазон пенетрации, мм·10 <sup>-1</sup>	Визуальная оценка консистенции
000	445-475	Очень мягкая, как мягкое масло
00	400-430	Очень мягкая
0	355-385	Мягкая
1	310-340	Мягкая
2	265-295	Вазелинообразная
3	220-250	Почти твердая
4	175-205	Твердая
5	130-160	Твердая
6	85-115	Очень твердая, мылообразная

Большинство автомобильных пластичных смазок имеет по NLGI классы от 00 до 3. Отечественная классификация пластичных смазок по ГОСТ 23258-78 разделяет их на четыре группы: антифрикционные, консервационные, уплотнительные, канатные.



В автомобилях, в основном, используются антифрикционные смазки. По ГОСТ 23258-78 в название смазки входит загуститель, обозначаемый двумя буквами –**Ка** (кальциевый), **Ли**(литиевый), **На**(натриевый). Кроме того, входит буквенный индекс назначения смазки:**С**– общего назначения, **О**- для повышенных температур, **М**– многоцелевые, **Ж**– термостойкие, **Н**– морозостойкие, **И**–противо износные, химически стойкие и т.д.

Важным свойством пластичных смазок является вязкость, т.е. свойство противостоять перемещению частиц смазки под влиянием воздействующей на нее силы. Вязкость пластичных смазок определяют при помощи автоматических капиллярных вискозиметров, например, типа АКВ [8]. Суть испытания заключается в проталкивании смазки под определенным давлением через капиллярную трубку и замере напряжения и деформации сдвига слоев смазки.

Вязкость пластичных смазок нормируется при температуре +40°С и составляет для основной массы используемых в автомобилях смазок 200-600 мм<sup>2</sup>/с (сантистокс).

Некоторые широко используемые в автомобилях пластичные смазки и их зарубежные аналоги приведены в таблицах 16 и 17.

Таблица 16

Соответствие марок отечественных и зарубежных пластичных смазок

Отечественное масло	Зарубежное масло фирм			
	Shell	Mobil	BP	Exxon
Солидол С ГОСТ 4366-76	Uneda 2,3; Livona 3	Mobilgrease AA 2 Greasrex D60	Entrgrease C2, C3; Entrgrease GP2, GP3	Chassis XX; Cazar K2
Пресс-солидол С ГОСТ 4366-76	Uneda I; Retinax C	Mobilgrease AA 1	Entrgrease C1, C3;	Chassis L,H; Cazar K1

Графитная Усса ГОСТ 3333-80	Barbatia 2,3,4	Grarhited N <sub>03</sub>	Entrgrease C-3G; Entrgrease GP-2G	Van Estan 2
Литол-24 ГОСТ 21150-87	Alvania R3 Ceprina RA	Mobilux 3	Entrgrease L2; Multipurpose	Beacon 3
Фиол-2М ТУ38-101233-75	Retinax AM	Litnium Special	Entrgrease L21-M	Beacon Q2
ЦИАТИМ-221 ГОСТ 94433-80	Aeroshell 22C	Mobilgrease 28	-	Araren BC 290
Лита ТУ 38,101808- 90	Band B	Mobilgrease BRB Zero	Entrgrease LC	Lotemp Moly
Зимол ТУ 38,201285- 82 № 158 ТУ 38,101320-77	Aeroshell 6  Retinax J	Mobilgrease BRB Zero Litnium Special	Entrgrease LT2  Entrgrease L2-M	Beacon
ШРУС ТУ 38.201312-81	Alvania 2c MoS <sub>2</sub>	Mobilgrease Special	Entrgrease L21-M	Nebula EP2

Таблица 17

**Характеристики основных отечественных пластичных смазок,  
применяемых для автомобилей**

Цвет	От светло-коричневого до темно-коричневого		Черный с серебристы моттенком	Коричневый	Черный	Серебристо - черный	Светло - серый	Коричнево - желтый	От светло – коричневого до желто коричневого	Синий
	2	1								
Классконсистенции	2	1	2	3	1	2	2	2	3	2
Температурныйинтервалпри менения, °С	-30... +65	-30...+50	-20...+70	-40...+120	-40...+120	-40...+120	-60...+150	-50...+100	-50...+130	-30...+100
Коллоидная стабильность, %, выделенного масла, не более	5	10	5	12	2	16	7	20	20	23
Испаряемость за 1 ч при 100°С, %	3	3	4	3(120°С)	10(150°С)	4	2	2	0...2	0
Смываемость при 40°С за 6 ч, %.	1...5	10	3	0	0	3	0	1...5	3...4	25
Рекомендуемыйсрохранени я, г.	5	2	10	10	8	5	5	5	5	5
Взаимозаменяемость	Литол-24	Литол-24	Солидол С+10% графита	Фиол-3, Литол-42РК	ВНИИНП 242,Лита	Фиол-2у	ВНИИНП 207	ЗимолЛита	Лита	ШРУС-4 Фиол-2у

### 1.3. Специальные жидкости

#### 1.3.1. Всесезонные жидкости для систем охлаждения двигателей

В осенне-зимний период при температуре окружающей среды ниже +8°C в системах охлаждения автомобильных двигателей обязательно должны использоваться низкотемпературные жидкости. Эти жидкости также могут использоваться и в летний период эксплуатации. Основные требования к этим жидкостям:

- низкая температура замерзания;
- антикоррозионные свойства к материалам системы охлаждения двигателей;
- инертность к резиновым деталям;
- отсутствие накипеотложений;
- низкое пенообразование.

Важным требованием является экологичность охлаждающих жидкостей.

Для ядовитых охлаждающих жидкостей проблема утилизации сливов существенно усложняет эксплуатацию автомобилей. Особенно это относится к большегрузным автосамосвалам, используемым как технологический транспорт в горнодобывающей промышленности.

Наибольшее распространение в странах независимых государств (СНГ) и в частности России получили тосолы и низкотемпературные жидкости (ОЖ) типа «Лена». Основные их характеристики приведены в таблице 18.

**Таблица 18**

#### Основные показатели отечественных жидкостей для системы охлаждения

Показатели	«Тосол» ТУ 6-02-751-86			«Лена» ТУ 113-07-02-88		
	АМ	А-40	А-65М	ОЖ-К	ОЖ-40	ОЖ-65
Цвет	Голубой		Красный	Желто-зеленый; жидкость без механических примесей;		

	допускается опалесценция					
	1120...1140	1075...1085	1085...1095	1120...1150	1075...1085	1085...1100
Плотность при 20°C, г/см <sup>3</sup>						
Температура начала кристаллизации, °C, не выше	-40	-65	-60	-40	-65	-60
Резерв щелочности, см <sup>3</sup> , не выше	10	10	10	10	10	10
Коррозионные потери металлов при испытаниях, мг, не более:						
меди	10	10	10	7	7	7
припоя	12	12	12	12	12	12
алюминия	20	20	20	10	10	10
чугуна	10	10	10	7	7	7
Состав охлаждающей жидкости, %:						
этиленгликоль	97	56	64	96	56	65
вода	3,0	44	36	3	44	35

Эти тосолы и жидкости представляют собой водные растворы антифризов «Тосол-АМ» и «ОЖ-К»- концентрированного этиленгликоля, содержащего противокоррозионные и антипенные присадки. Этиленгликоль – органическая бесцветная жидкость, химическая формула  $\text{CH}_2\text{-OH-CH}_2\text{-OH...}$ , хорошо перемешивается с водой, ядовита, огнеопасна. Для получения «Тосол-А40», «ОЖ-40», «ОЖ-65» и «Тосол-А65» в антифриз добавляется соответственно 44% и 35-36% дистиллированной или кипяченой воды.

При работе с концентратом и жидкостями на его основе необходимо

принимать меры предосторожности от попадания жидкости в органы пищеварения и на слизистые оболочки тела.

Показателем качества тосолов и ОЖ является их плотность, измеряемая при  $t=+20^{\circ}\text{C}$ . При выходе плотности за пределы, указанные в паспорте, тосолы и ОЖ к эксплуатации не пригодны.

За рубежом выпускается также целый ряд всепогодных жидкостей для систем охлаждения автомобильных двигателей на основе этиленгликоля. Некоторые из этих жидкостей приведены в таблице 19.

**Таблица 19**

**Зарубежные всепогодные жидкости для систем охлаждения авто  
двигателей**

Фирма	Марка жидкости	Температура начала кристаллизации, $^{\circ}\text{C}$ .
Castrol	Antifreeze NF	-40
Motul	Inugel 50	-35
Neste	Jäähdyt in Neste	-40
Texaco	Navoline	-40

В настоящее время в России и за рубежом выпускаются безопасные с экологической точки зрения тосолы и охлаждающие жидкости на базе неядовитого пропиленгликоля. Жидкостью такого типа является охлаждающая жидкость «Север» с температурой застывания  $-40^{\circ}\text{C}$ . Стоимость «Север» соответствует стоимости «Тосол А-40». Практически все эксплуатационные характеристики лучше, чем у тосолов.

Среди зарубежных экологически безопасных охлаждающих жидкостей можно отметить антифриз «Biojäähdytin Neste», выпускаемый фирмой «Neste». Этот антифриз подвергается быстрому экологическому разложению.

Проблему экологической безопасности решает также применение в системах охлаждения двигателей низкозамерзающих спирто-водо-глицериновых смесей следующего состава:

Содержание, %			Температура застывания, °С
Вода	Спирт (денатурат)	Глицерин	
60	30	10	-18
45	40	15	-28
43	42	15	-32

### 1.3.2. Летние жидкости для систем охлаждения двигателей

В летний период при температурах окружающей среды выше +8°C в системах охлаждения двигателей внутреннего сгорания может использоваться вода. Перед заливкой в систему охлаждения вода должна подвергаться специальной обработке – проходить водоподготовку.

Применение необработанной воды может вызвать интенсивные кавитационно-коррозионные разрушения полостей охлаждения и появление накипи, препятствующей правильному теплообмену, вызывающей перегревы и аварии двигателей. Такие случаи характерны для эксплуатации машин в жарких климатических регионах, имеющих жесткую воду.

Качество воды для системы охлаждения определяют следующие три показателя:

1. *Общее солесодержание* – суммарное содержание всех растворенных в воде минеральных веществ – не должно превышать 200-250 мг/литр.

2. *Жесткость воды* – содержание растворенных в ней солей кальция и магния – должна находиться в пределах 1-2 мг-экв/литр. 1 мг-экв/литр соответствует содержанию в 1 литре воды 12,2 мг солей магния или 20 мг солей кальция.

3. *Водородный показатель pH*, характеризующий кислотно-щелочную реакцию воды, должен находиться в пределах  $pH=7-8$ . При  $pH$  меньше 7 вода имеет кислую реакцию,  $pH=7$  – вода нейтральная,  $pH$  больше 7 – реакция воды щелочная. Для воды, заливаемой в систему охлаждения, предпочтительна

слабощелочная реакция.

Применять в системе охлаждения дистиллированную (очень мягкую) воду не рекомендуется. Такая вода интенсивно насыщается кислородом из воздуха и ускоряет коррозию деталей системы охлаждения.

Водоподготовка, т.е. получение воды с необходимыми характеристиками, включает следующие операции:

1. Кипячение воды в течение 30-40 минут с дальнейшим ее отстаиванием и фильтрацией через плотную ткань.

2. Химическая обработка воды путем добавления щелочей и фосфатов для выделения в осадок солей жесткости и умягчения воды.

3. Повышение жесткости воды (если вода слишком мягкая) путем смешения жесткой и мягкой воды.

4. Добавка специальных присадок для снижения кавитационно-коррозионных разрушений в полостях охлаждения двигателей.

В настоящее время фирмами выпускается и применяется в эксплуатации большое количество различных присадок к охлаждающей воде. Рабочая концентрация их в воде обычно составляет 0,2-1,0%.

Используются присадки двух типов: водоэмульсионные (водорастворимые масла), образующие на поверхности металлов масляную пленку, препятствующую разрушению деталей; химические, образующие на поверхности металлов тонкую и прочную оксидную пленку, защищающую детали от разрушений.

Среди отечественных водоэмульсионных присадок следует назвать две экологически безопасные. Присадку «Экстрол», применяемую в концентрации 0,1-0,3%. Присадку «ВНИИНП-117/Д», применяемую в концентрации 0,5%. Замена присадки через каждые 1000 часов работы автомобиля.

К зарубежным водоэмульсионным присадкам относятся: «Дромус Ойл»; «Донакс»; «Кортвелл-40»; «Солвак 1535» и др.



### 1.3.3. Тормозные жидкости

От технико-эксплуатационных качеств тормозных жидкостей зависит безопасность движения. К этим жидкостям предъявляются следующие основные требования:

- инертность к резиновым деталям;
- высокая температура кипения;
- хорошие смазывающие свойства;
- хорошие вязкостно-температурные свойства, физическая и химическая стабильность.

Первые два самых важных требования объясняются наличием в тормозной системе резиновых манжет, а также повышением температуры в тормозной системе летом до 140-150 °С.

На тормозные жидкости в настоящее время отсутствует единый государственный стандарт, эти жидкости не подлежат обязательной сертификации[7]. В связи с этим на рынке имеется большое количество низкокачественных жидкостей. Выбор тормозной жидкости для автомобиля является ответственной операцией.

Жидкости выпускаются на минеральной и синтетической основе. В большинстве случаев смешивать жидкости запрещается.

Среди отечественных тормозных жидкостей к применению можно рекомендовать как наиболее проверенные четыре следующие: «Нева»; «Томь»; «Роса»; «Росдот-4» (табл. 20).

Таблица 20

#### Основные характеристики тормозных жидкостей

Показатели	Нева ТУ6-01- 1163-82	Томь ТУ 6-01- 1276-82	Роса	Росдот-4
			ТУ 2451-004-10488057-94	
Внешний вид	Прозрачная, светло-желтого цвета		Прозрачная, светло- коричневого	Прозрачная, светло-

			цвета	желтого цвета
Температура кипения, °С	190	205	260	263
Температура застывания, °С	-60	-60	-50	-50

По другим отечественным жидкостям, имеющимся на рынке, можно отметить следующее. Жидкости ГТН и АМГ-10 имеют повышенную агрессивность к резиновым изделиям, применимы только при наличии всистеме изделий из высококачественной маслбензостойкой резины. Спиртокасторвая жидкость БСК имеет плохие низкотемпературные характеристики, практически кристаллы замерзающей жидкости появляются при температуре -180С. Жидкость ГТЖ-22 имеет плохие смазывающие свойства.

На отечественном рынке имеется также целый ряд зарубежных тормозных жидкостей. Их марки, фирмы-производители и основные характеристики представлены в таблице 21.

**Таблица 21**

**Характеристики основных марок зарубежных тормозных жидкостей**

Марка	Фирма	Температура кипения, °С	Температура застывания, °С
Universal barke fluid	Texaco	265	-60
Nestejarru-neste	Neste	260	-50
DON4 brake fluid	Motul	260	-60
DOT5.1 brake fluid	Motul	260	-60
Fuchs stopred	Fuchs	265	-50
Srf racing brake fluid	Gastrol	303	-40
Disc brake fluid	Gastrol	270	-40

К применению можно рекомендовать, прежде всего, жидкость фирмы «Техасо», прошедшую в России испытания и рекомендованную к применению Росстандартом.

Основными международными стандартами по сертификации тормозных жидкостей являются: SAE J 1703; ISO4925; спецификации DOT3, DOT4, DOT5.

#### **1.3.4. Пусковые и амортизаторные жидкости**

**Пусковые жидкости.** Для пуска двигателей при низких температурах используются пусковые жидкости, выпускаемые, как правило, в герметичных алюминиевых ампулах объемом 20-50 см<sup>3</sup> (мл). Пуск осуществляется при помощи пусковых приспособлений, устанавливаемых на впускном коллекторе. Широко используются пусковые приспособления типа 5ПП-4 и 6ПП-40. Во время пуска ампула прокалывается в приспособлении, и жидкость попадает через впускной коллектор в двигатель. Расход жидкости составляет на один пуск 2-2,5 см<sup>3</sup> на один литр объема цилиндров двигателя. Применение пусковых жидкостей особенно актуально для пуска двигателей большегрузных автосамосвалов в условиях зимней эксплуатации на севере.

В России для пуска дизельных двигателей выпускается жидкость «Холод-Д40» и для бензиновых - жидкость «Арктика». Состав обеих жидкостей приведен в таблице 22.

**Таблица 22**

#### **Состав легковоспламеняющихся жидкостей для пуска автомобильных двигателей**

Наименование составляющего вещества	Содержание вещества в жидкости в %	
	«Холод-Д40»	«Арктика»
Диэтиловый эфир		
Газовый бензин	58-62	54-56
Изопропилнитрат	13-17	38-43
Масло для судовых газовых турбин	9-11	1,5-2,5

При попадании жидкости «Холод-Д40» в цилиндры дизельного двигателя сначала воспламеняется диэтиловый эфир, затем изопропилнитрат, газовый бензин замедляет горение и делает его мягким.

Последним воспламеняется дизельное топливо. Масло для газовых турбин улучшает противоизносные свойства. «Холод-Д40» обеспечивает надежный пуск дизелей, имеющих в системе смазки всесезонные моторные масла с маловязкой основой, при температурах окружающей среды до  $-30...32^{\circ}\text{C}$ .

При попадании жидкости «Арктика» в цилиндр бензинового двигателя также сначала воспламеняется диэтиловый эфир. Газовый бензин и изопропилнитрат подготавливают рабочую смесь бензина и воздуха к горению и обеспечивают плавный переход на основное топливо. Малое содержание масла для газовых турбин объясняется опасностью замасливания электродов. Жидкость «Арктика» обеспечивает пуск двигателей на всесезонных маловязких моторных маслах при температурах окружающей среды до  $-30...32^{\circ}\text{C}$  за 8...15 с.

Не следует применять при пусках двигателей впрыск эфира во впускной коллектор. Это вызывает резкое воспламенение в цилиндрах двигателя и жесткое горение, что может привести к аварии двигателей. Среди зарубежных легковоспламеняющихся пусковых жидкостей можно отметить следующие:

- жидкость «Шеврон» (США) для пуска дизелей при температурах до  $-45^{\circ}\text{C}$ . Состоит жидкость из смеси различных углеводородов и поставляется в алюминиевых капсулах объемом по  $17\text{ см}^3$ ;

- жидкость «Спрей» (США) для пуска дизелей при температурах до  $-35...40^{\circ}\text{C}$ . Состоит из диэтилового эфира (98%), коллоидного графита и противокоррозионных присадок. Поставляется в баллонах по  $330\text{ см}^3$ ;

- жидкость «Старт-пилот» (Франция) для пуска бензиновых и дизельных двигателей при температуре до  $-48^{\circ}\text{C}$ . Поставляется в алюминиевых капсулах объемом по  $17\text{ см}^3$ ;

- жидкость «Калтекс» (Великобритания) для пуска бензиновых и

дизельных двигателей при температурах окружающей среды до  $-30...35^{\circ}\text{C}$ .  
Поставляется в алюминиевых капсулах объемом по  $17\text{ см}^3$ .

Амортизационные жидкости на современных автомобилях устанавливаются преимущественно гидравлические амортизаторы телескопического типа. Условия работы амортизаторных жидкостей тяжелые и характеризуются следующими основными параметрами:

- летом нагрев до  $120...140^{\circ}\text{C}$ ;
- зимой температура может понижаться до  $-50^{\circ}\text{C}$ ;
- давление в амортизаторах может достигать  $10\text{МПа}$ .

Основные марки и свойства амортизаторных жидкостей производства России приведены в таблице 23.

**Таблица 23**

**Основные марки отечественных амортизаторных жидкостей и их свойства**

Показатель	ГРЖ-12 ТУ0253-048-05764-924-96	АЖ-12 ГОСТ 23008-78	МГП-12 «Славол АЖ» ТУ38.301-29-40-97
Плотность при $20^{\circ}\text{C}$ , $\text{г}/\text{см}^3$	930	-	920
Вязкость кинематическая, $\text{мм}^2/\text{с}$ , при температуре, $^{\circ}\text{C}$ :			
- 40, не более	-	6500	-
- 20, не более	1000	-	800
50, не менее	10	12	12
100, не менее	-	-52	-43
Температура застывания, $^{\circ}\text{C}$ , не выше	-40	-52	-43
Температура вспышки в закрытом тигле, $^{\circ}\text{C}$ , не ниже	145	165	140

Срок смены жидкостей составляет 25-30 тыс. км пробега. Жидкости

изготавливаются на нефтяной основе с добавлением различных присадок. Наилучшей среди указанных в таблице 25 амортизаторных жидкостей следует считать АЖ-12Т. Эта жидкость наиболее часто используется при эксплуатации автомобилей.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какие виды смазочных материалов используются в автомобилях?
2. Какие виды топлив и технических жидкостей используются в автомобилях?
3. Какие масла используются в коробках передач, в картерах задних мостов?
4. Назовите примерные сроки смены моторных масел и трансмиссионных масел.
5. Какие жидкости используются в тормозной системе автомобиля? Какие из них больше всего подходят для условий зимней эксплуатации?
6. Какие преимущества имеет газовое топливо по сравнению с бензином и дизельным топливом?
7. Какие правила техники безопасности надо соблюдать при смене тосола в системе охлаждения?
8. Какие правила техники безопасности надо соблюдать при заправке бензином?
9. Какие сроки смены пластичных смазок в узлах автомобилей?
10. Какую пластичную смазку надо использовать для ступиц колес?

### **Задания для самоконтроля**

1. Расшифруйте обозначения зарубежных моторных масел:  
SAE5W-30 API SJ/CF ACEA A3/B3-96;  
SAE15W-50 API CG-4 ACEA B3/E3-96.
2. Расшифруйте обозначения отечественных моторных масел:  
Ангрол М-53/12Г;  
Рексол М-43/12Г1; М-33/Г2;

Ярмарка М-8В.

3. Имеется несколько марок трансмиссионных масел: ТМ-3-43; ТМ-4-34; ТМ-3-9. Какое из них выбрать для зимних условий эксплуатации при больших морозах?

4. Имеется три марки дизельного топлива: Л-0,2-40; Л-0,5-40; З-0,2-35. Какое из них выбрать для летних условий эксплуатации автомобиля?

5. На складе имеется несколько видов тормозных жидкостей: БСК; ГТЖ-22; АМГ-10; Нева; Томь. Какую из них выбрать для использования в зимних условиях эксплуатации автомобиля?

## **ГЛАВА 2. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

### **2.1. Общая функционально-технологическая классификация эксплуатационных материалов и их назначение**

Дисциплина «Эксплуатационные материалы» рассматривает широкий круг вопросов связанных с использованием различных материалов. Достаточно отметить, что, в среднем, сложные сельскохозяйственные и мелиоративные машины насчитывают свыше 2 тыс. деталей различного наименования, изготовленных из конструкционных материалов как металлических, так и неметаллических. Кроме того, для поддержания сельскохозяйственных и мелиоративных машин в работоспособном состоянии в процессе технического обслуживания и ремонта применяют различные технологические материалы: материалы для обработки металлов резанием, сварочные материалы, лакокрасочные покрытия и др. Для непосредственного функционирования сельскохозяйственных и мелиоративных машин с целью выполнения их главного предназначения – основная, предпосевная и междурядная обработка почвы, переработка сельскохозяйственной продукции и мелиорация земель – необходимы эксплуатационные материалы: топлива, смазочные материалы и технические жидкости.

Классификационная схема эксплуатационных материалов представлена на рисунке 2.

Приведенные на схеме конструкционные металлические материалы занимают особое место в производстве и ремонте сельскохозяйственных и мелиоративных машин. Наибольшее значение, при этом, имеют железоуглеродистые сплавы: чугуны и стали, а также сплавы на основе цветных металлов: меди и алюминия. Выбор материала деталей, особенно металлических, которые составляют 65-70% стоимости сельскохозяйственных и мелиоративных машин, определяется необходимостью обеспечения работоспособности конструкции в течение заданного промежутка времени исходя из условий их работы: характера и величины нагрузки, условий трения и смазки, температурных воздействий. Учитывая важность и



распространенность конструкционных металлических материалов, подробные сведения об области их применения, физико-механических и технологических свойствах будут изложены в нижеследующем разделе.



**Рис. 2. Классификационная схема эксплуатационных материалов**

Из конструкционных неметаллических материалов наибольшее практическое применение находят пластмассы и резинотехнические изделия, подробные сведения о которых будут также изложены в последующих разделах. Остановимся кратко на древесных материалах и технических стеклах. Благодаря ценным свойствам древесины, древесные материалы находят достаточное применение в качестве конструкционных в виде досок, брусьев и фанеры для изготовления некоторых деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин. Они также применяются в виде шпона для сепараторов аккумуляторных батарей. Физико-механические свойства древесины характеризуются многими показателями, такими, как твердость, влажность, сопротивление сжатию, растяжению и изгибу. Одним из важных показателей качества древесных материалов является влажность. Для изготовления деталей

сельскохозяйственных и мелиоративных машин из древесных материалов применяют, главным образом, ель и сосну с влажностью не более 12-15%.

Из неорганических технических стекол, которые применяются для остекления технических средств, наибольшее распространение получили триплексы и закаленные стекла. Важнейшими специфическими свойствами неорганических стекол являются их оптические свойства: светопрозрачность, отражение, рассеяние и преломление света. Обычное листовое стекло пропускает до 90%, отражает 8% и поглощает около 1% видимого света, ультрафиолетовое излучение поглощается почти полностью. С целью повышения физико-механических свойств стекол применяют закалку, которая заключается в нагреве стекла до температуры порядка 425-600°С с последующим быстрым и равномерным охлаждением в потоке воздуха или масла. При этом сопротивление статическим нагрузкам увеличивается в 3-6 раз, а ударная вязкость в 5-7 раз. В зависимости от химического состава стеклообразующего вещества стекла подразделяются на силикатные, алюмосиликатные, боросиликатные и др. Наибольшее применение для остекления технических средств находят силикатные стекла. Силикатные триплексы, которые применяют, главным образом, для лобовых стекол автомобиля, представляют собой два листа закаленного стекла (толщиной 2-3 мм), склеенных прозрачной эластичной полимерной пленкой. При разрушении триплекса образовавшиеся неострые осколки удерживаются на полимерной пленке.

Представленные на вышеприведенной схеме технологические материалы служат, как отмечалось, для поддержания и восстановления работоспособности подвижного состава в ходе соответственно текущего (ТР) и капитального (КР) ремонтов двигателей и силовых агрегатов сельскохозяйственных и мелиоративных машин. Подробные сведения о технологических материалах будут, как отмечалось, изложены ниже в соответствующем разделе.

Заключительный раздел настоящего учебного пособия посвящен эксплуатационным материалам: топливам, смазочным материалам и

техническим жидкостям (охлаждающим, тормозным и др.), определяющим функциональную принадлежность подвижного состава при выполнении работ в зависимости от конструктивных особенностей различных видов сельскохозяйственных и мелиоративных машин. Приведенная на рисунке 1 схема не является исчерпывающей и, в известной степени, носит условный характер. Так, наряду с приведенными на схеме металлическими и неметаллическими конструкционными материалами, пока ограниченно используемыми, но весьма перспективными, являются сплавы на основе титана и магния, а также керамические (металлокерамические) и другие материалы, подробные сведения о которых приведены в соответствующей технической литературе [2].

К технологическим материалам, не нашедшим отражения на приведенной схеме с целью ее упрощения, следует отнести, например, разнообразные моечные и другие очистные средства, применяемые в ходе соответствующих работ на предприятиях, а к эксплуатационным материалам – электролиты. Условность схемы заключается еще в том, что одни и те же материалы могут быть использованы как конструкционные, так и технологические. Например, резинотехнические изделия, применяемые при изготовлении шин, используются в качестве технологических (починочных) материалов при восстановлении их работоспособности.

Подробные сведения об указанных и отсутствующих на схеме эксплуатационных материалах приведены в соответствующих источниках технической литературы [1,2].

### **Вопросы для самопроверки**

1. Каково назначение конструкционных металлических и неметаллических материалов?
2. От чего зависит выбор конструкционных материалов?
3. Какова область применения технологических материалов?
4. Какие материалы необходимы для непосредственного

функционирования сельскохозяйственных и мелиоративных машин?

5. Какие сплавы цветных металлов находят наибольшее применение в конструкции сельскохозяйственных и мелиоративных машин?

6. В чем заключается условность приведенной в настоящем разделе классификационной схемы эксплуатационных материалов?

### **Задания для самоконтроля**

1. Приведите примеры деталей, испытывающих наибольшие температурные воздействия в процессе эксплуатации сельскохозяйственных и мелиоративных машин, и какие из указанных на схеме (рис.1) материалов могут быть использованы для их изготовления.

2. Укажите, для каких деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин могут быть использованы древесные материалы.

3. Определите особенности использования закаленных стекол и триплексов в конструкции сельскохозяйственных и мелиоративных машин.

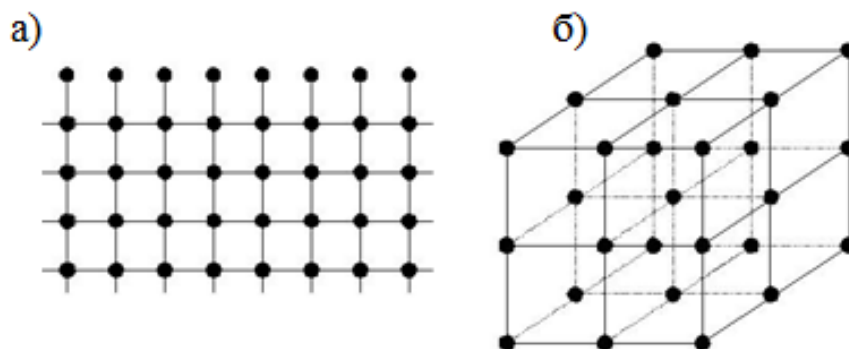
4. Перечислите основные механизмы сельскохозяйственных и мелиоративных машин, в которых могут быть использованы технические жидкости.

## **2.2. Конструкционные металлические материалы**

### **2.2.1. Строение и свойства конструкционных металлических материалов**

Известно, что вещества в природе могут находиться в твердом, жидком и газообразном состояниях. Основное различие в состоянии вещества заключается в определенном закономерном расположении атомов и молекул. Что касается металлов, то при переходе из жидкого состояния в твердое происходит процесс кристаллизации с образованием различно ориентированных зерен-кристаллов. Таким образом, металлы представляют собой поликристаллические тела, строение которых изображается в виде кристаллической решетки, в узлах которой расположены атомы. Схема

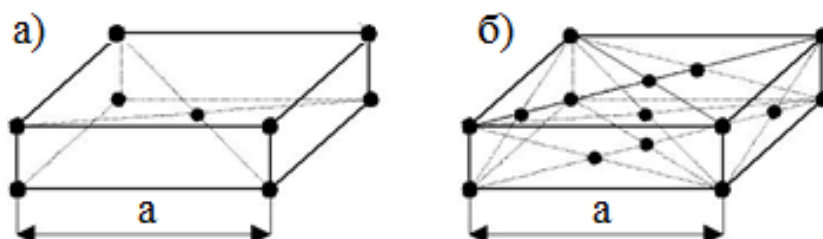
расположения атомов металла в кристаллической решетке показана на рисунке 3.



**Рис. 3. Схема расположения атомов металла  
в кристаллической решетке:**

а – в плоскости; б – в пространстве

Большинство металлов образуют кубические объемно-центрированные и гранецентрированные кристаллические решетки, показанные на рисунке 4.



**Рис. 4. Кристаллические решетки металлов:**

а – объемно-центрированная; б – гранецентрированная

Буквенное обозначение «а», показанное на рис. 3, представляет собой параметр кристаллической решетки в ангстремах  $\text{Å}$  ( $1\text{Å} = 1 \cdot 10^{-8}\text{мм}$ ). Для многих металлов в полностью остывшем состоянии «а» составляет 2,8-6 Å. От параметра кристаллической решетки зависят многие свойства металлов. Так, например, для железоуглеродистых сплавов параметр кристаллической решетки равен 2,8 Å, а температура плавления, т.е. перехода из жидкого состояния в твердое, 1200-1500°C; для алюминия, температура плавления которого значительно ниже ( $\approx 660^\circ\text{C}$ ), этот параметр составляет 4,04 Å. Из этого следует, что чем меньше параметр решетки, т.е. более плотной оказывается

упаковка кристаллитов, тем большая тепловая энергия необходима для перехода металла из твердого состояния в жидкое. Помимо названных решеток для некоторых металлов (титана, магния, цинка и др.), сравнительно редко используемых в автомобилестроении, имеет место и гексагональная решетка, изображаемая в виде шестигранной призмы, параметры которой обозначают двумя буквенными символами: «а» и «с», где «с» - высота призмы.

Следует иметь в виду, что идеальный порядок размещения атомов в междоузлиях кристаллических решеток, как это показано на вышеприведенных рисунках, в реальных кристаллитах выдерживается не по всему объему, и весьма часто имеют место точечные и линейные дефекты.

Под точечными дефектами подразумеваются вакансии – пустоты в междоузлиях кристаллических решеток - и под дислокациями – линейные смещения блоков отдельных кристаллитов, оказывающих отрицательное влияние на прочностные свойства металлов.

Под металлами, используемыми в машиностроении, подразумеваются не чистые металлы, а их сплавы, состоящие из двух и более компонентов, которые при сплавлении образуют различного рода соединения, которые в металловедении именуется фазами: твердыми растворами, химическими соединениями и механическими смесями. Подробные сведения о твердых растворах (замещение, внедрение и вычитание) изложены в соответствующих источниках технической литературы[1].

Отметим только, что наиболее часто твердые растворы имеют место при сплавлении металлов с однотипными кристаллическими решетками. В отличие от твердых растворов, химические соединения образуются между компонентами, имеющими большие различия в электронном строении атомов и кристаллических решетках. Механические смеси представляют разновидность сплавов, когда отдельные компоненты металлов взаимно не растворяются и структура таких сплавов состоит из отдельных кристаллов со своей кристаллической решеткой. У многокомпонентных сплавов, например, бронз можно встретить фазы трех видов.

Электронное строение атомов и кристаллических решеток оказывает существенное влияние на свойства металлов и сплавов. Различают термические (термодинамические), физико-механические и технологические свойства. Что касается термических свойств, к которым относятся температура плавления, теплопроводность, тепловое расширение и др., то основные понятия о закономерностях этих свойств достаточно хорошо известны из школьного курса элементарной физики.

Для металлов и сплавов, используемых в качестве основных конструкционных материалов, применительно к деталям автомобилей и др. машин, наиболее характерными являются физико-механические (механические) и технологические свойства. К числу наиболее важных механических свойств относят прочность и поверхностную твердость.

**Прочностные свойства и поверхностная твердость.** Прочностью называется способность материала сопротивляться деформированию под действием статических и динамических нагрузок.

Определение прочностных свойств производится на специальном испытательном оборудовании. Наиболее распространенными испытаниями механических прочностных свойств металлов и сплавов являются статические испытания на растяжение и динамические на усталость.

Статическими называют испытания, при которых приложенная к образцу нагрузка возрастает медленно и плавно. Наиболее часто применяют испытания на растяжение, позволяющие по результатам одного опыта, установить основные механические характеристики металла.

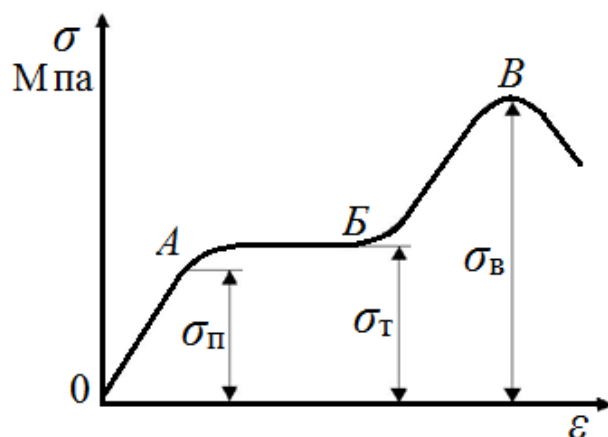
Для испытания на растяжение используют стандартные образцы (ГОСТ 1497-84). Машина для испытания снабжена прибором, записывающим диаграмму растяжения (рис.5).

На диаграмме растяжения по оси ординат отложено растягивающее усилие  $P$  (МПа), а по оси абсцисс – относительное удлинение:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

где  $\Delta l$  – абсолютное удлинение, мм;

$l$  – первоначальная длина образца, мм.



**Рис. 5. Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали**

Удлинение образца при возрастании нагрузки от точки «0» до точки «А» пропорционально этому возрастанию. На участке от «А» до «Б» пропорциональность нарушается – металл начинает «течь», т.е. происходит удлинение образца при постоянной нагрузке. В точке «В» диаграммы усилие достигает максимального значения, на образце образуется шейка, и он разрывается.

Отношение усилия  $P$  к площади поперечного сечения образца называется напряжением сжатия  $\sigma = P/F$  (Н/м<sup>2</sup>, МПа). Следует напомнить, что 1 Н/м<sup>2</sup> = 1 Па, а 1 МПа = 10<sup>6</sup> Па. Наиболее важными механическими характеристиками являются  $\sigma_B$  и  $\sigma_T$  – соответственно пределы прочности и текучести. Для хрупких материалов наиболее характерным является значение  $\sigma_B$ , а для пластичных  $\sigma_T$ . Следует, однако отметить, что предел текучести металлов  $\sigma_T$  характерен для малоуглеродистых сталей. Для менее пластичных материалов, например, высокоуглеродистых сталей характерен условный предел текучести при остаточном удлинении, равном 0,2%, т.е.  $\sigma_{0,2}$ .

В инженерных расчетах расчетное напряжение сжатия сравнивается с допускаемым  $[\sigma]$ . Для хрупких материалов  $[\sigma] = \sigma_B/n$ ; для пластичных –  $[\sigma] = \sigma_{0,2}/n$ , где  $n$  – коэффициент запаса прочности, который для грузоподъемных



машин обычно принимается равным 1,5-2,5. Конструкция считается работоспособной, если расчетное напряжение не превышает допустимого.

Отношение  $\sigma/\varepsilon = E$  называется модулем упругости первого рода и является одной из важных сравнительно-прочностных характеристик различных металлов. Основные характеристики, приведенные на рисунке 4, получены, как отмечалось, при статическом нагружении. В то же время, большинство ответственных деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин испытывают динамические нагрузки. Одним из основных показателей прочностных свойств металла при динамических циклических нагрузках является предел выносливости (усталости),  $\sigma_{-1}$ .

Испытания на усталость позволяют выявить срок службы таких деталей, как шатуны, коленчатые валы двигателей, полуоси и пр., которые в процессе работы подвергаются знакопеременным нагрузкам. Испытания на усталость проводятся на машинах различных конструкций в зависимости от назначения детали с нагрузкой растяжением-сжатием, кручением, изгибом при вращении и др.

Результатом испытания является кривая усталости, показанная на рисунке 6, представляющая зависимость напряжения растяжения от числа циклов нагружения « $N$ », например, для чугунов и сталей –  $10^7$  циклов. Причем минимальная величина напряжения, выдерживаемая металлом в конце испытания, характеризует предел выносливости.

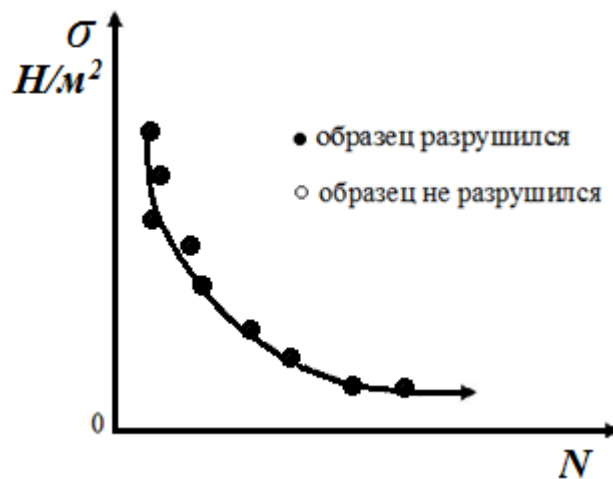


Рис. 6. Кривая усталости

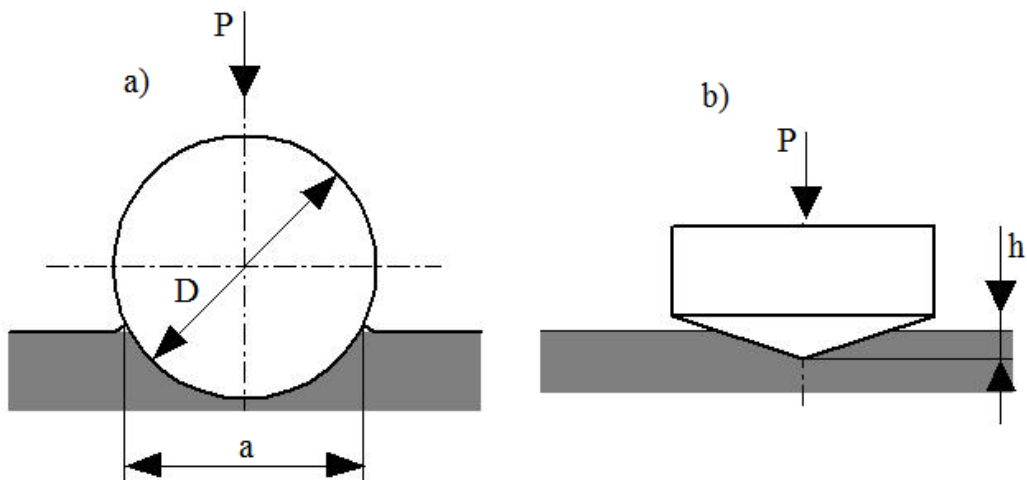
Сущность испытания на усталость заключается в следующем. В начальный период испытания нагрузка на образец (количество таких образцов обычно составляет 6-8 штук) приблизительно равна  $\sigma_b$ , образец при минимальном количестве циклов разрушается. При последующем нагружении образцов величина нагрузки понижается до такого значения, при котором образец не разрушается при максимальном числе циклов, предусмотренных для соответствующего материала. Значение предела выносливости значительно меньше предела прочности. Так, для углеродистых сталей  $\sigma_{-1} \cong 0,28\sigma_b$  при испытании на «растяжение-сжатие».

Помимо прочности, одной из важных механических характеристик является твердость, от которой во многом зависит изнашиваемость сопрягаемых поверхностей деталей. Наибольшее распространение при испытании на твердость получили методы Бринелля и Роквелла.

Метод Бринелля, применяемый для металлов сравнительно малой твердости, основан на вдавливании в металл с определенным усилием стального закаленного шарика диаметром 10,5 или 2,5 мм на приборе типа *ТШ* с последующим замером диаметра его отпечатка. Диаметр отпечатка определяется с помощью специальной градуированной лупы. Твердость по Бринеллю измеряется в единицах *–НВ*.

Для более твердых металлов используется метод Роквелла. При этом методе алмазный конус с углом при вершине  $120^\circ$  или стальной шарик диаметром 1,05875 мм вдавливаются в испытуемый образец под действием двух регламентированных последовательно прилагаемых нагрузок. Для определения твердости по Роквеллу пользуются прибором типа *ТК*, на регистрирующем индикаторе которого размещены три шкалы (*A*, *B* и *C*); наибольшее практическое применение находит шкала *C*. Единица твердости по Роквеллу, так же, как и по Бринеллю, величина безразмерная. Твердость, измеренную по шкале *C*, воспроизводимую государственным специальным эталоном, обозначают *HRC<sub>c</sub>*. Схема испытания на твердость по Бринеллю и Роквеллу показана на рис. 7. Величину твердости можно определить либо по

соответствующим формулам в зависимости от диаметра отпечатка шарики или осевому перемещению алмазного конуса под действием определенного усилия, либо по табличным значениям, подсчитанным по этим формулам, представленным в специальной литературе [1].



**Рис. 7. Схема испытания на твердость по Бринеллю (а) и по Роквеллу(б)**

**Технологические свойства.** Как отмечалось, металлические материалы относятся к конструкционным, для которых особое значение имеют *технологические свойства*, непосредственно связанные с производством заготовок и последующей их обработкой с целью получения деталей, готовых к эксплуатации.

К *технологическим свойствам* относятся: *литейные свойства, ковкость, свариваемость и обрабатываемость* металлов резанием.

*Литейные свойства* характеризуют способность металла заполнять литейную форму, обеспечивая получение отливки заданных размеров и конфигурации без пор и трещин.

*Ковкость* – способность металла деформироваться с минимальным сопротивлением под действием внешней приложенной нагрузки и принимать заданную форму без разрушения.

*Свариваемость* – способность материалов образовывать прочные неразъемные соединения, обеспечивающие работоспособность конструкции.

Свариваемость зависит как от материала заготовок, так и от принятого технологического процесса сварки.

*Обрабатываемостью* называют свойства металла поддаваться обработке с минимальными усилиями резания и обеспечением необходимого качества обработанной поверхности.

Технологические свойства во многом определяют выбор соответствующих конструкционных материалов при производстве деталей машин. Показатели технологических свойств определяют соответствующими испытаниями: литейными пробами, специальными испытаниями на ковкость, свариваемость и обрабатываемость резанием.

### 2.2.2. Железоуглеродистые сплавы

Железоуглеродистые сплавы получили распространение практически во всех отраслях машиностроения. Основными железоуглеродистыми сплавами являются чугуны и стали. Из этих материалов производится до 80% всех деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин. Чугуны представляют сплавы железа с содержанием углерода более 2,14%. Содержание углерода в стали, не превышает 2% (рис.8).

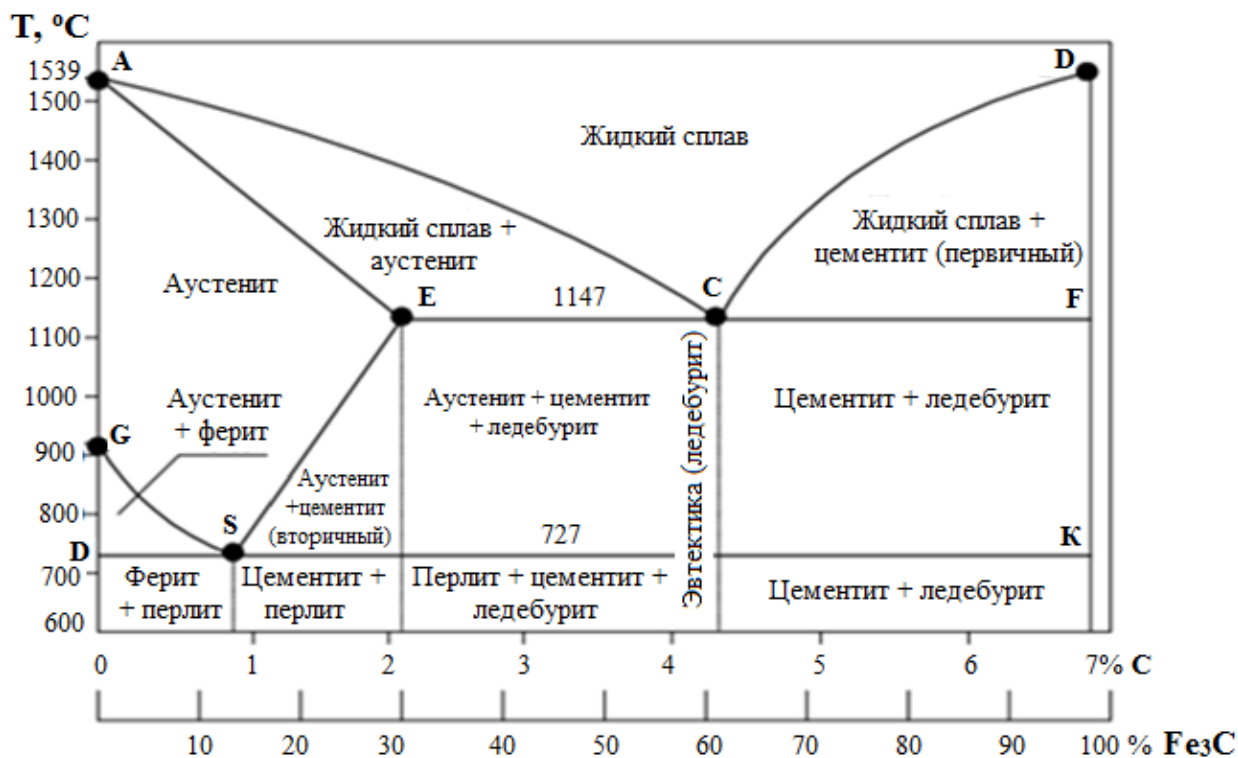


Рис. 7. Диаграмма состояния сплава «Железо-углерод»

Как следует из наименования сплавов, основными их компонентами являются железо и углерод. Свойства сплавов зависят от строения кристаллической решетки основного компонента – железа, вида и процентного содержания углерода. Железо может существовать в двух формах ( $\alpha$ -железо и  $\gamma$ -железо). Кристаллическая решетка  $\alpha$ -железа – объемно-центрированный, а  $\alpha$ -железа – гранецентрированный куб. Что касается углерода, то он растворим в железе в жидком и твердом состояниях, а также может присутствовать в виде химического соединения – цементита, в высокоуглеродистых сплавах – в виде графита.

В системе  $Fe-C$  различают следующие фазы: жидкий сплав, твердые растворы – феррит и аустенит, а также такие структурные составляющие, как перлит и ледебурит (механические смеси). В сплавах нередко образуется структурная составляющая, получившая название эвтектики, которая состоит из двух и более фаз (твердых растворов) или твердого раствора и химического соединения. Рассмотрим более подробно приведенные выше понятия.

*Феррит* – твердый раствор углерода в  $\alpha$ -железе. Феррит – почти чистое железо с содержанием углерода 0,006 % при 0°C. Феррит пластичен, имеет низкие механические свойства и малую твердость (до 60 НВ).

*Цементит* – химическое соединение ( $Fe_3C$ ) с содержанием углерода до 6,67 %. Имеет низкую пластичность и высокую твердость (>800 НВ).

*Перлит* – механическая смесь, состоящая из мелких пластинок или зернышек цементита в ферритовой основе. Перлит имеет сравнительно высокие прочностные свойства и твердость, более чем в три раза превышающую твердость феррита.

*Аустенит* – твердый раствор углерода в  $\gamma$ -железе. Стоек только при высокой температуре. При температуре ниже 910°C превращается в перлит. Ледебурит – механическая смесь, состоящая из цементита основы и перлита. Наименьшая температура затвердевания 1147°C. Ниже температуры 727°C ледебурит распадается на перлит и цементит.

Диаграмма состояния сплава железо-углерод представлена на рисунке 7. По вертикальной оси диаграммы отложены значения температуры, а по горизонтальной – процентное содержание углерода в сплавах. Сплавы на диаграмме подразделяются в зависимости от содержания углерода: от 0 до 2,14 % - ковкие железоуглеродистые сплавы-стали; от 2,14 до 6,67 % - сплавы с более хрупкой структурой – чугуны. Сплавы с содержанием углерода более 6,67 % практического применения не находят из-за высокой хрупкости и малой прочности.

Линии диаграммы определяют превращения в структуре, а значит и в свойствах сплавов, происходящих при изменении температуры. Чистое железо плавится и затвердевает при температуре 1539°C. Все остальные сплавы испытывают структурные превращения в некотором интервале температур.

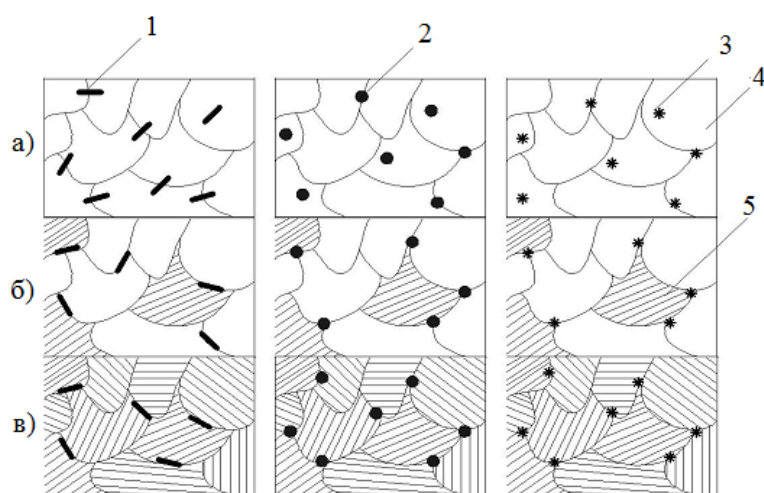
Рассматривая эти превращения, можно выделить две фазы: превращение структуры сплавов при переходе из жидкого состояния в твердое (первичная кристаллизация) и превращение в твердом состоянии (вторичная кристаллизация). Первичная кристаллизация для всех сплавов начинается и происходит при снижении температуры по линии  $ACD$ , которая называется линией ликвидуса, а заканчивается по линии  $AECF$ , которая называется линией солидуса. Дальнейшее изменение структуры сплавов происходит при понижении температуры в твердом состоянии, т.е. при вторичной кристаллизации.

Рассмотренные выше изменения структуры сплавов обратимы. Причем от температуры нагрева, выдержки при этой температуре и последующего охлаждения с определенной скоростью зависит как образование заданной структуры, так и величина зерна в этой структуре. От размера зерен зависят прочностные и технологические свойства железоуглеродистых сплавов, в первую очередь сталей, что широко используется в практике термической обработки, о которой будет сказано ниже. Подробные сведения о структурных изменениях железоуглеродистых сплавов в зависимости от температуры и содержания углерода изложены в литературных источниках [1, 3].

### 2.2.3. Чугуны

Основным технологическим оборудованием для получения чугунов служит доменная печь, которая представляет собой стальной корпус высотой до 35 м, выложенный внутри огнеупорным кирпичом. Производительность доменных печей достигает 10-12 тысяч тонн чугуна в сутки. В качестве исходного материала доменного процесса используется шихта, в которую входит железный концентрат (обогащенная железная руда), кокс (продукт переработки каменного угля), а также флюсы различного назначения, например, известняк и доломит, понижающие температуру плавления, кремний и марганец – раскислители и др. компоненты.

Различают *серые, высокопрочные и ковкие* чугуны. Характерной отличительной особенностью этих чугунов является форма графитовых включений в виде: пластин – для серых чугунов, шарообразных образований – для высокопрочных и в виде хлопьев – для ковких чугунов. По структуре названные чугуны подразделяются на ферритные, ферритно-перлитные и перлитные. Наименьшую прочность для всех видов и марок чугунов имеет ферритная структура, а наибольшую – перлитная. Как следует из приведенной на рисунке 9, графитовые включения ферритных чугунов располагаются хаотически, а ферритно-перлитных и перлитных – по границам зерен.



**Рис. 9. Схема микроструктур чугунов:**

- а) – серого; б) – высокопрочного; в) – ковкого; 1 – пластинчатый графит; 2 – шаровидный графит; 3 – хлопьевидный графит; 4 – феррит; 5 – перлит.

Принадлежность чугунов различных видов и марок включают буквенные обозначения: СЧ – серый чугун; ВЧ – высокопрочный чугун; КЧ – ковкий чугун. Следующие за буквенными обозначениями цифровые данные указывают минимальное значение временного сопротивления (предел прочности на растяжение) в кгс/мм<sup>2</sup> (10<sup>-1</sup>МПа).

Серые чугуны, ГОСТ 1412-85 содержат 2,8-3,5% углерода. В состав серых чугунов входит кремний (до 2,5%), марганец (до 0,8%), а также другие элементы (фосфор, сера и пр.). Ферритные и ферритно-перлитные серые чугуны марок СЧ10, СЧ15, СЧ18 применяют для изготовления сравнительно малоответственных деталей: шкивов, патрубков и др. Перлитные серые чугуны (СЧ21, СЧ24, СЧ25, СЧ30 и СЧ35) применяют для блоков цилиндров двигателей, картеров коробок передач и др. ответственных корпусных деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин.

Высокопрочные чугуны, ГОСТ 7293-85 с шаровидным графитом содержат 3,2-3,6% углерода, кремний, марганец и др. элементы. Шаровидный графит, придающий высокую прочность этим чугунам, получается в результате обработки жидкого металла магнием (0,03-0,07%). Высокопрочные перлитные чугуны: ВЧ50-ВЧ100 применяются для ответственных высоконагруженных деталей автомобиля, таких как коленчатые валы автомобильных двигателей.

Модуль упругости первого рода  $E$  для высокопрочных перлитных чугунов составляет 1900 кгс/мм (19×10<sup>5</sup> МПа). Для сравнения  $E$  перлитных серых чугунов – 450-500 кгс/мм<sup>2</sup> (4,5-5×10<sup>5</sup> МПа). При этом следует отметить, что себестоимость литых коленчатых валов из высокопрочного чугуна в 2-3 раза ниже штампованных, изготовленных из средне углеродистых сталей [3].

Ковкие чугуны, ГОСТ 1215-79 содержат 2,4-2,8% углерода, а также кремний и марганец (соответственно 1,4 и 1%). Ковкие чугуны получают длительным нагревом при высоких температурах (отжигом) из ледебуритных (белых) чугунов. В результате отжига получают графит хлопьевидной формы. Ковкие чугуны по прочности занимают промежуточное положение между серыми и высокопрочными чугунами, превосходя их по пластичности. В



отличие от серых и высокопрочных чугунов ковкие чугуны обозначают двумя цифровыми значениями. Первые цифры, также, как и для предыдущих чугунов, обозначают предел прочности на растяжение, а последние – относительное удлинение в %, например, КЧ35-10, КЧ50-5, КЧ55-4 и т.д. Из приведенных марок ковких чугунов следует, что чем выше прочность, тем ниже их пластичность. Ковкие чугуны применяют для деталей, работающих при умеренных и высоких ударных и вибрационных нагрузках. Их используют для изготовления картеров редукторов, ступиц колес, вилок карданных валов и др. деталей автомобиля.

**Технологические свойства чугунов:** Литейные – у всех чугунов достаточно высокие. Однако лучшими литейными свойствами обладают серые чугуны. Ковкость – понятие для всех видов чугунов, (включая ковкие, которые так названы ввиду их наибольшей пластичности), не приемлемо, т.к. эти материалы относятся к хрупким материалам.

Свариваемость – плохая из-за большого процентного содержания углерода. Обрабатываемость резанием – для всех чугунов хорошая. Однако, лучшей обрабатываемостью резанием отличаются серые чугуны.

#### **2.2.4. Стали**

Производство стали осуществляется, главным образом, из передельного чугуна, получаемого в доменных печах, и стального лома. Процесс получения стали основан на окислении в чугуне избытка углерода с помощью различного рода твердых окислителей или кислорода. В настоящее время при производстве стали используют конверторный, мартеновский и электроплавильный процессы.

Конверторный способ, который получил свое развитие от предложенного в 1856 г. англичанином Г. Бессемером способа производства стали, основан на использовании конвертора – стального сосуда грушеобразной формы, крепящегося в стальном кольце на двух цапфах, дающих возможность его наклона. Процесс получения стали заключается в заполнении конвертора

жидким чугуном и продувке его воздухом для выжигания углерода через днище сосуда. В настоящее время применяют кислородно-конверторный способ с использованием сосудов с глухим дном и подачей кислорода на поверхность металла. Достоинством способа является его высокая производительность – процесс плавки занимает 50-60 минут, а недостатком – сравнительно низкое качество металла. Этим способом получают, в основном, кипящие нераскисленные стали, что создает предпосылки к образованию внутренних пороков металла (газовых пузырей и неметаллических включений).

Мартеновский способ, предложенный в 1865 г. французским инженером П. Мартеном, основан на использовании пламенной печи, отапливаемой смесью природного газа и мазута. Материалами для плавки служат чугун в виде чушек и железный лом с добавками ферросплавов, содержащих активные раскислители (кремний и марганец). Основное достоинство способа – сравнительно высокое качество металла. Этим способом получают частично или полностью раскисленные полуспокойные и спокойные стали. Основным недостатком мартеновского процесса является его продолжительность (7-8 часов) и значительный расход топлива.

Получение стали в электрических печах основано на плавлении шихты, главным образом стального лома в присутствии раскислителей, при использовании электрической энергии.

Отсутствие окислительного пламени и доступа воздуха позволяет лучше управлять процессом плавки и получать стали заданного химического состава, свободные от внутренних пороков металла, что и является основным достоинством этого способа. Способ получения стали в электропечах применяют для выплавки высококачественных углеродистых и легированных спокойных сталей. Основным недостатком способа – высокая энергоемкость процесса.

Получение заданных свойств сталей в процессе их плавки осуществляется добавкой различного рода легирующих элементов. Наиболее часто используемые легирующие элементы, применительно к сталям,

применяемые в автомобилестроении, и их влияние на важнейшие физико-механические свойства иллюстрированы данными, приведенными в таблице 23.

**Таблица 23**

**Влияние легирующих элементов на физико-механические свойства сталей**

Наименование химического элемента	Обозначение		Физико-механические свойства				
			Прочность	Прочность	Твердость	Упругость	Коррозионная
Марганец	Mn	Г		+		+	+
Кремний	Si	С		+		+	
Хром	Cr	Х	+	-	+		
Никель	Ni	Н		+			
Вольфрам	W	В	+	-	+		
Ванадий	V	Ф	+			+	
Молибден	Mo	М	+	-			+
Бор	B	Р	+	+		+	+
Титан	Ti	Т					
Алюминий	Al	Ю					

Обозначения приведенных в таблице 1 химических элементов указаны в соответствии с периодической системой элементов Д.И. Менделеева и теми символами, которые приняты непосредственно при маркировке сталей. Знаки «+» или «-» указывают на положительное или отрицательное влияние этих элементов на физико-механические свойства сталей. Незаполненные графы таблицы 1 означают, что тот или иной элемент не оказывает существенного влияния на определенное свойство стали.

Стали, как отмечалось, классифицируются по способу производства: конвертерные, мартеновские и электростали; по раскислению: кипящие – «КП», полуспокойные – «ПС» и спокойные – «СП». Для спокойных сталей допускается отсутствие символа «СП». Наиболее полной, отношении практического использования, является классификация по химическому составу – содержанию углерода и легирующих элементов. В соответствии с классификацией по химическому составу конструкционные стали подразделяются на углеродистые, легированные, а также стали с особыми физическими и химическими свойствами.

Классификация конструкционных сталей по химическому составу приведена на рисунке 10.



**Рис. 10. Классификация конструкционных машиностроительных сталей**

Указанные на рисунке 10 конструкционные машиностроительные стали получили наибольшее распространение в автомобилестроении. Приведенные на схеме понятия: цементация, улучшение, а также в дальнейшем часто встречающийся термин – нормализация относятся, в числе других понятий, к

области термической и химико-термической обработки, основные виды которой будут рассмотрены ниже.

*Стали обыкновенного качества (ГОСТ380-88).* Углеродистые стали обыкновенного качества изготавливают в виде следующих марок: Ст.0, Ст.1-Ст.6. Буквы «Ст.» означают сталь, цифры - условный номер марки.

С увеличением номера возрастает содержание углерода (0,23%С для Ст.0; 0,28-0,49% С для Ст.6). В зависимости от степени раскисления, как отмечалось выше, различают спокойные «СП», полуспокойные «ПС» и кипящие «КП» стали. Указанный ГОСТ также предусматривает стали с повышенным содержанием марганца (0,8-1,1%), например, Ст.3Гпс, Ст.3Гсп и др. Из сталей обыкновенного качества изготавливают горячекатаный прокат различных сечений (круглый, шестигранный, квадратный), который применяется для изготовления малонагруженных, главным образом, крепежных деталей.

*Качественные углеродистые стали (ГОСТ1050-74).* К этим сталям применяют более высокие требования в отношении химического состава и структуры по сравнению со сталями обыкновенного качества. Качественные углеродистые стали маркируют цифрами 08, 10-15, 20-85, которые указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента.

*Низкоуглеродистые стали (<0,25% С)* обладают сравнительно низкими показателями прочности и высокой пластичностью. Эти стали применяют для малонагруженных деталей. Тонколистовую низкоуглеродистую сталь используют для холодной штамповки изделий, например, масляных поддонов автомобильных двигателей.

*Среднеуглеродистые стали (0,3-0,55% С)*30, 40-55 применяют в нормализованном состоянии для изготовления разнообразных деталей автомобиля. ГОСТ также предусматривает стали легированные марганцем (40Г, 50Г). Например, из стали 40Г, после улучшения, изготавливают шатуны некоторых марок автомобильных двигателей, а из стали 45 - коленчатые валы, коренные и шатунные шейки которых в процессе обработки подвергают поверхностной закалке (закалке ТВЧ) на твердость 56...62 HRC.

*Стали с высоким содержанием углерода(0,6-0,85%С) используют в машиностроении сравнительно редко, за исключением сталей, легированных марганцем. Так, сталь 65Г применяют для изготовления клапанных пружин многих марок дизельных двигателей.*

### **Легированные конструкционные стали**

Легированные конструкционные стали получили достаточно широкое распространение в машиностроении. Легирующие элементы в обозначении сталей указывают на их среднее содержание в %. Отсутствие цифрового индекса соответствующего элемента означает, что его среднее содержание не превышает 1,0-1,5%. Высококачественные легированные стали с пониженным содержанием вредных примесей (серы и фосфора) обозначают символом «А», помещаемым в конце марки. Естественно, что с увеличением процентного содержания в сталях легирующих элементов, особенно таких дорогостоящих, как вольфрам, молибден, ванадий, существенно увеличивающих прочностные и иные свойства сталей (см. данные табл.1), возрастает их стоимость.

Низкоуглеродистые цементируемые стали 15Х, 20Х, 12ХНЗи т.д., а также улучшаемые 40Х, 40ХН, 30ХГСА и т.д. соответствующие ГОСТ 4543-71, используются для изготовления многих ответственных деталей машин. Расшифруем, например, марку 12ХНЗА, применяемую для изготовления поршневых пальцев двигателей: 0,12% С; Cr - 1,0-1,5%; Ni – 3%, относящуюся к высококачественным сталям, на что указывает буквенный символ «А» в конце марки.

Рессорно-пружинные стали: 60С2А, 50ХФА и др., обладающие высокими прочностными и, что особенно важно, упругими свойствами (за счет соответственно кремния и ванадия), применяют для изготовления листовых рессор и пружин подвесок автомобиля.Стали с особыми физическими и химическими свойствами: коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные, (ГОСТ 5632-72), предназначены для деталей, работающих в условиях высоких температур и агрессивных газов. К сталям стойким против всех видов коррозии относятся, например, такие стали, как 20Х13, 17Х18Н9; к жаростойким

(стойким к образованию окалины при температуре более 550°C) 40X9C2; к жаропрочным (прочным при температурах до 1000°C и более) –36X18H25C2 и др. Из указанных сталей изготавливают детали газораспределительных механизмов, выпускных трубопроводов, системы питания и др., например, сталь 40X9C2 используется для тарелок выпускных клапанов (стержень из стали 40X).

Помимо указанных на схеме (рис.9), в машиностроении используются и другие стали: автоматные – А12, А20, А20Г с повышенным содержанием серы (0,08-0,03%), способствующей образованию сульфидов, повышающих пластичность сталей, что улучшает обрабатываемость их резанием при изготовлении деталей, преимущественно нормалей и метизов, на станках-автоматах, предварительно настроенных на оптимальные режимы обработки; шарикоподшипниковые, например, ШХ-15 (0,45-1,05% С, 1,3-1,65%Cr) используемые для изготовления тел качения и подшипниковых колец.

### **Технологические свойства сталей**

**Литейные** – неудовлетворительные. Исключение представляют литейные углеродистые стали 15Л, 20Л и др., которые сравнительно редко применяются в машиностроении. Литейные свойства упомянутых марок сталей удовлетворительные.

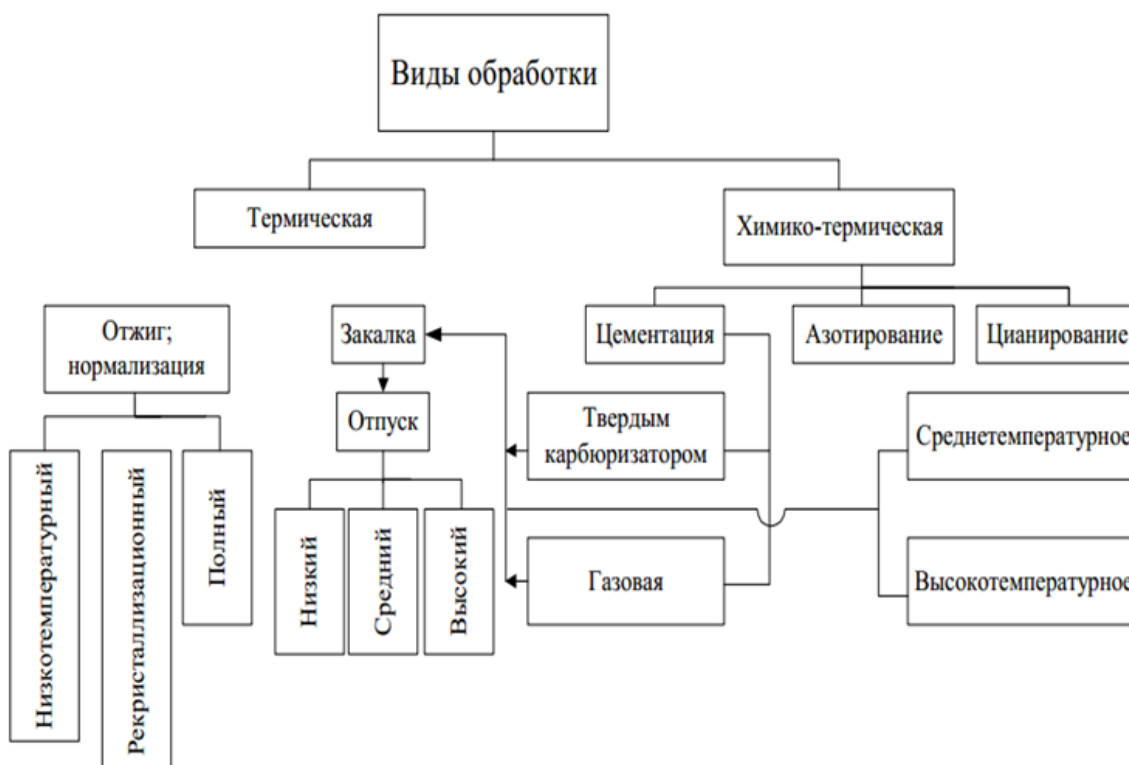
**Ковкость**– зависит от содержания углерода и тем выше, чем меньше его процентное содержание. Например, одну из наиболее дешевых малоуглеродистых сталей обыкновенного качества – 08кп применяют для изготовления тормозных колодок машин. Для более нагруженных деталей используют малоуглеродистые легированные стали, например, 09Г2 С, из которой штамповкой изготавливают детали рам тяжелых землеройных машин.

**Свариваемость**– также зависит от содержания углерода. Стали с содержанием углерода до 0,35% свариваются хорошо. При содержании углерода 0,35-0,45% свариваемость сталей удовлетворительная, а более 0,45% - неудовлетворительная.

**Обрабатываемость резанием** – достаточно хорошая, лучшая, как отмечалось, - у автоматных сталей. При этом следует отметить, что целый ряд легирующих элементов (вольфрам, молибден, ванадий) затрудняют обработку металлов резанием и требуют определенных и достаточно дорогостоящих технологических материалов, сведения о которых приведены в соответствующем разделе настоящего пособия.

### 2.2.5. Основы термической и химико-термической обработки железоуглеродистых сплавов

Термическая и химико-термическая обработка железоуглеродистых сплавов, главным образом сталей, производится с целью повышения их физико-механических свойств: прочности, пластичности, твердости, упругости и др., а также для снятия внутренних напряжений и улучшения обрабатываемости резанием. Основные виды термической и химико-термической обработки приведены на рисунке 11.



**Рис. 11. Виды термической и химико-термической обработки**

Основными видами термической обработки, применяемыми для полуфабрикатов (отливок, поковок, проката) являются отжиг и нормализация, а



для готовых изделий перед их окончательной обработкой – закалка и отпуск.

Отжиг заключается в нагреве металла до определенной температуры, выдержке при этой температуре и медленном охлаждении вместе с печью. Нормализация отличается от отжига тем, что охлаждение производится на воздухе. Нормализацию, которая, естественно, производительнее отжига, применяют для улучшения физико-механических свойств всех видов и марок сталей, за исключением сталей обыкновенного качества.

### **Термическая обработка**

Различают три вида отжига: низкотемпературный, рекристаллизационный и полный. В практике термической обработки имеют место все виды отжига. Более полные и подробные сведения об указанных и иных видах отжига приведены в литературном источнике [1].

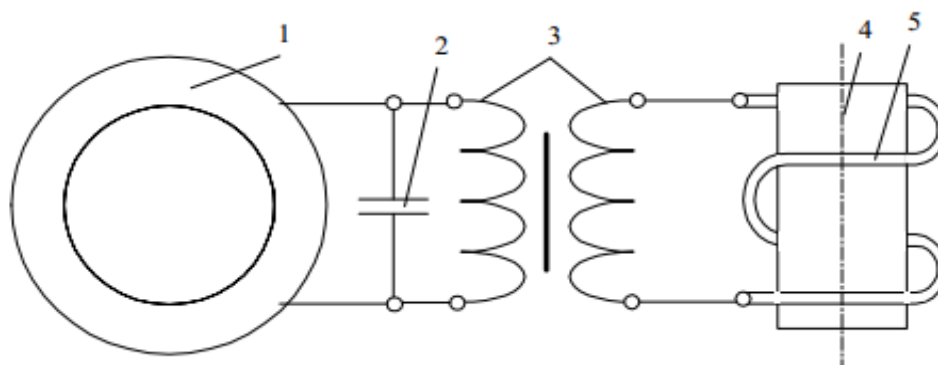
Низкотемпературный отжиг применяют для отливок, сварных изделий, заготовок после обработки резанием и др., в которых, при предшествующих технологических операциях, из-за неравномерного охлаждения возникают внутренние остаточные напряжения. Этот вид отжига, в зависимости от марки материала, производится при температуре 350-600°С в течение 2-3 часов.

Рекристаллизационный отжиг, температура которого находится в интервале 680-700°С с выдержкой при этой температуре 0,5-1,5 часа, применяют для снятия наклепа холоднодеформированной высокоуглеродистой и легированной сталей после различных видов пластического деформирования (прокатки, штамповки,ковки и др.) Полный отжиг производят при нагреве до температуры 1100-1200°С с выдержкой при этой температуре в течение 10-15 часов.

Этот отжиг применяют для повышения пластичности и полного снятия внутренних напряжений в полуфабрикатах изделий, работающих в условиях знакопеременных нагрузок. Кроме того, в результате полного отжига крупнозернистая сталь получает мелкозернистую структуру, что оказывает благоприятное влияние на ее прочностные свойства.

Закалка служит для повышения прочности и твердости сталей. Различают объемную и поверхностную закалку. Объемная закалка производится при загрузке деталей в печь, а поверхностная наиболее характерна для среднеуглеродистых сталей (0,35-0,45% С). Достаточно распространенной является поверхностная закалка при электронагреве токами высокой частоты (ТВЧ). Оптимальная частота тока зависит от глубины закаленного слоя и определяется условиями работы детали. Например, для слоя толщиной 2 мм частота тока составляет  $15 \times 10^3$  Гц [3].

Закалке ТВЧ подвергают коренные и шатунные шейки до 80% коленчатых валов отечественных автотракторных двигателей, изготовленных из среднеуглеродистых сталей. Схема установки для закалки ТВЧ показана на рисунке 12.



**Рис. 12. Принципиальная схема установки для закалки ТВЧ**

1 – генератор токов повышенной частоты; 2 – емкость (конденсаторная батарея); 3 – первичные и вторичные обмотки трансформатора тока повышенной частоты; 4 – нагреваемая деталь; 5 - индуктор)

На рисунке 12 показана принципиальная схема установки с машинным генератором, применяемой для закалки ТВЧ крупногабаритных деталей. Для деталей небольших диаметральных размеров применяют установки с ламповым генератором. Нагреваемая деталь, которой обычно придается вращение, а в ряде случаев и осевое перемещение, помещается в индуктор, который возбуждает в поверхностном слое этой детали вихревые токи высокой частоты, которые и осуществляют нагрев. Одновременно по трубчатому индуктору,

имеющему отверстию малого диаметра, циркулирует охлаждающая жидкость, обеспечивающая непосредственное охлаждение детали в процессе закалки.

В общем же случае под закалкой понимается термическая обработка, заключающаяся в нагреве детали до температуры на  $30...50^{\circ}\text{C}$  выше критической точки ( $A_3$ – для доэвтектоидной и  $A_1$ – для заэвтектоидной стали), что соответствует линиям GSE и PSK на диаграмме железо-углерод (см. рис.7), выдержке при этой температуре и последующем охлаждении в различных средах (воде, масле или расплавах солей).

Закалка с охлаждением в масле и расплавах солей применяется для средне и высоколегированных сталей (с содержанием легирующих элементов до 10% и более) с целью равномерного их распределения в соответствующей структуре металла. Наиболее распространенными закалочными структурами являются мартенсит, сорбит и троостит. Наиболее твердой из перечисленных структур является мартенсит (упорядоченный твердый раствор углерода в  $\alpha$ - железе). Чем больше в мартенсите углерода, тем выше его твердость.

Закалка не является окончательной операцией термической обработки. Для снятия внутренних напряжений и получения требуемых физико-механических свойств сталь, после закалки, обязательно подвергается отпуску, который заключается в нагреве стали до заданной температуры, выдержке при этой температуре и последующем охлаждении с определенной скоростью. Основное влияние на свойства стали оказывает температура отпуска. Различают низко, средне и высокотемпературный виды отпуска. Низкотемпературный (низкий) отпуск проводится при нагреве до  $250^{\circ}\text{C}$ . Закаленная сталь (0,6 ...1,3% C) после низкого отпуска имеет мартенситную структуру и сохраняет твердость 58-63 HRCэ, следовательно, и высокую износостойкость. Однако такое изделие, если оно не имеет вязкой сердцевины, не выдерживает значительных динамических нагрузок. Среднетемпературный (средний) отпуск выполняется при  $350-500^{\circ}\text{C}$ . Структура после такого отпуска – тростит твердостью 40-50 HRCэ. Этот вид отпуска применяют, главным образом, для пружин и рессор подвески машин. Высокотемпературный

(высокий) отпуск проводится при 500-680°C.

Структура после высокого отпуска - сорбит, твердостью более 400 НВ. Термическую обработку, состоящую из закалки и высокого отпуска, называют улучшением. Улучшению подвергают детали из среднеуглеродистых сталей (0,3-0,5% С), к которым предъявляются повышенные требования в отношении предела выносливости, например, шатуны автотранспортных двигателей, а также многие детали, входящие в узлы, обеспечивающие безопасность дорожного движения, т.к. высокотемпературный отпуск почти полностью снимает внутренние остаточные напряжения, полученные в результате закалки.

### **Химико-термическая обработка**

Химико-термическая обработка стали применяется с целью изменения свойств поверхностного слоя, влияющих на износостойкость трущихся поверхностей при сохранении вязкой сердцевины. Наиболее эффективен этот вид обработки для малоуглеродистых легированных сталей. Сущность обработки основана на высокотемпературной диффузии, т.е. проникновении в поверхность стали различных элементов при высокой температуре. В зависимости от того, каким элементом насыщают поверхность, различают следующие, наиболее часто применяемые в автомобилестроении, виды термической обработки (см. рис. 10): цементацию, азотирование и цианирование. Цементация представляет процесс поверхностного насыщения углеродом при нагреве до температуры 910-950°C в твердом карбюризаторе или газовой среде.

В качестве карбюризатора используется древесный уголь, каменноугольный или торфяной кокс. Детали, подлежащие цементации, помещают в герметичные металлические ящики, на дно которых насыпают карбюризаторы толщиной 20-30 мм. Продолжительность нагрева до приведенной выше температуры цементации составляет 7-9 мин, а последующая выдержка в зависимости от размера ящика – до 14 час.

Процесс газовой цементации осуществляется нагревом изделий в

герметических печах в среде газов, содержащих углерод. Наиболее качественный цементированный слой получается при использовании метана ( $\text{CH}_4$ ). Разлагаясь при высокой температуре, метан образует атомарный углерод, который поглощается поверхностным слоем изделия.

После цементации производится термическая обработка – закалка и низкий отпуск. Цементация с последующей термической обработкой способствует образованию в поверхностном слое изделия структуры мартенсита твердостью 59-62 HRC<sub>э</sub> при вязкой сердцевине, что увеличивает износостойкость и повышает предел выносливости ( $\sigma_{-1}$ ) до 400-500 МПа.

Азотирование стали представляет процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя азотом в атмосфере аммиака ( $\text{NH}_3$ ) при нагреве деталей в герметической печи до температуры 500-700°C.

Твердость азотированного слоя заметно выше цементированного и сохраняется при нагреве до высоких температур (до 500°C), тогда как твердость цементированного слоя сохраняется только до температуры 200-225°C. Продолжительность азотирования составляет 30-80 часов. Толщина азотированного слоя в этом случае составляет 0,3-0,6 мм. Процесс азотирования широко применяют за рубежом при обработке шеек коленчатых валов автотракторных двигателей.

Цианирование представляет процесс одновременного насыщения стали углеродом и азотом, который протекает при достаточно высокой температуре в расплавах солей, содержащих цианистый натрий ( $\text{NaCN}$ ). Различают средне- и высокотемпературное цианирование. При среднетемпературном цианировании изделие нагревают до 820-860°C.

Продолжительность процесса для получения слоя небольшой толщины (0,15-0,35мм) составляет 30-90 мин. Высоко температурное цианирование при 900-950°C применяют для получения слоя большей толщины (0,5-2,0мм). Время выдержки изделий в ванне для получения слоев указанной толщины составляет 1,5-6 час. Твердость цианированного слоя после термической обработки (закалки и низкого отпуска) 58-62 HRC<sub>э</sub>.

Процесс цианирования по сравнению с цементацией требует меньшего времени для получения слоя заданной толщины, характеризуется более высоким сопротивлением изнашиванию и коррозии. Недостатком этого процесса является высокая стоимость, а также ядовитость цианистых солей, что предъявляет к этому процессу особые требования в отношении охраны труда и окружающей среды.

## **2.3. Сплавы цветных металлов**

### **2.3.1. Сплавы на основе меди**

Из достаточно многочисленной номенклатуры сплавов на основе меди наибольшее распространение в автомобилестроении получили латуни и бронзы. Сплавы соответственно обозначаются буквами «Л» - латунь, «Бр» - бронза, а далее следуют буквенные индексы легирующих элементов в %: О – олово, Ц – цинк, С – свинец, Мц – марганец, Ж – железо и др.

Порядок цифр, следующих за буквенными символами, при обозначении латуней и бронз различен. В марках латуней, которые представляют собой двухкомпонентные сплавы меди с цинком (реже многокомпонентные), первые две цифры после буквы «Л» означают среднее содержание меди в %, остальное цинк. В ряде случаев, в латуни добавляют и другие компоненты, например, свинец «С», который улучшает свойства этого сплава. Например, латунь ЛС59-1 содержит 59% меди, 1% свинца, остальное – цинк.

Различают деформируемые и литейные латуни. В машиностроении главным образом применяют деформируемые латуни Л63, Л90, Л96. Так, из Л63 изготавливают втулки генераторов, клапаны топливного бака; из Л90 и Л96 - трубки водяного и масляного насосов, топливопроводы и др. детали.

*Бронзы* – многокомпонентные сплавы меди с другими элементами в число которых, но только наряду с другими элементами, может входить цинк. После буквенного обозначения «Бр» следуют цифры, указывающие на % содержания того или иного элемента. Например, бронза Бр. ОЦ 4-3 содержит 4% олова, 3% цинка, остальное – медь. Различают оловянистые и свинцовистые бронзы.

*Оловянистые бронзы* представляют собой твердый раствор олова в меди в сочетании с другими компонентами. Оловянистые бронзы подразделяются на деформируемые и литейные. Наибольшее применение в машиностроении для деталей топливной аппаратуры нашли литейные бронзы с содержанием, наряду с другими элементами, значительного количества цинка и свинца; например, Бр. ОЗЦ13С4 содержит 3% олова, 13% цинка, 4% свинца, остальное - медь.

*Свинцовистые бронзы* содержат до 30% свинца, который практически не растворяется в жидкой меди. Поэтому сплавы после затвердевания состоят из кристаллов меди и включений свинца. Такие структуры обеспечивают высокие прочностные и антифрикционные свойства этих бронз. Так, например, бронзу Бр. СЗО применяют для изготовления вкладышей подшипников скольжения коленчатых валов двигателей большегрузных автомобилей.

### **2.3.2. Антифрикционные (подшипниковые)**

#### **и алюминиевые сплавы**

К антифрикционным (подшипниковым) сплавам, помимо ранее указанных бронз, относятся баббиты. Различают оловянистые и свинцовистые баббиты. Наибольшее применение в автомобилестроении находят оловянистые баббиты **Б88** и **Б83**, являющиеся многокомпонентными сплавами, но их основой служит система **Sn – Sb** (олово-сурьма). В указанных марках баббитов буква «Б» означает наименование сплава, а цифры указывают на % содержания олова.

Баббиты, имея небольшую прочность ( $\sigma_B=60-120$ МПа), могут применяться в подшипниках, имеющих прочный стальной каркас, что и предопределяет их использование в тонкостенных вкладышах двигателей легковых автомобилей и грузовых автомобилей малой и средней грузоподъемности.

Алюминиевые сплавы по способу производства подразделяются на литейные и деформируемые. Наибольшее применение в автомобилестроении нашли литейные сплавы – силумины (сплавы алюминия с кремнием),

обозначаемые «АЛ». Цифры после буквенного обозначения указывают условный номер марки. Из литейных сплавов АЛ2, АЛ4, АЛ9 изготавливают мало и средненагруженные детали автомобиля: корпуса водяных насосов и фильтров, головки и блоки цилиндров двигателей. Для высоконагруженных деталей, например, поршней автотракторных двигателей, используются сплавы АЛ25, АЛ30 и др. В заключение раздела следует остановиться на технологических свойствах сплавов цветных металлов, применяемых в автомобилестроении; при этом сами названия сплавов - литейные и деформируемые - в определенной степени указывают на их одноименные свойства. Лучшими литейными свойствами обладают бронзы и баббиты, а ковкостью – латуни. Что касается свариваемости, то этот термин ограничен сплавами цветных металлов, имеющих сравнительно низкую температуру плавления. Удовлетворительной свариваемостью обладают силумины, требующие особых условий, предохраняющих металл от окисления. Что касается латуней, то их весьма часто подвергают пайке – частному виду сварки плавлением (ацетиленокислородной сварке) с использованием специальных технологических материалов (твердых припоев), сведения о которых будут приведены в соответствующем разделе пособия.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Каково различие в строении кристаллических решеток  $\alpha$ -железа и  $\gamma$ -железа и при каких температурах обеспечивается их образование?
2. В чем различие понятий, характеризующих прочностные свойства металлов – пределов текучести, прочности и выносливости?
3. Каково отличие и в каких единицах измеряются значения твердости по Бринеллю и Роквеллу?
4. Какова сущность и основное назначение диаграммы железо-углерод?
5. В чем заключается принципиальное отличие серых, высокопрочных и ковких чугунов, и каковы их технологические свойства?
6. Чем отличается маркировка сталей обыкновенного качества и качественных



углеродистых сталей? Каким символом обозначаются высококачественные стали, и что подразумевается под этим понятием?

7. Какие элементы в наибольшей степени оказывают влияние на прочностные свойства, пластичность, твердость и упругость легированных сталей?
8. В чем принципиальное различие между отжигом и нормализацией?
9. Какова роль и значение закалки и отпуска при термической обработки сталей?
10. Что понимается под термином «улучшенная сталь»?
11. Для каких сталей наиболее эффективна поверхностная закалка электронагревом ТВЧ?
12. В чем сходство и принципиальное различие между цементацией, азотированием и цианированием?
13. Какие сплавы на основе меди получили наибольшее распространение при изготовлении деталей автомобиля; в чем их сходство и различие?
14. Каково основное назначение баббитов и в чем заключаются особенности их маркировки?
15. Какие виды алюминиевых сплавов получили распространение в автомобилестроении и для изготовления каких деталей они используются?

### **Задания для самоконтроля**

1. Вычертите диаграмму растяжения малоуглеродистой стали и укажите основные значения соответствующих пределов прочности.
2. Расшифруйте нижеследующие марки чугунов: СЧ18, ВЧ50, КЧ35-10 и приведите примеры возможного их использования для изготовления деталей автомобиля.
3. Расшифруйте нижеследующие марки сталей: 08кп, 20пс, 40Х, 18ХГТ и укажите их классификационную принадлежность.
4. Дайте расшифровку приведенным маркам сталей и укажите какую из них целесообразно подвергать закалке ТВЧ: сталь 65Г, сталь 15ХГНТА, сталь 45.
5. Укажите назначение и виды термической обработки, применяемые после

цементации и цианирования.

6. Приведите примеры улучшаемых сталей и укажите основное назначение этого вида термической обработки.

7. Для изготовления каких деталей автомобиля применяются нижеследующие марки сталей: 65Г, 50С2, 60С2ХФА. Каково их общее наименование, и какому виду термической обработки они подвергаются?

8. Расшифруйте нижеприведенные сплавы цветных металлов: Л70, ЛС59-1, Бр. ОЦС4-4-4, Бр.С30, Б83 и укажите их основное назначение.

9. Что представляют собой силумины и для изготовления каких деталей их используют в автомобилестроении?

10. Укажите основные технологические свойства сплавов цветных металлов. Что понимается под свариваемостью этих материалов, и какие элементы способствуют улучшению их механической обработки?

11. Приведите примеры коррозионностойких, жаропрочных и жаростойких сталей, укажите их назначение и область применения. Каково принципиальное различие понятий жаростойкость и жаропрочность?

12. Что понимается под наименованиями автоматные и литейные стали? Приведите примеры и укажите, какие химические элементы определяют их основные технологические свойства.

### **Глава 3. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Неметаллические конструкционные материалы, как это следует из общей функционально-технологической классификации, приведенной в разделе I, имеют достаточно большую номенклатуру. Причем основой большинства неметаллических материалов, применяемых в автомобилестроении, являются полимеры, главным образом, синтетические. К такого рода материалам следует прежде всего отнести пластмассы и резинотехнические изделия, широко применяемые в производстве и ремонте автомобилей, которые и рассмотрены в настоящем разделе.

### **3.1. Пластмассы**

#### **3.1.1. Техничко-экономическая эффективность применения пластмасс**

Весьма существенную роль целесообразного применения пластмасс в качестве машиностроительных материалов, помимо чисто технических соображений, играют экономические. Экономичность применения пластмасс при изготовлении и восстановлении деталей автомобиля выражается в снижении себестоимости их производства. Так, при использовании многих ответственных металлических деталей требуется, как правило, три вида обработки (литье, термообработка и механическая обработка) с большим числом технологических операций (до 30-50), в то время как для пластмассовых деталей достаточен только один вид обработки – формирование детали методом пластического деформирования.

Экономическая целесообразность применения пластмасс связана со снижением затрат на исходные материалы ввиду широкомасштабных и недефицитных ресурсов для их производства (нефти, природного и промышленного газа, целлюлозы и др.), а также массы одноименных изделий, способствующих снижению материалоемкости, так как, в среднем, плотность пластмасс примерно в два раза ниже плотности такого, например, металла, как алюминий.

Детали из пластмасс не только в 4-9 раз дешевле одноименных деталей из цветных металлов, но, в отдельных случаях, в 2-6 раз дешевле деталей из черных металлов [1]. Масштабы применения пластмасс при изготовлении и ремонте автомобилей непрерывно увеличиваются и, в ближайшее время, могут достичь 10% и более общей массы автомобилей, а их номенклатура может превысить 1000 единиц [5].

Большие возможности дальнейшего роста потребления пластмасс в автомобилестроении дает применение полимерных обивочных теплоизоляционных материалов, топливных баков и, что особенно важно, серийное производство пластмассовых кузовов.

### **3.1.2. Строение, свойства и область применения пластмасс при производстве и ремонте машин**

В любую пластмассу входит полимер, представляющий собой сложную молекулу, состоящую из простых молекул-мономеров, от количества и расположения которых зависят свойства данной пластмассы.

Помимо мономеров в пластмассы входят наполнители различного назначения, о которых будет сказано ниже, анти старители, например, слюда, катализаторы, ускоряющие процесс полимеризации (известь, магнезия и пр.), красящие пигменты и др. компоненты.

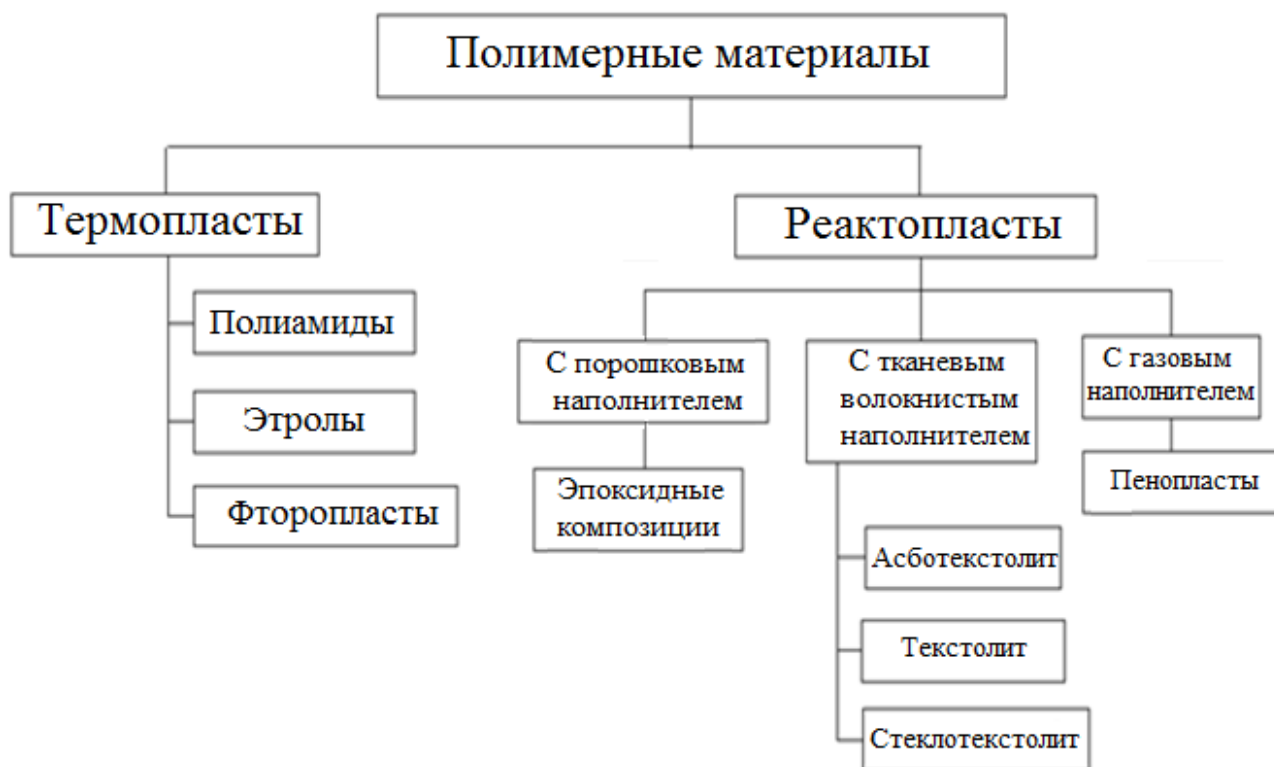
К ранее указанным положительным свойствам пластмасс относятся также высокие диэлектрические и антикоррозионные свойства, низкая теплопроводность. К отрицательным свойствам следует отнести сравнительно низкие, по сравнению с металлами, показатели прочности и низкий диапазон рабочих температур. Большинство пластмасс удовлетворительно работают при температурах, не превышающих  $+160^{\circ}\text{C}$ . К отрицательным свойствам относится также склонность пластмасс к старению. Под старением полимерных материалов понимаются необратимые изменения важнейших технических характеристик, происходящие в результате сложных химических и физических процессов, развивающихся в материале при эксплуатации и хранении. Причинами старения являются: свет, теплота, влага и др. немеханические факторы. Для замедления процессов старения в полимерные материалы добавляют различные стабилизаторы, например, фенолы.

Пластмассы квалифицируются по назначению (конструкционные, электротехнические, звукотеплоизоляционные и др.); по прочности (низко-, средне- и высокопрочные). К низко прочным относится, например, полиэтилен, к среднепрочным – капрон (капролактамы), к высокопрочным - пластмассы с различного рода наполнителями (текстолит, асбоистекловолокниты и др.). Достаточно распространенной классификацией, применительно к конструкционным пластмассам, является их классификация по характеру связующего вещества, от которого зависит поведение материала при

нагревании и последующем остывании. В зависимости от указанного фактора пластмассы подразделяются на термопластичные (термопласты) и термореактивные (реактопласты).

Термопластичные пластмассы (обратимые полимеры) при повторном нагревании размягчаются и поддаются формированию, а при охлаждении снова застывают, сохраняя прежние свойства, поэтому их можно неоднократно перерабатывать. Термореактивные пластмассы относятся к необратимым полимерам, которые при нагревании, вследствие протекания необратимых химических реакций, превращаются в твердые неплавкие вещества.

Классификация полимерных материалов, наиболее часто применяемых при производстве и ремонте автомобилей, представлена на рисунке 12.



**Рис. 12. Пластмассы, применяемые при производстве и ремонте машин**

Рассмотрим кратко представленные на схеме пластмассы и укажем область их применения.

*Полиамиды* – группа пластмасс с известными названиями: капрон, нейлон и др. В составе макромолекул полимера присутствует алкидная группа

(-NH-CO-), а также метиленовые группы (-CH<sub>2</sub>-), повторяющиеся от 2 до 10 раз.

Общая формула полиамидов имеет вид:



Полиамиды при обычных температурах представляют собой твердые и эластичные материалы, а при температуре 160-240°C переходят в жидкое состояние, они обладают высокими прочностными и антифрикционными свойствами, химостойкими к нефтепродуктам; в нагретом состоянии легко заполняют форму и затвердевают без пор и трещин. Из полиамидов, например, из капрона (поликапролактама) изготавливают большое число автомобильных деталей: втулки педалей и рессор, корпуса сальников, шестерни привода спидометра и др.

*Этролы*– этилцеллюлозные полимеры, обладающие достаточно высокой прочностью в твердом и хорошо формирующиеся в нагретом состоянии. Растворяются в активных растворителях (ацетоне и спирте), не подвержены действию нефтепродуктов. Из этролов изготавливают рулевые колеса, рукоятки управления, щитки приборов и др. детали.

*Фторопласты*– аморфно-кристаллические полимеры. Аморфная фаза придает этим полимерам эластичность. Фторопласты обладают высокой химической стойкостью. Так, «Фторопласт-4» может длительно эксплуатироваться при температуре 250°C, стоек к действию растворителей, кислот и щелочей, является самым химически стойким из всех известных материалов: пластмасс, металлов, стекол и т.п. Из фторопластов (4, 4Д, 4М и др.) изготавливают уплотнительные прокладки, мембраны бензиновых насосов, различного рода втулки, вентили, а также антифрикционные детали.

Помимо приведенных на схеме пластмасс, для изготовления отдельных деталей автомобиля применяются и другие, например, акрилопласты – для изготовления плафонов и стекол габаритных фонарей; винипласты – для изготовления банок аккумуляторных батарей.

Среди пластмасс на основе термореактивных смол, именуемых на вышеприведенной схеме реактопластами, наибольшее распространение

получили фенопласты, основой которых являются фенолоформальдегидные смолы.

Фенопласты обладают высокими механическими и диэлектрическими свойствами, стойки к нефтепродуктам и классифицируются по наполнителю.

При изготовлении деталей автомобиля из фенопластов наиболее часто применяют, так называемые слоистые пластики – асботекстолит, текстолит и стеклотекстолит. Асботекстолит получают горячим прессованием асбестовой ткани, пропитанной фенолоформальдегидной смолой. Асботекстолит обладает высокой теплостойкостью и хорошими фрикционными качествами. Он используется для изготовления тормозных накладок и накладок дисков сцепления.

Текстолит имеет в качестве наполнителя хлопчатобумажную ткань. Среди слоистых пластиков текстолит обладает наибольшей способностью поглощать вибрационные нагрузки, имеет высокие диэлектрические и прочностные свойства. Поэтому из текстолита, помимо деталей приборов электрооборудования, изготавливают шестерни и упорные шайбы распределительного вала.

В стеклотекстолитах в качестве наполнителя применяют стеклоткани. Демпфирующая способность стеклопластиков выше, чем у текстолитов. Длительно стеклопластики могут работать при температуре 200...400°C, а кратковременно, в течение нескольких десятков секунд, выдерживают температуру в несколько десятков тысяч градусов, что и определяет их применение в качестве теплоизоляционных материалов.

Помимо тканей, в качестве наполнителей используются и волокна этих тканей. Такие материалы относят к пластмассам с волокнистыми наполнителями, которые считаются более дешевыми по сравнению с тканевыми наполнителями.

Наибольшее применение из пластмасс с волокнистыми наполнителями находят стекловолокниты, которые применяются в качестве тепло- и звукоизоляционных обивочных материалов, а также могут быть использованы

для изготовления крупногабаритных изделий сравнительно простых форм, например, кузовов автомобилей.

Особую группу пластмасс составляют пластмассы с порошковыми наполнителями, к которым относятся композиции на основе эпоксидных смол, широко применяемые при восстановлении повреждений крупногабаритных корпусов деталей автомобиля. Эпоксидная композиция включает эпоксидную смолу, в которую добавляют пластификатор (дибутилфталат) для облегчения нанесения композиции на восстанавливаемую деталь. В качестве наполнителей используют мелкодисперсные материалы (порошки). Применение того или иного наполнителя зависит от материала восстанавливаемой детали.

Так, при восстановлении блоков цилиндров, изготовленных из серых чугунов или литейных алюминиевых сплавов, применяют порошки соответствующих материалов. Непосредственно перед восстановлением детали добавляют отвердитель (полиэтиленполиамин).

Необратимое отверждение эпоксидной композиции происходит в течение 48 часов. Эпоксидные композиции используемые, например, для заделки трещин водяной рубашки блоков цилиндров взамен сварки, дают существенную экономию дорогостоящих сварочных материалов. Отремонтированные таким способом детали надежно работают при температуре, не превышающей 100-120°C.

К пластмассам с газовым наполнителем относят пенопласты (поропласты). Эти материалы, состоящие на 95% из воздуха или газа-азота, который выделяется в процессе полимеризации, применяются для изготовления подушек и сидений автомобиля.

В заключение кратко остановимся на технологических свойствах пластмасс. Литейные свойства, применительно к термопластам, хорошие.

*Ковкость (деформируемость)* – понятие, применимое лишь в части горячего прессования, когда пластмасса находится в жидкотекучем (полужидком) состоянии.

*Свариваемость* – для пластмасс этот термин неприменим ввиду малой



температуры плавления. Неразъемные же соединения пластмасс осуществляются склеиванием. Обрабатываемость резанием – весьма удовлетворительная из-за низкой теплопроводности пластмасс, что приводит к значительной концентрации тепла в зоне резания.

## **3.2. Резинотехнические изделия**

### **3.2.1. Резина, область ее применения, состав и основные свойства**

Резинотехнические изделия, количество наименований которых в конструкциях автомобилей превышает 500, благодаря высокой эластичности (упругости) и способности поглощать вибрации и ударные нагрузки, является незаменимым материалом в автомобилестроении.

Кроме перечисленных свойств резина обладает и рядом других положительных качеств: сравнительно высокими показателями прочности, сопротивлением истираемости и, что особенно важно – эластичностью, т.е. способностью восстанавливать первоначальную форму после прекращения действия сил, вызывающих деформацию.

Резину используют для изготовления шлангов, уплотнений, прорезиненных ремней привода вентилятора, генератора и компрессора, амортизирующих прокладок и втулок, а также ряда других деталей. Однако главное применение резины в автомобиле – это изготовление шин.

Резину получают вулканизацией резиновой смеси, главными составляющими которой являются каучук и вулканизирующее вещество, а также противостарители, активные и неактивные наполнители, красители и др. Основным вулканизирующим веществом служит сера. Ее содержание в резиновой смеси от 4 до 15 и более процентов. Процесс химического взаимодействия каучука с серой называется вулканизацией.

Вулканизация заключается в нагреве резиновой смеси в специальных камерах-вулканизаторах до температуры 120-160°С при давлении 0,4-0,6 МПа. От процентного содержания серы зависит твердость резины. Так, при максимально возможном насыщении каучука серой (≈30%) образуется твердый

материал, называемый эбонитом.

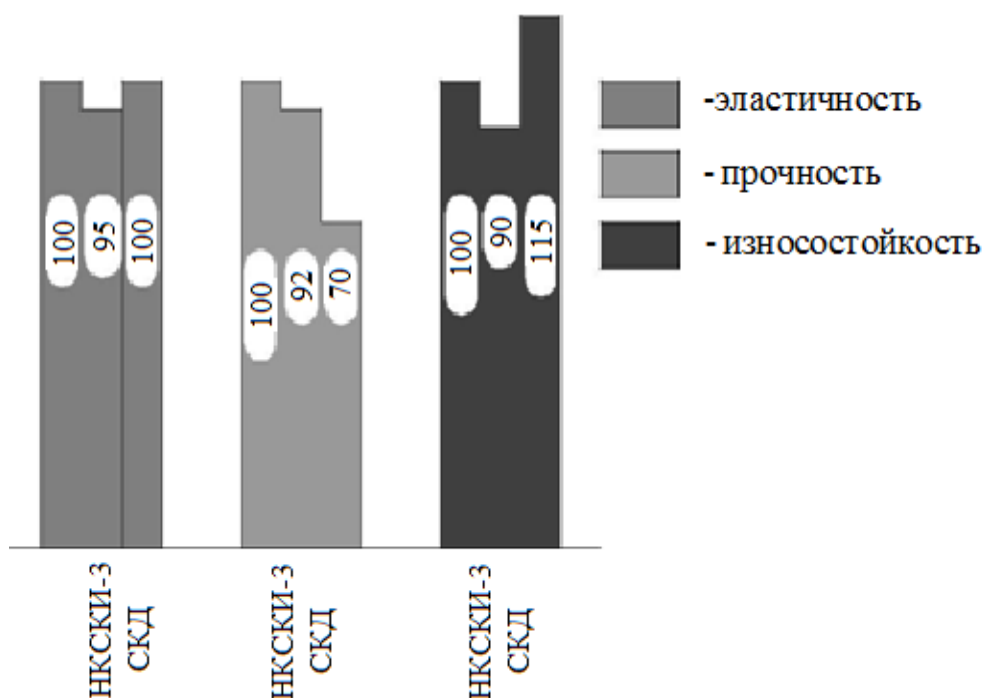
Основой всякой резины является каучук натуральный (НК) или синтетический (СК). Натуральный каучук получают главным образом из млечного сока – латекса каучуконосного тропического дерева гевеи, в котором его содержание может достигать до 40%.

В химическом отношении натуральный каучук представляет собой полимер непредельного углеводорода изопрена  $(C_5H_8)_n$ . Вследствие дефицитности, дороговизны и зависимости от импорта, натуральный каучук во многих развитых странах был заменен синтетическим. В промышленных условиях синтетический каучук, впервые в мире, был получен в нашей стране по методу академика С.В. Лебедева в 1931г. Для сравнения, в Германии эта задача была решена лишь в 1937г., а в США – в 1942г.

В настоящее время в промышленности большинства стран преобладает использование синтетического каучука. Достаточно отметить, что его доля в производстве шин составляет около 85%. Натуральный же каучук в ряде случаев используют в качестве добавки к резиновой смеси.

Отечественная химическая промышленность производит десятки разновидностей синтетических каучуков, используя для этого, главным образом, достаточно экономическое нефтяное сырье.

По назначению резины подразделяются на резины общего и специального назначения. В группу резин общего назначения входят синтетические каучуки: бутадиеновый (СКБ), бутадиеностирольный (СКС), изопреновый (СКИ), дивинильный (СКД). Изопреновый синтетический каучук по химическому составу наиболее близок к натуральному и обладает высокой клейкостью. Каучук СКД не уступает натуральному по эластичности и превосходит его по сопротивлению истиранию. Основным недостатком СКД состоит в низкой его клейкости. С учетом этого, при производстве шин применяют смесь СКД и СКИ (СКИ-3). Сравнительная характеристика свойств натурального и синтетического каучуков показана на рисунке 13.



**Рис. 13. Сравнительная характеристика свойств натурального и синтетических каучуков**

Данные, приведенные на рисунке 13, подтверждают целесообразность использования смеси синтетических каучуков СКИ-3 и СКД при производстве соответствующих резинотехнических изделий.

Специальные резины подразделяются на несколько видов: износостойкие, маслбензостойкие, морозостойкие, теплостойкие и др. Наиболее перспективным для изготовления шин являются износостойкие резины на основе полиуретановых каучуков СКУ.

Помимо основных составляющих резиновой смеси (каучука и серы) в нее входят, как отмечалось, и другие составляющие:

- противостарители(парафин, воск);

- наполнители активные, повышающие механические свойства резины (углеродистая сажа, оксид цинка и др.) и неактивные – для удешевления стоимости резины (мел, тальк и др.);

- красители минеральные или органические для окраски резин.

Причем, некоторые красящие вещества (белые, желтые, зеленые) поглощают коротковолновую часть солнечного спектра и защищают резину от

светового старения. Подробные сведения о конкретных марках синтетических каучуков, предназначенных для резин общего и специального назначения, приведены в литературном источнике [2].

### **3.2.2. Основные материалы для изготовления шин**

Как отмечалось, шины занимают особое место в номенклатуре резинотехнических изделий.

Шины – сложные многослойные резинотканевые изделия, основными частями которых, как известно, являются: каркас – несущая часть шины, протектор с определенным рисунком для осуществления сцепления с дорожным покрытием и промежуточный (подушечный) слой – бреккер, являющийся связующим звеном между каркасом и протектором.

Для изготовления отдельных частей шин используются ранее указанные высокосортные каучуки, а также кордные ткани. Ткань, как и резина, определяет эксплуатационные качества и стоимость шин. Масса ткани составляет 30-35% массы всей покрышки, а ее стоимость - 25% стоимости всех других материалов шины [2].

Кордная ткань состоит из скрученных хлопчатобумажных, капроновых или нейлоновых нитей. Волокна тканей расположены либо по диагонали, либо по радиусу с наклоном скрученных нитей под определенным углом. Такое строение кордовых тканей позволяет, в ходе соответствующей обработки, покрыть резиной каждую отдельную нить, что предохраняет их от интенсивного истирания, снижает трение между нитями и резиной, а значит и теплообразование, придает прочность и эластичность всему изделию.

Помимо тканевых материалов, для каркаса и бреккера применяют и металлокорд, представляющий собой стальную проволоку в виде тросиков толщиной 0,5-1,5 мм, свитых из проволоки диаметром 0,1-0,25 мм. Металлокорд отличается высокой прочностью, намного превосходящей прочность кордных тканей из природных и искусственных волокон.

Шины с металлокордом на дорогах с усовершенствованным

(асфальтобетонным или бетонным) покрытием служат приблизительно в 2 раза больше обычных. Недостаток же металлокорда заключается в его невысокой усталостной прочности для дорог с несовершенным покрытием, а также сравнительно высокой стоимости, что в определенной степени ограничивает его широкое применение в нашей стране.

Отметим конструктивные особенности отдельных составляющих шины. Каркас состоит из нескольких слоев прорезиненного корда. Количество слоев у грузовых автомобилей 6-28, у легковых 2-6. В каркасах радиальных шин всегда четное количество слоев корда, что позволяет обеспечивать более равномерное распределение нагрузки на шину.

Протектор представляет слой резины, толщина которого составляет для грузовых автомобилей 14-32 мм, для легковых – 7-17 мм. Как отмечалось, на протектор наносят рисунок в виде выступов и впадин, от расположения которых, помимо сцепления шин с дорогой, зависят эластичность протектора, мягкость и бесшумность хода автомобиля.

Протектор большего сечения рассчитан на большой пробег, однако утяжеляет шину, повышает сопротивление качению, увеличивает момент инерции колеса и нагрев шины. Брекер толщиной 3-8 мм смягчает удары, передаваемые от протектора к каркасу при езде по неровным дорогам. В радиальных шинах брекеры часто выполняют из металлокорда или прорезиненного стеклопластика.

Исходя из основных эксплуатационных требований и применительно к дорожным и природно-климатическим условиям, отечественная промышленность выпускает множество разновидностей шин, отличающихся материалами конструктивных элементов и соотношением основных размеров. Так, для районов с температурой ниже  $-45^{\circ}\text{C}$  изготавливаются шины из морозостойкой резины на основе каучуков СКС и СКД, а для тропического климата, в экспортном варианте - из каучука СКТ (синтетический каучук теплостойкий).

В заключение остановимся на испытаниях, связанных с определением

основных физико-механических свойств резин: прочности, эластичности и износостойкости, от которых в значительной степени зависит работоспособность и долговечность шин.

Прочность, оцениваемая пределом прочности резины,  $\text{H}/\text{м}^2$ , определяется сравнительными испытаниями на специальной разрывной машине, замером нагрузки, при которой разрывается стандартный резиновый образец регламентированной конфигурации и размеров.

Эластичность (упругость) определяется на маятниковом копре-угломере (разрывной машине) по максимальному углу отклонения маятника после удара об испытуемый образец. Пользуясь полученными значениями угла отклонения маятника, определяют эластичность резины в процентах. Чем выше этот показатель, тем эластичнее резина.

Сравнительные испытания на износостойкость (истирание) проводят на специальной машине, где резиновый образец определенной формы прижимается с заданным усилием к вращающемуся диску, оснащенный абразивом. Истирание резины определяется потерей объема образца ( $\text{м}^3$ ) отнесенной к единице работы ( $\text{кВт}/\text{ч}$ ), затраченной на этот вид испытания.

Важнейшим комплексным показателем работоспособности резины является ее твердость, от которой зависит как эластичность, так и износостойкость изделия. Контроль твердости осуществляется и с помощью специального прибора – твердомера по методу упругого отскока бойка (метод Шора) и измеряется в единицах  $HSh$ , где:  $h$  – высота отскока стального бойка массой 2,5г, падающего с высоты 254 мм. Шкала прибора имеет 100-140 равных делений. Деление 100 соответствует стали, закаленной на твердость  $65HSh$ . Так, например, твердость протекторной резины (после вулканизации), которая во многом определяет работоспособность и долговечность шин, составляет 62-68  $HSh$ .

### **Вопросы для самопроверки**

1. Как называется свойство резины, способствующее восстановлению первоначальной формы после прекращения действия силы?
2. Что представляет собой в химическом отношении натуральный каучук?
3. Каков основной состав резиновой смеси?
4. Каково основное назначение активных и неактивных наполнителей резиновой смеси?
5. В чем заключается сущность процесса вулканизации?
6. Как различаются резины по назначению?
7. Для каких целей используются специальные резины?
8. Какова доля синтетических каучуков в производстве резинотехнических изделий по сравнению с натуральным каучуком?
9. Какие тканевые материалы применяются при изготовлении шин?
10. Чем отличаются кордные ткани от обычных?
11. Что подразумевается под понятием металлокорд?
12. Каким образом осуществляется контроль твердости резины?

### **Задания для самоконтроля**

1. Приведите примеры основных деталей автомобиля, для которых используются резинотехнические изделия.
2. Определите сущность и приведите примеры режимов вулканизации.
3. Приведите примеры наименований синтетических каучуков, используемых для производства резин специального назначения.
4. Укажите назначение активных и неактивных наполнителей резиновых смесей. Приведите примеры этих наполнителей.
5. Назовите основные конструктивные составляющие автомобильных шин и укажите материалы для их изготовления.
6. Что представляют собой нити кордных тканей и как их формирование влияет на прочность резинотехнических изделий?
7. Назовите материал, используемый для металлокорда, и укажите его

основные преимущества и недостатки.

8. Поясните, каким образом толщина протектора влияет на положительные и отрицательные качества автомобильных шин.

9. Назовите конструктивные особенности радиальных шин и определите их преимущества по сравнению с обычными (диагональными) шинами.

10. Приведите примеры использования специальных резин на основе морозостойких и теплостойких каучуков.

11. Назовите основные эксплуатационные свойства резин и определите их сущность.

12. Изложите методику контроля прочностных свойств, эластичности и износостойкости резин.

## **Глава 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

Технологические материалы, связанные с производством и ремонтом подвижного состава автомобильного транспорта, включают лакокрасочные материалы (ЛКМ), материалы для обработки металлов резанием и сварочные материалы.

### **4.1. Лакокрасочные материалы**

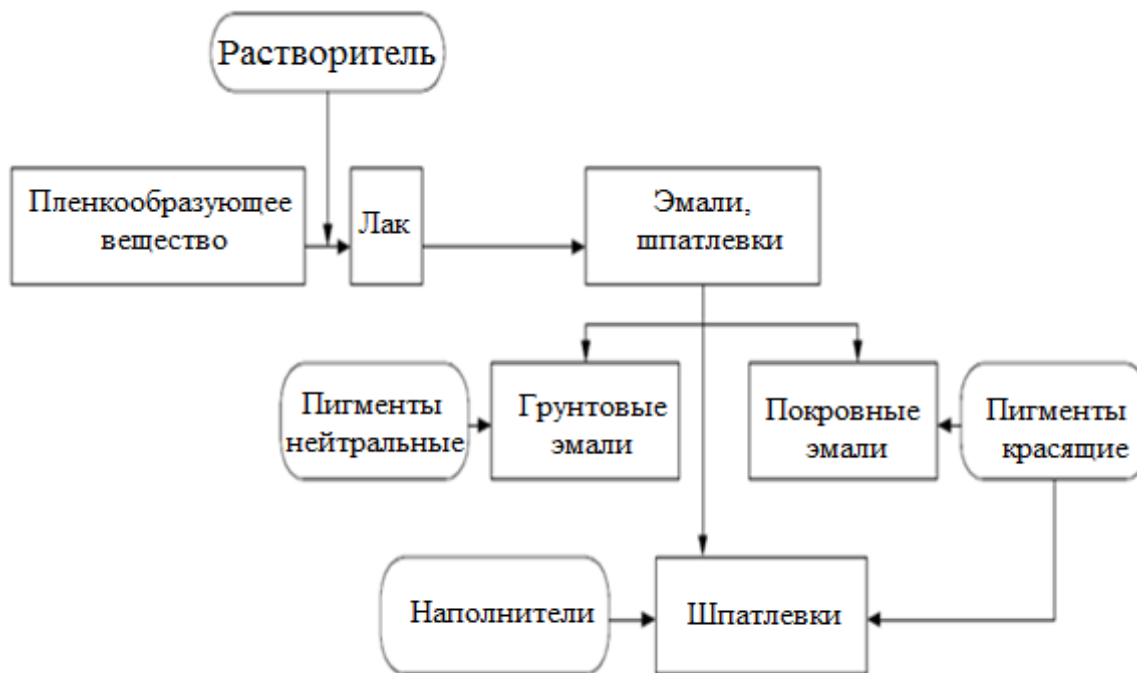
#### **4.1.1. Назначение, состав и основные показатели качества лакокрасочных материалов**

Лакокрасочные материалы выполняют две функции – техническую (защитную) и декоративную (эстетическую). При нанесении ЛКМ на окрашиваемую поверхность они образуют пленку, защищающую металлические изделия от коррозии, а деревянные – от гниения. Одновременно с этим, благодаря соответствующему подбору красящих пигментов, достигается эстетичность – красивый внешний вид, что особенно важно для кузовов легковых автомобилей и автобусов с учетом того, что стоимость, например, кузова легкового автомобиля составляет ориентировочно 2/3 стоимости всего автомобиля.

В состав ЛКМ входят: пленкообразующие вещества, растворители,



лаки,эмали и шпатлевки. Схема получения ЛКМ представлена на рис.14.



**Рис.14. Схема получения лакокрасочных материалов**

Пленкообразующие вещества включают вещества растительного происхождения и синтетические. В качестве растительных пленкообразующих веществ используют льняное и конопляное масла, применяющиеся для бытовых нужд в виде олифы, которую получают термической обработкой растительных масел путем длительного нагрева до температуры 300°С с добавкой сиккативов – веществ, ускоряющих образование пленки (окислов свинца, марганца, кобальта и др.) с последующей добавкой соответствующего растворителя. К пленкообразующим веществам растительного происхождения относят также и нитроцеллюлозу, являющуюся продуктом переработки древесины.

К синтетическим пленкообразующим веществам – продуктам переработки угля, нефти и др. относят алкидные (глифталевые, пентафталевые и др.), а также меламиноалкидные смолы. В практике использования ЛКМ для подвижного состава автомобильного транспорта наибольшее распространение получили нитроцеллюлозные (НЦ), глифталевые (ГФ), пентафталевые(ПФ) и меламиноалкидные (МЛ) пленкообразующие вещества.

Из приведенной на рисунке 14 схемы следует, что при добавлении растворителя к пленкообразующему веществу (пленкообразователю) получается лак – бесцветное вещество, которое является исходным продуктом для грунтовых и покровных эмалей, а также шпатлевок.

В практике, помимо растворителей, применяют также и разбавители, используемые для их частичной замены. Разбавители дешевле растворителей и поэтому снижают стоимость ЛКМ. Растворители и разбавители применяют в строгом соответствии с пленкообразующим веществом. Так, для нитроцеллюлозных пленкообразователей используется ацетон, спирты (главным образом этиловый) и их смеси; для алкидных – уайт-спирит, скипидар, ксилол и др.

Помимо названных, используются также различные многокомпонентные растворители, обозначаемые соответствующими цифровыми и буквенными индексами, например, 646, 648 и др. – для нитроцеллюлозного пленкообразователя; 651, РДВ и др. – для алкидных и меламиноалкидных эмалей.

Как следует из вышеприведенной схемы, различают грунтовые эмали (грунты) и покровные эмали (краски). В покровные и грунтовые эмали добавляют пигменты, в покровные – красящие, придающие ЛКМ необходимый цвет, в грунтовые – нейтральные. К числу распространенных красящих пигментов, например, относятся: окись хрома, железный сурик, сажа, которые придают изделиям соответственно цвета: зеленый, красный и черный. К нейтральным пигментам относят цинковые, свинцовые и титановые белила.

Грунтовые эмали, как правило, бесцветны и предназначены для обеспечения прочных связей лакокрасочного покрытия с окрашиваемой поверхностью, а также для ее надежной антикоррозионной защиты. Покровные эмали служат для получения наружного слоя покрытия, придают ему необходимый цвет, блеск, устойчивость против вредного воздействия окружающей среды, механическую прочность и химическую стойкость.

Шпатлевки, в которые вводят наполнители (мел, гипс, каолин и др.), а

также красящие пигменты, соответствующие пигментам покровных эмалей, служат для устранения неровностей окрашиваемых поверхностей. Шпатлевка не улучшает механических свойств покрытия, более того, при ее значительной толщине (более 500 мкм) происходит снижение прочности лакокрасочного покрытия. Поэтому для уменьшения слоя шпатлевки, поверхность перед окраской, должна быть тщательно выровнена. Шпатлеванием устраняют только риски и незначительные углубления.

Качество лакокрасочных материалов и покрытий характеризуется следующими основными показателями: прочностью при ударе и изгибе, вязкостью, адгезией и укрывистостью.

*Прочность при ударе*, измеряемая в кг/см(Н /м), определяется высотой падения груза массой в 1 кг, при котором боек прибора не вызывает механического разрушения покрытия, нанесенного на металлическую пластинку.

*Прочность при изгибе* характеризуется эластичностью и устойчивостью покрытия при деформациях. Ее определяют путем изгибания металлической пластинки с нанесенным покрытием вокруг стержней различного диаметра и выражают минимальной величиной диаметра стержня (мм), при изгибании вокруг которого покрытие не разрушается.

*Вязкость* лакокрасочных материалов измеряется в секундах потребных для вытекания 100 мл из отверстия колбы диаметром 4 мм простейшего прибора – вискозиметра при температуре 18...20°С. Ее значение зависит от выбора способа нанесения покрытия. Так, например, для пневматического способа нанесения покрытия без подогрева с использованием обычного краскораспылителя значение вязкости составляет 18...35 с.

*Адгезия*, т.е. прочность прилипания пленки к поверхности изделия, определяется по отслаиванию и шелушению покрытия после его обработки лезвием безопасной бритвы в виде решетчатых надрезов на расстоянии 2 мм друг от друга.

*Укрывистость* измеряется количеством лакокрасочного материала в г/м<sup>2</sup>,

потребным для закрашивания пластины из бесцветного стекла минимальным количеством слоев, при котором не просматриваются черные и белые квадраты у подложенной под эту пластину шахматной доски.

Помимо названных показателей качества покрытий используются и другие характеризующие твердость, время высыхания покрытий, их стойкость к изменению температуры, действию нефтепродуктов и пр., которые подробно изложены в литературном источнике [2].

#### **4.1.2. Обозначение лакокрасочных материалов, технологические особенности их нанесения и сушки**

Обозначение (маркировка) ЛКМ по ГОСТ9825-73 включает 5 наименований (слов, букв и цифр). Первая цифра означает полное наименование материала (эмаль, грунт, шпатлевка). Наименование последних двух материалов могут быть опущены, а присутствующие в их обозначениях цифры «0» и «00» указывают на соответствующие наименования материалов. Затем следует сокращенное наименование пленкообразующего вещества (НЦ, ПФ, ГФ, МЛ). Стоящая за буквой, через дефис (тире), цифра определяет классификацию материала по назначению, например, 1 – атмосферостойкий; 2 – стойкий внутри помещений и ограничено атмосферостойкий. Далее следует регистрационный (порядковый) номер, присвоенный данному материалу и состоящий из одной, двух или трех цифр, а затем обозначение цвета покрытия для покровных эмалей и шпатлевок. Грунтовые эмали, как отмечалось, бесцветны.

Пленкообразующее вещество, присутствующее в комплекте окрасочных материалов, неизменно. Приведем примеры обозначений комплекта ЛКМ на базе целлюлозного пленкообразователя: покровная эмаль – «Эмаль НЦ-12 черная», грунтовая эмаль - «НЦ - 012», шпатлевка – «НЦ-0012 черная».

Грунт наносится в один слой, а покровная эмаль в несколько слоев.

Некоторые технологические свойства покровных эмалей приведены в таблице 24.

## Технологические свойства покровных эмалей

Краткоенаименование пленкообразователя	Количество слоев покрытия	Продолжительность сушки одного слоя	Долговечность покрытия
НЦ	5-6	10-15 мин при t 15-25°C 24-48 часов при	2-3 года
ПФ, ГФ	2-3	t 18-22°C; 12-20 мин при t 100°C	2-3 года
МЛ	2-3	60 мин при t 120-130°C	4-5 лет

Как следует из таблицы 24, наибольшую долговечность имеют меламиноалкидные эмали, однако высокая температура сушки слоев этого покрытия предъявляет особые требования к этому технологическому процессу. Долговечность и показатели качества лакокрасочного покрытия возрастают, если перед нанесением грунтовой эмали, поверхность изделия подвергается фосфатированию – химической обработке растворами солей фосфорной кислоты с предшествующей тщательной очисткой и обезжириванием этой поверхности с помощью различных растворителей (ацетона, уайт-спирита и др.).

После нанесения каждого слоя производится его сушка с последующим шлифованием, а в заключение, для придания декоративного глянца – полирование. Для шлифования и полирования применяют абразивные материалы: шлифовальные шкурки, шлифовальные и полировальные пасты. Подробно технологические процессы, связанные с нанесением ЛКМ применительно к подвижному составу, изложены в специальной литературе по производству и ремонту машин.

Существуют следующие способы нанесения грунтовых и покровных эмалей: пневматический без подогрева, пневматический с подогревом, безвоздушный и в электрическом поле. Простейшим и вместе с тем наименее экономичным, с точки зрения расхода ЛКМ, является пневматический способ

без подогрева при помощи пульверизаторов различной конструкции (пистолетов-краскораспылителей). При подогреве красок вязкость их снижается, поэтому расход растворителей резко уменьшается.

Так, при подогреве нитроэмалей до температуры 55-60°C расход растворителя снижается на 20-30%, а синтетических эмалей - на 30-40% (при их подогреве до 70°C). Распылением в подогретом состоянии с помощью специальных установок, выпускаемых отечественной промышленностью, можно наносить все виды эмалей.

Способ безвоздушного распыления, который чаще всего производится с подогревом, основан на перепаде давления создаваемого насосом установки на выходе эмалей из сопла распылителя. При этом потери эмалей на туманнообразование сокращаются в 2-4 раза по сравнению с пневматическим распылением.

Наиболее совершенным, в отношении потерь ЛКМ, является способ нанесения покрытий в электрическом поле, где распыленные частицы эмалей получают отрицательный заряд и притягиваются к противоположно заряженной окрашиваемой поверхности. Этот способ снижает расход эмалей на 30-50% и увеличивает производительность в 2-3 раза по сравнению с другими способами нанесения ЛКМ. Однако, окраска в электрическом поле целесообразна лишь при больших объемах работ, т.к. достаточно энергоемка и требует сложного и дорогостоящего оборудования.

Приведенные способы нанесения ЛКМ относятся к грунтовым и покровным эмалям. Что касается шпатлевок, то при так называемом местном шпатлевании, когда устраняются отдельные шероховатости, шпатлевку наносят вручную – шпателем, а при шпатлевании более значительных площадей изделия используют грунты – шпатлевки в виде жидкостей, которые наносят на окрашиваемую поверхность пневматическим способом.

Долговечность лакокрасочных покрытий во многом зависит от принятого способа сушки. Различают естественный, конвекционный и терморadiационный способы сушки. Естественный способ сушки используют,

как правило, для нитроэмалей. Необходимая температура сушки создается подогревом воздуха (конвекционный способ) или лучистой энергией (терморadiационный способ). Для алкидных эмалей можно использовать все названные виды сушки, а для меламиноалкидной – терморadiационный.

При терморadiационном способе инфракрасные лучи проходят через лакокрасочное покрытие и нагревают поверхность изделия, отчего сушка начинается не с поверхности, как это имеет место при естественном и конвекционном способах, а изнутри, способствуя беспрепятственному улетучиванию растворителя и исключая образование дефектов (воздушных пузырьков и различного рода включений) в подповерхностном слое покрытия.

#### **4.2. Материалы для обработки металлов резанием**

Обработка металлов резанием занимает ведущее место в процессе формообразования абсолютного большинства деталей автомобиля изготовленных из различных материалов. Помимо формообразования, механическая обработка (обработка металлов резанием) связана с получением определенной шероховатости поверхности, заданной рабочим чертежом детали, от которой в значительной мере зависит изнашиваемость детали в эксплуатации.

Технологические материалы для обработки металлов резанием подразделяются на три основные группы: инструментальные стали, твердые сплавы и абразивные (шлифующие) материалы. Инструментальные стали, в свою очередь, подразделяются на углеродистые, легированные и быстрорежущие.

Наиболее дешевыми из перечисленных сталей являются углеродистые, которые, к тому же, обладают наименьшей теплостойкостью и потому используются для изготовления режущего инструмента, работающего при сравнительно малых скоростях резания (меньше 10 м/мин). Эти стали используются для изготовления сверл, фрез, метчиков и др. инструментов малого диаметра. Углеродистые стали ГОСТ1435-74 маркируются буквой «У»

(углеродистая). Следующие за этой буквой цифры (У7, У8, У10А-У13) показывают среднее содержание углерода в десятых долях процента, а буква «А», по аналогии с конструкционными углеродистыми сталями, указывает на то, что эти стали являются высококачественными.

В результате термической обработки этих сталей (заковки и низкого отпуска) возможно получить твердость (для сталей У10...12) порядка 62...63 НРС. Однако эта твердость резко снижается при нагреве выше 200°C, что и предопределяет возможность использования этих сталей при обработке материалов с малыми скоростями резания.

Более теплостойкими и износостойкими считаются легированные инструментальные стали ГОСТ5950-73, такие, как 9Х, 9ХС, 6ХВГ и др., первая цифра в маркировке которых указывает на среднее содержание углерода в десятых долях процента, а следующие за ней буквы, по аналогии с конструкционными легированными сталями, определяют наименование и среднее содержание в процентах соответствующего легирующего элемента.

Из легированных инструментальных сталей изготавливают сверла, развертки, протяжки и т.п. инструмент, работающий при температуре до 260°C, т.е. с несколько большими скоростями резания по сравнению с аналогичным инструментом, выполненным из углеродистых инструментальных сталей.

Быстрорежущие стали ГОСТ19265-73 обладают более высокой теплостойкостью по сравнению с ранее указанными инструментальными сталями. Эти стали сохраняют мартенситную структуру при нагреве до температуры 600-650°C, что позволяет в 2-4 раза повысить производительность труда при механической обработке.

Быстрорежущие стали маркируются буквой «Р», следующая за ней цифра показывает среднее содержание основного легирующего элемента быстрорежущей стали – вольфрама (в процентах). Среднее содержание молибдена (в процентах) обозначается цифрой, проставленной за буквой «М» и т.д. Среднее содержание хрома в быстрорежущих сталях, составляет 4% и поэтому в обозначении марки стали не указывается.



Наиболее распространенными быстрорежущими сталями являются P18, P9и P6M5, которые используются для изготовления стандартных пластин, которыми оснащают резцы для токарных, строгальных и иных работ. Из этих сталей изготавливают сверла, режущие части фрез и др. инструмент, работающий при скоростях резания до 60м/мин.

Для режущего инструмента, работающего при скоростях резания более 60 м/мин используют твердые сплавы, изготовленные методом порошковой металлургии и состоящие из карбидов тугоплавких металлов, главным образом, из карбидов вольфрама и титана. В марках твердых сплавов первые буквы означают группу, к которой относится сплав. Например, ВК – вольфрамовая, Т – титановольфрамовая группа. Цифра в вольфрамовой группе (ВК6, ВК8 и др.) означает процентное содержание связующего материала – кобальта (в процентах), остальное – карбиды вольфрама. В титановольфрамовой группе (Т15К6, Т5 К10 и др.) первые две цифры означают процентное содержание карбидов титана, последние – процентное содержание кобальта, остальные – карбиды вольфрама.

Пластины твердых сплавов вольфрамовой группы, обладающие высокой износостойкостью, рекомендуется использовать для оснащения инструмента, предназначенного для грубой (черновой) обработки чугуна, жаропрочных сплавов и цветных металлов. Сплавы титано-вольфрамовой группы, несколько уступающие по износостойкости сплавам вольфрамовой группы, рекомендуют для предварительной и чистовой обработки заготовок стальных деталей.

В настоящее время отечественная промышленность выпускает сверхтвердые материалы на основе карбида бора, например, эльбор– Р, который дает возможность вести обработку закаленной стали со скоростью до 150 м/мин. Применение нитрида бора позволяет не только повысить производительность труда при механической обработке, но также обеспечить высокое качество обрабатываемой поверхности.

Для обработки металлов резанием применяются также абразивные (шлифующие) материалы. Абразивные (от латинского слова *abrasio* –

соскабливание) материалы на базе корундов ( $Al_2O_3$ ), карбидов кремния (SiC) и нитридов бора (BN) применяют для изготовления шлифовальных кругов, шкурок, паст и т.п. Эти материалы имеют высокую твердость, теплостойкость (1200-1800°C) и износостойкость, что позволяет вести обработку со скоростями резания до 100 м/с.

В качестве шлифующих материалов для отделочных – полировальных работ применяют также синтетические алмазы, которые выпускают в виде порошков: АСО, АСР, АСВ и др., а также микропорошков, например, АСМ. Первые две буквы означают «алмаз синтетический». Последняя буква при обозначении порошковых материалов характеризует прочность алмазов («О» - обычной прочности; «Р» - повышенной прочности; «В» - высокой прочности), а буква «М» - означает микропорошок. Главными составляющими абразивно-алмазных инструментов являются режущие материалы и связки.

Различают керамические связки, состоящие из огнеупорных глин и различных наполнителей; а также органические, основой которых являются фенолформальдегидные смолы, металлические и др. Абразивные круги выполняют, в основном, на керамической, а алмазные - на органической связке.

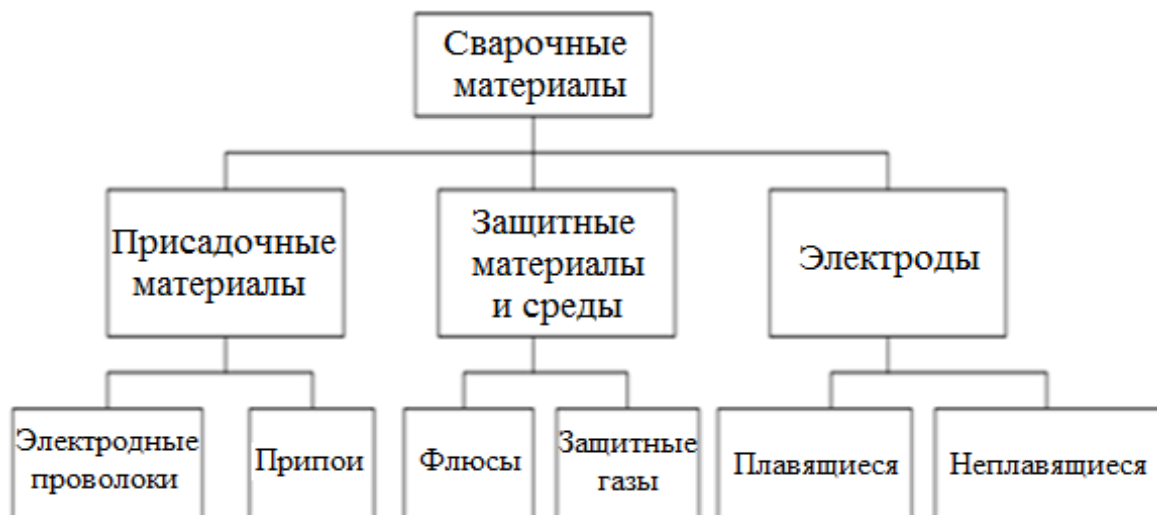
Подробные сведения о материалах, применяемых при обработке металлов резанием, приведены в литературных источниках [2, 3, 5].

### **4.3. Сварочные материалы**

Сварочные процессы предназначены для создания неразъемных соединений. Различают три класса сварки в зависимости от вида применяемой энергии. Термический класс, осуществляемый плавлением присадочных материалов электрической дугой (электродуговая сварка), газовым пламенем (чаще всего ацетилено-кислородным), а также другими источниками энергии (электронно-лучевой, плазменной и др.). К термомеханическому классу относятся сварочные процессы, при которых используется тепловая энергия и давление (контактное, пресовое и пр.), а к механическому – сварочные процессы с использованием механической энергии (ультразвуковая, магнито-

импульсная сварка), трением и др.

Наибольшее применение в автомобилестроении и ремонте – восстановление автомобильных деталей сваркой и наплавкой, - находит термический класс. Используемые в сварочных процессах этого класса материалы показаны на рисунке 15.



**Рис. 15. Материалы, применяемые при сварке плавлением**

Наплавка (механизированная наплавка) является разновидностью электродуговой сварки и широко используется при восстановлении ответственных деталей автомобилей и двигателей (коленчатых и распределительных валов, валов коробок передач и др.). Механизированная наплавка производится на специализированном технологическом оборудовании с использованием соответствующих присадочных материалов, защитных материалов и сред.

*Присадочные материалы.* К присадочным материалам для электродуговой сварки и наплавки, применительно к конструкционным металлическим материалам, относят электродные проволоки из углеродистой и легированной сталей: Св-08А, Св-08ГА, Св-08Г 2С, Нп-30ХГСА и др. Марка электродной проволоки содержит буквы «Св» - сварочная, «Нп» - наплавочная и далее через дефис – типовое обозначение содержания углерода и соответствующих легирующих элементов. Отличия сварочных и наплавочных проволок заключается, для последних, в более узком диапазоне разброса содержания

основных элементов.

Помимо проволок сплошного сечения используются и порошковые проволоки, представляющие собой стальную трубку, заполненную порошкообразной шахтой, состоящей из металлического компонента и флюса. Порошковые проволоки используются как с дополнительной защитой (флюсом или газом), так и без защиты. Например, проволока ПП-3Х13-О («ПП» - проволока порошковая), далее типовое обозначение содержания углерода и легирующего элемента. Указанная марка проволоки используется для механизированной наплавки стальных деталей без дополнительной защиты («О» - открытая дуга). Для пайки, которая является разновидностью сварки плавлением, в качестве присадочного материала используются припой. Припой с температурой плавления до 450°С называется низкотемпературным, а свыше 450°С – высокотемпературным.

Так, например, низкотемпературный оловянисто-свинцовистый припой ПОС-18 (среднее содержание олова 18%, остальное – свинец) применяется для пайки проводов электрооборудования с использованием электронагревательного прибора-паяльника, а высокотемпературный медно-цинковый – ПМЦ-54 (среднее содержание меди 54%, остальное – цинк) для пайки ацетиленокислородным пламенем деталей из цветных металлов, например, латунных трубок радиаторов системы охлаждения.

*Защитные материалы и среды.* К защитным сварочным материалам относятся флюсы, которые служат для предохранения металла от окисления и являются одно- и многокомпонентными соединениями. Наиболее эффективными считаются многокомпонентные флюсы, которые, наряду с защитными свойствами, используются для легирования с целью повышения механических свойств сварного соединения или наплавленного металла.

Многокомпонентные сварочные флюсы классифицируют по назначению (для сварки и наплавки углеродистых и легированных сталей), по способу изготовления (плавленные, получаемые сплавлением шахты в электрических или пламенных печах, и неплавленные, к которым, например, относят

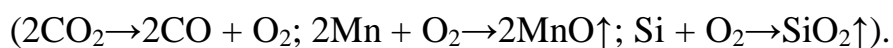
керамические, получаемые смешиванием порошкообразных материалов различного назначения: шлакообразующих, раскисляющих, легирующих и др. компонентов).

Из достаточно часто применяемых плавеных флюсов, в качестве примера, можно привести плавеный высококремнистый и высокомарганцовистый флюс АН-348А с содержанием соответственно окиси кремния и марганца 41-44% и 34-38%, а из неплавленных – керамический флюс АНК-19. Имея неоспоримые преимущества в виде возможности широкого диапазона легирования, керамические флюсы имеют и ряд недостатков заключающихся в их гигроскопичности и определенной неоднородности наплавленного металла по химическому составу. Однако, несмотря на отмеченные недостатки, керамические флюсы достаточно широко применяются для восстановления стальных деталей наплавкой с использованием недефицитных и дешевых малоуглеродистых электродных проволок.

В качестве достаточно распространенных паяльных флюсов при низкотемпературной пайке используется канифоль (твердое стекловидное вещество с температурой плавления 125°C, получаемое из сосновой смолы), а при высокотемпературной пайке (свыше 600°C) – бура ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ).

В качестве защитных средств применяют инертные и защитные газы. Из инертных газов наибольшее распространение получил аргон, а из активных – углекислый газ, стоимость которого в 10-15 раз ниже аргона. Аргон обычно используется для трудно свариваемых материалов, например, деталей из алюминиевых сплавов.

Сварка и наплавка в средеуглекислого газа малоуглеродистыми проволоками сплошного сечения с определенным содержанием кремния и марганца относится к самым дешевым способам сварки и наплавки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей. Сущность защиты углекислым газом состоит в том, что марганец и кремний связывают кислород, выделяющийся при разложении этого активного газа в летучие оксиды:



*Электроды.* Электроды для дуговой сварки подразделяются на плавящиеся и неплавящиеся. Плавящиеся электроды представляют собой стержни, имеющие покрытия на специальной обмазке. Стержни, изготавливаемые из малоуглеродистой сварочной проволоки, служат в качестве присадочного материала, а роль флюса выполняет покрытие электрода. Наиболее распространенными покрытиями являются рудно-кислые –Р, в которых преобладают окислы железа, фтористо-кальциевые – Ф, а также рутиловые – Т, шлакообразующую основу которых составляет двуокись титана. Наименее качественными и наиболее дешевыми считаются электроды с рудно-кислым покрытием, а наиболее качественными и дорогостоящими электроды с фтористо-кальциевым покрытием. Рутиловые электроды занимают промежуточное положение.

Условное обозначение электрода для сварки конструкционных сталей состоит из ряда наименований. Расшифруем, например, электрод **УОНИ 13/45-Э42А-4,0-Ф** ГОСТ 9467-79: **УОНИ 13/45** – марка электрода, **Э42А** – тип электрода («Э» - электрод для дуговой сварки; **42** – минимально гарантируемый предел прочности шва, кгс/мм<sup>2</sup>; буквенный символ «А» - гарантирует получение повышенных пластических свойств металла шва); **4,0** – диаметр электродного стержня, мм; **Ф** – фтористо-кальциевое покрытие и наконец, номер ГОСТа по которому стандартизирован электрод. Достаточно часто при обозначении электрода указывается только его тип.

Из неплавящихся электродов наибольшее распространение получили вольфрамовые стержни, выдерживающие температуру свыше 3000°С и относящиеся к дорогостоящим и дефицитным сварочным материалам. Эти электроды применяют, например, для деталей из трудно свариваемых алюминиевых сплавов (силуминов) в среде аргона. В этом случае в качестве присадочного материала применяют алюминиевый сплав, аналогичный по химическому составу свариваемому изделию.

Подробные сведения о материалах, применяемых при сварке, наплавке и

пайке, изложены в литературном источнике [4].

### **Вопросы для самопроверки**

1. Каково назначение и состав ЛКМ?
2. Что представляют собой различные пленкообразующие вещества?
3. Каково назначение растворителей ЛКМ?
4. В чем заключаются различия грунтовых и покровных эмалей?
5. Для каких целей применяются шпатлевки?
6. От чего зависит долговечность лакокрасочных покрытий?
7. Назовите основные способы нанесения ЛКМ и укажите, в чем заключаются принципиальные различия между ними?
8. Для каких лакокрасочных покрытий наиболее рационален способ естественной сушки?
9. В чем заключается принципиальное различие конвекционного и терморadiационного способов сушки лакокрасочных покрытий?
10. Какие материалы применяются для обработки металлов резанием?
11. Какие из инструментальных сталей являются наиболее теплостойкими и для каких скоростей резания они предназначены?
12. Каковы особенности маркировки быстрорежущих сталей?
13. Каково строение и технологические особенности твердых сплавов?
14. Каковы особенности маркировки сплавов по сравнению с инструментальными сталями?
15. Какие абразивные материалы применяются для обработки металлов резанием?
16. Какие материалы применяются для изготовления электродных проволок?
17. В чем заключается принципиальное различие сплошных и порошковых электродных проволок, и какие защитные материалы используются в процессах сварки и наплавки этими материалами?
18. Что является присадочными и защитными материалами при низко- и высокотемпературной пайке?
19. Какие защитные газовые среды используются для сварки и

наплавки? Какова сущность защиты расплавленного металла активным углекислым газом?

20. Каковы технологические особенности использования неплавящихся электродов?

### **Задания для самоконтроля**

1. Назовите основные пленкообразующие вещества ЛКМ и укажите их технологические особенности.
2. Приведите схему получения ЛКМ и поясните входящие в нее элементы.
3. Укажите назначение растворителей ЛКМ и приведите примеры их использования для различных пленкообразователей.
4. Приведите методику оценки основных показателей прочности лакокрасочных материалов и покрытий.
5. Дайте определение показателей вязкости, адгезии и укрывистости ЛКМ и укажите сущность испытаний по этим показателям.
6. Расшифруйте обозначения следующих ЛКМ: ГФ-012; эмаль ПФ-212 зеленая; МЛ-0012 черная. Какие нейтральные и красящие пигменты, а также наполнители входят в эти материалы?
7. Назовите сущность, преимущества и недостатки способов нанесения ЛКМ.
8. Назовите способы сушки лакокрасочных покрытий, укажите их сущность, достоинства и недостатки.
9. Расшифруйте следующие материалы для обработки металлов резанием: У12, 6ХВГ, Р6М5; ВК8, Т30К4; АСВ, АСМ.
10. Перечислите материалы, используемые для изготовления абразивных (шлифовальных) кругов и укажите наиболее теплостойкие из них.
11. Расшифруйте следующие присадочные материалы, применяемые при сварке, наплавке и пайке: Св-08, Св-08ГА, Св-10ХГ2С, Нп-30Х3ВА, ПП-25Х5ФМС; ПМЦ-48; ПОС-40.
12. Укажите назначение и приведите примеры защитных материалов и сред, применяемых в процессе образования неразъемных соединений при сварке



и пайке.

13. Приведите примеры химических реакций в процессе защиты расплавленного металла углекислым газом.
14. Расшифруйте обозначения следующих типов электродов: Э34, Э46, Э46А.
15. Приведите примеры и укажите технологические особенности использования неплавящихся электродов.

## Литература

1. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. - М.: Машиностроение. -1990.
2. Мотовилин Г.В., Машко М.А., Суворов О.М. Автомобильные материалы: Справочник. -М.: Транспорт.-1989.
3. Технология конструкционных материалов/ Под ред. А.М. Дальского. - М.: Машиностроение.-1990.
4. Есенберлин Р.Е. Восстановление автомобильных деталей сваркой, отливкой и пайкой. - М.: Транспорт.-1994.
5. Восстановление автомобильных деталей. Технология и оборудование/ В.Е. Канарчук, А.Д. Чигринец, О.Л. Голяк, П.М. Шоцкий. -М.: Транспорт.-1995.
6. Золотницкий В.А. Экономный автомобиль на газовом топливе. -М.: Ливр.-1999.
7. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник. под ред. В.М. Школьников. -М.: Техинформ.-1999.
8. Кузнецов А.В., Кульчев М.А. Практикум по топливу и смазочным материалам. -М.: Агропромиздат.-1987.

## Оглавление

Введение .....	4
Глава 1. ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЖИДКОСТИ.....	5
1.1. Топлива для машин.....	5
1.1.1 Бензины.....	5
1.1.2 Дизельные топлива.....	10
1.1.3. Газообразные топлива.....	14
1.2. Смазочные материалы.....	17
1.2.1. Общая классификация.....	17
1.2.2. Моторные масла.....	18
1.2.3. Трансмиссионные масла.....	25
1.2.4 Масла для гидравлических систем.....	28
1.2.5. Пластичные смазки.....	31
1.3. Специальные жидкости.....	36
1.3.1 Всесезонные жидкости для систем охлаждения двигателей.....	36
1.3.2. Летные жидкости для систем охлаждения двигателей.....	39
1.3.3. Тормозные жидкости.....	41
1.3.4. Пусковые и амортизаторные жидкости.....	43
Глава 2. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	48
2.1. Общая функционально-технологическая классификация эксплуатационных материалов и их назначение.....	48
2.2. Конструкционные металлические материалы.....	52
2.2.1 Строение и свойства конструкционных металлических материалов.....	52
2.2.2 Железоуглеродистые сплавы.....	60
2.2.3 Чугуны.....	63
2.2.4 Стали.....	65
2.2.5 Основы термической и химико-термической обработки железоуглеродистых сплавов.....	72

2.3	Сплавы цветных металлов.....	78
2.3.1	Сплавы на основе меди.....	78
2.3.2	Антифрикционные (подшипниковые) и алюминиевые сплавы....	79
3	Глава 3. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	82
3.1	Пластмассы.....	82
3.1.1	Технико-экономическая эффективность применения пластмасс.....	82
3.1.2	Строение, свойства и область применения пластмасс при производстве и ремонте машин .....	83
3.2.2	Основные материалы для изготовления шин.....	92
4	Глава 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ.....	96
4.1	Лакокрасочные материалы.....	96
4.1.1	Назначение, состав и основные показатели качества лакокрасочных материалов.....	96
4.1.2	Обозначение лакокрасочных материалов, технологические особенности их нанесения и сушки.....	100
4.2	Материалы для обработки металлов резанием.....	103
4.3	Сварочные материалы.....	106
	ЛИТЕРАТУРА .....	114