

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет
имени К. И. Сатпаева

Н. Т. Сурашов
Н. Т. Хадеев

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

Рекомендовано Научно-методическим советом университета
в качестве учебного пособия

Алматы 2015

УДК 629.3 (075.8)
ББК 39.33-08 я 73
С 90

Рецензенты:

Поветкин В. В., д-р техн. наук, проф. КазНТУ им. К. И. Сатпаева
Мауленов Ж. К., д-р техн. наук, акад. проф. КазГАСА
Кульгильдинов М. С., д-р техн. наук, проф. КазАТК им.
М. Тынышпаева

Печатается по плану издания Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2015 г.

С90

Сурашов Н. Т.

Эксплуатационные материалы транспортной техники: Учеб. Пособие / Н. Т. Сурашов, Н. Т. Хадеев – Алматы: КазНТУ, 2015. – 173 с. Ил. 21. Табл. 31. Библиогр. – 12 назв.

ISBN 978-601-228-794-4

Учебное пособие написано в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования по подготовке бакалавров по специальности 5В071300 «Транспорт, транспортная техника и технологии».

Рассматриваются вопросы целесообразности и эффективности использования эксплуатационных материалов в процессе эксплуатации, обслуживания и ремонта транспортной техники. Настоящее пособие предназначено для студентов специальности 5В071300 «Транспорт, транспортная техника и технологии».

УДК 629.3 (075.8)
ББК 39.33-08 я 73

ISBN 978-601-228-794-4

© Сурашов Н. Т.,
Хадеев Н. Т., 2015
© КазНТУ, 2015

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Эксплуатационные материалы транспортной техники» обеспечивает преемственность знаний предшествующих фундаментальных и общетехнических дисциплин: химии, физики, теоретической и прикладной механики, а также ряда специальных дисциплин, связанных с изучением конструкции автомобиля. Знания, полученные при изучении названной дисциплины, являются основой для последующего изучения курсов по поддержанию и восстановлению работоспособности транспортной техники в процессе его эксплуатации, экономики автотранспортных предприятий, безопасности жизнедеятельности, а также ряда других дисциплин, входящих в массив знаний соответствующих специальностей.

Основная задача дисциплины заключается в технико-экономическом обосновании целесообразности и эффективности использования автомобильных материалов в процессе эксплуатации, обслуживания и ремонта транспортной техники. Изучение дисциплины предусмотрено учебными планами специальности 5В071300 «Транспорт, транспортная техника и технологии».

Настоящее пособие составлено в соответствии с тематическим планом лекционных занятий, изложенным в УМК и рабочей программе дисциплины «Эксплуатационные материалы» и может быть использовано инженерами, магистрантами и соискателями по специализации «Транспорт, транспортная техника и технологии».

В работе использована исторически принятая терминология: «автомобильные эксплуатационные материалы», «автомобильные ремонтные материалы», «автомобильные бензины» и т. п., так как наиболее динамично развивается автомобильная промышленность и новые технологии и материалы созданные для автотранспорта внедряются при проектировании и эксплуатации всех видов транспортной техники.

1. ОБЩАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ

Дисциплина «Эксплуатационные материалы транспортной техники» рассматривает широкий круг вопросов, связанных с использованием различных материалов. Достаточно отметить, что в среднем автомобиле насчитывают свыше 2 тыс. деталей различного наименования, изготовленных из конструкционных материалов как металлических, так и неметаллических. Кроме того, для поддержания транспортной техники 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 транспортной техники с целью выполнения его главного предназначения – транспортирования (перевозок грузов и пассажиров) – необходимы эксплуатационные материалы: топливо, смазочные материалы, технические жидкости. Классификационная схема автомобильных материалов представлена на рис. 1.

Приведенные на схеме конструкционные металлические материалы занимают особое место в производстве и ремонте автомобилей. 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 автомобиля, 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. 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 и большим лесным ресурсам СНГ (до 25 % общей лесной площади мира), древесные материалы находят достаточное применение в качестве конструкционных в виде досок, брусьев и фанеры для изготовления грузовых платформ и некоторых деталей кузовов и кабин автомобилей. 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 автомобиля из древесных материалов применяют главным образом ель и сосну с влажностью не более 12...15 %.



Рис. 1. Классификационная схема автомобильных материалов

Из неорганических технических стекол, которые применяются для остекления автотранспортных 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 про-

пускает до 90 %, отражает 8...9 % и поглощает около 1...2 % 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 автотранспортных 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 автомобилей. Подробные сведения о технологических материалах будут 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 автомобильных перевозок в зависимости от конструктивных особенностей различных видов автомобильного транспорта.

Приведенная на рис. 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 [1–3].

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 автотранспортных 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 автомобильных материалах приведены в соответствующих источниках технической литературы [4–7].

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 автомобиля?
5. Какие сплавы цветных металлов находят наибольшее применение в конструкции автомобиля?
6. В чем заключается условность приведенной в настоящем разделе классификационной схемы автомобильных материалов?

Задания для самоконтроля

1. Приведите примеры деталей, испытывающих наибольшие температурные воздействия в процессе эксплуатации автомобиля, и какие из указанных на схеме (рис. 1) материалов могут быть использованы для их изготовления.
2. Укажите, для каких деталей автомобиля могут быть использованы древесные материалы.
3. Определите особенности использования закаленных стекол и триплексов в конструкции автомобиля.
4. Перечислите основные механизмы автомобиля, в которых могут быть использованы технические жидкости.

2. КОНСТРУКЦИОННЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

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 рис. 2.

Буквенное обозначение «а» на рис. 3 представляет собой параметр кристаллической решетки в ангстремах A ($1 A = 1 \times 10^{-8} \text{ мм}$). Для многих металлов в полностью остывшем состоянии «а» составляет $2,8 \dots 6 A$. От параметра кристаллической решетки зависят многие свойства металлов.

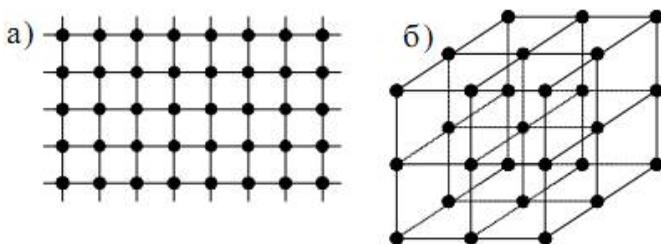


Рис. 2. Схема расположения атомов металла в кристаллической решетке:
а – в плоскости, б – в пространстве

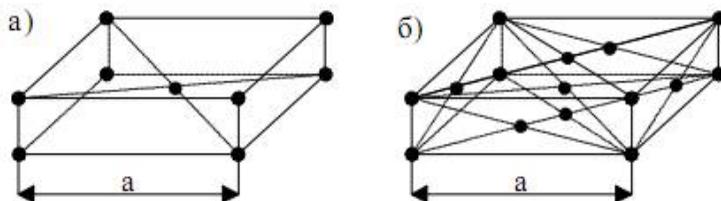


Рис. 3. Кристаллические решетки металлов:
 а – объемно-центрированная; б – гранецентрированная

Так, например, для железоуглеродистых сплавов параметр кристаллической решетки равен $2,8 \text{ \AA}$, а температура плавления, т. е. перехода из жидкого состояния в твердое, $1200 \dots 1500 \text{ }^\circ\text{C}$; для алюминия, температура плавления которого значительно ниже ($\cong 660 \text{ }^\circ\text{C}$), этот параметр составляет $4,04 \text{ \AA}$. 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 автотракторостроении, 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 металлов изложены в соответствующих источниках технической литературы, например [4]. Отметим только, что наиболее часто твердые растворы имеют место при сплавлении металлов с однопипными 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 другое, 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 других 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 проводится 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, которая изображена на рис. 4.

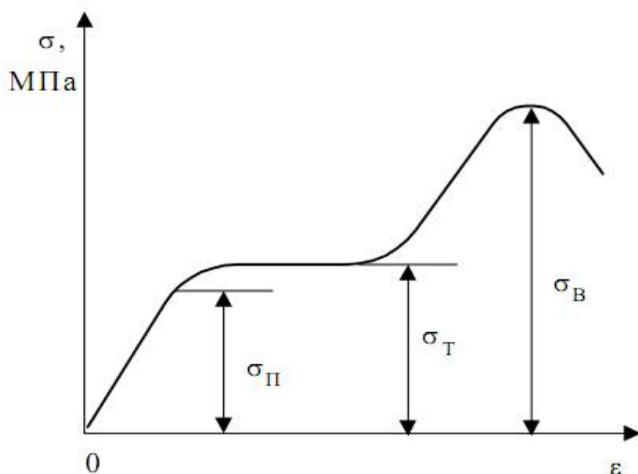


Рис. 4. Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали

На диаграмме растяжения по оси ординат отложено напряжение растяжения P (МПа), а по оси абсцисс – относительное удлинение $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$,

Где Δl – абсолютное удлинение, мм; l – первоначальная длина образца, мм.

Удлинение образца при возрастании нагрузки от точки «0» до участка перегиба пропорционально этому возрастанию. На горизонтальном участке диаграммы пропорциональность нарушается – металл начинает «течь», т. е. происходит удлинение образца при постоянной нагрузке. При дальнейшем растяжении усилие и напряжение достигают максимального значения σ_B , на образце образуется шейка, и он разрывается.

Отношение усилия P к площади поперечного сечения образца называется напряжением растяжения или сжатия $\sigma = P/F$

(Н/м², МПа). Следует напомнить, что Н/м² = 1 Па, а 1 МПа = 10⁶ Па. Наиболее важными механическими характеристиками являются σ_b и σ_T – соответственно пределы прочности и текучести. Для хрупких материалов наиболее характерным является значение σ_b , а для пластичных σ_T . Следует, однако отметить, что предел текучести металлов σ_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 допускаемого.

Отношение $\sigma_b / \varepsilon = E$ называется модулем упругости первого рода и является одной из важных сравнительно-прочностных характеристик различных металлов. Основные характеристики, приведенные на рис. 4, получены, как отмечалось, при статическом нагружении.

В то же время большинство ответственных деталей автомобиля испытывают динамические нагрузки. Одним из основных показателей прочностных свойств металла при динамических циклических нагрузках является предел выносливости (усталости), σ_{-1} .

Испытания на усталость позволяют выявить срок службы таких деталей, как шатуны, коленчатые валы двигателей, полуоси и прочее, 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 рис. 5, представляющая зависимость напряжения растяжения от числа циклов нагружения «N», например, для чугунов и сталей – 10⁷ циклов. Причем минимальная величина напряжения, выдерживаемая металлом в конце испытания, характеризует предел выносливости.

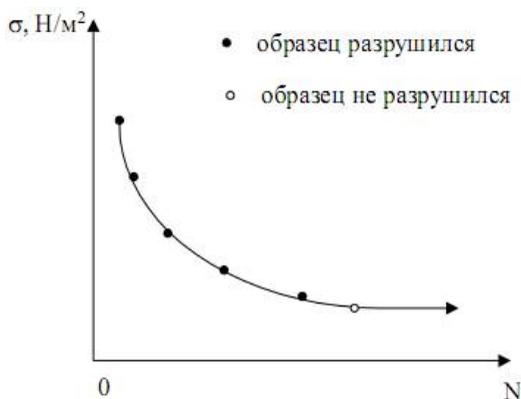


Рис. 5. Кривая усталости

Сущность испытания на усталость заключается в следующем. В начальный период испытания нагрузка на образец (количество таких образцов обычно составляет 6...8 штук) приблизительно равна σ_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 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° или стальной шарик диа-

метром 1,05875 мм вдавливаются в испытуемый образец под действием двух регламентированных последовательно прикладываемых нагрузок. Для определения твердости по Роквеллу используются прибором типа ТК, на регистрирующем индикаторе которого размещены три шкалы (А, В и С); наибольшее практическое применение находит шкала С. Единица твердости по Роквеллу так же, как и по Бринеллю, величина безразмерная. Твердость, измеренную по шкале С, воспроизводимую государственным специальным эталоном, обозначают HRCэ. Схема испытания на твердость по Бринеллю и Роквеллу показана на рис. 6. Величину твердости можно определить либо по соответствующим формулам в зависимости от диаметра отпечатка шарика или осевому перемещению алмазного конуса под действием определенного усилия, либо по табличным значениям, подсчитанным по этим формулам, представленным в специальной литературе [4].

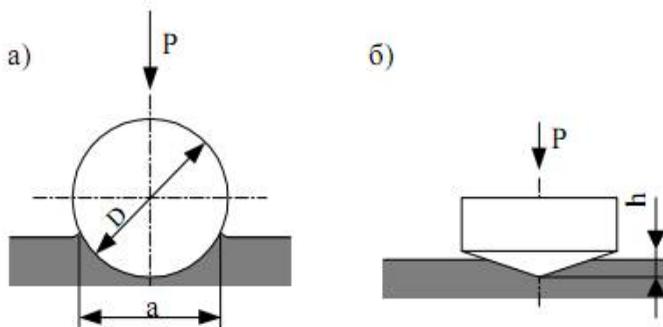


Рис. 6. Схема испытания на твердость по Бринеллю (а) и по Роквеллу (б)

Технологические свойства. 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 влияют в выборе 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. Железоуглеродистые сплавы

Железоуглеродистые сплавы получили распространение практически во всех отраслях машиностроения, в том числе и в автомобилестроении. Основными железоуглеродистыми сплавами являются чугуны и стали. Из этих материалов производится до 80 % всех деталей автомобиля. Чугуны представляют сплавы железа с содержанием углерода более 2,14 %. Содержание углерода в стали, не превышает 2 % (см. рис. 7).

Подробные сведения о структурных изменениях железоуглеродистых сплавов в зависимости от температуры и содержания углерода изложены в литературных источниках [4, 6].

2.2.2. Чугуны

Основным технологическим оборудованием для получения чугунов служит доменная печь, которая представляет собой стальной корпус.

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.

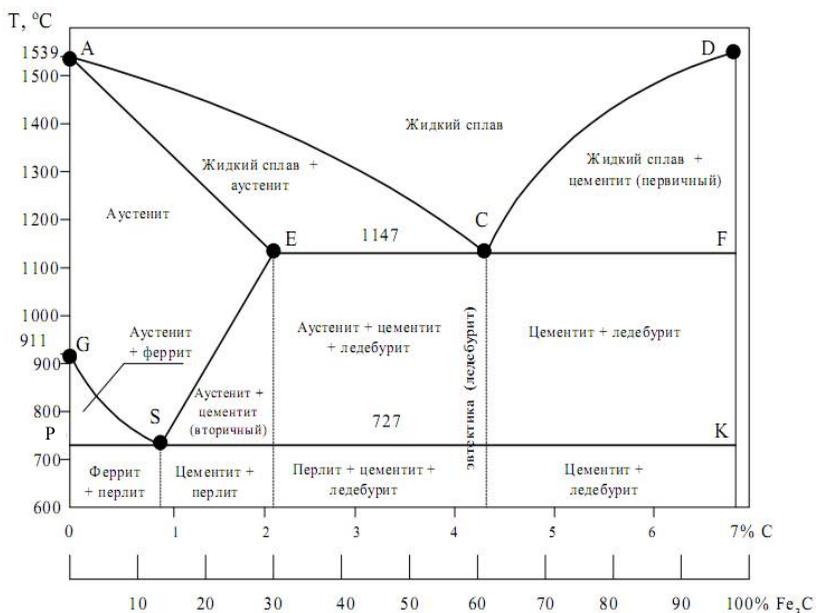


Рис. 7. Диаграмма состояния сплава железо-углерод

Наименьшую прочность для всех видов и марок чугунов имеет ферритная структура, а наибольшую – перлитная. Как следует из приведенной на рис. 8 схемы, графитовые включения ферритных чугунов располагаются хаотически, а ферритно-перлитных и перлитных – по границам зерен. 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/мм² (10^{-1} 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 других ответственных корпусных деталей автомобильных двигателей.

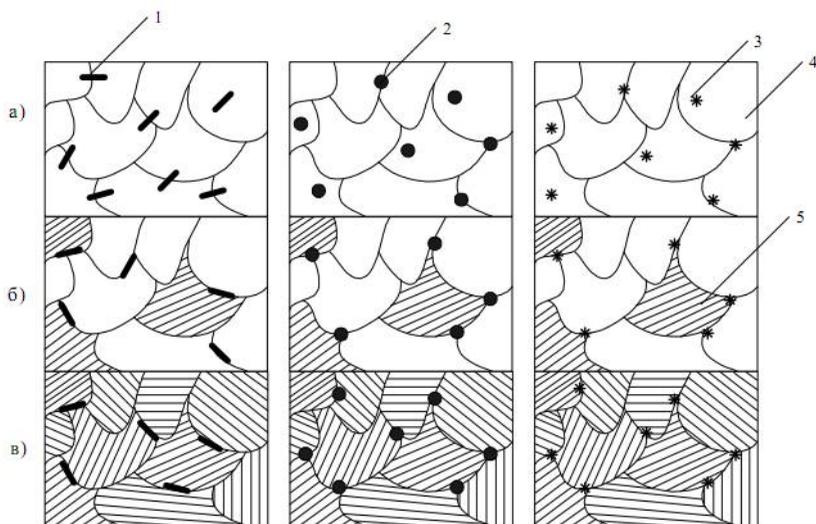


Рис. 8. Схема микроструктур чугунов:

а) – серого; б) – высокопрочного; в) – ковкого;

1 – пластинчатый графит; 2 – шаровидный графит;

3 – хлопьевидный графит; 4 – феррит; 5 – перлит

Высокопрочные чугуны, ГОСТ 7293–85 с шаровидным графитом содержат 3,2...3,6 % углерода, кремний, марганец и другие 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... 10^5 МПа). Для сравнения E перлитных серых чугунов – 450...500 кгс/мм² (4,5... 5×10^5 МПа). При этом следует отметить, что себестоимость литых коленчатых валов из высокопрочного чугуна в 2...3 раза ниже штампованных, изготовленных из среднеуглеродистых 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 так же, как и для предыдущих чугунов, обозначают предел прочности на растяжение, а последние – относительное удлинение, %, 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 других деталей транспортной техники.

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, так как 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.

2.2.3. 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 мин, 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 ч) и значительный расход топлива.

Получение стали в электрических печах основано на плавлении шихты, главным образом стального лома в присутствии рас-

кислителей, 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. Основной недостаток способа – высокая энергоёмкость 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 табл. 1.

Таблица 1

Влияние легирующих элементов на физико-механические свойства сталей

Наименование химического элемента	Обозначение		Физико-механические свойства				
			Прочность	Пластичность	Твердость	Упругость	Коррозионная стойкость
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 табл. 1 химических элементов указаны в соответствии с периодической системой элементов Д. И. Менделеева и теми символами, которые приняты непо-

средственно при маркировке сталей. Знаки «+» или «-» указывают на положительное или отрицательное влияние этих элементов на физико-механические свойства сталей. Незаполненные графы табл. 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, в 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 рис. 9.

Указанные на рис. 9 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 (ГОСТ 380–88). 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. 3 Гпс, Ст. 3 Гсп 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 (ГОСТ 1050–74). 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 ($< 0,25 \% C$) 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.



Рис. 9. Классификация конструкционных машиностроительных сталей

Среднеуглеродистые стали ($0,3...0,55 \% C$) 30, 35, 40...55 применяют в нормализованном состоянии для изготовления разнообразных деталей автомобиля. ГОСТ также предусматривает стали легированные марганцем (40 Г, 50 Г). Например, из стали 40 Г после улучшения изготавливают шатуны некоторых марок автомо-

бильных двигателей, а из стали 45 Г – коленчатые валы, коренные и шатунные шейки которых в процессе обработки подвергают поверхностной закалке (закалке ТВЧ) на твердость 56...62 HRCэ.

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

Легированные конструкционные стали получили достаточно широкое распространение в автомобилестроении. 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, 12ХН3А..., а также улучшаемые 40Х, 40ХН, 30ХГСА..., соответствующие ГОСТ 4543–71, используются для изготовления многих ответственных деталей автомобиля. Расшифруем, например, марку 12ХН3А, применяемую для изготовления поршневых пальцев автомобильных 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: коррозионно-стойкие, 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 (стой-

ким к образованию окалины при температуре >550 °С) 40X9C2; к жаропрочным (прочным при температурах до 1000 °С 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 автомобилестроении используются и другие стали: автоматные – А12, А20, А20Г с повышенным содержанием серы (0,08...0,03 %), способствующей образованию сульфидов, снижающих 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. Дополнительные сведения по маркировке и области применения сталей приведены в [6, 8].

Технологические свойства сталей. *Литейные* неудовлетворительные. Исключение представляют литейные углеродистые стали 15Л, 20Л и другие, которые сравнительно редко применяются в автомобилестроении. 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 – 08 кп применяют для изготовления тормозных колодок легковых автомобилей. Для более нагруженных деталей используют малоуглеродистые легированные стали, например, 09Г2 С, из которой штамповкой изготавливают детали рам большегрузных автомобилей. 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 изложены в литературных источниках [4, 5].

2.2.4. 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 рис. 10.

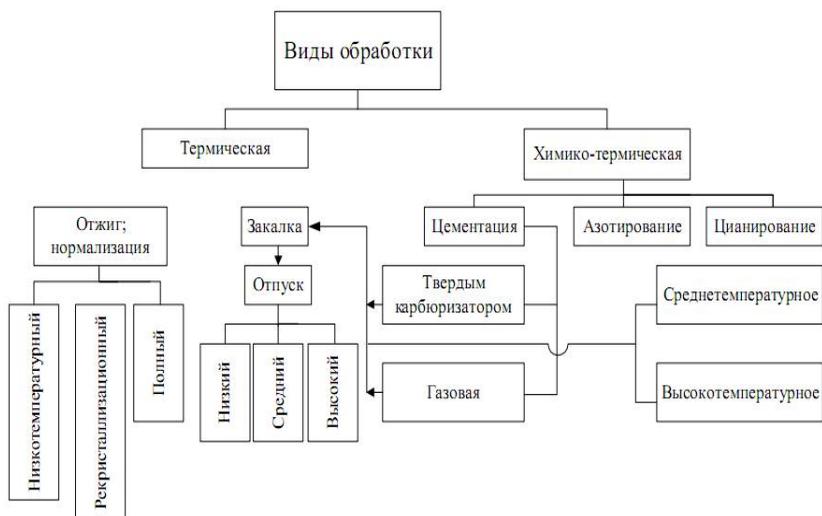


Рис. 10. Виды термической и химико-термической обработки

Термическая обработка. 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 проводится на воздухе. Нормализацию, которая, естественно, производительнее отжига, применяют для улучшения физико-механических свойств всех видов и марок сталей, за исключением сталей обыкновенного качества. 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 [4, 6].

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 ч, 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 проводится 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 15×10^3 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 рис. 11.

На рис. 11 показана принципиальная схема установки с машинным генератором, применяемой для закалки ТВЧ крупнобаритных 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 возбуждается в поверхностном слое этой детали вихревые токи высокой частоты, которые и осуществляют нагрев. Одновременно по трубчатому индуктору, имеющему отверстие малого диаметра, циркулирует охлаждающая жидкость, обеспечивающая непосредственное охлаждение детали в процессе закалки.

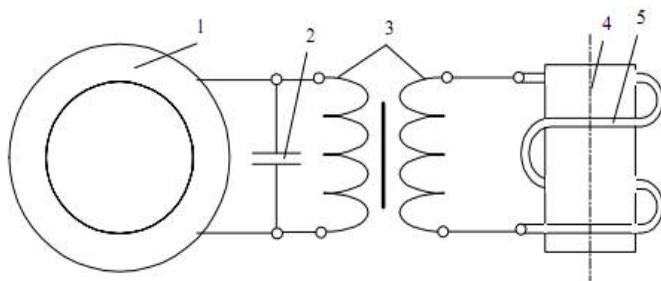


Рис. 11. Принципиальная схема установки для закалки ТВЧ:

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

В общем же случае под закалкой понимается термическая обработка, заключающаяся в нагреве детали до температуры на $30 \dots 50$ °С выше критической точки (A3 – для доэвтектоидной и A1 – для заэвтектоидной стали), что соответствует линиям GSE

и PSK на диаграмме железоуглерод (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. Наиболее твердой из перечисленных структур является мартенсит (упорядоченный твердый раствор углерода в α -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 °С. Закаленная сталь (0,6 ... 1,3 % С) после низкого отпуска имеет мартенситную структуру и сохраняет твердость 58...63 HRCэ, а, 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 °С. Структура после такого отпуска – тростит твердостью 40...50 HRCэ. Этот вид отпуска применяют, главным образом, для пружин и рессор подвески автомобилей.

Высокотемпературный (высокий) отпуск проводится при 500...680 °С. Структура после высокого отпуска – сорбит твердостью ≥ 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, так как высокотемпературный отпуск почти полностью снимает внутренние остаточные напряжения, полученные в результате закалки.

Химико-термическая обработка стала применяться 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 °С 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 часов.

Процесс газовой цементации осуществляется нагревом изделий в герметических печах в среде газов, содержащих углерод. Наиболее качественный цементированный слой получается при использовании метана (CH₄). Разлагаясь при высокой температуре, метан образует атомарный углерод, который поглощается поверхностным слоем изделия. После цементации проводится термическая обработка – закалка и низкий отпуск. Цементация с последующей термической обработкой способствует образованию в поверхностном слое изделия структуры мартенсита твердостью 59...62 HRC_э при вязкой сердцевине, что увеличивает износостойкость и повышает предел выносливости (σ_{-1}) до 400...500 МПа.

Азотирование стали представляет процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя азотом в атмосфере аммиака

(NH₃) при нагреве деталей в герметической печи до температуры 500...700 °С. Твердость азотированного слоя заметно выше цементированного и сохраняется при нагреве до высоких температур (до 500 °С), тогда как твердость цементированного слоя сохраняется только до температуры 200...225 °С. 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 (NaCN). Различают средне- и высокотемпературное цианирование. При среднетемпературном цианировании изделие нагревают до 820...860 °С. Продолжительность процесса для получения слоя небольшой толщины (0,15...0,35 мм) составляет 30...90 минут.

Высокотемпературное цианирование при 900...950 °С применяют для получения слоя большей толщины (0,5...2,0 мм). Время выдержки изделий в ванне для получения слоев указанной толщины составляет 1,5...6 часов.

Твердость цианированного слоя после термической обработки (закалки и низкого отпуска) 58...62 HRCэ.

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 техники безопасности.

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 обозна-

чаются буквами «Л» – латунь, «Бр» – бронза, а далее следуют буквенные индексы легирующих элементов, %: 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 ЛС 59-1 содержит 59 % меди, 1 % свинца, остальное – цинк. Различают деформируемые и литейные латуни.

В автомобилестроении 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 другие 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 процент 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 автомобилестроении 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 процент содержания олова.

Баббиты, имея небольшую прочность ($\sigma_b = 60 \dots 120$ 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 заключении 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 каса-

ется 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. В чем различие понятий, характеризующих прочностные свойства металлов – пределов текучести, прочности и выносливости?
2. Каково отличие и в каких единицах измеряются значения твердости по Бринеллю и Роквеллу?
3. Какова сущность и основное назначение диаграммы железо – углерод?
4. В чем заключается принципиальное отличие серых, высокопрочных и ковких чугунов, и каковы их технологические свойства?
5. Чем отличается маркировка сталей обыкновенного качества и качественных углеродистых сталей? Каким символом обозначаются высококачественные стали, и что подразумевается под этим понятием?
6. Какие элементы в наибольшей степени оказывают влияние на прочностные свойства, пластичность, твердость и упругость легированных сталей?
7. В чем принципиальное различие между отжигом и нормализацией?
8. Какова роль и значение закалки и отпуска при термической обработке окружающей среды.
9. Что понимается под термином «улучшенная сталь»?
10. Для каких сталей наиболее эффективна поверхностная закалка электронагревом ТВЧ?
11. В чем сходство и принципиальное различие между цементацией, азотированием и цианированием?
12. Какие сплавы на основе меди получили наибольшее распространение при изготовлении деталей автомобиля; в чем их сходство и различие?
13. Каково основное назначение баббитов и в чем заключаются особенности их маркировки?

14. Какие виды алюминиевых сплавов получили распространение в автомобилестроении и для изготовления каких деталей они используются?

Задания для самоконтроля

1. Расшифруйте нижеследующие марки чугунов: СЧ18, ВЧ50, КЧ35–10 и приведите примеры возможного их использования для изготовления деталей автомобиля.

2. Расшифруйте нижеследующие марки сталей: 08кп, 20пс, 40Х, 18ХГТ и укажите их классификационную принадлежность.

3. Дайте расшифровку приведенным маркам сталей и укажите, какую из них целесообразно подвергать закалке ТВЧ: сталь 65Г, сталь 15ХГНГА, сталь 45.

4. Укажите назначение и виды термической обработки, применяемые после цементации и цианирования.

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

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

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

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

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

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

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

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 требуются, 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 транспортной техники

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, антистарители, например, слюда, катализаторы, ускоряющие процесс полимеризации (известь, магнезия и пр.), красящие пигменты и другие 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 °С. 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, звуко теплоизоляционные и др.); по прочности (низко-, средне- и высокопрочные). К низкопрочным относится, например, полиэтилен, к среднепрочным – капрон (капролактam), к высокопрочным – пластмассы с различного рода наполнителями (текстолит, асбо- и стекловолокниты 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 терморективные (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.

Терморективные 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 рис. 12.

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 (-CH₂-), 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 °С 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.



Рис. 12. Пластмассы, применяемые при производстве и ремонте Автомобилей

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 другие 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 °С, 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, различ-

ного 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 терморепрессивных 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 °С, 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 °С. 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 не применим 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 ($\cong 30\%$) образуется твердый материал, называемый эбонитом. Основой всякой резины является кау-

чук 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 неопределенного 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 1931 г. Для сравнения, в Германии эта задача была решена лишь в 1937 г., а в США – в 1942 г. 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 экономичное нефтяное сырье. По назначению резины подразделяются на резины общего и специального назначения. В группу резин общего назначения входят синтетические каучуки: бутадиеновый (СКБ), бутадиенистирольный (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 рис. 13.

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

Специальные резины подразделяются на несколько видов: износостойкие, маслостойкие, морозостойкие, теплостойкие и др. Наиболее перспективным для изготовления шин явля-

ются 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.

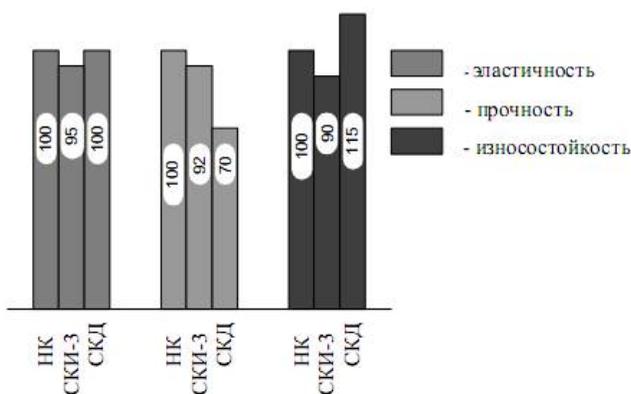


Рис. 13. Сравнительная характеристика свойств натурального и синтетических каучуков

Подробные сведения о конкретных марках синтетических каучуков, предназначенных для резин общего и специального назначения, приведены в литературном источнике [5, 6].

3.2.2. Основные материалы для изготовления автомобильных шин

Как отмечалось, автомобильные шины занимают особое место в номенклатуре резинотехнических изделий. Автомобильные 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 – брекер, 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 брекера 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 собой 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 $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ изготавливают 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 вращаю-

щемую диску, оснащенную абразивом. Истирание резины определяется потерей объема образца (m^3), отнесенной к единице работы (кВт·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 2,5 г, падающего с высоты 254 мм. Шкала прибора имеет 100...140 равных делений. Деление 100 соответствует стали, закаленной на твердость 65 HSh. Так, например, твердость протекторной резины (после вулканизации), которая во многом определяет работоспособность и долговечность шин, составляет 62...68 HSh. Методы лабораторных испытаний резиновых изделий приведены в [9].

3.3. Древесные материалы

Древесные материалы (Д.М.) – конструкционные, изоляционные и поделочные материалы, получаемые путём обработки натуральной древесины давлением при повышенных температурах, пропиткой связующими веществами (например, синтетической смолой), склеиванием и т. д. По сравнению с натуральной древесиной Д. м. обладают улучшенными эксплуатационными свойствами, менее анизотропны. В зависимости от способа изготовления Д. м. подразделяют на древесину прессованную, пропитанную, клеёную слоистую, древесные пластики и плиты.

Древесина прессованная (Д.П.) – конструкционный материал, древесина, подвергнутая сжатию перпендикулярно волокнам под давлением до 30 Мн/м^2 (300 кгс/см^2). Плотность Д. п. 1200 – 1450 кг/м^3 . В зависимости от способа прессования различают Д. п., получаемую односторонним, двусторонним и контурным уплотнением. Одностороннее уплотнение производится прессованием брусков древесины поперёк волокон в одном направлении, двустороннее – в двух направлениях. Вторым способом достигается более высокая плотность. Контурное уплотнение осуществляется вдавливанием цилиндрической за-

готовки древесины в металлический цилиндр меньшего диаметра. Предел прочности Д. п. при статическом изгибе, сжатии вдоль волокон, а также твёрдость торцевой поверхности выше, чем у натуральной древесины, в 2–3 раза. В промышленности она заменяет чёрные и цветные металлы, текстолит. Из Д. п. изготавливают погонялки ткацких станков, подшипники скольжения, работающие в абразивной среде, и др.

Древесина модифицированная (Д.М.) – древесина, обработанная каким-либо химическим веществом (синтетической смолой, аммиаком и др.) с целью повышения её механических свойств и придания водостойкости. В большинстве случаев пропитка древесины осуществляется под давлением, полимеризация или поликонденсация вводимых в древесину химических веществ достигается термической обработкой, облучением рентгеновскими и α -, β -, γ -лучами в присутствии катализаторов. Д. м. по сравнению с натуральной обладает увеличенной прочностью на статический изгиб (на 75 %); пониженным водопоглощением (в 3–5 раз) и абразивным износом (в 1,5–2 раза). Д. м. применяют для изготовления подшипников скольжения в узлах с.-х. машин, деталей, работающих в агрессивных средах, литейных моделей и копиров и др.

Фанера (Ф.) – древесный материал, состоящий из склеенных между собой двух или более листов лущёного Шпона. Для производства Ф. используют главным образом берёзовый шпон, в меньшей степени ольховый, буковый, сосновый и другие породы. Ф. формируют обычно из 3–5 листов шпона при взаимно перпендикулярном расположении волокон древесины в смежных листах. Склеивание осуществляют синтетическими термореактивными клеями (см. Клеи) (фенолоформальдегидными, карбамидными и др.) или природными клеями (альбуминовыми, казеиновыми и др.). Толщина листов Ф. 1–19 мм (листы толще 12 мм называются фанерными плитами), длина и ширина 725–2440 мм.

К специальным видам Ф. относятся: бакелизированная (повышенной водостойкости), декоративная (облицованная, с покрытием), профилированная (получаемая прессованием в пресс-форме) и др. Ф. характеризуется достаточно высокой механической прочностью в продольном и поперечном направлениях, малой средней плотностью (по объёму), значительно меньшей, чем у природной древесины, анизотропностью. Ф. широко при-

меняют в автомобиле-, вагоно-, судо- и самолётостроении, мебельном и тарном производстве, в радиопромышленности (для изготовления корпусов радиоприёмников и телевизоров) и др.

Шпон (Ш.) – древесный материал в виде тонких листов древесины, получаемый лущением коротких брёвен (чураков) на лущильных станках (лущёный Ш.), строганием брусков на шпонострогальных станках (строганный Ш.), пилением на фанеропильных станках или горизонтальных лесопильных рамах (пилёный Ш.).

Пилёный Ш. (толщина 1–10 мм), вырабатываемый из древесины ели, кавказской пихты и сибирского кедра, отличается наиболее высоким качеством и используется для изготовления дек струнных музыкальных инструментов. Производство пилёного Ш. связано с большими потерями древесины на опилки (полезный выход Ш. из сырья не превышает 40 %). Лущёный Ш. (0,1– 10 мм) вырабатывают из древесины берёзы, бука, дуба, ели, ольхи, осины, сосны и других пород; это наиболее массовая разновидность Ш., широко используемая для изготовления фанеры, фанерных плит, древеснослоистых пластиков и др. видов слоистой клеёной древесины, для фанерования деталей и узлов столярных изделий, в спичечном производстве (спички, спичечные коробки), для изготовления сепараторов свинцовых электрических аккумуляторов и пр. Строганный Ш. (0,2–5 мм) вырабатывают из древесины акации, бука, дуба, ильма, каштана, ореха, тисса, ясеня, карельской берёзы, красного дерева и других ценных пород, обладающих красивой текстурой древесины. Декоративный эффект текстуры, получаемый на разных разрезах древесины, определяет выбор направления строгания при изготовлении Ш.; различают радиальный, радиально-тангентальный, тангентальный и тангентально-торцовый строганный Ш. Для обеспечения подбора Ш. по цвету и текстуре последовательно состроганные с одного бруса листы укладывают и упаковывают в пачки (кноли) в порядке строгания. Строганный Ш. применяют для фанерования столярных изделий.

Возрастающая дефицитность ценных пород древесины и трудность искусств воспроизведения их текстуры, равноценной по декоративному эффекту натуральной древесине, делают особенно перспективными развитие производства тонкого и уль-

тратонкого (0,08–0,15 мм) Ш. ценных пород и облагораживание природной текстуры древесины рядовых пород специальными видами обработки (наклонное к продольной оси ствола строгание, волнистое строгание и лущение, коническое лущение и др.).

Древесные пластики пластифицированные древесные материалы с улучшенными физико-механическими свойствами, получаемые комбинированной механической, термической и химической обработкой сырья. Д. п. делят на: 1) древесину прессованную (лигностон); 2) древеснослоистые пластики (лигно-фоль, дельта-древесина, балинит, арктилит и др.); 3) древесно-пластические массы.

Древесина прессованная (пластифицированная) – натуральная древесина (чаще всего берёза, реже бук, граб, клён и др.), уплотнённая при давлении 15–30 Мн/м² (150–300 кгс/см²) и температуре до 120 °С. Уплотнение проводят различными способами: вдавливанием заготовки в пресс-форму меньшего диаметра, обжатием заготовки между плитами гидравлического пресса или в съёмной пресс-форме, прессованием предварительно согнутых пластинок древесины. Для повышения влагостойкости и стабильности формы Д. п. заготовки древесины перед уплотнением пропитывают синтетическими смолами. Получить влагостойкую прессованную древесину можно без пропитки синтетическими смолами, усилив тепловую обработку заготовки на стадии пластификации; при этом в древесине образуются смолообразные продукты изменения лигнина и гемицеллюлоз.

Прессованную древесину выпускают в виде досок, брусков, плит, втулок и др. Эта древесина обладает высокой ударной прочностью, пластичностью, малым коэффициентом трения и повышенной влагостойкостью. Прессованную древесину применяют для изготовления деталей машин, работающих при ударных нагрузках, а также антифрикционных деталей.

Древеснослоистые пластики – материалы на основе тонкого древесного листа (шпона) лиственных пород. Для получения этих пластиков берёзовый (реже буковый или липовый) шпон пропитывают (иногда промазывают) растворами терморезистивных синтетических смол, просушивают, собирают в пакеты и прессуют на этажных гидравлических прессах с обогревом при давлении 10–17,5 Мн/м² (100–175 кгс/см²) и температуре

120–150 °С. Для повышения прочности и эластичности этих пластиков их армируют металлической сеткой, фольгой, прорезиненной тканью и др. Добавки графита и масла улучшают антифрикционные свойства пластиков. Заготовки из древесностлоистых пластиков перерабатывают в изделия механической обработкой (распиловкой, строганием и др.). Эти пластики обладают хорошими механическими, в том числе антифрикционными и электроизоляционными свойствами, устойчивы к действию многих химических реагентов.

Древесностлоистые пластики применяют как конструкционный материал в машино- и судостроении, как электроизоляционный и конструкционный материал для производства деталей аппаратуры высокого напряжения. Они пригодны для изготовления гибочных штампов, оправок, а при условии смазки водой и при температуре трения не выше 60 °С – тяжелонагруженных подшипников.

Древеснопластические массы – целнопрессованные профильные изделия или плиточные материалы, изготовленные в пресс-формах горячим прессованием измельчённой древесины (опилок, стружек, волокон, обрезков шпона), пропитанной растворами синтетических смол и высушенной. В некоторых случаях древесину предварительно подвергают частичному гидролизу кислотой или пропаркой под давлением или же обработке щёлочью. Древеснопластические массы обладают высокой механической прочностью, антифрикционными и электроизоляционными свойствами. Эти материалы применяют в производстве профильных целнопрессованных изделий (вкладышей и втулок подшипников, зубчатых колёс, кабельных муфт, электроизоляционных деталей, колпачков ректификационных колонн и др.), а также паркетных плиток и др.

Древесноволокнистые плиты конструктивный древесный материал, изготавливаемый измельчением и расщеплением древесины (или другого растительного сырья) в волокнистую массу, отливкой из неё плит, их прессованием и сушкой. Различают Д. п.: сверхтвёрдые, твёрдые, полутвёрдые, изоляционно-отделочные и изоляционные. Производство Д. п. быстро развивается благодаря обилию и дешевизне основного сырья: недело-

вой древесины (дровяной), отходов деревообработки, бумажной макулатуры, стеблей тростника и с.-х. отходов (соломы, костры и др.). Для улучшения эксплуатационных свойств вводят добавки: гидрофобизирующие вещества (парафин, канифоль), вещества, повышающие прочность (синтетические смолы), антисептики.

Существуют 2 способа производства Д. п.: мокрый – без добавки связующего вещества, и сухой, требующий введения в измельчённую древесину 4–8 % синтетической смолы. При сухом способе волокнистая масса перед формованием подсушивается.

Применяют 3 способа получения волокнистой массы: термо-механический – с использованием дефибраторов и рафинеров, механический – с размолотом на дефибрерах, и химико-механический, при котором размолу предшествует варка сырья в щелочных растворах. В волокнистую массу для придания водостойкости вводят различные эмульсии (парафиновые, смоляные, масляные) и осадители (серноокислый алюминий). Плиты формируются на отливочных машинах. Влажность плит после отливки достигает 70 %. Поэтому изоляционные плиты поступают на сушку, а твёрдые и полутвёрдые прессуют в горячих многоэтажных прессах ($t = 135\text{--}180\text{ }^{\circ}\text{C}$). Твёрдые и сверхтвёрдые плиты затем проходят «закалку» при $t = 150\text{--}170\text{ }^{\circ}\text{C}$ с последующим увлажнением до 5–7 % (по массе). Сверхтвёрдые имеют объёмную массу не менее 950 кг/м^3 ; твёрдые – не менее 850 кг/м^3 ; полутвёрдые – не менее 400 кг/м^3 ; изоляционно-отделочные – $250\text{--}350\text{ кг/м}^3$; изоляционные – до 250 кг/м^3 . Размеры плит, мм: длина от 1200 до 3600, ширина от 1000 до 1800, толщина от 3 до 8.

За рубежом изготавливают комбинированные плиты, представляющие собой сочетание нескольких видов плит (например, ультрапористые Д. п. с объёмной массой $65\text{--}80\text{ кг/м}^3$, облицованные твёрдыми плитами и др.). Д. п. с лицевой стороны может быть отделана древесной массой тонкого помола с наполнителем и красителем, бумажными пластиками, полимерными плёнками. Предел прочности при изгибе у сверхтвёрдых и твёрдых Д. п. около 50 Мн/м^2 (500 кгс/см^2).

3.4. Композиционные материалы для узлов трения

3.4.1. Виды и способы получения композиционных материалов

Композиционные материалы (композиты из металлических и неметаллических составляющих) – многокомпонентные материалы, состоящие, как правило, из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями, обладающими высокой прочностью, жесткостью и т. д. Сочетание разнородных веществ приводит к созданию нового материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств каждого из его составляющих. Варьируя состав матрицы и наполнителя, их соотношение, ориентацию наполнителя, получают широкий спектр материалов с требуемым набором свойств. Многие композиты превосходят традиционные материалы и сплавы по своим механическим свойствам и в то же время они легче. Использование композитов обычно позволяет уменьшить массу конструкции при сохранении или улучшении ее механических характеристик.

Компонентами композитов являются самые разнообразные материалы – металлы, керамика, стекла, пластмассы, углерод и т. п. Известны многокомпонентные композиционные материалы – полиматричные, когда в одном материале сочетают несколько матриц, или гибридные, включающие в себя разные наполнители. Наполнитель определяет прочность, жесткость и деформируемость материала, а матрица обеспечивает монолитность материала, передачу напряжения в наполнителе и стойкость к различным внешним воздействиям.

Структура композиционных материалов. По структуре композиты делятся на несколько основных классов: волокнистые, слоистые, дисперсноупрочненные, упрочненные частицами и нанокомпозиты. Уже небольшое содержание наполнителя в композитах такого типа приводит к появлению качественно новых механических свойств материала. Широко варьировать свойства материала позволяет также изменение ориентации размера и концентрации волокон. Кроме того, армирование волокнами придает материалу анизотропию свойств (различие свойств в разных направлениях), а за счет добавки волокон проводников можно придать материалу электропроводность вдоль заданной оси.

В слоистых композиционных материалах матрица и наполнитель расположены слоями, как, например, в особо прочном стекле, армированном несколькими слоями полимерных пленок.

Микроструктура остальных классов композиционных материалов характеризуется тем, что матрицу наполняют частицами армирующего вещества, а различаются они размерами частиц. В композитах, упрочненных частицами, их размер больше 1 мкм, а содержание составляет 20–25 % (по объему), тогда как дисперсно-упрочненные композиты включают в себя от 1 до 15 % (по объему) частиц размером от 0,01 до 0,1 мкм. Размеры частиц, входящих в состав нанокompозитов нового класса композиционных материалов, еще меньше и составляют 10–100 нм.

Полимерные композиционные материалы (ПКМ). Композиты, в которых матрицей служит полимерный материал, являются одним из самых многочисленных и разнообразных видов материалов. Их применение в различных областях дает значительный экономический эффект. Например, использование ПКМ при производстве космической и авиационной техники позволяет сэкономить от 5 до 30 % веса летательного аппарата. А снижение веса, например, искусственного спутника на околоземной орбите на 1 кг приводит к экономии 1000\$. В качестве наполнителей ПКМ используется множество различных веществ.

Композиционные материалы с металлической матрицей. При создании композитов на основе металлов в качестве матрицы применяют алюминий, магний, никель, медь и т. д. Наполнителем служат или высокопрочные волокна, или тугоплавкие, не растворяющиеся в основном металле частицы различной дисперсности.

Свойства дисперсно-упрочненных металлических композитов изотропны – одинаковы во всех направлениях. Добавление 5–10 % армирующих наполнителей (тугоплавких оксидов, нитридов, боридов, карбидов) приводит к повышению сопротивляемости матрицы нагрузкам. Эффект увеличения прочности сравнительно невелик, однако ценно увеличение жаропрочности композита по сравнению с исходной матрицей. Так, введение в жаропрочный хромоникелевый сплав тонкодисперсных порошков оксида тория или оксида циркония позволяет увеличить температуру, при которой изделия из этого сплава способны к длительной

работе, с 1000 до 1200 °С. Дисперсно-упрочненные металлические композиты получают вводя порошок наполнителя в расплавленный металл, или методами порошковой металлургии.

Армирование металлов волокнами, нитевидными кристаллами, проволокой значительно повышает как прочность, так и жаростойкость металла. Например, сплавы алюминия, армированные волокнами бора, можно эксплуатировать при температурах до 450–500 °С, вместо 250–300 °С. Применяют оксидные, боридные, карбидные, нитридные металлические наполнители, углеродные волокна. Керамические и оксидные волокна из-за своей хрупкости не допускают пластическую деформацию материала, что создает значительные технологические трудности при изготовлении изделий, тогда как использование более пластичных металлических наполнителей позволяет переформование. Получают такие композиты пропитыванием пучков волокон расплавами металлов, электроосаждением, смешением с порошком металла и последующим спеканием и т. д.

В 1970-х появились первые материалы, армированные нитевидными монокристаллами (*«усами»*). Нитевидные кристаллы получают, протягивая расплав через фильеры. Используются *«усы»* оксида алюминия, оксида бериллия, карбидов бора и кремния, нитридов алюминия и кремния и т. д. длиной 0,3–15 мм и диаметром 1–30 мкм. Армирование *«усами»* позволяет значительно увеличить прочность материала и повысить его жаростойкость. Например, предел текучести композита из серебра, содержащего 24 % *«усов»* оксида алюминия, в 30 раз превышает предел текучести серебра и в 2 раза – других композиционных материалов на основе серебра. Армирование *«усами»* оксида алюминия материалов на основе вольфрама и молибдена вдвое увеличило их прочность при температуре 1650 °С, что позволяет использовать эти материалы для изготовления сопел ракет.

Композиционные материалы на основе керамики. Армирование керамических материалов волокнами, а также металлическими и керамическими дисперсными частицами позволяет получать высокопрочные композиты, однако, ассортимент волокон, пригодных для армирования керамики, ограничен свойствами исходного материала. Часто используют металлические

волокна. Сопротивление растяжению растет незначительно, но зато повышается сопротивление тепловым ударам – материал меньше растрескивается при нагревании, но возможны случаи, когда прочность материала падает. Это зависит от соотношения коэффициентов термического расширения матрицы и наполнителя.

Армирование керамики дисперсными металлическими частицами приводит к новым материалам (керметам) с повышенной стойкостью, устойчивостью относительно тепловых ударов, с повышенной теплопроводностью. Из высокотемпературных керметов делают детали для газовых турбин, арматуру электропечей, детали для ракетной и реактивной техники. Твердые износостойкие керметы используют для изготовления режущих инструментов и деталей. Кроме того, керметы применяют в специальных областях техники – это тепловыделяющие элементы атомных реакторов на основе оксида урана, фрикционные материалы для тормозных устройств и т. д.

Керамические композиционные материалы получают методами горячего прессования (таблетирование с последующим спеканием под давлением) или методом шликерного литья (волокна заливаются суспензией матричного материала, которая после сушки также подвергается спеканию).

Порошковая металлургия (П.М.) область техники, охватывающая совокупность методов изготовления порошков металлов и металлоподобных соединений, полуфабрикатов и изделий из них (или их смесей с неметаллическими порошками) без расплавления основного компонента. Технология П. м. включает следующие операции: получение исходных металлических порошков и приготовление из них шихты (смеси) с заданными химическим составом и технологическими характеристиками; формование порошков или их смесей в заготовки с заданными формой и размерами (главным образом прессованием); спекание, т. е. термическую обработку заготовок при температуре ниже точки плавления всего металла или основной его части. После спекания изделия обычно имеют некоторую пористость (от нескольких процентов до 30–40 %, а в отдельных случаях до 60 %). С целью уменьшения пористости (или даже полного устранения её), повышения механических свойств и доводки до точных размеров применяется дополнительная обработка давле-

нием (холодная или горячая) спечённых изделий; иногда применяют также дополнительную термическую, термохимическую или термомеханическую обработку. В некоторых вариантах технологии отпадает операция формования: спекают порошки, засыпанные в соответствующие формы. В ряде случаев прессование и спекание объединяют в одну операцию так называемого горячего прессования – обжата порошков при нагреве.

Получение порошков. Механическое измельчение металлов производят в вихревых, вибрационных и шаровых мельницах. Другой, более совершенный метод получения порошков – распыление жидких металлов: его достоинства – возможность эффективной очистки расплава от многих примесей, высокая производительность и экономичность процесса. Распространено получение порошков железа, меди, вольфрама, молибдена высокотемпературным восстановлением металла (обычно из окислов) углеродом или водородом. Находят применение гидрометаллургические методы восстановления растворов соединений этих металлов водородом. Для получения медных порошков наиболее часто используют электролиз водных растворов. Имеются и другие, менее распространённые методы приготовления порошков различных металлов, например электролиз расплавов и термическая диссоциация летучих соединений (карбонильный метод).

Формование порошков. Основной метод формования металлических порошков – прессование в пресс-формах из закалённой стали под давлением $200\text{--}1000\text{ Мн/м}^2$ ($20\text{--}100\text{ кгс/мм}^2$) на быстроходных автоматических прессах (до 20 прессовок в 1 мин). Прессовки имеют форму, размеры и плотность, заданные с учётом изменения этих характеристик при спекании и последующих операциях. Возрастает значение таких новых методов холодного формования, как изостатическое прессование порошков под всесторонним давлением, прокатка и экструзия порошков.

Спекание проводят в защитной среде (водород; атмосфера, содержащая соединения углерода; вакуум; защитные засыпки) при температуре около 70–85 % от абсолютной точки плавления, а для многокомпонентных сплавов – несколько выше температуры плавления наиболее легкоплавкого компонента. Защитная среда должна обеспечивать восстановление окислов, не

допускать образования нежелательных загрязнений продукции (копоти, карбидов, нитридов и т. д.), предотвращать выгорание отдельных компонентов (например, углерода в твёрдых сплавах), обеспечивать безопасность процесса спекания. Конструкция печей для спекания должна предусматривать проведение не только нагрева, но и охлаждения продукции в защитной среде. Цель спекания – получение готовых изделий с заданными плотностью, размерами и свойствами или полупродуктов с характеристиками, необходимыми для последующей обработки. Расширяется применение горячего прессования (спекания под давлением), в частности изостатического.

П. м. имеет следующие достоинства, обусловившие её развитие. 1) Возможность получения таких материалов, которые трудно или невозможно получать др. методами. К ним относятся: некоторые тугоплавкие металлы (вольфрам, тантал); сплавы и композиции на основе тугоплавких соединений (твёрдые сплавы на основе карбидов вольфрама, титана и др.): композиции и так называемые псевдосплавы металлов, не смешивающихся в расплавленном виде, в особенности при значительной разнице в температурах плавления (например, вольфрам – медь); композиции из металлов и неметаллов (медь – графит, железо – пластмасса, алюминий – окись алюминия и т. д.); пористые материалы (для подшипников, фильтров, уплотнений, теплообменников) и др. 2) Возможность получения некоторых материалов и изделий с более высокими технико-экономическими показателями. П. м. позволяет экономить металл и значительно снизить себестоимость продукции (например, при изготовлении деталей литём и обработкой резанием иногда до 60–80 % металла теряется в литники, идёт в стружку и т. п.). 3) При использовании чистых исходных порошков можно получить спечённые материалы с меньшим содержанием примесей и с более точным соответствием заданному составу, чем у обычных литых сплавов. 4) При одинаковом составе и плотности у спечённых материалов в связи с особенностью их структуры в ряде случаев свойства выше, чем у плавленных, в частности, меньше сказывается неблагоприятное влияние предпочтительной ориентировки (текстуры), которая встречается у ряда литых металлов (например, бериллия) вследствие специфических усло-

вий затвердевания расплава. Большой недостаток некоторых литых сплавов (например, быстрорежущих сталей и некоторых жаропрочных сталей) – резкая неоднородность локального состава, вызванная ликвацией при затвердевании. Размеры и форму структурных элементов спечённых материалов легче регулировать, и главное, можно получать такие типы взаимного расположения и формы зёрен, которые недостижимы для плавного металла. Благодаря этим структурным особенностям спечённые металлы более термостойки, лучше переносят воздействие циклических колебаний температуры и напряжений, а также ядерного облучения, что очень важно для материалов новой техники.

П. м. имеет и недостатки, тормозящие её развитие: сравнительно высокая стоимость металлических порошков; необходимость спекания в защитной атмосфере, что также увеличивает себестоимость изделий П. м.; трудность изготовления в некоторых случаях изделий и заготовок больших размеров; сложность получения металлов и сплавов в компактном беспористом состоянии; необходимость применения чистых исходных порошков для получения чистых металлов.

Недостатки П. м. и некоторые её достоинства нельзя рассматривать как постоянно действующие факторы: в значительной степени они зависят от состояния и развития как самой П. м., так и других отраслей промышленности. По мере развития техники П. м. может вытесняться из одних областей и, наоборот, завоевывать другие. Впервые методы П. м. разработали в 1826 г. П. Г. Соболевский и В. В. Любарский для изготовления платиновых монет. Необходимость использования для этой цели П. м. была обусловлена невозможностью достижения в то время температуры плавления платины (1769 °С). В середине 19 в. в связи с развитием техники получения высоких температур промышленное использование методов П. м. прекратилось. П. м. возродилась на рубеже 20 в. как способ производства из тугоплавких металлов нитей накала для электрических ламп. Однако развивавшиеся в дальнейшем методы дугового, электроннолучевого, плазменного плавления и электроимпульсного нагрева позволили получать не достижимые ранее температуры, вследствие чего удельный вес П. м. в производстве этих металлов несколько

снизился. Вместе с тем прогресс техники высоких температур ликвидировал такие недостатки П. м., ограничивавшие её развитие, как, например, трудность приготовления порошков чистых металлов и сплавов: метод распыления даёт возможность с достаточной полнотой и эффективностью удалить в шлак примеси и загрязнения, содержащиеся в металле до расплавления. Благодаря созданию методов всестороннего обжата порошков при высоких температурах в основном преодолены и трудности изготовления беспористых заготовок крупных размеров.

3.4.2. Требования к материалам узлов трения

Узлами трения называют сопряжения деталей, в процессе эксплуатации которых действует *сила трения*. Под силой трения понимают силу сопротивления относительно перемещению твердых тел, направленную противоположно этому перемещению. В зависимости от величины силы трения различают:

1) узлы трения покоя, в которых сила трения исключает относительное перемещение сопряженных деталей. К этой группе относят болтовые крепежные соединения, соединения с гарантированным натягом, а также узлы, в которых сила трения покоя реализуется после частичного проскальзывания деталей (муфты сцепления, тормоза);

2) кинематические узлы трения, в которых сила трения не препятствует относительному перемещению сопряженных деталей. В зависимости от характера этого перемещения различают узлы трения скольжения (вал – втулка), узлы трения качения (роликовые и шариковые подшипники), узлы трения качения со скольжением (зубчатые передачи и кулачковые механизмы).

Характеристикой силы трения является *коэффициент трения* f Это отношение силы трения к нормальной силе, прижимающей трущиеся поверхности друг к другу [5]. В зависимости от значения коэффициента f материалы узлов трения подразделяются на *антифрикционные* и *фрикционные*.

Антифрикционными называют материалы, при эксплуатации которых реализуются пониженные значения коэффициента трения. Это обеспечивает высокую износостойкость указанных

материалов и работоспособность кинематических узлов трения, где эти материалы используются.

Фрикционными являются материалы, обеспечивающие при эксплуатации достаточно высокое и стабильное значение коэффициента трения, что является необходимым условием эффективной работы фрикционных узлов. Кроме того, эти материалы должны обладать достаточной износостойкостью в условиях силового и теплового воздействия в процессе эксплуатации.

Таким образом, одним из основных свойств материалов узлов трения является *износостойкость*. Под этим подразумевается свойство материалов сопротивляться изнашиванию – процессу поверхностного разрушения и изменения массы и размеров деталей.

Износостойкость материалов оценивают опытным путем, для чего проводят испытания образцов на машинах трения или деталей на специальных стендах. При испытаниях моделируют условия эксплуатации конкретного узла трения: характер и скорость движения деталей узла, нагрузку, температуру, смазку и т. д. При этом изменяют один из факторов, например, нагрузку, не изменяя остальные, для выявления фактора, наиболее сильно действующего на износостойкость материала.

В результате испытаний определяют величину износа по изменению размеров или массы образцов, нагрузку заедания, коэффициент трения и другие трибологические показатели. Эти показатели характеризуют износостойкость конкретного материала при заданных условиях трения, его пригодность к эксплуатации в этих условиях и не более того. Условия эксплуатации узлов трения настолько разнообразны, что универсального износостойкого материала не существует.

3.4.3. Фрикционные материалы

Эти материалы применяются в фрикционных узлах, обеспечивающих передачу крутящего момента и остановку транспортных машин: муфтах сцепления и тормозных механизмах. В муфтах сцепления передача крутящего момента от двигателя к трансмиссии осуществляется посредством сил трения, возни-

кающих между ведущими и ведомыми элементами муфты. Ведущими частями являются детали, связанные с валом двигателя: маховик и нажимные диски. С ведущими дисками в процессе работы взаимодействуют ведомые диски, которые с помощью шлицев связаны с ведомым валом и передают на него крутящий момент от ведущих частей сцепления. Ведомые диски зачастую представляют собой стальную лепестковую конструкцию с приклепанными или приклеенными к лепесткам *фрикционными накладками*.

В конструкции автомобилей и тракторов применяют дисковые и барабанные тормозные механизмы. Фрикционные пары в этих механизмах составляют тормозные колодки с диском или барабаном. За счет силы трения между элементами фрикционной пары блокируется вращение диска или барабана, что приводит к остановке (торможению) машины.

Оптимальное значение коэффициента трения f в муфтах сцепления составляет 0,3...0,4, а в тормозных устройствах 0,2...0,5 [5]. Заниженные значения f нежелательны, так как при этом увеличивается время фрикционного контакта, и как следствие, возрастает износ элементов фрикционной пары, и снижается ее ресурс. Значения f , превышающие верхние предельные, вызывают существенные динамические нагрузки деталей трансмиссии и резкое увеличение температуры поверхностей трения фрикционной пары.

Оптимальные и стабильные значения f при работе фрикционного узла обеспечивают во многом за счет правильного выбора материала и с учетом условий его эксплуатации. По температурным условиям работы поверхностей трения фрикционных узлов различают весьма легкие условия (до 100 °С), легкие (от 100 до 250 °С), средние (от 250 до 600 °С), тяжелые (от 600 до 1000 °С), сверхтяжелые (свыше 1000 °С). Различают также фрикционные узлы, работающие без смазки и со смазкой. Узлы, работающие со смазкой, отличаются плавностью работы, отсутствием схватывания и большей долговечностью вследствие значительно меньшего износа материалов фрикционной пары. Уменьшение при этом коэффициента трения компенсируют увеличением давления на элементы фрикционной пары в несколько раз. Работающие со смазкой фрикционные сцепления с

гидравлическим нажимным устройством получили широкое распространение в современных конструкциях тракторов [5].

Температурные условия работы некоторых фрикционных узлов приведены в табл. 2.

Следует отметить, что на фактических площадках контакта температура может существенно превосходить указанные в табл. 2 величины, Следствием могут быть локальное схватывание и задиры, а также структурные превращения, которые в процессе эксплуатации узла постепенно распространяются на всю поверхность трения [5].

В связи с этим важным критерием при выборе материала является его *фрикционная теплостойкость*. Это свойство материала обеспечивать достаточный и стабильный коэффициент трения в условиях теплового и механического воздействия при работе фрикционного устройства. Фрикционную теплостойкость оценивают по величине коэффициента трения и интенсивности изнашивания материала в зависимости от температуры испытаний фрикционной пары. Эту пару составляет исследуемый материал и контрагелю, испытания проводят в условиях повышения температуры материалов пары. Результаты испытаний обобщают в виде диаграмм [5], некоторые из них приведены на рис. 14.

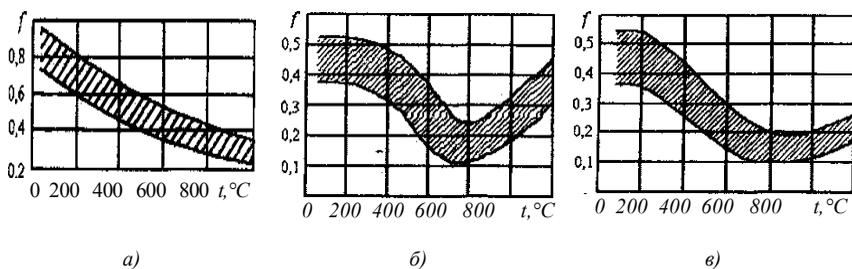


Рис. 14. Фрикционная теплостойкость:

а – спеченной металлокерамической композиции;

б – асбокаучуковой композиции; *в* – асбобакелитовой композиции

В связи с этим важным критерием при выборе материала является его *фрикционная теплостойкость*. Это свойство материала обеспечивает достаточный и стабильный коэффициент

трения в условиях теплового и механического воздействия при работе фрикционного устройства. Фрикционную теплостойкость оценивают по величине коэффициента трения и интенсивности изнашивания материала в зависимости от температуры испытаний фрикционной пары. Эту пару составляет исследуемый материал и контртело, испытания проводят в условиях повышения температуры материалов пары. Результаты испытаний обобщают в виде диаграмм [5], некоторые из них приведены на рис. 14.

Таблица 2
Температурные условия работы некоторых фрикционных узлов

№ п/п	Наименование узла и область его применения	Средняя температура поверхности, °С	Средняя объемная температура, °С
1	Тормозные устройства гусеничных машин	300...400	100...200
2	Тормозные устройства автомобилей	до 500...600	100...200
3	Муфты сцепления автомобилей	до 500	100...200
4	Муфты сцепления комбайнов	300...400	100...200
5	Муфты и тормоза, работающие со смазкой (гусеничных машин, автомобилей)	100...300	до 150
6	Муфты сцепления дорожных машин, работающих со смазкой	до 500	до 120

Как правило, с повышением температуры коэффициент трения f снижается вне зависимости от типа фрикционного материала. Его увеличение в правой части диаграмм (б и в) объясняется возросшей интенсивностью изнашивания фрикционного материала из-за снижения прочности. Зная температурные условия работы узла трения (табл. 2) и требуемые значения коэффициента трения, по этим диаграммам можно определить тип фрикционного материала для данного узла. При выборе материалов следует учитывать также условия их работы (без смазки или со смазкой).

В фрикционных узлах автомобилей и тракторов применяют две группы фрикционных материалов: *композиционные материалы на полимерной основе* и *спеченные фрикционные материалы*, изготавливаемые **по технологии порошковой металлургии**.

Интервал рабочих температур материалов первой группы 200...400 °С, а область применения – фрикционные устройства, работающие на воздухе без смазки (дисковые и барабанные тормоза, муфты сцепления автомобилей).

В этой группе материалов в качестве связующего применяют каучуки и синтетические смолы. Различают *асбофрикционные* и *фрикционные безасбестовые* материалы. В асбофрикционных основным наполнителем является асбест, который придает материалу теплостойкость, повышает коэффициент трения и сопротивление схватыванию. Кроме того, используют металлические наполнители в виде порошков, стружки или проволоки для повышения теплопроводности. Графит, кокс, серу добавляют для повышения сопротивления схватыванию, оксиды или соли металлов добавляют для повышения коэффициента трения. Из этой группы материалов наиболее высокой фрикционной теплостойкостью отличается *ретинакс* (марки ФК–24А, ФК–16А, ФК–16Л). При работе на воздухе без смазки ретинакс в паре со сталью обеспечивает стабильный коэффициент трения ($f = 0,30...0,35$) до температуры, превышающей 500 °С (с некоторым снижением f при 400 °С).

Применение безасбестовых материалов связано с возросшими требованиями по экологической безопасности автомобилей и тракторов. Вместо асбеста в этих материалах применяют кевлары и стекловолокна, а также металлическую проволоку, базальт и слюду [2]. Фрикционные накладки изготавливают в виде кольца или отдельных сегментов толщиной от 3 до 5,5 мм. Для охлаждения накладок и удаления продуктов износа на их поверхности применяют вентиляционные канавки.

Основными этапами изготовления фрикционных накладок из спеченных материалов являются:

- 1) приготовление порошковой смеси компонентов, входящих в состав материала;
- 2) прессование (брикетирование) для получения заготовок;
- 3) спекание брикетов в защитной среде при температуре 700...1000 °С под давлением до 2,5 МПа;
- 4) механическая обработка.

Спеченные материалы отличаются повышенной хрупкостью, поэтому их изготавливают в виде биметаллических эле-

ментов, когда фрикционный материал спекается под давлением вместе с металлической подложкой.

Основными преимуществами спеченных материалов являются более высокие теплопроводность и фрикционная теплостойкость. Это позволяет существенно уменьшить размеры фрикционных накладок и обеспечивает более высокий уровень рабочих температур (до 800...1000 °С) при стабильном значении коэффициента трения (0,2...0,35). Наиболее известными из этой группы являются спеченные материалы на основе медного и железного порошков. Область применения этих материалов – средне- и тяжело нагруженные фрикционные устройства, работающие без смазки в воздушной среде (дисковые, ленточные и колодочные тормоза, муфты сцепления). Фрикционные накладки из материалов на медной основе (МК–5) применяют в средненагруженных узлах с рабочей температурой до 400...450 °С. Материалы на железной основе (ФМК–11, МКВ–50А) применяют для фрикционных устройств с рабочей температурой свыше 500 °С.

Для контртел в несмазываемых фрикционных узлах чаще применяют чугуны. Серые литейные чугуны СЧ18, СЧ21, СЧ24 с твердостью ≈ 200 НВ применяют в средненагруженных фрикционных узлах. Легированные теплостойкие чугуны, в состав которых входят хром, никель, молибден и марганец, применяют в тяжело нагруженных узлах. Для обеспечения износостойкости контртела их твердость должна составлять 160... 180 НВ. При более высокой твердости снижается износостойкость второго элемента фрикционной пары. Наряду с чугунами в тяжело нагруженных узлах в качестве материала контртела используют графитизированные стали, комплексно легированные медью, титаном и кремнием. Структура стали после термообработки состоит из сорбита с включениями графита, твердость стали – 250...270 НВ. Графит, выполняя роль смазки, снижает износ элементов фрикционной пары.

Для фрикционных накладок, работающих со смазкой маслом, рекомендуют использовать спеченные материалы на основе меди. Эти материалы обеспечивают приемлемую износостойкость в сочетании с удовлетворительным и стабильным коэффициентом трения в условиях полужидкостного или граничного трения. При работе фрикционной пары из материала МК–5 и ста-

ли 65Г в условиях смазки и удельного давления до 4 МПа коэффициент трения $f = 0,05...0,1$. На поверхности трения накладок имеются канавки для подачи масла в зону трения и удаления его излишков. Материалы контртела – стали и чугуны, твердость стальных контртел – 205...220 НВ, чугунных 165...220 НВ.

3.4.4. Износостойкие стали

Износостойкими принято считать стали с высокой поверхностной твердостью после упрочняющей обработки. Это объясняется тем, что высокотвердая сталь эффективно сопротивляется пластической деформации, микрорезанию и схватыванию – процессам, обуславливающим интенсивное изнашивание.

Распространенными видами изнашивания стальных деталей автомобилей и тракторов являются *усталостное* (рис. 15), известное так же, как «*питтинг*», *абразивное и коррозионно-механическое изнашивание*, а для высоконагруженных узлов трения – *заедание*. Практика показывает, что износостойкость стали зависит не только от твердости, но и от условий работы узла трения: нагрузки, температуры рабочих поверхностей, наличия защитных пленок на поверхности трения. Кроме того, на износостойкость стали влияют изменения, происходящие в ее поверхностном слое в процессе эксплуатации. Указанные факторы могут вызвать сильное изнашивание деталей, несмотря на их высокую исходную твердость. Непосредственными причинами этого могут быть несовершенная смазка (полусухое или граничное трение), увеличение удельных нагрузок и рост температуры контактирующих поверхностей, абразивная среда, разрушение поверхностных защитных пленок, разупрочнение тонкого поверхностного слоя в результате рекристаллизации или отпуска.

Таким образом, износостойкость стали определяется не только ее исходными параметрами (твердость, структура, шероховатость поверхности, уровень и знак остаточных напряжений). Не меньшее значение имеет характер изменения этих параметров в процессе работы узла трения. Позитивный характер изменений может быть обеспечен за счет формирования оптимальной структуры поверхностного слоя деталей при упрочняющей обработке. Такой может

быть неоднородная структура, представляющая собой сочетание отличающихся по твердости фаз: мартенсито-карбидная, аустенито-карбидная, мартенсито-аустенитная (рис. 15).

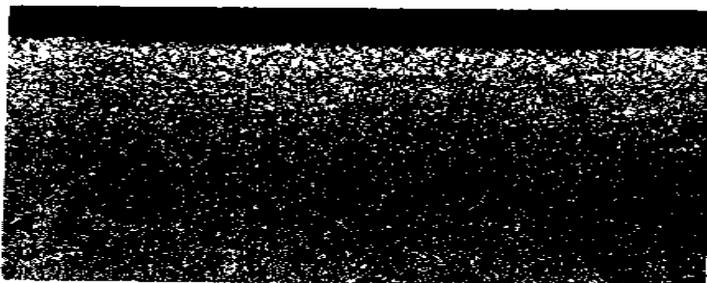


Рис. 15. Мартенсито-аустенитная структура поверхностного слоя стали после нитроцементации

Основными видами упрочняющей обработки стальных деталей являются объемная и поверхностная закалка, а также химико-термическая обработка: цементация, нитроцементация, азотирование. Результатом обработки по указанным режимам является повышение твердости, прочности и износостойкости деталей. В табл. 3 приведены данные по показателям износостойкости, позволяющие оценить эффективность вышеуказанных методов упрочнения [5].

Эффективность обработки характеризуется отношением коэффициента трения f нагрузки заедания P , коэффициента износостойкости K и твердости после упрочнения, к тем же показателям f_0 , P_0 , K_0 и твердости для неупрочненных сталей. Эти показатели определяют опытным путем, проводя испытания образцов на машинах трения.

Данные, приведенные в таблице, показывают, что нитроцементация наиболее эффективно повышает трибологические показатели стали, и, в частности сопротивление стали заеданию (задиру). Это подтверждается результатами исследования [5]; высокая противозадирная стойкость нитроцементованной стали объясняется влиянием мартенсито-аустенитной структуры ее поверхностного слоя. Такая структура обеспечивает стабиль-

ность прочностных свойств подложки за счет превращения остаточного аустенита в мартенсит в процессе работы стальной пары трения. Фазовое превращение сопровождается увеличением микротвердости подложки и уменьшением количества остаточного аустенита, что подтверждается данными рентгеноструктурного анализа. Стабильно прочная, с запасом пластичности, подложка обеспечивает сохранность поверхностных защитных пленок, которые препятствуют схватыванию и заеданию.

Таблица 3

Данные по показателям износостойкости, позволяющие оценить эффективность методов упрочнения

Вид обработки	Группа деталей	Сталь	Твердость HRC	Трибологические показатели		
				f/f_0	P/P_p	К/К ₀
Цементация, закалка, низкий отпуск	Шестерни КП и главной передачи	15Х2ГНТРА 20ХН3А 18ХГТ 20Х	$\frac{59...62}{20}$	0,8...1,0	1,0...1,5	2...3
Нитроцементация, закалка, низкий отпуск	Шестерни и зубчатые колеса, валы рулевых сошек, оси	20ХГНР 25ХГМ 20ХНМ	$\frac{38...62}{20}$	0,7...0,8	1,5...2,0	2...5
Азотирование	Детали ДВС, втулки, пальцы, валы, шестерни	38Х2МЮА 40ХНМА	$\frac{67...69}{28}$	0,8...1,0	1,0...1,5	2...4
Поверхностная закалка твч, низкий отпуск	Коленчатые и распредвалы, зубчатые муфты и венцы, крестовины КШ, шестерни, полуоси	45; 50ХФА; 40Х, 40ХН; 50ХМ, 55ПП 45РП	$\frac{54...62}{20}$	0,8...1,0	1,0...1,2	2...3

Усталостное изнашивание (питтинг) характерно для деталей узлов трения качения и трения качения с проскальзыванием (шарики- и роликоподшипники, зубчатые передачи, кулачковые механизмы). Эти детали при эксплуатации испытывают циклические контактные нагрузки. Следствием этого является зарождение и развитие в поверхностном слое усталостных трещин, последующее отделение частиц металла и образование ямок выкрашивания.

Сопrotивление усталостному выкрашиванию (*контактную выносливость*) обеспечивают повышением твердости поверхностного слоя деталей. Режимы упрочняющей обработки подшипниковых сталей представлены в табл. 4.

Таблица 4
Режимы упрочняющей обработки подшипниковых сталей

Марка стали	Упрочняющая обработка	Структура	Твердость HRC
ШХ-4 ШХ-10	Поверхностная закалка ТВЧ	Мартенсит м/к*	60...62
ШХ-15 ШХ-15СГ	Закалка в масло, отпуск при 150...170°С	Мартенсит м/к + мелкие карбиды	63...64
20Х2Н4А 18ХГТ	Цементация, высокий отпуск** закалка, низкий отпуск	Мартенсит м/к + мелкие карбиды	58...62 60...62

* – мелкокристаллический; ** – проводится после цементации стали 20Х2Н4А.

Цементуемые стали применяют для подшипников с наружным диаметром 40...150 мм и крупногабаритных подшипников, испытывающих при эксплуатации значительные ударные и контактные нагрузки.

Контактная выносливость зубчатых колес обеспечивается мартенсито-аустенитной структурой стали после цементации и нитроцементации при твердости не ниже 57 HRC. Контактная выносливость зависит не только от структуры и свойств рабочей поверхности зубьев, но также от структуры и свойств стали в их основании [5]. Прочное основание зубьев обеспечивает ста-

бильность параметров зацепления при эксплуатации и работу зубьев в близких к расчетным условиям, что повышает сопротивление усталостному выкрашиванию.

Абразивное изнашивание проявляется как результат воздействия на рабочую поверхность детали абразивной среды. Эта среда может образоваться как результат взаимодействия трущихся поверхностей, а также из-за попадания частиц абразива извне. Воздействие абразивной среды можно рассматривать как сочетание двух процессов: внедрения абразивных частиц в поверхность металла и последующего их перемещения по этой поверхности – микрорезания. Основными факторами, влияющими на интенсивность этих процессов, являются твердость металла и соотношение этой твердости с твердостью абразивных частиц.

Если твердость этих частиц высока (более 800 HV), то их внедрению и микрорезанию может эффективно сопротивляться сталь со структурой из прочной мартенситной матрицы и высокотвердых карбидов, с твердостью 63...65 HRC (рис. 16). Такая структура образуется в результате длительной (более 20 ч), цементации стали, в результате которой концентрация углерода в поверхностном слое достигает 1,4...1,5 %.

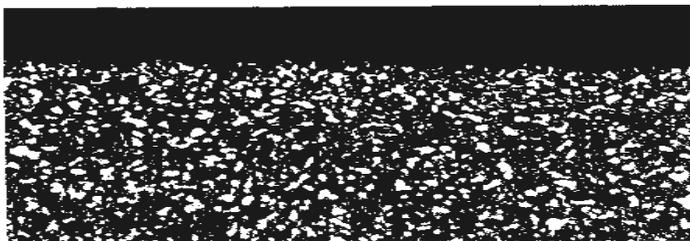


Рис. 16. Мартенсито-карбидная структура цементованной стали

Сталь с такой структурой обладает невысокой ударной вязкостью, поэтому условия ее работы должны исключать значительные ударные нагрузки.

Цементированная по стандартному режиму сталь по своей абразивной износостойкости уступает азотированной и борированной стали.

В результате применения азотирования или борирования сталь приобретает очень высокую твердость (67...72 HRC), которая сохраняется до температуры 400...450 °С (азотированная сталь), а у борированной до более высоких температур. Это обеспечивает абразивную износостойкость стали в условиях теплового воздействия в процессе трения. Вместе с тем азотированные и борированные слои отличаются повышенной хрупкостью.

Удовлетворительная абразивная износостойкость достигается в результате поверхностной закалки ТВЧ ответственных деталей ходовой системы гусеничных тракторов [2]. Для этих деталей применяют среднеуглеродистые экономно легированные стали. Так, для опорных катков ведущих и направляющих колес применяют стали, легированные ванадием с поверхностной твердостью после закалки не менее 50 HRC. Для пальцев применяются стали 55 Г и 65 Г, твердость которых после закалки более 60 HRC. Такую же высокую твердость должна иметь и втулка, что обеспечивает повышенную абразивную износостойкость сопряжения палец-втулка.

Цельнолитые звенья гусениц изготавливают из износостойкой стали 110Г13Л. В исходном состоянии сталь имеет аустенито-карбидную структуру, а после закалки – аустенитную с твердостью до 200 НВ. Износостойкой сталь увеличивается в процессе эксплуатации под воздействием высоких удельных давлений и ударных нагрузок. Происходит деформационное упрочнение (наклеп) аустенита и повышение поверхностной твердости стали до 600 НВ. Если сталь работает в абразивной среде, то необходимым условием ее износостойкости является преобладание процесса упрочнения поверхностного слоя над изнашиванием.

3.4.5. Антифрикционные материалы

Антифрикционные материалы преимущественно используют для изготовления подшипников скольжения – втулок и вкладышей. Основными требованиями к этим материалам являются низкий коэффициент трения при эксплуатации, в том числе и в условиях несовершенной смазки, хорошая прирабатываемость, сопротивление усталости и схватыванию. Различают *металлические, неметаллические и комбинированные* антифрик-

ционные материалы. Их работоспособность зависит от состава и структуры материала, а также от параметров эксплуатации узла трения; величины и характера нагрузки, скорости скольжения, температуры, условий смазки. В зависимости от условий смазки различают *жидкостное, граничное и сухое трение*. Весьма распространенным в практике эксплуатации подшипников скольжения является граничное трение [5], при котором толщина смазочного слоя составляет ≈ 10 мкм. Это может привести к непосредственному контакту участков рабочих поверхностей подшипника и контртела. В результате происходит смятие и внедрение микронеровностей, увеличение коэффициента трения, усиленное изнашивание материала подшипника.

Предельным случаем неблагоприятных условий работы является сухое трение, при котором возможен катастрофический износ материалов узла трения вследствие схватывания и заедания. Наиболее благоприятным для работы антифрикционных материалов является режим жидкостного трения. В этом случае слой смазки превышает высоту микронеровностей на рабочей поверхности деталей узла трения и разделяет их.

Кроме указанных факторов, на работоспособность подшипников влияют свойства контртел (состав, структура, твердость), а также тип смазки и ее температурная стойкость, характеризующаяся значением критической температуры. Это температура, по достижению которой при работе происходит резкое увеличение коэффициента трения. Значения этих температур для минеральных масел находятся в интервале 100...170 °С. Важную роль играют присадки к маслам – антифрикционные и противозадирные, повышающие работоспособность подшипников в условиях граничного трения.

Общим требованием к структуре антифрикционных материалов является сочетание мягкой и твердой фаз. Твердая фаза обеспечивает несущую способность и износостойкость материала, а мягкая обеспечивает его хорошую прирабатываемость и образует на поверхности трения микрополости, в которых удерживается смазка.

В машиностроении широкое применение находят металлические антифрикционные материалы. По технологии изготовления деталей различают материалы литейные, деформируемые и

получаемые методом порошковой металлургии. Маркировка и свойства некоторых из них приведены в табл. 5.

Лучшими антифрикционными свойствами обладают баббиты, а также оловянистые и безоловянистые бронзы. Вместе с тем стоимость этих сплавов весьма значительна из-за дефицитности входящих в их состав компонентов: олова, меди, свинца, сурьмы.

Баббиты применяют как покрытия рабочей поверхности подшипника толщиной не более 1 мм из-за недостаточной несущей способности и сопротивления усталости этих сплавов. При указанной толщине их сопротивление смятию возрастает за счет влияния прочной подложки.

Таблица 5
Маркировка и свойства металлических антифрикционных материалов

Материал	Марка	σ_b , МПа	Допустимые условия работы			Коэффициент трения по стали	
			P , МПа	V , м/с	t , °C	со смазкой	без смазки
Баббит оловянистый	Б83 Б16	18...20	15	50	70	0,005	0,07...0,12
		70...80	20	30	70	>>	>>
Бронзы: оловянистая свинцовистая алюминиевая	БрОЮФ1	245	25	10	-	0,006	0,1...0,2
	БрСЗО	60	15	12	100	-	-
	БрАЖ9-4Л	550	-	-	-	-	-
Цинковый сплав	ЦАМ10-5	250...300	-	-	-	0,009	0,35
Алюминиевый сплав	А09-2	150	25	20	120	0,008	0,1...0,15
Антифрикционные чугуны серые	АЧС-1 АЧС-3	170	2,5	5	100	0,008	0,12...0,23
		100	6	0,75	100	0,016	-

Подшипники из бронз изготавливают в монометаллическом (вкладыши, втулки и др.) и в биметаллическом исполнении. Монометаллические подшипники изготавливают из оловянистых литейных (до 10... 12 % Sn) и деформируемых (до 6...8 % Sn) бронз. Для биметаллических подшипников в качестве антифрикционного покрытия применяют свинцовистую бронзу БрС-30. В тяжело нагруженных узлах трения применяют высоко-

копрочные алюминиевые бронзы, как литейные (БрАЖ–9–4Л), так и деформируемые в холодном (оставы с 7...8 % Al) и горячем (БрАЖН–10–4–4) состоянии. В состав сплавов на алюминиевой основе А09–1, А09–2 входят по 9 % Sn, а также медь, соответственно 1 и 2 %. Эти сплавы применяют вместо бронз для изготовления монометаллических антифрикционных деталей (втулок, шарниров) и биметаллических подшипников. Подшипники получают штамповкой из биметаллической полосы со слоем антифрикционного алюминиевого сплава.

Кроме антифрикционных серых чугунов (АСЧ) применяют высокопрочные (АЧВ) и ковкие (АЧК) антифрикционные чугуны. Эти сплавы недефицитны, но плохо прирабатываются, чувствительны к недостатку смазки и к ударным нагрузкам. Область их применения – тихоходные узлы трения.

По обеспечению работоспособности узла трения в условиях ограниченной подачи смазки или без нее указанные сплавы уступают материалам, получаемым методом порошковой металлургии. Отличительная особенность структуры этих материалов – наличие пор, что обеспечивает эффект самосмазываемости за счет смазки, находящейся в этих порах. Запас смазки в порах материала обеспечивает работу подшипника при аварийном прекращении подачи смазки извне.

В зависимости от типа смазочных веществ они добавляются в виде порошков в исходную шихту или вводятся в поры материала после спекания путем пропитки или насыщением из газовой фазы.

В виде порошков в исходную шихту добавляют графит, серу и серосодержащие соединения (дисульфид молибдена) и другие твердые смазки.

Пропитка пор металлическими смазками ведется окунанием пористого изделия в расплав пропитывающего металла: олова, свинца, эвтектических сплавов, время пропитки до 1 часа. Пропитка минеральными маслами проводится погружением подшипника в масло, разогретое до 100...120 °С в течение 2...4 часов.

Достаточно распространенными являются порошковые материалы на основе железа, стоимость которых ниже, а антифрикционные свойства не уступают свойствам литых сплавов. К этой группе относят пористое железо, композиции железо – графит (1...3 % графита), железо – графит – медь (от 2,5 до 9 % Си)

и ряд других материалов. В режиме самосмазывания эти материалы предохраняют детали узла трения от схватывания и заедания. При изменении режима смазки на более удовлетворительный работоспособность этих материалов существенно возрастает. Поэтому их применяют в качестве альтернативных литым сплавам в условиях смазываемого контакта, и как материалы, предотвращающие аварийное изнашивание подшипника при прекращении подачи смазки извне. Марки некоторых порошковых материалов на основе железа и их свойства приведены в табл. 6.

Таблица 6
Марки некоторых порошковых материалов на основе железа и их свойства

Материал, марка	Пористость, %	σ_v , МПа	Допустимые условия работы			Коэффициент трения по стали	
			P , МПа	V , м/с	t , °С	со смазкой	без смазки
Железо пористое: Ж	20	100	2...3	1...2	до 100	0,01	0,15
Железографит: ЖГр-1; ЖГр-3;	15...25 15...20	180...300 70...280	4...5 3...4	2...3 4...5	100...120 120...150	0,005...0,09 0,005...0,09	0,12 0,1
Железографит-медь: ЖГрДЗ; ЖГрД7	15...20 17...27	180 200...220	5...7 до 4	4 0,95	100...140 120...150	0,009...0,09 0,01...0,06	0,12 0,1

Наряду с материалами на основе железа применяют порошковые материалы на основе меди: биметаллы со стальной подложкой и слоем пористой бронзы, пористую бронзу, пропитанную смазкой и бронзографитовые материалы. Область применения пористых бронз – малонагруженные ($P = 0,5... 1$ МПа) подшипники со скоростями скольжения не более 1...1,5 м/с. Такие подшипники не требуют дополнительной смазки в течении длительного времени, при эксплуатации в интервале температур от - 60 до + 120 °С.

Количество графита в бронзографитовых материалах не превышает 10 %, так как при большем содержании прочность материала резко снижается. Область применения – умеренно нагруженные (P до 8 МПа) подшипники с рабочей температурой до 80 °С и скоростью скольжения 3...5 м/с. Кроме указанных, применяют также порошковые материалы на основе алюминия,

отличающиеся малой плотностью, высокой коррозионной стойкостью и ценовой доступностью.

Выбор подшипниковых материалов осуществляют по их *несущей способности* при различных условиях работы. Несущая способность сплава характеризуется произведением нагрузки на скорость (PV). Этот показатель определяют опытным путем при заданных условиях испытаний образцов: нагрузке P , скорости скольжения V , режиме смазки, соответствующему изначально одному из видов трения (жидкостному, граничному, сухому). Варьируемым параметром является нагрузка, величина которой ступенчато возрастает через равные промежутки времени вплоть до наступления заедания. Предельно допустимой считается нагрузка, предшествующая той, при которой наступило заедание.

Величина PV показывает, какой режим работы приемлем для данного подшипника: легкий ($PV = 1...6$ МПа м/с), тяжелый ($PV = 10...30$ МПа м/с), предельно тяжелый (PV более 30 МПа м/с).

К неметаллическим антифрикционным материалам относятся *термопластичные* и *терморезистивные наполненные пластмассы* и *углеграфитовые материалы*. Область их применения подшипники скольжения и другие детали узлов трения, работающих в условиях ограниченной смазки и без нее. Характеристика основных групп неметаллических материалов представлена в табл. 7.

Антифрикционные пластмассы представляют собой сложные по составу композиты на полимерной основе с различными наполнителями. Для повышения антифрикционных свойств в их состав вводят сухие смазки: графит, дисульфид молибдена, графитизированный кокс, тальк, а для повышения прочности – рубленое стекловолокно.

При использовании углеграфитовых материалов следует учесть их повышенную хрупкость, а также низкую износостойкость при наличии влаги на поверхности трения. Наиболее эффективно эти материалы работают в условиях сухого трения в паре с контртелом, имеющим хромовое покрытие [5]. Для улучшения триботехнических свойств углеграфитов применяют наполнители – сухие смазочные материалы и фторопласт.

К *комбинированным* относят материалы со слоистой структурой, представляющие композицию из нескольких металлов, а также пористые монослойные металлы с неметаллическими

наполнителями, придающими высокие антифрикционные свойства (графит, фторопласт, сульфиды и др.).

Фторопласт как наполнитель применяют либо в чистом виде, либо в композиции с другим неметаллом (дисульфид молибдена) или с металлом (олово).

Примером комбинированного материала с использованием фторопласта является металлофторопластовая четырехслойная лента [5]. Ее толщина от 1,1 до 2,6 мм, ширина от 75 до 100 мм, длина от 500 до 2000 мм. Методом точной штамповки из ленты изготавливают подшипники скольжения, применяемые без смазки при высоких удельных нагрузках и малых скоростях скольжения в диапазоне температур от - 200 до + 280 °С.

Таблица 7

Характеристика основных неметаллических антифрикционных материалов

Группа материалов	Предел прочности σ_b , МПа		Пределные значения		Коэффициент трения f^*	Свойства материала
	при сжатии	при растяжении	треб, °С	PV , МПа м/с		
Термопласты: полиамиды фторопласты полиэтилены	70...90	50...60 13...16 10...17	100...120 100...120 80	0,2...1,0 9,0 –	0,25...0,3 0,04...0,06 0,1...0,15	Химическая стойкость и износостойкость
Поликарбонаты (дифлоны)	80...90	60...70	от-100 д+135	–	0,3	Ударопрочность и морозостойкость
Реактопласты: полиамиды	200...230	100...130	200...220	2...5	0,3...0,35	Повышенная теплостойкость и химическая стойкость
прессматериал эпоксидный	170...180	40...50	100...120	2...5	0,15–0,25	
текстолит	–	65...100	80...125	до 20	0,2...0,3	
Углеграфитовые (АО, АГ, АМС)	20...40	14...25	300...450	10...40	0,05..01	Высокие термостойкость, химическая стойкость, износостойкость

* значения f для трения без смазки по стали.

Несущая способность характеризуется значением $PV = 10 \dots 15$ МПа м/с; коэффициент трения $f = 0,02 \dots 0,25$. Минимальный износ достигается при работе в паре со стальным валом, у которого шероховатость рабочей поверхности соответствует $Rz = 0,6 \dots 1,5$ мкм [5].

3.4.6. Наплавочные материалы и износостойкие покрытия

Наплавочные материалы применяют в тех случаях, когда известные методы термического упрочнения оказываются недостаточными для обеспечения абразивной износостойкости стальных деталей машин. В первую очередь это относится к деталям сельскохозяйственных, строительных и дорожных машин, испытывающих при эксплуатации интенсивное воздействие абразивной среды. Для обеспечения абразивной износостойкости этих деталей во многих случаях недостаточно простого повышения твердости даже до значений, превышающих 55...60 HRC.

Интенсивное сопротивление абразивному изнашиванию обеспечивает структура, состоящая из высокотвердой и прочной матрицы и карбидных высокотвердых включений в количестве до 50 % и более. Такую структуру можно получить в результате длительной (более 20 ч) цементации стали с последующей сложной термической обработкой или с помощью требующей значительно меньшего времени наплавки на поверхность деталей специальных сплавов.

Это сплавы с высоким (до 5,5 %) содержанием углерода и карбидообразующих элементов, используемые в виде порошковой наплавочной проволоки, порошковой шихты и металлических электродов. Наиболее известными являются наплавочные материалы на основе железа (высокохромистые чугуны), применяемые для упрочнения деталей из углеродистых (40, 45) и низколегированных сталей методом газовой или электродуговой наплавки. Поверхности деталей перед наплавкой тщательно очищают от грязи, масла, коррозии и краски для обеспечения хорошего сцепления наплавляемого материала с деталью. Для деталей, испытывающих воздействие абразивной среды, толщина наплавленного слоя составляет от 2,5 до 4 мм. Детали из уг-

леродистых и легированных сталей с содержанием углерода более 0,3 % перед наплавкой подогревают до 300...350 °С, чтобы снизить вероятность образования трещин в наплавленном слое. Кроме высокохромистых чугунов для наплавки применяют хромистые и высокомарганцовистые стали.

По способам нанесения *износостойких покрытий* различают газотермические, гальванические и вакуумно-конденсационные технологии. Нанесение этих покрытий обеспечивает снижение коэффициента трения и повышение износостойкости деталей.

При газотермических методах покрытие наносят на поверхность деталей путем напыления расплавленного материала струей сжатого воздуха или газа. Расплавленные частицы с большой скоростью ударяются о поверхность детали и осаждаются на ней, образуя покрытие. В зависимости от источника тепла различают газовое, электродуговое и плазменное напыление. В качестве наплавливаемых материалов применяют стали, цветные металлы и пластмассы. Наплавливаемый материал применяется в виде проволоки, ленты или порошка.

Методом газопламенного напыления получают износостойкие полимерные и металлополимерные покрытия. В качестве наплавливаемого материала используют порошки полиэтилена, полиуретана, фторопласта, а также металлополимерные порошки (полиуретан и медь). Толщина покрытий от сотых долей миллиметра до нескольких миллиметров. Покрытие наносят на тщательно очищенную и обезжиренную поверхность для обеспечения прочного сцепления покрытия с подложкой.

Нанесение металлического покрытия на поверхности деталей называют *металлизацией*. Подготовка детали к металлизации заключается в очистке поверхности и придании ей шероховатости. Минимальная толщина покрытия после металлизации от 0,02 до 1 мм. При напылении цветных металлов (меди, цинка, свинца) на поверхности детали образуется мягкая защитная пленка, улучшающая прирабатываемость и предохраняющая основной металл за счет локализации процесса изнашивания в самом защитном слое.

Известным и эффективным методом повышения износостойкости стальных изделий является *гальваническое хромирование*, при котором слой хрома толщиной 0,1...0,2 мм наносят

непосредственно на стальную поверхность. Покрытие отличается высокой твердостью (до 900 HV), обеспечивает снижение коэффициента трения сопряженных пар. Хромирование целесообразно применять для стальных деталей, работающих в паре с баббитами, чугуном, отожженной сталью и сталью, подвергнутой улучшению.

Нанесение покрытий с помощью *вакуумно-конденсационного напыления* происходит путем генерации ионизированного потока напыляемого материала, последующего осаждения его частиц на поверхности обрабатываемых деталей и образования покрытия. Процесс ведут в вакуумной камере в среде аргона, скорость частиц достигает 10 км/с, что обеспечивает хорошее сцепление покрытия и подложки. Толщина покрытия составляет от 1 до 5 мкм, покрытие обеспечивает снижение коэффициента трения и повышение износостойкости обработанных деталей и металлорежущего инструмента.

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?

13. Какие материалы называют фрикционными, а какие – антифрикционными? Какое свойство этих материалов определяет их рабочий ресурс? Как различают фрикционные материалы по условиям работы и в каких узлах трения их применяют? Что называют фрикционной теплостойкостью и как ее оценивают? Дайте характеристику основных групп фрикционных материалов. Какие материалы применяют в качестве контртел в узлах трения?

14. Какие факторы влияют на износостойкость сталей? Какая структура стали может считаться оптимальной для обеспечения износостойкости? Какие методы упрочняющей обработки следует применять для получения такой структуры? Как обеспечить абразивную износостойкость стальных деталей?

15. Как различают антифрикционные материалы, где их используют и каким требованиям они должны соответствовать? Какие факторы влияют на работоспособность этих материалов, какая структура считается оптимальной? По какому критерию следует оценивать работоспособность антифрикционных материалов? Какие материалы следует применять в узлах трения с ограниченной смазкой и без нее?

16. Какие материалы применяют в качестве наплавочных, и в каких случаях? За счет чего эти материалы обеспечивают повышенную абразивную износостойкость деталей? Какие применяют методы нанесения износостойких покрытий? Какими свойствами обладают эти покрытия?

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.

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. 17. Пленкообразующие вещества включают вещества растительного происхождения и синтетические.

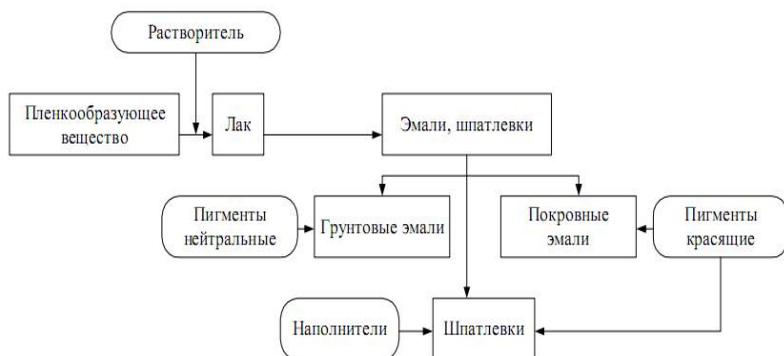


Рис. 17. Схема получения лакокрасочных материалов

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 меламиналкидные смолы.

В практике использования ЛКМ для подвижного состава автомобильного транспорта наибольшее распространение получили нитроцеллюлозные (НЦ), глифталевые (ГФ), пентафталевые (ПФ) и меламиналкидные (МЛ) пленкообразующие вещества [6, 7].

Из приведенной на рис. 17 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. Растворители служат для придания пленкообразователям определенной вязкости и представляют собой летучие жидкие органические соединения, которые должны испаряться без остатка после нанесения лакокрасочного покрытия на поверхность изделия. 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 меламиналкидных 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 кгс/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 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 [6].

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

Обозначение (маркировка) ЛКМ по ГОСТ9825–73 включает 5 групп знаков (слов, букв и цифр). Первая группа означает полное наименование материала (эмаль, грунт, шпатлевка). Наименование последних двух групп 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 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 табл. 8.

Таблица 8
Технологические свойства покровных эмалей

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

Как следует из табл. 2, 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 проводится 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 автомобилей.

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 °С расход растворителя снижается на 20...30 %, а синтетических эмалей – на 30...40 % (при их подогреве до 70 °С). Распылением в подогретом состоянии с помощью специальных установок, выпускаемых отечественной промышленностью, можно наносить все виды эмалей. Способ безвоздушного распыления, который чаще всего проводится с подогревом, основан на перепаде давления создаваемого насосом установки на выходе эмалей из сопла распылителя. При этом потери эмалей на туманообразование 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, так как 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 лакокрас-

сочных 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. Металлические и полимерные защитные покрытия

Основные требования, которые предъявляются к металлическим защитным покрытиям, можно сформулировать так:

- 1) покрытие не должно ухудшать свариваемость и штампуемость листовой стали;
- 2) покрытие не должно разрушаться при штамповке;
- 3) покрытие должно иметь хорошую адгезию с поверхностью стали, быть достаточно прочным и иметь минимальную пористость;
- 4) покрытие не должно осложнять технологию нанесения на поверхность детали лакокрасочных материалов.

В значительной степени этим требованиям соответствуют *цинковые покрытия* на листовой стали. Кроме чисто цинковых покрытий, применяют комбинированные покрытия, в состав которых входят, наряду с цинком, некоторые другие компоненты. В настоящее время потребление оцинкованной листовой стали в мировом автомобилестроении превышает 1 млн т/год.

Цинковые покрытия сравнительно недороги и обладают хорошими защитными свойствами в большинстве агрессивных сред. Эти покрытия по знаку электродного потенциала являются анодными. Следовательно, в гальванопаре с основным металлом

покрытие, будучи анодом, активно растворяется, защищая от разрушения основной металл, вплоть до полного разрушения самого покрытия. Поэтому долговечность покрытия зависит от его толщины. Но чрезмерное увеличение толщины покрытия может отрицательно сказаться на свариваемости и штампуемости листовой стали.

В зависимости от способа получения покрытия различают электролитически оцинкованные и горячеоцинкованные стали. Электролитическое цинкование производят в сернокислом растворе сульфата цинка. Поверхность листовой стали перед цинкованием тщательно очищают и обезжиривают. Толщина покрытия может достигать 10... 12 мкм.

Горячее цинкование производят путем погружения листовой стали в расплавленный цинк. Толщина покрытия достигает 25...40 мкм. Оцинкованные стали могут подвергаться хромированию (хроматному пассивированию) путем погружения на несколько секунд в раствор хромовой кислоты или ее солей. При этом на поверхности образуется хроматная пленка толщиной 0,5 мкм, что значительно повышает коррозионную стойкость оцинкованной стали.

Свариваемость и штампуемость электролитически оцинкованной стали несколько лучше по сравнению с горячеоцинкованной, что объясняется меньшей толщиной слоя цинка. Однако горячеоцинкованная сталь имеет более высокую коррозионную стойкость из-за большей толщины защитного покрытия. Скорость разрушения цинкового покрытия зависит от загрязненности атмосферы и составляет 1... 1,5 мкм/год в сельской местности, и 6...8 мкм/год в городских условиях. На скорость разрушения покрытия влияет также шероховатость поверхности стали и качество подготовки поверхности перед цинкованием.

Цинковые покрытия имеют низкую износостойкость, интервал рабочих температур от - 60 до + 250 °С. При контакте цинкового покрытия с незащищенной стальной поверхностью может возникнуть коррозия.

Из комбинированных покрытий достаточно широко применяют покрытия из *цинкрометалла*. В состав этого покрытия входят алюминий, медь, магний и цинк. Известны также

цинкоалюминиевые покрытия (5 % Al) на листовых сталях. Эти стали хорошо штампуются и имеют высокую коррозионную стойкость, в том числе и в агрессивных средах, образующихся в связи с использованием соли и других средств борьбы с гололедом.

Алюминиевые покрытия на листовой стали получают чаще всего методом горячего погружения. Тщательно очищенную и обезжиренную сталь погружают в ванну с расплавленным алюминием или алюминиевым сплавом. В состав алюминиевых сплавов, предназначенных для получения покрытия, могут входить кремний (до 10... 12 %) и цинк (до 45 %). Сталь с алюминиевым покрытием обладает хорошей коррозионной стойкостью и жаростойкостью, поэтому ее часто применяют для деталей системы выпуска отработанных газов. Этот биметалл поддается глубокой вытяжке, хорошо полируется и сваривается.

За рубежом находят применение сталь с покрытием из сплава алюминий - кремний (7...12 % Si). Покрытие получают методом горячего погружения, толщина покрытия около 20 мкм. Такая сталь пластична (5 до 20 %) и прочна ($\sigma_{0,2}$ до 440 МПа).

Алюминиевые покрытия на листовой стали получают также методом плакирования. В основе этого метода – нанесение на поверхность стали защитного алюминиевого слоя в процессе прокатки. Плакированная сталь может иметь одно- или двухстороннее покрытие, толщина покрытия до 100 мкм.

Кадмиевое покрытие получают электролитическим методом. Интервал рабочих температур этого вида покрытий ± 60 °С, толщина слоя покрытия - 12...15 мкм. Кадмиевое покрытие выдерживает изгиб, развальцовку и вытяжку, имеет более высокую по сравнению с цинковым покрытием химическую стойкость. Покрытие имеет серебристо-серый цвет, со временем тускнеющий. В атмосфере, загрязненной промышленными газами, особенно сернистыми, кадмиевое покрытие неустойчиво.

Для повышения коррозионной стойкости кадмированной стали проводят пассивирование (хроматирование) в растворе хромового ангидрида. В зависимости от состава раствора хроматированные покрытия могут быть бесцветными, или цветными голубыми, светло-желтыми, золотистыми, коричневыми и т. д.

Кроме указанных покрытий, для защиты от коррозионного разрушения наружных декоративных деталей применяют *медь-никель-хромовые покрытия*. Так, например, фирменные знаки, ручки, облицовка радиатора, декоративные планки могут быть защищены от коррозии трехслойным покрытием с общей толщиной около 50 мкм. Получение такого покрытия на стальных деталях кузова – многостадийный процесс, включающий в себя тщательную подготовку деталей, последовательное меднение, никелирование и хромирование, перемежаемые промывкой и сушкой деталей.

Металлические листовые материалы с *защитными полимерными покрытиями* называют *металлопластами*. Это могут быть листовые стали, листовые титановые или алюминиевые заготовки толщиной от 0,5 до 1,2 мм с одно- или двухсторонним пластмассовым покрытием толщиной от 0,05 до 1 мм. Покрытия получают различными методами, в том числе погружением в ванну с расплавленным полимером, плакированием, напылением порошкообразного полимера, наклеиванием пленки. Применяемые для покрытий материалы и их характеристики приведены в табл. 9.

При использовании металлопластов в качестве кузовных материалов следует учитывать возможность разрушения покрытия при штамповке. Поэтому представляется целесообразным получение покрытия на уже отштампованных деталях. Наиболее часто эти покрытия наносят методом напыления. Чаще других видов применяют вихревое и газопламенное напыление. При вихревом напылении деталь предварительно нагревают в печи до температуры на 100...150 °С выше температуры плавления полимера, а затем окунают во взвешенный слой полимерного порошка. Взвешенное состояние порошка достигается с помощью газа, пропускаемого через резервуар, в который засыпается порошок. Частицы порошка, соприкасаясь с разогретой металлической поверхностью, оплавляются и образуют сплошное равномерное покрытие на поверхности детали. Время нанесения покрытия составляет 10...20 с, затем деталь обдувают сжатым воздухом для удаления избытка порошка и вновь помещают в печь для завершения

процесса получения покрытия. Вихревое напыление применяют для деталей простой конфигурации, размер напыленных деталей определяется величиной рабочего пространства резервуара.

Таблица 9
Защитные материалы и их характеристики

Материал	Толщина покрытия, мм	Температура нагрева металла		б, %	Рабочая температура, °С	Стойкость в средах			
		Напыление	Плакирование			Кислота	Щелочь	Бензин	Соли
Полиэтилен: ПЭВД ПЭНД	0,1–1,0 0,1...1,0	200–280	240	180 200	-50...+100 - 50...+100	++	++	++	++
Полипропилен	0,1...1,0	250	–	200	-30...+150	+	+	+	+
Полиамид П-68	0,1...1,0	250		30	-40...+120	-	+	+	-
Фторопласт 4ДП	0,05	300	–	75	-200...+250	+	+	+	+
Фторопласт 3М	0,15	270	–	75	-200...+250	+	+	+	+
Винилласт	0,3...1,0	–	170	15	-30...+70	+	+	+	+

Знак «+» означает пригодность покрытия для данных условий.

Газопламенный способ напыления заключается в том, что частицы порошка расплавляют, пропуская через пламя газовой горелки и наносят на подогретую поверхность изделия. Установка для газопламенного напыления соединяет элементы газосварочного аппарата и установки для пневматического распыления. Газопламенное напыление применяют для получения покрытий на крупногабаритных изделиях, и этот способ напыления представляется приемлемым для получения антикоррозионного покрытия на кузовных деталях. Кроме того, этот способ рекомендуют для шпатлевания сварных швов и поверхностных кузовных неровностей.

Применение кузовных материалов с антикоррозионными металлическими и полимерными покрытиями повышает коррозионную стойкость конструкции. Однако необходимо учитывать возможность разрушения покрытий при штамповке деталей из листового материала, а также при последующей

сварке. В этом случае следует предусмотреть дополнительные меры по защите участков металла с разрушенным покрытием от коррозии. Целесообразно нанесение металлического или полимерного покрытия на уже отштампованные детали, или на сваренные из штампованных деталей узлы и агрегаты.

4.3. Интерьерные материалы

Салон автомобиля является жизненным пространством для участников дорожного движения. Поэтому применяемые для отделки салона материалы должны обеспечивать как эстетическую привлекательность салона, так и должный уровень комфортабельности и безопасности пассажиров и водителя.

Эти материалы можно условно разделить на следующие группы [5]:

1) материалы для набивки сидений, подголовников, подлокотников;

2) обивочные и облицовочные материалы;

3) шумо-, вибро-, теплозащитные материалы.

Комфортабельность салона во многом определяется конструкцией сидений и материалами, применяемыми при их изготовлении. Качество сидения водителя влияет на степень его усталости, концентрацию внимания, быстроту реакции и, в конечном итоге, на безопасность управляемой им машины. В случае дорожно-транспортного происшествия степень травмирования участников движения также в немалой степени определяется конструкцией сидений и их качеством.

Несущим элементом сидений является каркас из профилей или стальных труб, к которому крепится механизм регулировки положения сиденья и спинки. К каркасу крепят также держатели подушек из пружинной стали (65Г, 70Г, 80Г), на которые устанавливают подушки с набивкой из латекса или пенополиуретана, крепящиеся к каркасу скобами. Одним из критериев качества сиденья является *гигроскопичность* – свойство материала поглощать испарения и тепло, выделяемые человеческим телом. Если гигроскопичность материалов подушки недостаточна, между телом человека и сиденьем

возникает неблагоприятная микросреда. Кроме того, обивка сиденья должна быть износостойкой и обеспечивать сцепление с одеждой водителя и пассажиров, чтобы обеспечивать приемлемую фиксацию тела при движении машины. Наиболее известным обивочным материалом являются *искусственные кожи*, имеющие текстильную основу, на которую нанесено полимерное покрытие. Это покрытие может быть сплошным, пористым или прерывистым. Недостаточную воздухопроницаемость и гигроскопичность имеют искусственные кожи с монолитным покрытием. Частичное улучшение этих показателей достигается при пористом и прерывистом покрытиях. Все искусственные кожи имеют высокую износостойкость, достаточную светостойкость, грибостойкость и морозостойкость, неогнеопасны (низкая воспламеняемость, малая скорость горения).

Неогнеопасность искусственных кож обеспечивается введением в состав полимерного покрытия триоксида сурьмы и пропиткой текстильной основы спецсоставами. Морозостойкость достигается введением в состав покрытия морозостойких пластификаторов. Для обеспечения грибостойкости в состав покрытия вводят антисептики, а текстильную основу пропитывают спецрастворами.

Значительно более высокие эстетические и гигиенические свойства имеют *текстильные обивочные материалы*, для производства которых применяют как натуральные, так и искусственные волокна. Эти материалы неогнеопасны, устойчивы к истиранию, световому старению, воздействию микроорганизмов, хорошо чистятся. Хорошее сцепление с одеждой водителя и пассажиров обеспечивают ворсованные материалы – плюш и синтетический трикотажный бархат. Повышению комфортабельности способствует применение текстильных обивочных материалов со слоем эластичного пенополиуретана толщиной до 25 мм. За счет этого исключается образование складок на сиденьях, обеспечивается размерная стабильность и формоустойчивость. Вместе с тем следует отметить более высокую стоимость текстильных обивочных материалов по сравнению с искусственными кожами.

В качестве обивочных материалов применяют также пенопласты, в первую очередь *пенополиуретаны* (ППУ), которые в

зависимости от плотности разделяют на эластичные, полужесткие и жесткие. Эластичные ППУ выпускают в виде листов, блоков, рулонов, их применяют для обивки сидений, дверей, боковин, крыши. Кроме того, эти материалы применяют для изготовления подушек и спинок сидений путем заливки жидкого ППУ-композиата в форму с последующим вспениванием и отверждением.

Полужесткие ППУ – полиуретаны с закрыто ячеистой структурой, с плотностью $0,13...0,25 \text{ г/см}^3$, $\sigma_{\text{в}} = 0,2...0,5 \text{ МПа}$, рабочая температура от - 60 до + 100 °С. Изделия из них получают путем заливки в предварительно отформованную облицовочную пленку из АБС-пластика. Эти материалы используют для деталей, связанных с пассивной защитой водителя и пассажира (стойки, подлокотники, подголовники, накладки панелей приборов). Сейчас полужесткие ППУ все больше вытесняются т. н. интегральными ППУ.

Интегральные пенополиуретаны – пенопласты, состоящие из пористой сердцевины и плотной оболочки, образующиеся одновременно при заливке в форму предварительно смешанных компонентов. В результате реакции компонентов происходит выделение газа и вспенивание, образуется мелкоячеистая структура. Различают интегральные ППУ с низкой и высокой плотностью. Для изготовления различных деталей интерьера, повышающих травмобезопасность, применяют ППУ с плотностью $0,2...0,3 \text{ г/см}^3$. Из них изготавливают рулевые колеса, облицовку приборной панели, подголовники, подлокотники, а также сиденья и спинки, цикл формования которых составляет 20...30 секунд. При использовании интегральных ППУ можно отказаться от обивочных материалов, так как поверхность изделий из них может быть текстурирована под кожу, ткань или любые другие натуральные или синтетические материалы.

В качестве *облицовочных* материалов во многих случаях применяют пленки на основе акрилбутадиенстирольных (АБС) и поливинилхлоридных (ПВХ) композиций. Эти пленки выпускают с различным тиснением, разного цвета, с имитацией под ценные породы дерева, металл, кожу и другие материалы. На нелицевую сторону этих пленок нанесен клей, защищенный легкоснимающейся пленкой или бумагой.

Для облицовки стоек дверей и поперечин крыши применяют пенополиуретан толщиной 3...5 мм с покрытием из искусственной кожи, который приклеивается к указанным деталям. Панель приборов представляет собой пластмассовую деталь, которую либо приклеивают, либо крепят с помощью пружинных зажимов к стальному каркасу. Облицовку панели в виде накладной детали получают формованием из полиуретана, она имеет твердое покрытие с тиснением или узорами. Чаще всего для крепления облицовки к панели применяют клей.

Обивка дверей закрывает внутренний каркас и механизмы замков и стеклоподъемников, а также необходима для шумо- и теплоизоляции. Представляет собой панель, отформованную из водостойкого картона с двухсторонним покрытием, толщина панели от 1,75 до 3,0 мм. На панель наклеивают полиуретановую прокладку с покрытием из искусственной кожи, украшенной тиснением или накладными металлическими молдингами. Основным требованием к материалам для обивки дверей является высокая влагостойкость, так как внутри дверей и боковин нередко скапливается конденсат. Обивка крепится с помощью скоб, винтов или пластмассовых пружинных зажимов.

Обивка крыши выполняет роль теплоизолирующего и звукопоглощающего элемента интерьера. В качестве обивочного материала применяют термопластичный пенополиуретан, из которого формуют панель требуемых размеров и конфигурации. Обивка крепится к крыше с помощью зажимов или винтов.

Важными показателями комфортабельности автомобиля являются уровень шума в салоне, внешний шумовой фон, сопутствующий движению автомобиля, наличие вибрации элементов кузова. Кузов легкового автомобиля среднего класса представляет собой систему с более чем двумястами степенями свободы, испытывающую изгибные и скручивающие нагрузки. Вибрации этой системы вызываются работой двигателя и трансмиссии, воздействием нагрузок, взаимодействием колес с поверхностью дороги, воздействием встречного воздушного потока. Вибрация отрицательно сказывается не только на комфортабельности, но и на усталостной прочности деталей кузова, а также на способности конструкции противостоять коррозионному разрушению, что прямо влияет на долговечность автомобиля.

Уменьшения вибрации достигают применением *виброзащитных материалов*, наиболее известным из которых является *резина*. Ее используют в специальных устройствах – *виброизоляторах*, устанавливаемых между источником вибрации и защищаемым от вибрации объектом. В виброизоляторах применяют два типа резины – на натуральном и синтетическом каучуке, а сами виброизоляторы по конструкции могут быть чисто резиновыми и резино-металлическими. Чаще применяют виброизоляторы второго типа, к таким относятся резинометаллические опоры ДВС, раздаточных коробок, коробок перемены передач, кабин грузовиков и тракторов. От этих деталей требуется длительная прочность при работе в сложнапряженном состоянии, например, при одновременном воздействии сжимающих и скручивающих нагрузок. Кроме резины, в виброизоляторах применяют также полиуретаны, отличающиеся достаточной прочностью, надежностью и стойкостью к внешним агрессивным средам.

В качестве шумозащитных материалов применяют минеральную вату, войлок, резину, газонаполненные материалы, а также противозумные мастики. Мастики применяют как самостоятельные шумозащитные покрытия, так и в комбинации с другими материалами в многослойных покрытиях

Войлок – пористый материал, количество пор до 75 %, его плотность 2...4,3 г/см³, рабочая температура до 70 °С. Стоек против кислот, но разрушается от воздействия щелочей [6]. Выпускают в виде лент, пластин, листов или готовых изделий. Для звуко- и теплоизоляции используют грубошерстный войлок с текстильным основанием толщиной от 8 до 20 мм. Для закрепления шумозащитных материалов используют клеевые композиции, мастики, а также применяют механическое крепление (кнопки, скобы и другие крепежные элементы).

К газонаполненным материалам относят газонаполненные пластмассы (пенопласты и поропласты), пенометаллы, пеностекло. Наиболее востребованными пенопластами являются пенополиуретан (ППУ), пенополивинилхлорид (ПВХ), пенополистирол (ППС), среди поропластов наиболее известен поролон.

Пенометаллы – металлы или сплавы с ячеистой структурой и плотностью до 1 г/см³. Для получения пенометалла в

расплавленный металл, например алюминиевый сплав, вводят гидриды титана или циркония. Выделяющийся при распаде гидридов водород вспенивает металл, после чего производят быстрое охлаждение для фиксации ячеистой структуры материала. Эти материалы не горят, не гигроскопичны, износи- и коррозионностойки, не выделяют токсичных газов.

Пеностекло – пористый материал с плотностью - $0,1 \text{ г/см}^3$, получаемый спеканием тонкоизмельченного стеклянного порошка и пенообразователя. Легко поддается механической обработке, хорошо склеивается.

В современных легковых автомобилях суммарная масса применяемых шумозащитных и виброизоляционных материалов достигает 35...50 кг. Основное внимание уделяют усилению тепло-, шумо- и виброизолирующих свойств панелей, отделяющих моторный отсек от пассажирского салона. Перечень применяемых в легковом автомобиле защитных материалов приведен в табл. 10.

Таблица 10
Перечень тепло-, шумо- и виброизолирующих материалов

Панель кузова	Материал	Толщина, мм	Масса, кг/м ²
Передняя часть:			
стенка моторного отсека	Многослойный композит (пенополиуретан, войлок)	2, 15	6,0
передний наклонный пол	Битумно-полимерный материал с защитной наружной алюминиевой фольгой	5,5	10
брызговики передних колес	Пропилен морозоустойчивый, резина	3,5	0,25
пол передний	Композит с битумной матрицей и волокнистым наполнителем	10	3
Задняя часть:			
пол под подушкой заднего сиденья	Поролон	10	0,33
задний пол	Композит с битумной матрицей и волокнистым наполнителем	10	3,0

Продолжение табл.10

Панель кузова	Материал	Толщина, мм	Масса, кг/м ²
брызговики задних колес	Пропилен морозоустойчивый, резина	2	0,35
Багажник:			
днище	Мастика шумозащитная, войлок	5	3,5
боковые стенки	Войлок формованный	5	2,4
капот	Композит с волокнистым наполнителем в виде листов	10	2,6
крышка багажника	Битумно-полимерный материал, полиэтиленовая пленка	2	3

Эти материалы можно использовать для несущих кузовных панелей, а также для тепло- и шумозащитных перегородок, например, таких как панель моторного отсека.

Для улучшения комфортабельности салона, снижения шума и вибрации от агрегатов, прикрепленных к днищу кузова, применяют *напольные покрытия*.

Наиболее распространены резиновые формованные ковры и дорожки, линолеумы с гладкой и рифленой поверхностью, текстильные ковровые материалы.

Резиновые формованные ковры достаточно прочны, эластичны, износостойки, обладают высокими вибропоглощающими свойствами. Толщина более 2 мм, на лицевой поверхности – рифленый рисунок. Недостаточная бензо-керосино- и маслостойкость, низкое сопротивление раздиру, морозостойкость до – 40 °С.

Из линолеумов наиболее предпочтительным является использование ПВХ-линолеума на текстильной основе, с рифленой, гладкой или тисненной поверхностью.

Текстильная основа облегчает приклеивание материала к полу и улучшает шумозащитные свойства линолеума. Его морозостойкость – 50 °С, для придания грибостойкости текстильную основу подвергают антисептической обработке. Линолеум хорошо сваривается с помощью нагретого инструмента, ультразвука, а также с применением инфракрасного излучателя ртутно-кварцевой лампы. Скорость сварки при этом до 1 м/мин, сварку ведут встык с применением присадочного материала.

Основными требованиями к текстильным коврам являются: шумо-, вибро-, и теплозащитные свойства; стойкость к воздействию света и воды, агрессивных сред, грибовстойкость; малая плотность, неогнеопасность, хорошая адгезия к обмазочным пропиточным материалам.

Наиболее широко применяют ковры из синтетических волокон. Из натуральных шерстяных волокон изготавливают тканые ковры только для автомобилей высшего класса.

По способу производства ковров различают: прошивные (тафтинговые); тканые, иглопробивные, вязально-прошивные (малимо), трикотажные, клееные. Для эксплуатационных свойств ковровых материалов важное значение имеет высота ворса. Оптимальной считается высота ворса 5 ± 1 мм; при большей высоте ворс деформируется, при меньшей – снижаются защитные свойства ковра. Ковровые материалы обрабатывают антистатическими и антисептическими препаратами, для повышения водостойкости на изнанку материала наносят полимерное покрытие, например полиэтилен, который придает материалу формоустойчивость. Объемно отформованные ковры повышают эстетичность и комфортабельность салона, наилучшую формуемость имеют трикотажные ковровые материалы с полиэтиленовой подложкой. Формование проводят путем прессования при давлении 0,6...1,2 МПа, в течение $t_{п} = 2$ мин, с предварительным разогревом заготовки при $t = 200...220$ °С.

Применяют также безворсовые ковровые покрытия, представляющие собой нетканый материал из смеси синтетических и натуральных волокон, пропитанных связующим раствором.

4.4. 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 поэтому используются для изготовления режущего инструмента, работающего при сравнительно малых скоростях резания (меньше 10 м/мин). Эти стали используются для изготовления сверл, фрез, метчиков и других 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 (закалки и низкого отпуска) возможно получить твердость (для сталей У10...12) порядка 62...63 HRCэ. Однако эта твердость резко снижается при нагреве выше 200 °С, 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, с 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 струк-

туру при нагреве до температуры 600...650 °С, 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 Р18, Р9 и Р6М5, которые используются для изготовления стандартных пластин, которыми оснащают резцы для токарных, строгальных и иных работ. Из этих сталей изготавливают сверла, режущие части фрез и другие инструмент, работающий при скоростях резания до 60 м/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, Т5К10 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 титановольфрамовой 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 за-

каленной 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, шкур, паст и т. п. Эти материалы имеют высокую твердость, теплостойкость (1200...1800 °С) 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].

4.5. 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 ацетилен-

ноокислородным), а также другими источниками энергии (электроно-лучевой, плазменной и др.). К термомеханическому классу относятся сварочные процессы, при которых используется тепловая энергия и давление (контактное, прессовое и пр.), а к механическому – сварочные процессы с использованием механической энергии (ультразвуковая, магнитоимпульсная 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 рис. 18.

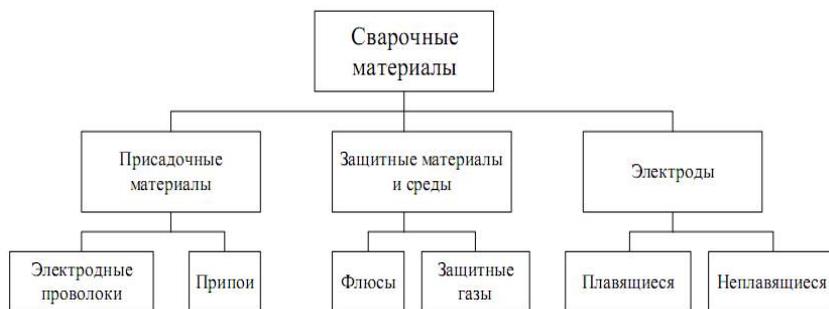


Рис. 18. Материалы, применяемые при сварке плавлением

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–08Г2С, 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 раз-

личного назначения: шлакообразующих, раскисляющих, легирующих и других компонентов). Из достаточно часто применяемых плавящихся флюсов в качестве примера, можно привести плавящийся высококремнистый и высокомарганцовистый флюс АН–348А с содержанием соответственно окиси кремния и марганца 41...44 % и 34...38 %, а из неплавящихся – 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 °С, получаемое из сосновой смолы), а при высокотемпературной пайке (свыше 600 °С) – 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 трудносвариваемых материалов, например, деталей из алюминиевых сплавов. Сварка и наплавка в среде углекислого 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 ($2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO} + \text{O}_2$; $2\text{Mn} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MnO}\uparrow$; $\text{Si} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SiO}_2\uparrow$).

Электроды. Электроды для дуговой сварки подразделяются на плавящиеся и неплавящиеся. Плавящиеся электроды представляют собой стержни, имеющие покрытия на специальной обмазке. Стержни, изготавливаемые из малоуглеродистой сва-

рочной проволоки, служат в качестве присадочного материала, а роль флюса выполняет покрытие электрода. Наиболее распространенными покрытиями являются руднокислые Р, в которых преобладают окислы железа, фтористокальциевые – 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 фтористокальциевым 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/мм²; буквенный символ «А» – гарантирует получение повышенных пластических свойств металла шва); 4,0 – диаметр электродного стержня, мм; Ф – фтористокальциевое 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 трудносвариваемых 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 терморадационного способов сушки лакокрасочных покрытий?

10. Каким требованиям должны соответствовать металлические защитные покрытия? Как получают цинковые покрытия, в чем их преимущества и недостатки? Какие покрытия применяют для декоративных деталей? Что называют металлопластами? Кратко опишите технологию нанесения защитных полимерных покрытий.

11. Какие материалы относятся к интерьерным? Сформулируйте требования к обивочным материалам, охарактеризуйте их основные группы. Какие материалы применяют в качестве облицовочных? Назовите основные виды виброизолирующих и шумозащитных материалов. В каких элементах конструкции они применяются?

12. Какие материалы применяются для обработки металлов резанием? Какие из инструментальных сталей являются наиболее теплостойкими и для каких скоростей резания они предназначены?

13. Каковы особенности маркировки быстрорежущих сталей? 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–0ХГ2С, 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.

5. ГОРЮЧЕСМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЖИДКОСТИ

5.1. Нефть. Химический состав

Основным сырьем для производства автомобильных бензинов 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.

5.1.1. Способы переработки нефти

К основным способам получения топлив из нефти относятся *прямая перегонка (дистилляция), термический и каталитический крекинг, гидрокрекинг и каталитический риформинг.*

Прямая перегонка заключается в нагреве нефти при атмосферном давлении и выделении фракций, различающихся температурами кипения. При температуре от 35 до 200 °С отбирают бензиновую фракцию, от 200 до 300 °С – дизельное топливо. Остаток после перегонки – мазут (до 80 %), который поступает в куб дистилляционной колонны, работающей под вакуумом. При этом верхний слой представляет собой соляровый дистиллят (температура кипения 280–300 °С), который является исходным сырьем для крекинг-бензинов и дистилляционных масел: индустриальных, цилиндрических, моторных и т. д. Схема переработки нефти показана на рис. 19.

Термический и каталитический крекинг используют для увеличения выхода легких фракций из нефти. Исходным сырьем служит соляровая фракция, представляющая собой смесь углеводородов с числом атомов углерода от 16 до 20, при нагревании которой до 450–550 °С в присутствии катализатора (алюмосиликат) или без него происходит расщепление углеводородов.

Сырьем для *термического крекинга* является полугудрон – остаток после недостаточно полного отгона масляных фракций. При этом выход бензина составляет 30–35 %. Термический крекинг сопровождается образованием ненасыщенных углеводородов, поэтому бензины термического крекинга характеризуются низкой химической стабильностью и невысокой детонационной стойкостью. На современных заводах термический крекинг не применяется.

Основным методом получения бензина является *каталитический крекинг*. Бензины каталитического крекинга содержат около 50 % изоциклических и ароматических углеводородов, а также 20–25 % алициклических. Содержание ненасыщенных углеводородов не превышает 5–9 %. Поэтому эти бензины имеют более высокую детонационную стойкость и химическую стабильность. Каталитический крекинг позволяет получить бензины с октановым числом до 98 и протекает при температуре

450–550 °С в присутствии водорода с алюмомолибденовым или алюмоплатиновым катализатором при давлении 3 МПа.

Гидрокрекинг происходит при давлении до 20 МПа и температуре 480–500 °С в среде водорода с катализатором, благодаря чему ненасыщенные углеводороды не образуются, и полученный бензин имеет высокую химическую стабильность. Сырьем служит полугудрон.

Для улучшения качества бензина прямой перегонки используют **каталитический риформинг**, который протекает в присутствии водорода при температуре 460–510 °С и давлении 4 МПа. При этом происходит перестройка молекул, что ведет к образованию ароматических углеводородов (бензола, толуола, ксилолов и др.) из алканов и нефтенов и повышению детонационной стойкости.

Коксование тяжелых фракций процессов крекинга проводится при температуре 550 °С и атмосферном давлении. При этом образуются кокс, газообразные углеводороды и жидкая реакция, из которой извлекается бензин.

Синтезирование побочных газообразных продуктов крекинга и коксования направлено на получение высокооктановых компонентов: изооктана, алкилата, алкилбензола и других нефтепродуктов, которые используются в качестве добавок при получении технических сортов бензина.

Очистка автомобильных топлив является заключительной стадией подготовки базовых продуктов. Их необходимо очистить от избытка сернистых соединений, органических кислот и смолистоасфальтовых веществ. Для удаления сернистых соединений применяют метод гидроочистки при температуре до 300–430 °С и давлении 5–7 МПа в присутствии катализатора и водорода. Карбоновые кислоты нейтрализуют щелочью с последующей промывкой водой и сушкой.

Зимние сорта дизельного топлива получают удалением из жидкой фазы растворенные твердые углеводороды. Этот процесс – депарафинизация обеспечивает понижение температуры застывания дизельного топлива.

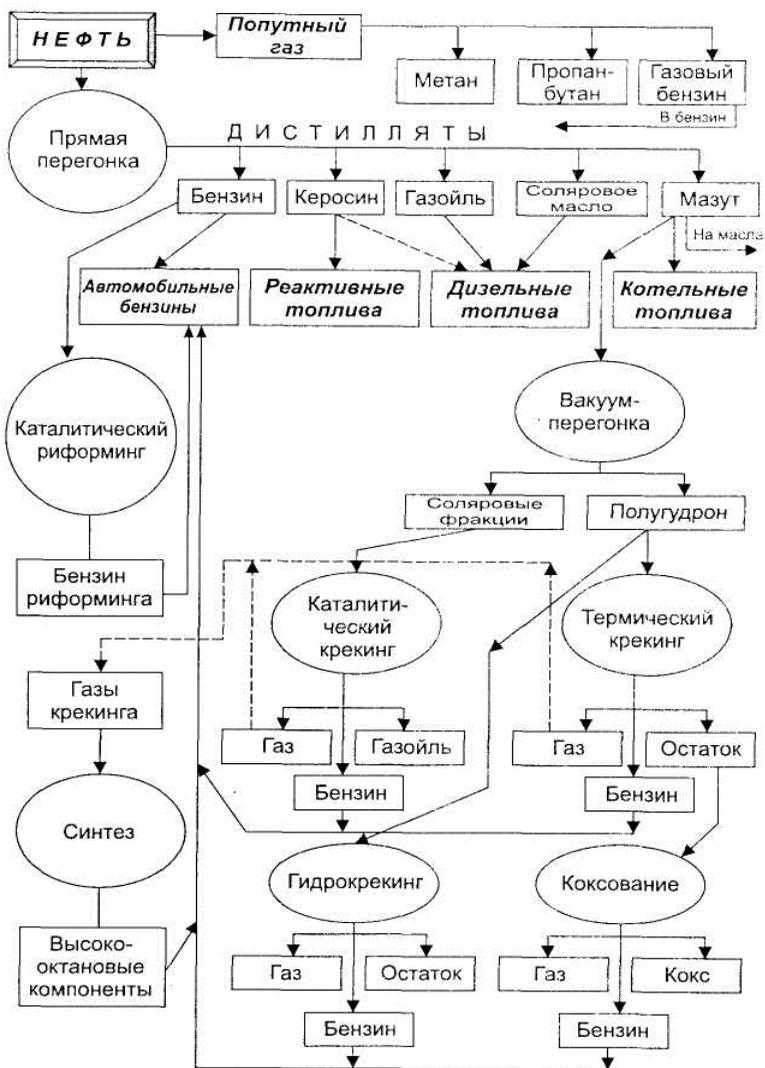


Рис. 19. Схема переработки нефти

5.2. Автомобильные топлива

5.2.1. Бензины

В настоящее время в качестве сырья для получения автомобильных бензинов и дизельных топлив используются также уголь, сланец, торф, растительные масла. В СНГ выпускаются (табл. 11) четыре марки автомобильных бензинов А-76, АИ-92, АИ-95, АИ-98.

Таблица 11
Основные характеристики бензинов

Показатель	А-76	АИ-92	АИ-95	АИ-98
Октановое число, не менее:				
Моторный метод	76	85	Не нормируется	89
Исследовательский метод	Не нормируется	92	95	98
Концентрация свинца, г/дм ³ , в бензине: этилированном, не более	0,17	0,37	–	0,37
неэтилированном	Отсутствие			
Цвет этилированного бензина	Желтый	Оранжево-красный	–	Синий
Фракционный состав: температура начала перегонки бензина, °С, не ниже	35	35	30	35
10 % бензина перегоняется при температуре, °С, не выше	70	70	68	70
50 % бензина перегоняется при температуре, °С, не выше	115	115	115	115
90 % бензина перегоняется при температуре, °С, не выше	180	180	180	180
Температура конца кипения, °С, не выше	195	195	195	195
Давление насыщенных паров бензина, кПа(мм рт. ст.)	66,7 (500)	66,7 (500)	53,4 (400)	66,7 (500)
Испытание на коррозию на медной пластине	Выдерживает			
Индукционный метод, мин, не менее	1200	1200	600	1300
Содержание механических примесей и воды	Отсутствие			

Цифры в марке бензина обозначают октановое число, характеризующее важнейшие для бензинов детонационные свойства. Октановое число в бензинах А-76 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, но при большем числе (по сравнению с моторным методом) испытаний [3,7].

Оба метода заключаются в сравнении детонационной стойкости (детонационных свойств) испытуемого и эталонного топлива. Эталонным топливом служит смесь изооктана и гептана с различным их содержанием. 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 использовались тетраэтилсвинец $Pb(C_2H_5)_4$. Антидетонаторы являются очень ядовитыми жидкостями. В настоящее время в качестве антидетонатора используют только неядовитые добавки в бензин, например в количестве 10–20 % метилтретбутилового эфира $CN_3OCH_4H_9$, 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, так как 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 табл. 12 приведены аналоги отечественных и зарубежных бензинов, реализуемых на рынке СНГ.

В настоящее время вопросы экологии, снижения токсичности выхлопных газов имеют очень большое значение. Требования стандартов к содержанию в бензинах вредных составляющих (свинца, серы, ароматических углеводородов), превышающих токсичность выхлопных газов, приведены в табл. 13.

Из табл. 13 видно, что выпускаемые в России и других СНГ 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 (см. табл. 13).

Таблица 12

Соответствие отечественных и некоторых зарубежных марок бензинов

Российский бензин	Зарубежный бензин		
Марка, Гост, ТУ	Марка	Спецификация	Страна
А–76 ГОСТ 2084–77	Обычный Type 2	ONORM C113 JIS K 2202-80 CAN–2–3.5–79	Австрия Япония Канада
АИ–92 ТУ 38.00165–97	А–93 Normal Regular	DIN 51600 DIN 51607 ASTM D439–83	Болгария Германия Германия США
АИ–95 ГОСТ 2084–77	Premium Superbenzin	BS 7070–85 SNV 181162	Великобритания Швейцария
АИ–98 ТУ 38ю401–58–122–95	А–96 4 star Super	БДС 86 38–82 BS 4040–78 SNV 181161/1	Болгария Великобритания Швейцария

Таблица 13

Требования к содержанию в бензинах вредных составляющих

Содержание составляющих	Россия Бензины А-76, АИ-92, АИ-95, АИ-98	Действ. европей- ские нормы EN 228	Перспектив- ные требова- ния Европей- ского эконо- мического сообщества	Перспектив- ные требова- ния Европей- ской ассоциа- ции автомо- бильных компаний
Свинец, г/дм ³	0,13–0,37 (за исключе- нием АИ-95)	0,13	0,005	0,005
Сера, %	0,05–0,1	0,05	0,02	0,003
Ароматиче- ские углево- дороды, %	Не нормиру- ются	35–45	35–45	35–45

5.2.2. 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 °С. 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:

1. **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.

2. **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.

3. **Температура застывания** – характеризуется потерей подвижности при низких температурах и составляет от минус 10 до минус 60 °С.

4. **Коксуемость** 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%.

5. **Содержание серы** не должно превышать 0,2–0,5%. Сера и сернистые соединения повышают токсичность выхлопных газов и вызывают коррозионные разрушения деталей двигателя.

6. **Содержание воды** и механических примесей в топливе не допускается.

Основные характеристики отечественных дизельных топлив приведены в табл. 14. Соответствие марок отечественных и зарубежных дизельных топлив приведено в табл. 15.

В СНГ 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 °С и выше с температурой застывания не выше – 35 °С, а также используемое

при $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше с температурой застывания не выше $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - А (арктическое), для эксплуатации при температурах $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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). В обозначение зимнего топлива входят доля серы и температура застывания (например, З – 0,2 – 35 или З – 0,5 – 35).

Таблица 14

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, $^{\circ}\text{C}$, не выше	280	280	255
96 % перегоняется при температуре, $^{\circ}\text{C}$, не выше	360	340	330
Вязкость кинематическая при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{мм}^2/\text{с}$	3,0...6,0	1,8...5,0	1,5...4,0
Температура, $^{\circ}\text{C}$, не выше:			
застывания	-10	-35	-55
помутнения	-5	-25	–
Температура вспышки в закрытом тигле, $^{\circ}\text{C}$, не ниже	40	35	30
Массовая доля серы, %, не более	0,01		
Зольность, %, не более	0,01		
Плотность при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{кг}/\text{м}^3$, не более	860	840	830

Таблица 15

Соответствие марок отечественных и зарубежных
дизельных топлив

Марка отечественного топлива, ГОСТ 305–82	Зарубежное топливо		
	Марка	Спецификация	Страна
Л (дизельное летнее)	Л	БДС 8884–82	Болгария
	2D	ASTM 975–81	США
	–	DIN 51603–81	Германия
	№3	JIS K 2204–83	Япония
З (дизельное зимнее)	ID	ASTM 975–81	США
	Special	JIS K 2204–83	Япония
	ТYP A	CAN–2–3.6–M–83	Канада
А (дизельное арктическое)	Z50	PN 67/C–96048	Польша
	ТYP AA	CAN–2–3.6–M–83	Канада

В обозначение арктических топлив входит только доля серы (например, А – 0,2 или А – 0,4). Основной проблемой выпускаемых в СНГ 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 табл. 16.

Таблица 16

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 комиссии Европейского экономического сообщества (ЕЭС)	0,035
Перспективные требования Европейской ассоциации автомобильных компаний	0,003

Можно видеть (см. табл.16), что требование действующей европейской нормы (EN-590) отечественные дизельные топлива превышают в 4–10 раз.

Для устранения этого недостатка в России разработаны стандарты и предусмотрен выпуск экологически чистых дизельных топлив с содержанием серы не более 0,05 %.

В соответствии с ТУ 0251–001–33.686428–98 «Евродизель» предусмотрен выпуск следующих марок дизельного топлива: ДИТО–ЭЛ, ДИТО–ЭЛп, ДИТО–ЭЗ (-15 °С), ДИТО–ЭЗ (-25 °С), ДИТО–ЭЗп (-15 °С), ДИТО–ЭЗп (-20 °С), ДИТО–ЭЗп (-25 °С) и ДИТО–ЭЗп (-30 °С).

ДИТО-ЭЛ – топливо дизельное экологически улучшенное, летнее с цетановым числом не менее 45. Кинематическая вязкость при 20 °С должна находиться в пределах 1,8...6 сСт, температура помутнения и фильтруемости не нормируется. Наличие в топливе воды, механических примесей, серы, водорастворимых кислот и щелочей не допускается.

ДИТО-ЭЛп – топливо дизельное экологически улучшенное, летнее с пониженным содержанием канцерогенных полиароматических углеводородов. Основные показатели те же, что у топлива ДИТО-ЭЛ.

ДИТО-ЭЗ (-15 °С) – топливо дизельное экологически улучшенное, зимнее с предельной температурой фильтруемости не выше -15 °С. Температура застывания – не выше -25 °С. Остальные требования к топливу те же, что у ДИТО-ЭЛ и ДИТО-ЭЛп.

ДИТО-ЭЗ (-25 °С) – топливо дизельное экологически улучшенное с предельной температурой фильтруемости не выше -25 °С и температурой застывания не выше -35 °С. Температура помутнения не нормируется.

ДИТО-ЭЗп (-15 °С) – топливо дизельное экологически улучшенное с пониженным содержанием канцерогенных полиароматических углеводородов, предельной температурой фильтруемости не выше -15 °С. Температура застывания – не выше -25 °С, температура помутнения – не выше -5 °С.

ДИТО-ЭЗп (-20 °С), ДИТО-ЭЗп (-25 °С), ДИТО-ЭЗп (-30 °С) – топлива дизельные экологически улучшенные, зимние с пониженным содержанием полиароматических углеводородов. Предельная температура фильтруемости соответственно не вы-

ше -20, -25 и -30 °С, температура застывания – не выше -30, -35 и -40 °С и температура помутнения – не выше -5, -10 и -15 °С.

В районах газовых месторождений Западной Сибири и Крайнего Севера допущены к применению газоконденсатные, широкофракционные летние (ГШЛ), зимние (ГШЗ) и арктические (ГША) дизельные топлива. К недостаткам этих топлив следует отнести низкую температуру начала кипения, что приводит к образованию паровых пробок в топливной системе и ухудшению запуска горячего двигателя.

5.2.3. Газообразные топлива

Горючие газы, применяемые в качестве топлив в автомобильных двигателях, в зависимости от физического состояния делят на две группы – сжатые и сжиженные [7]. 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 введенных с октября 2000 г. Евро–3, с 2005 г. Евро–4 и с 2014 г. Евро–5. При применении газообразного топлива улучшаются важные технические характеристики автомобилей, в т. ч.:

- Надежность и моторесурс 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:

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

2. **Температура воспламенения.** Для горючих газов высокая (470 °С) они требуют в двигателе зажигания постоянного источника (электрической искры или запального дизельного топлива).

3. **Теплота сгорания.** Для природного, нефтяного и канализационного газов составляет 6 000–9 000 ккал/м³, т. е. практически равна теплоте сгорания жидких топлив.

4. **Содержание влаги в газе.** Ухудшает процесс сгорания, вызывает коррозию металлических поверхностей, выводит из строя запальные свечи. Пары влаги из горючего газа должны удаляться.

Недостатком газового топлива является необходимость иметь на автомобиле более тяжелые и дорогие баллоны для размещения запаса газа по сравнению с баками для размещения запаса жидкого топлива, и поэтому повышается масса автомобиля. Для заправки газобаллонных автомобилей требуется строительство газонаполнительных станций, которые дороже, чем бензозаправочные станции. Кроме того, затруднен пуск двигателя зимой, особенно при температуре ниже -15 °С (более высокая температура воспламенения газозоудшной смеси, меньшая скорость распространения пламени, отсутствие возможности создать в момент пуска оптимальный состав смеси). Наконец, требуется соблюдение дополнительных мер по безопасному обращению с газообразными веществами.

Однако основным сдерживающим фактором развития газового направления является крайне малое число заправочных газовых станций – в настоящее время на газе работает только около 1 % автомобилей СНГ.

Газовое топливо, применяемое для автомобилей, находится в сжиженном или сжатом состояниях, поэтому газобаллонные автомобили подразделяют на автомобили, работающие на сжи-

женном и сжатом газе. С учетом этого используются баллоны соответствующей конструкции для заправки автомобилей газом и топливная аппаратура.

Газобаллонные автомобили в зависимости от конструктивных особенностей могут работать либо только на газовом топливе, либо на газе и жидком топливе – бензине. Универсальность дает возможность переключать автомобиль на тот или иной вид топлива в зависимости от его наличия в автотранспортной организации и устраняет простои автомобиля из-за отсутствия топлива. Но обратной стороной универсальности является усложнение и удорожание конструкции, т. е. неполное использование преимуществ газового топлива перед жидким.

Схемы модернизации двигательных установок различных автомобилей под газовое топливо приведены в работе [10].

Сжиженные газы, их разновидности и показатели, характеризующие качество. Сжиженные газы получают в основном в виде побочного продукта при деструктивной переработке нефти (примерно 30 % от выхода бензина) и нефтяного газа. Сжиженные газы имеют относительно высокую критическую температуру и состоят в основном из пропанобутановых фракций.

При нормальном атмосферном давлении и температуре выше 0 °С сжиженные газы находятся в газообразном состоянии, но уже при сравнительно небольшом повышении давления и обычной температуре они переходят в легкоиспаряющуюся жидкость.

Объемная теплота сгорания, а, следовательно, и показатели энергетического качества газозвушной смеси лишь незначительно уступают бензиновоздушной смеси, поэтому при переводе двигателя с бензина на газ его мощность снижается не более чем на 3...4 %. Причем этого снижения можно было избежать, если бы газозвушная смесь не подогревалась во впускном трубопроводе (необходимом для бензиновоздушной смеси) и использовалась более высокая детонационная стойкость газозвушной смеси по сравнению с бензиновоздушной путем увеличения степени сжатия двигателя. Практически использовать более высокую детонационную стойкость газозвушной смеси

на газобаллонных автомобилях с универсальным двигателем можно путем увеличения угла опережения зажигания.

Для газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженном газе, ГОСТ 27578–87 «Газы углеводородные сжиженные для автомобильного транспорта» устанавливает следующие марки сжиженных газов:

ПА – пропан автомобильный для применения в зимний период при температуре $-20...-30$ °С;

ПБА – пропан-бутан автомобильный для применения при температуре не ниже -20 °С.

Метан CH_4 , этан C_2H_6 и этилен C_2H_4 имеют высокое давление насыщенных паров, поэтому для их применения потребовалась бы прочная и тяжелая аппаратура и баллоны. Использование же этих углеводородов в качестве малых добавок ($4...6$ %) в газовую смесь повышает давление насыщенных паров смеси, что обеспечивает бесперебойную работу автомобиля.

Для того чтобы газовые баллоны и газовая аппаратура газобаллонного автомобиля имели небольшую массу, давление насыщенных паров газа должно быть минимальным. В то же время подача сжиженного газа из баллонов в карбюратор двигателя осуществляется под действием давления паров газа, находящихся в баллоне в виде паровой подушки над сжиженным газом, т. е. для надежной подачи топлива давление насыщенных паров должно быть достаточным.

Для создания давления баллоны заполняют сжиженным газом не более чем на 90 %, а остальные 10 % занимает паровая подушка. Парообразное топливо используется также для пуска холодного двигателя путем подключения питания из верхней части баллона. После прогрева двигателя питание переключается на жидкую фазу, так как интенсивность испарения газа в баллоне оказывается недостаточной (вследствие понижения температуры при испарении), чтобы восполнить отбираемый газ, и поэтому давление в баллоне могло бы понизиться до уровня, не обеспечивающего подачу газа в карбюратор-смеситель.

Паровая подушка необходима также для того, чтобы не допустить резкого увеличения давления при повышении температуры. Это могло бы произойти при полном заполнении баллона, так как сжиженные газы обладают большим коэффициентом

объемного расширения, а при повышении температуры газа на 1 °С давление увеличивается примерно на 0,7 МПа.

При работе на сжиженных газах необходимо соблюдать меры предосторожности во избежание пожара, так как пары сжиженных газов могут сгорать в разных соотношениях в смеси с воздухом. При недостаточной герметичности они могут легко скапливаться под капотом двигателя, снизу автомобиля, а также в закрытых помещениях. При появлении в этих местах открытого огня или искры может произойти взрыв.

Сжиженные газы не имеют запаха, и для того чтобы их обнаруживать в воздухе при утечках из газовых систем, в них вводят безвредные одоранты – пахнущие вещества, например этилтиол (этилмеркаптан), запах которого ощущается при содержании 0,19 г на 1000 м³ воздуха.

Заправка автомобилей сжиженным газом осуществляется на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС) и передвижными автомобильными газонаполнительными станциями (АГНС).

Высокие технико-экономические качества сжиженного газа делают его наиболее удобной разновидностью баллонных газов для автомобилей.

Сжатые газы, их разновидности и показатели, характеризующие качество. К сжатым относятся газы, которые при нормальной температуре сохраняют газообразное состояние даже при высоком давлении.

Характерным представителем сжатых газов является природный газ. В жидкое состояние природный газ переходит при температуре ниже –82 °С и давлении 4,5 МПа. Основным компонентом сжатого газа является метан (СН₄), наряду с которым в состав сжатого газа входят другие углеводороды, диоксид углерода, кислород, азот, соединения серы – сероводород Н₂С, тиол К–ЗН, а также механические примеси и влага. Содержание последних ограничивается.

В природном газе газовых месторождений содержание метана составляет 82...98 %, этана до 6 %, пропана – до 1,5 %, бутана – до 1 %. В попутных газах нефтяных месторождений содержание метана – 40...82 %, этана и пропана – 4...20 %.

Основные требования к физико-химическим показателям сжатых природных газов, используемых в качестве автомобильного топлива, приведены в таблице.

Приведенные в таблице значения основных параметров сжатых газов, используемых в качестве автомобильного топлива, установлены при температуре 20 °С и давлении 0,1 МПа (1 атм).

Чтобы иметь необходимый запас топлива на автомобиле, и в то же время, чтобы для его размещения не требовались резервуары больших размеров, давление сжатого газа выдерживают до 19,6 МПа. С этой целью для газобаллонных автомобилей применяют газы, низшая теплота сгорания которых не менее 32 600...36 000 кДж/м³. Однако при соблюдении этих условий запас хода газобаллонных автомобилей, работающих на сжатом газе, не превышает 200...250 км, что ниже запаса хода автомобилей, работающих на бензине и сжиженном газе, в 1,5–2 раза. Содержание газа под большим давлением требует применения высокопрочных изготовленных из высококачественных сталей баллонов, имеющих значительную массу. Так, масса одного баллона объемом 50 л (10 м³ при нормальных условиях) составляет около 70 кг. В связи с этим полезная грузоподъемность газобаллонных автомобилей снижается на 14... 16 % по сравнению с грузоподъемностью базовых автомобилей. Теплотворная способность газоздушной смеси ниже теплотворной способности бензиновоздушной смеси, из-за чего мощность двигателя при переводе на сжатый газ снижается на 18...20 %.

Тем не менее, благодаря отмеченным ранее положительным качествам, сжатые газы широко применяют в виде топлива для автомобилей. Экономические показатели работы газобаллонного автомобиля тем выше, чем больше величина теплотворной способности сжатого газа. Эффективность газобаллонных автомобилей, работающих на сжатом газе, возрастает также в результате применения двигателей с повышенной степенью сжатия (до 10), улучшения наполнения цилиндров рабочей смесью за счет применения впускного трубопровода с большим сечением и без подогрева, увеличения проходного сечения впускных клапанов и продолжительности их открытия путем изменения формы кулачков распределительного вала. Масса баллонов может быть уменьшена в результате использования высококачественных материалов.

ственного металла, полимерных или армированных материалов и улучшения конструкции баллонов.

Одним из важных направлений повышения эффективности применения сжатых газов для газобаллонных автомобилей является их сжижение при низких температурах (порядка $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$) и хранение в изотермических баллонах.

5.3. Смазочные материалы

5.3.1. 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, электроизоляция. Все смазочные материалы подразделяются на четыре группы – газообразные, жидкие, пластичные и твердые с последующим подразделением каждой группы на подгруппы (рис. 17).

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.

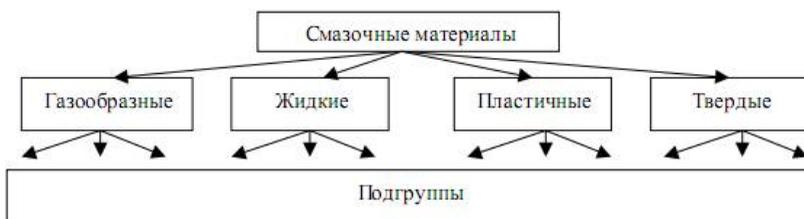


Рис. 20. Общая классификация смазочных материалов

5.3.2. Моторные масла

Моторные масла предназначены прежде всего для смазывания поршневых двигателей внутреннего сгорания автомобилей [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. Неуниверсальные – только для бензиновых или только дизельных двигателей. Всесезонные масла для летних и зимних условий эксплуатации. Летние масла (для условий эксплуатации в летнее время). В СНГ 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 $+20 \text{ }^\circ\text{C}$.

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 $+100 \text{ }^\circ\text{C}$. 4 группы – это дополнительная (холодная) вязкость (индексы 33, 43, 53, 63), измеряемая при температуре $-18 \text{ }^\circ\text{C}$. Например, в марке масла М–43/10В1 индекс 43 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 масел, предназначенных для двигателей, кинематическая вязкость нормируется при 100 и при $0 \text{ }^\circ\text{C}$, а для трансмиссионных – только при $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Лучшими вязкостно-температурными свойствами обладает то масло, у которого в меньшей степени изменяется вязкость при изменении температуры. Такое масло обеспечивает более стабильную смазку при различных температурных условиях.

Вязкостно-температурные свойства масла выражаются графически вязкостно-температурными кривыми. Для характеристики вязкостно-температурных свойств масел, т. е. степени изменения вязкости v масел от температуры t , в ГОСТе нормируется индекс вязкости.

Индекс вязкости – это условный показатель, получаемый путем сопоставления вязкости данного масла с двумя эталонными маслами, вязкостно-температурные свойства одного из которых приняты за 100 , а второго – за единицу.

Индекс вязкости масла определяют при помощи номограммы (рис. 18) или специальных таблиц в справочниках, зная его вязкость при 50 и $100 \text{ }^\circ\text{C}$ – соответственно v_{50} и v_{100} .

Масло с большим индексом вязкости имеет лучшие вязкостно-температурные свойства, более пологую кривую вязкости.

От вязкостно-температурных свойств масла зависят легкость пуска и степень износа двигателя при низких температурах. Масло, у которого резко повышается вязкость при отрицательных темпе-

ратурах, плохо перекачивается по системе смазки и не поступает в необходимых количествах к трущимся деталям, а также создает большое сопротивление проветриванию коленчатого вала.

Зная предельную вязкость, при которой стартер данного двигателя развивает минимально необходимую для пуска частоту вращения коленчатого вала (30...50 мин⁻¹ для карбюраторных двигателей и 100...300 мин⁻¹ для дизелей), по вязкостно-температурной кривой масла можно установить минимальную температуру масла, при которой возможен пуск двигателя.

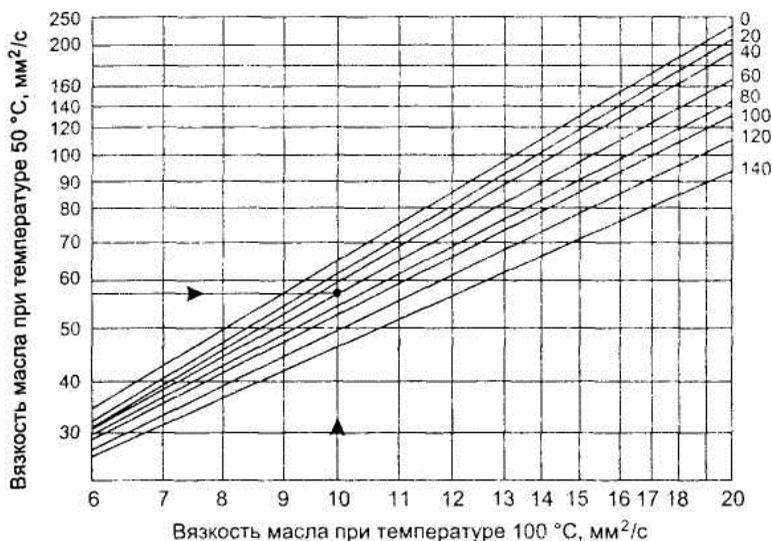


Рис. 21. Номограмма для вычисления индекса вязкости

Для автомобильных масел нормируется **температура застывания**, т. е. температура, при которой масла теряют подвижность. Нефтяные масла не имеют определенной температуры перехода из жидкого состояния в твердое, этот переход осуществляется постепенно.

При понижении температуры масло застывает и теряет подвижность вследствие увеличения вязкости и образования в масле пространственной решетки из кристаллов парафина и це-

резина, т. е. из-за появления **структурной вязкости**. Структурная вязкость может быть разрушена давлением.

Для измерения вязкости используются приборы, называемые вискозиметрами. В СНГ наиболее часто используется вискозиметр Пинкевича (ВПЖТ–4). Конструкции вискозиметров различных типов приведены в [7]. 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.

Для обеспечения необходимой вязкости масла во всем диапазоне рабочих температур масла изготавливают из маловязкой основы (базового масла) и полимерных загущающих присадок, модификаторов вязкости.

Основа, имеющая небольшую вязкость, обеспечивает низкотемпературные характеристики масла, а молекулы загущающих присадок повышают его вязкость при нагревании.

С учетом отмеченного масла разбиты на три класса по вязкости.

Зимние масла обладают небольшой вязкостью при низких температурах и обеспечивают легкий пуск двигателя, а также достаточную прокачиваемость масла при низких температурах. Однако они не обеспечивают надежной смазки деталей двигателя в летних условиях эксплуатации.

Летние масла благодаря большой вязкости надежно смазывают трущиеся поверхности деталей двигателя при высоких температурах, но затрудняют запуск холодного двигателя и не обеспечивают достаточной смазки его деталей при температуре ниже 0 °С.

Всесезонные масла обеспечивают легкий запуск двигателя и хорошую прокачиваемость при низких температурах. В то же время они имеют достаточную вязкость и при высоких температурах благодаря наличию в них специальных загущающих присадок. Таким образом, действие присадок «не позволяет» маслам густеть при низких и разжижаться при высоких температурах.

В настоящее время летние и зимние масла практически вытеснены всесезонными благодаря их универсальным свойствам, отсутствию необходимости замены масла при наступлении но-

вого сезона. Кроме того, всесезонные масла обладают энерго-сберегающими свойствами.

Согласно принятой в СНГ классификации масел (ГОСТ 17479.1–85), всем моторным маслам присвоен индекс, и они разделены на классы и группы в зависимости от их вязкости и эксплуатационных свойств.

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.

Классификация SAE (Общество автомобильных инженеров) является международным стандартом, регламентирующим вязкость масел. Качественные характеристики масел, их применение для конкретных марок автомобилей и типов двигателей в спецификации SAE отсутствуют.

Норма SAE J-300 определяет степень вязкости для каждого смазочного материала. Классификация SAE содержит 11 классов моторных масел, из которых шесть относятся к **зимним** маслам (SAE 0W; SAE 5W; SAE 10W; SAE 15W; SAE 20W и SAE 25W) и пять – к **летним** (SAE 20; SAE 30; SAE 40; SAE 50 и SAE 60). Зимние масла имеют в обозначении букву «W» (от англ. winter – зима). Чем больше число, входящее в название класса масла, тем выше вязкость относящихся к нему масел.

Всесезонные масла, пригодные для круглогодичного применения, имеют двойное обозначение, причем один класс, указываемый первым, дает зимнюю характеристику масла, а второй – летнюю. Например: SAE 5W–40; SAE 20W–50; SAE 0W–30 и т. п.

При всесезонной эксплуатации автомобиля в условиях умеренного климата рекомендуется использовать масла следующих классов: зимой – 0W–40, 5W–30, 10W–40; летом – 5W–50, 15W–40. Однако это весьма общие рекомендации, которые не учитывают всех условий эксплуатации и технического состояния двигателя.

Наиболее известная из используемых в международном масштабе классификация моторных масел в зависимости от области при-

менения и уровня эксплуатационных свойств – это **классификация API**, согласно которой моторные масла делятся на две категории:

категория S (Service) – масла для бензиновых двигателей легковых автомобилей;

категория C (Commercial) – масла для дизелей грузовых автомобилей, тягачей, автобусов, внедорожной строительной и сельскохозяйственной техники.

Уровни (классы) эксплуатационных свойств масел каждой из этих категорий обозначают первыми буквами латинского алфавита. Введение в классификацию API каждого нового класса сопряжено с существенным ужесточением или изменением требований к эксплуатационным свойствам масел нового поколения. По классификации API в категорию S (масла для бензиновых двигателей легковых автомобилей) введены 10 классов масел: SA, SB, SD, SE, 8F, 8G, 8Q, 8H, SJ и 8L, а в категорию C (масла для дизелей) 11 классов масел: CA, CB, CC, CD, CD-II, CE, CF, CF-4, CF-2, CG-4 и CH-4. Универсальные масла, которые могут применяться как в бензиновых двигателях, так и в дизелях, обозначают двумя классами разных категорий, например, SG/CH-4, SF/CC, SE/CD. Современная классификация API содержит два класса масел категории S (SJ и SL) и пять классов масел категории C (CF, CF-4, CF-2, CG-4, CH-4, CI-4).

В американской классификации API до сих пор не выделены в специальный класс масла для дизелей легковых автомобилей. В технических и других (рекламных) материалах масла, предназначенные (согласно классификации) для грузовых автомобилей, рекомендуются для дизелей легковых автомобилей. Это указание свидетельствует о том, что состав данного моторного масла не ограничивает его использование лишь в области соответствующей классификации. Поэтому при выборе масла дизелей легковых автомобилей лучше ориентироваться на европейскую классификацию ACEA (Ассоциация европейских изготовителей автомобилей).

В европейских странах в парке легковых автомобилей, микроавтобусов и грузовиков малой грузоподъемности доля дизельных транспортных средств значительно больше, чем машин с бензиновыми двигателями. С 1996 г. действует разработанная ACEA новая европейская классификация моторных масел, тре-

бования которой по ряду важных показателей выше, чем по классификации API. Классификация ACEA содержит единые базовые требования к эксплуатационным свойствам масел, оставляя за каждым членом ACEA право дополнять или ужесточать требования к маслам для двигателей своего производства, формулируя их в собственных фирменных спецификациях.

С 1 февраля 2002 г. в рамках ACEA введена в действие новая классификация моторных масел, согласно которой все моторные масла делятся на три класса: **класс А** – масла для бензиновых двигателей; **класс В** – масла для дизелей легковых автомобилей; **класс Е** – масла для дизелей грузовых автомобилей.

ACEA допускает введение особого класса моторных масел для двигателей, работающих на природном и сжиженном нефтяном газе. По классификации ACEA в классах А и В содержатся по пять категорий масел, а в классе Е – четыре. Категории масла обозначаются арабскими цифрами, которые проставляются после букв. После цифр, указывающих категорию масла, через дефис может проставляться год введения данной категории масла и номер выпуска с новым методом испытаний. Например, А5, В4, Е2, В3–98, выпуск 2.

Универсальные масла по классификации ACEA обозначаются через косую черту, например, ACEA А3/В3/Е3–96, ACEA А4/В4–98 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 SH с холодной вязкостью в пределах 0W–10W); CF–2 (соответствует SJ с 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, Motul и 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 фирмы производители моторных масел в СНГ для автомобилей приведены в табл.17.

Таблица 17
Фирмы производители в СНГ моторных масел

Фирма	Торговая марка, маркировка по ГОСТ 17479.1-85, SAE	Класс по API
НК «Лукойл»	Лукойл-супер Лукойл (синтетическое) Лукойл-люкс Лукойл-авангард	SF-4/SG SJ/CF SJ/CF CG-4
НПФ «Спектр-Авто», г. Москва	Спектрол (синтетическое, полу-синтетическое, 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-5 ₃ /12Г	SF/CC
АО «Ярославоргсинтез», г. Ярославль	Яр-Марка, М-6 ₃ /14Г, М-10Г(И), М-8В	SF/CC SD/CD
Рязанский НПЗ	Рексол, М-4 ₃ /12Г	SF/CC
НПЗ, г. Волгоград	Castrol GTX, 15W-40 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-6 ₃ /12Г, М-5 ₃ /12Г	SF/CC

Можно видеть, что в настоящее время масла современного уровня в России производятся несколькими предприятиями. Например, НК «Лукойл», минеральные масла «Лукойл-люкс» (API SJ/CF) и «Лукойл-авангард» (API CG-4), соответствующие современным требованиям. Предприятие «Спектр-Авто» (центр.

офис г. Москва), выпускает гамму синтетических, полусинтетических и минеральных масел «Спектрол», некоторые из которых соответствуют современному уровню требований. Моторные масла являются дорогостоящим эксплуатационным материалом, стоимость 1 л 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 ч и дальнейшей выдержкой еще 2–3 сут.;

- 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.

5.3.3. 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 – Туре F,

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 и СНГ трансмиссионные масла классифицируются по ГОСТ 17479.2–85, который подразделяет масла на 6 групп по вязкости и на 5 групп по эксплуатационным свойствам (табл. 18 и 19), и обозначается ТМ. 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.18) по вязкости делит масла на 7 групп, из них 4 зимних (индекс W) и 3 летних.

Таблица 18

Классификация трансмиссионных масел по вязкости

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

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.19) по уровню эксплуатационных свойств (тип передачи, рабочая температура, удельные контактные нагрузки).

Таблица 19

Классификация трансмиссионных масел по уровню эксплуатационных свойств

Группа		Тип передачи, допустимая температура, °С и контактные давления, МПа
ГОСТ 17479.2–85	API	
TM–1	GL–1	Цилиндрическое и конические. 90 °С. 1600МПа
TM–2	GL–2	Цилиндрическое, конические, спирально-конические. 120 °С. 2100 МПа
TM–3	GL–3	Спирально-конические. 120 °С. 2300 МПа
TM–4	GL–4	Гипоидные. 150 °С. 2500 МПа
TM–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 кратковременный перегрев до 300 °С.

Основные характеристики отечественных трансмиссионных масел, широко используемых в автомобилях, приведены в табл. 20.

5.3.4. Масла для гидравлических систем

Масла для гидравлических систем используются в механизмах передачи мощности, в приводах различных гидравлических агрегатов, в грузовых автомобилях, автобусах, строительных машинах.

Основными требованиями к этим маслам являются:

- высокая температура кипения и отсутствие вспенивания;
- хорошие вязкостно-температурные свойства, физическая и химическая стабильность.

В России и в СНГ 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–15В, 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 табл. 21.

Наиболее широко распространенные отечественные масла и их зарубежные аналоги для использования в автомобилях приведены в табл. 22.

Таблица 20
Основные характеристики трансмиссионных масел

Показатель	Марка масла					
	Тэл-15 (ТМ-2-18)**	ТСП-10* (ТМ-3-9)	ТС ₃ -9тип (ТМ-3-9з)	ТАД-17и (ТМ-3-18)	ТСп-15* (ТМ-3-18)	Тар-15В* (ТМ-3-18)
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /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, 1 ч, 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.

Таблица 21

Группы гидравлических масел по отечественной и зарубежной классификации

ГОСТ 17479.3-85	ISO 6074	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 температура 90 °С

В настоящее время в СНГ допущено к применению трансмиссионно-гидравлическое масло ТГМ производства АО «Ярославнефтеоргсинтез».

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. 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.

Таблица 22
Аналоги отечественных и зарубежных гидравлических масел

Отечественный материал	Зарубежный материал	
Марка, ГОСТ, ОСТ, ТУ	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–15Б) 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 НМ–22	Shell, Tellus 22 Caltex, Rando HD 22
АУ (МГ–22А) ТУ 38.1011232-89	ISO 6074 НН–22	Shell, Tellus C22 BP, Energol HLR 22

* в скобках дано обозначение по ГОСТ 17479.3–85

5.3.5. Пластичные смазки

Назначение и технико-экономические требования к пластичным смазкам

Значительная группа трущихся деталей автомобиля не имеет плотно герметизированных картеров, в которые можно было бы залить жидкое масло для их смазывания. Так как эти детали расположены в разных местах автомобиля (снизу, сверху, сбоку, в передней, средней и задней его частях), для них потребовалось бы создание большого числа герметизированных картеров, что существенно усложнило бы конструкцию автомобиля и сделало бы ее более дорогой. К таким деталям относятся шкворни поворотных цапф, шарнирные сочленения механизма рулевого управления, пальцы рессор, шлицевые соединения карданного вала, валики педалей тормоза и сцепления, подшипники вала водяного

насоса, деталей электрооборудования и др. Пластичными смазками смазываются также подшипники ступиц передних и задних колес путем заполнения смазкой ступиц с помощью лопаток.

К указанным деталям могут проникать влага и пыль, и не может подаваться смазка так, как поступает масло, например, к основным деталям двигателя. Для таких условий жидкие масла непригодны. Они быстро стекают с поверхности деталей, плохо удерживаются на них, заметно ухудшают смазочные свойства при попадании влаги, плохо герметизируют узел от проникновения пыли.

Поэтому для смазывания автомобилей наряду с жидкими маслами применяют смазки, находящиеся в пластичном, мажеобразном состоянии. В некоторых случаях пластичную смазку применяют главным образом для защиты от коррозии.

Требования к автомобильным пластичным смазкам вытекают из их назначения и сводятся к следующему:

- разделять трущиеся детали прочной смазочной пленкой для уменьшения износов и потерь на трение;
- удерживаться в узлах трения, не вытекая из них;
- защищать трущиеся детали от попадания пыли, влаги и грязи, не вызывать коррозионного износа деталей;
- легко пропрессовываться (прокачиваться) по смазочным каналам в условиях не слишком больших давлений;
- длительное время не изменять своих технологических свойств в процессе работы и хранения;
- быть экономичными и недефицитными.

Пластичные смазки являются основным эксплуатационным материалом при техническом обслуживании автомобилей. В большинстве случаев пластичные смазки значительно чаще добавляются в узлы трения, чем жидкие масла (кроме жидкого масла для двигателя), и их применение связано с существенными трудовыми затратами и простоями автомобилей. Поэтому при конструировании новых автомобилей стремятся сократить число узлов, смазываемых пластичными смазками, и удлинить периодичность смазки, например, до капитального ремонта узла трения. Первое достигается применением в узлах трения материалов, не требующих смазывания (резины, пластмасс), а второе

– использованием смазок более высокого качества и конструктивным усовершенствованием узлов трения.

В подавляющем большинстве пластичная смазка подается к трущимся поверхностям по каналам через пресс-масленки.

Рабочие автомобилеместа, где осуществляется смазывание пластичными смазками, оснащаются специальным оборудованием (солидолонагнетателями), позволяющим за счет высокого давления (25...35 МПа) пропрессовывать смазку по тонким каналам и небольшим зазорам между деталями.

Качество применяемых смазок влияет на срок службы многих деталей автомобиля, в целом на надежность его работы. От качества смазок зависят также затраты на техническое обслуживание и ремонт автомобиля.

Состав, показатели качества и классификация пластичных смазок

В состав смазок, как правило, входят три компонента: масло, загуститель и добавки.

1. Масло, являясь основой пластичной смазки, составляет 70...90 % ее массы, т. е. свойства масла определяют основные свойства смазки.

2. Загуститель создает пространственный каркас смазки. Упрощенно его можно сравнить с поролоном, удерживающим своими ячейками масло. На долю загустителя приходится 8...20 % массы смазки.

3. Добавки необходимы для улучшения эксплуатационных свойств. В зависимости от назначения добавки бывают следующие:

присадки – преимущественно те же маслорастворимые поверхностно-активные вещества, что используются в товарных маслах (моторных, трансмиссионных и т. п.), их содержание составляет 0,1...5 % массы смазки;

наполнители – улучшают антифрикционные и герметизирующие свойства, представляют собой твердые вещества, как правило, неорганического происхождения, нерастворимые в масле (дисульфид молибдена, графит, слюда и др.), их доля составляет 1... 20 % массы смазки;

модификаторы структуры – способствуют формированию более прочной и эластичной структуры смазки, представляют собой поверхностно-активные вещества (кислоты, спирты и др.), их доля составляет 0,1...1 % массы смазки.

Далее приводятся основные показатели качества пластичных смазок.

Пенетрация (проникновение) – характеризует консистенцию (густоту) смазки по глубине погружения в нее конуса стандартных размеров и массы. Пенетрация измеряется при различных температурах и численно равна количеству миллиметров погружения конуса, умноженному на 10.

Температура каплепадения – температура падения первой капли смазки, нагреваемой в специальном измерительном приборе. Практически характеризует температуру плавления загустителя, разрушения структуры смазки и ее вытекания из смазываемых узлов, определяет верхний температурный предел работоспособности (не для всех смазок).

Предел прочности при сдвиге – минимальная нагрузка, при которой происходит необратимое разрушение каркаса смазки. Далее она ведет себя как жидкость.

Водостойкость – применительно к пластичным смазкам обозначает несколько свойств: устойчивость к растворению в воде, способность поглощать влагу, проницаемость смазочного слоя для паров влаги, смываемость водой со смазываемых поверхностей.

Механическая стабильность – характеризует тиксотропные свойства, т. е. способность смазок практически мгновенно восстанавливать свою структуру (каркас) после выхода из зоны непосредственного контакта трущихся деталей. Благодаря этому уникальному обратимому свойству смазка легко удерживается в негерметизированных узлах трения.

Термическая стабильность – способность смазки сохранять свои свойства при воздействии повышенных температур.

Коллоидная стабильность – способность пластичной смазки сопротивляться расслаиванию, т. е. характеризует невозможность выделения масла из смазки в процессе механического и температурного воздействия при хранении, транспортировке и применении.

Химическая стабильность – в основном характеризует устойчивость смазок к окислению.

Испаряемость – оценивает количество масла, испарившегося из смазки за определенный промежуток времени, при ее нагреве до максимальной температуры применения.

Коррозионная активность – способность компонентов смазки вызывать коррозию металла в узлах трения.

Защитные свойства – способность пластичных смазок защищать трущиеся поверхности металлов от воздействия коррозионно-активной внешней среды (воды, растворов солей и др.).

Вязкость – определяется величинами потерь энергии на внутреннее трение в смазке. Фактически определяет пусковые характеристики механизмов, легкость подачи и заправки в узлы трения.

Пластичные смазки по консистенции занимают промежуточное положение между маслами и твердыми смазочными материалами (графитами). Ввиду отсутствия в качестве критериев разбивки на классы других характеристик смазок, классификация по вязкости признана основополагающей во всех странах. Некоторые производители указывают в документации не только класс смазки, но и уровень пенетрации.

Следует отметить существование разных **классификаций пластичных смазок** (по типу масла, по природе загустителя, по области применения), хотя они и не являются общепринятыми для отечественных и зарубежных производителей.

Классификация по типу масла (основы) включает в себя четыре типа пластичных смазок:

- 1) на нефтяных маслах (полученных переработкой нефти);
- 2) на синтетических маслах (искусственно синтезированных);
- 3) на растительных маслах;
- 4) на смеси выше перечисленных масел (в основном нефтяных и синтетических).

В классификации по природе загустителя также четыре типа смазок:

мыльные – это смазки, для производства которых в качестве загустителя применяют мыла (соли высших карбоновых кислот). В свою очередь их подразделяют на натриевые (созданы в 1872 г.), кальциевые и алюминиевые (1882 г.), литиевые

(1942 г.), комплексные (например, комплексные кальциевые, комплексные литиевые) и др. На долю мыльных пластичных смазок приходится более 80 % всего их производства;

углеводородные – смазки, для производства которых в качестве загустителя используются парафины, церезины, петролатумы и др.;

неорганические – смазки, для производства которых в качестве загустителя используются силикагели, бентониты и др.;

органические – смазки, для производства которых в качестве загустителя используются сажа, полимочевина, полимеры и др.

Классификация по области применения заложена в ГОСТ 23258 – 78, в соответствии с которым пластичные смазки делятся на следующие группы:

антифрикционные – снижают силу трения и износ трущихся поверхностей;

консервационные – предотвращают коррозию металлических поверхностей механизмов при их хранении и эксплуатации;

уплотнительные – герметизируют и предотвращают износ резьбовых соединений и запорной арматуры (вентилей, задвижек, кранов);

канатные – предотвращают износ и коррозию стальных канатов.

В свою очередь антифрикционная группа *делится* на подгруппы: смазки общего назначения, многоцелевые смазки, термостойкие, низкотемпературные, химически стойкие, приборные, автомобильные, авиационные и т. д.

За рубежом фирмы-производители вводят наименование смазок произвольно из-за отсутствия единой для всех классификации по эксплуатационным показателям (за исключением классификации по консистенции). Это привело к появлению огромного ассортимента пластичных смазок (по различным оценкам, несколько тысяч наименований). Международная классификация NLGI пластичных смазок по консистенции (густоте) основана на числах пенетрации (табл. 23).

Таблица 23

Международная классификация NLGI пластичных смазок по консистенции (густоте)

Класс консистенции	Диапазон пенетрации, мм · 10 ⁻¹	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	265–205	Вазелинообразная
3	220–250	Почти твердая
4	175–205	Твердая
5	130–160	Твердая
6	85–115	Очень твердая, мылообразная

В автомобилях наибольшее распространение получили антифрикционные смазки многоцелевые (Литол–24, Фиол–2М, Зимол, Лита) и антифрикционные смазки автомобильные (ЛСЦ–15, Фиол–2У, ШРБ–4, ШРУС–4, КСБ, ДТ–1, № 158, ЛЗ–31). В отечественной практике смазку автомобилей проводят в соответствии с индивидуальной для каждого автомобиля картой смазки. В случае ее отсутствия можно воспользоваться данными таблицы. Не каждая смазка допускает перемешивание с другой, поэтому перед закладкой новой смазки рекомендуется тщательно удалить остатки старой. Сделать это необходимо еще и потому, что старая смазка содержит продукты износа. Некоторые широко используемые в автомобилях пластичные смазки и их зарубежные аналоги приведены в табл. 24.

Таблица 24

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	Energrease C2, C3; Energrease GP2, GP3	Chassis XX; Cazar K2

Продолжение табл. 24

Отечественное масло	Зарубежное масло фирм			
Пресс-солидол С ГОСТ 4366–76	Uneda 1; Retinax C	Mobilgrease AA 1	Energrease C1, C3	Chassis L, h; Cazar K1
Графитная Усса ГОСТ 3333-80	Barbatia 2,3,4	Grarhited No3	Energrease C-3G; Energrease GP- 2G	Van Estan 2
Литол-24 ГОСТ 21150–87	Alvania R3 Cyprina RA	Mobilix 3	Energrease L2; Multipurpose	Beacon 3
Фиол-2М ТУ 38.101233–75	Retinax AM	Litnium Spe- cial	Energrease L21- M	Beacon Q2
ЦИАТИМ–221 ГОСТ 9433–80	Aeroshell 22C	Mobilgrease 28	-	Araren BC 290
Лита ТУ 38.101808–90	Band B	Mobilgrease BRB Zero	Energrease LC	Lotemp Moly
Зимол ТУ 38.201285–82 № 158 ТУ 38.101320–77	Aeroshell 6 Retinax J	Mobilgrease BRB Zero Litnium Special	Energrease LT2 Energrease L2-M	Beacon p230 Beacon Q2
ШРУС ТУ 38.20131281	Alvania 2c MoS ₂	Mobilgraese Special	Energrease L21-M	Nebula EP2

5.4. Технические жидкости

5.4.1. Охлаждающие жидкости

В большинстве современных автомобилей используется жидкостная система охлаждения двигателей. Через систему охлаждения отводится 25...30 % теплоты, выделяющейся при сгорании топлива. Эффективность, надежность и долговечность работы системы охлаждения зависят от качества охлаждающей жидкости. Чтобы жидкость для системы охлаждения двигателя полностью соответствовала своему назначению, она должна отвечать следующим требованиям:

- обладать высокими теплоемкостью, теплопроводностью и определенной вязкостью;

- иметь высокую температуру кипения и низкую температуру замерзания;
- не образовывать отложений на омываемых стенках и не загрязнять систему охлаждения;
- не вызывать коррозию металлических деталей и не разрушать резиновые детали;
- иметь высокую стабильность химических и физических свойств;
- не вызывать поломок деталей системы охлаждения при застывании, возможно меньше изменять объем при нагревании и не вспениваться при попадании нефтепродуктов;
- не обладать токсичностью и не повышать пожарную опасность;
- быть дешевой и недефицитной.

В качестве жидкости для системы охлаждения автомобильных двигателей применяют воду и жидкости, замерзающие при низкой температуре.

Выпускаемые промышленностью низкотемпературные жидкости (антифризы) марок ОЖ–40 и ОЖ–65, температура кристаллизации которых соответственно -40 и -65 °С, т. е. при указанных температурах появляются и всплывают на поверхность первые кристаллы льда. При дальнейшем понижении температуры кристаллизация воды продолжается, а этиленгликоль остается жидким, поэтому низкотемпературная жидкость превращается в подвижную кашицеобразную массу, которая не способна разорвать детали системы охлаждения. Однако при температуре ниже -70 °С жидкость превращается в плотную массу, которая может вывести из строя двигатель.

Этиленгликоль ядовит, поэтому ядовиты и низкотемпературные этиленгликолевые жидкости. Даже малая доза жидкости, случайно попавшая внутрь организма, может вызвать тяжелое отравление.

Наибольшее распространение в СНГ получили тосолы и низкотемпературные жидкости (ОЖ) типа «Лена». Основные их характеристики приведены в табл. 25.

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 Тосола–А40, ОЖ–40, ОЖ–65 и Тосола–А65 в антифриз добавляется соответственно 44 % и 35–36 % дистиллированной или кипяченой воды.

Таблица 25
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		
Плотность при 20 °С, г/см ³	1120...1140	1075...1085	1085...1095	1120...1150	1075...1085	1085...1100
Температура начала кристаллизации, °С, не выше	-40	-65	-60	-40	-65	-60
Резерв щелочности, см ³ , не выше	10	10	10	10	10	10
Коррозионные по- тери 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 охлаждаю- щей жидкости; %:						
этиленгликоль	97	56	64	96	56	65
Вода	3,0	44	36	3	44	35

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 $t = +20$ °С. При выходе плотности за пределы, указанные в паспорте, тосолы и ОЖ к эксплуатации не пригодны. За рубежом выпускается также целый ряд всесезонных жидкостей для систем охлаждения автомобильных двигателей на основе этиленгликоля. Некоторые из этих жидкостей приведены в табл. 26.

В настоящее время в СНГ и за рубежом выпускаются безопасные с экологической точки зрения тосолы и охлаждающие жидкости на базе неядовитого пропиленгликоля. Отечественной жидкостью такого типа является охлаждающая жидкость «Север» с температурой застывания -40 0С. Стоимость «Севера» соответствует стоимости «Тосола А-40». Практически все эксплуатационные характеристики лучше, чем у тосолов.

Таблица 26

Зарубежные всесезонные жидкости для систем охлаждения автомобильных двигателей

Фирма	Марка жидкости	Температура начала кристаллизации, °С
Castrol	Antifreeze NF	-40
Motul	Inugel 50	-35
Neste	Jaahdyt in Neste	-40
Texaco	Havoline	-40

Среди зарубежных экологически безопасных охлаждающих жидкостей можно отметить антифриз «Bio jaahoyt in Neste», выпускаемый фирмой «Neste». Этот антифриз подвергается быстрому экологическому разложению. Проблему экологической безопасности решает также применение в системах охлаждения двигателей низкозамерзающих спиртоводоглицериновых смесей, составы некоторых смесей приведены в табл. 27.

Таблица 27

Составы низкотемпературных спиртоводоглицериновых смесей

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

5.4.2. Летние жидкости для систем охлаждения двигателей

Вода как охлаждающая жидкость перечисленным выше требованиям достаточно полно удовлетворяет только при положительных температурах воздуха. Ее преимуществами по сравнению с другими жидкостями для системы охлаждения являются экологическая безвредность, доступность приобретения, недефицитность, негорючесть. Следует знать, что вода представляет собой универсальный растворитель, обладающий рядом аномальных физических свойств. Это единственное химическое соединение, которое в природных условиях существует в трех агрегатных состояниях – в виде жидкости, твердого вещества (лед) и газа (пары воды).

Вода, замерзая, увеличивается в объеме на 9 % и тем самым создает опасность для системы охлаждения, может вызвать трещины стенок рубашки охлаждения двигателя, привести в негодность радиатор, систему отопления. Давление на стенки рубашки охлаждения, вызванное увеличением объема замерзающей воды, порядка 250 МПа.

Для эффективного охлаждения температура кипения охлаждающей жидкости должна быть на 20...30 % выше температуры в системе охлаждения. Вода, температура кипения которой при нормальном давлении 100 °С, не во всех условиях эксплуатации удовлетворяет данному требованию, что для воды как охлаждающей жидкости является недостатком, особенно в жаркое время года и в гористой местности. Применение герметизированной системы охлаждения позволяет повысить температуру кипения воды в равнинной местности до 105... 108 °С.

Один из самых серьезных недостатков пресной воды как охлаждающей жидкости связан с явлением образования накипи (отложений) на стенках деталей системы охлаждения.

Накипь – это выпадающие в осадок при нагревании твердые соли, в основном карбонаты и сульфаты кальция. Накипь имеет плохую теплопроводность (примерно в 100 раз ниже, чем у чугуна), поэтому вызывает местный перегрев стенок, ухудшает отвод теплоты от стенок двигателя, кроме того, уменьшает проходное сечение каналов и нарушает тепловой режим двигателя, вследствие чего при толщине слоя накипи даже 1 мм увеличивается расход топлива на 3,5 %, а мощность двигателя снижается на 5 %.

Интенсивность образования накипи в системе охлаждения зависит от содержания в воде растворенных солей, в основном кальция и магния, что характеризуется жесткостью воды J_0 .

В летний период при температурах окружающей среды выше +8 °С в системах охлаждения автомобильных двигателей 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 большегрузного автотранспорта в южных районах СНГ, 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/л соответствует содержанию в 1 л 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 мин 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) %. Используются присадки двух типов: водоземulsionные (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 водоземulsionных присадок следует назвать две экологически безопасные. Присадку «Экстрол», применяемую в концентрации (0,1–0,3)%. Присадку ВНИИ НП–117/Д, применяемую в концентрации 0,5 %. Замена присадки через каждые 1000 ч работы автомобиля. К зарубежным водоземulsionным присадкам относятся: Дромус Ойл; Донакс; Кортвелл–40; Солвак 1535 и др.

5.4.3. 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 [7] в настоящее время отсутствует единый государственный стандарт, эти жидкости не подлежат обязательной сертификации. 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. 28).

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 в системе изделий из высококачественной маслобензостойкой резины.

Таблица 28

Основные характеристики тормозных жидкостей

Показатели	Нева	Томь	Роса	Росдот–4
	ТУ 6–01–1163–82	ТУ 6–01–1276–82	ТУ 2451–004–10488057–94	
Внешний вид	Прозрачная, светло-желтого цвета		Прозрачная, светло-коричневого цвета	Прозрачная, светло-желтого цвета
Температура кипения, °С	190	205	260	263
Температура застывания, °С	-60	-60	-50	-50

Спиртокасторвая жидкость БСК имеет плохие низкотемпературные характеристики, практически кристаллы замерзающей жидкости появляются при температуре $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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 табл. 29.

Таблица 29
Характеристики основных марок зарубежных тормозных жидкостей

Марка	Фирма	Температура кипения, $^{\circ}\text{C}$	Температура застывания, $^{\circ}\text{C}$
Universal brake fluid	Texaco	265	-60
Neste jarru-neste	Neste	260	-50
DOT4 brake fluid	Motul	260	-60
DOT5.1 brake fluid	Motul	260	-60
Fuchs stopred	Fuchs	265	-50
Srf racing brake fluid	Castrol	303	-40
Disc brake fluid	Castrol	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.

5.4.4. Пусковые и амортизаторные жидкости.

Пусковые жидкости

Для пуска автомобильных двигателей при низких температурах используются пусковые жидкости, выпускаемые, как правило, в герметичных алюминиевых ампулах объемом $20\text{--}50\text{ см}^3$ (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 см³ 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 табл. 30.

Таблица 30
Состав легковоспламеняющихся жидкостей
для пуска автомобильных двигателей

Наименование составляющего вещества	Содержание вещества в жидкости, %	
	«Холод–Д40»	«Арктика»
Диэтиловый эфир	58–62	54–56
Газовый бензин	13–17	38–43
Изопропилнитрат	13–17	2–4
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 °С. При попадании жидкости «Арктика» в цилиндр бензинового двигателя также сначала воспламеняется диэтиловый эфир. Газовый бензин и изопропилнитрат подготавливают рабочую смесь бензина и воз-

духа 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 $-30...32\text{ }^{\circ}\text{C}$ за $8...15\text{ с}$.

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 $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Состоит жидкость из смеси различных углеводородов и поставляется в алюминиевых капсулах объемом по 17 см^3 ;

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

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

– жидкость «Калтекс» (Великобритания) для пуска бензиновых и дизельных двигателей при температурах окружающей среды до $-30...35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Поставляется в алюминиевых капсулах объемом по 17 см^3 .

5.4.5. Амортизационные жидкости

Кроме гидравлического тормозного привода на автомобиле имеются другие механизмы, в которых необходимо использовать жидкости для гидравлических систем. Это амортизаторы, подъемные механизмы автомобилей-самосвалов, механизмы привода навесного оборудования у специализированных автомобилей и др. Согласно общим требованиям к жидкостям для гидравлических систем, жидкости не должны разрушать материал уплотнителей, должны иметь хорошие вязкостно-

температурные, смазочные и антикоррозионные свойства, а также обладать другими качествами, предъявляемыми к смазочным маслам для механизмов трансмиссии. Они должны иметь определенную вязкость (как правило, небольшую) и по возможности более низкую температуру застывания. В ряде случаев одним из основных требований является не вспениваемость жидкости при работе механизма.

Чаще всего в качестве жидкости для заполнения гидравлических систем используются маловязкие нефтяные масла или их смеси, иногда с добавкой присадок, и в том числе вязкостных, противоизносных, антиокислительных. Так, жидкость для амортизаторов должна иметь вязкость при 50 °С примерно 10... 15 мм²/с и при 0 °С — не более 200...250 мм²/с и температуру застывания не выше -40 °С. Высокая вязкость жидкости вызывает жесткость амортизатора, он перестает работать, а слишком низкая вязкость жидкости приводит также к бездействию амортизатора вследствие чрезмерной мягкой работы и служит причиной утечки жидкости через уплотнители.

Для амортизаторов грузовых автомобилей и автобусов чаще всего используют веретенное масло АУ, а также амортизаторную жидкость АЖ-12Т и смесь турбинного масла с трансформаторным.

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

- летом нагрев до 120...140 °С;
- зимой температура может понижаться до -50 °С;
- давление в амортизаторах может достигать 10 МПа.

Основные марки и свойства отечественных амортизаторных жидкостей приведены в табл. 31.

Таблица 31
Основные марки амортизаторных жидкостей и их свойства

Показатель	ГРЖ-12 ТУ025-04-05764-924-96	АЖ-12Т ГОСТ 23008-78	МПП-12 «Славол АЖ» ТУ38.301-29-40-97
Плотность при 20 °С, г/см ³	930	-	920
Вязкость кинематическая, мм ² /с, при температуре, °С: -40, не более	-	6 500	-
-20, не более	1000	-	800
50, не менее	10	12	12
100, не менее	-	3,6	3,9
Температура застывания, °С, не выше	-40	-52	-43
Температура вспышки в закры- том тигле, °С, 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 табл. 31 амортизаторных жидкостей следует считать АЖ–12Т. Эта жидкость наиболее часто используется при эксплуатации автомобилей.

5.4.6. Электролит для кислотных аккумуляторных батарей

Электролит для кислотных аккумуляторных батарей представляет собой раствор аккумуляторной серной кислоты в дистиллированной воде. Аккумуляторная серная кислота имеет плотность 1,83 г/см³, а плотность электролита в зависимости от

климатической зоны и типа аккумуляторной батареи колеблется от 1,24 до 1,31 г/см³.

В северных районах содержание кислоты в электролите, следовательно, и его плотность должны быть более высокими, чем в южных, чтобы не допустить замерзания электролита. Электролит плотностью 1,31 г/см³ не замерзает даже при температуре -60 °С, а при плотности 1,15 г/см³ замерзает уже при -14 °С.

Плотность электролита замеряется ареометром с резиновой грушей. Плотность изменяется в зависимости от температуры, поэтому ее необходимо корректировать с учетом сезонной температуры.

Для приготовления электролита нужной плотности в целях большей безопасности рекомендуется вначале серную кислоту разбавить дистиллированной водой до плотности 1,40 г/см³, а затем готовить из нее электролит.

При приготовлении электролита *нужно вливать кислоту (в том числе и разбавленную) в воду*, но не наоборот, чтобы избежать вскипания воды и разбрызгивания капель горячей кислоты. Попавшая на кожу серная кислота вызывает сильные ожоги. При работе с кислотой необходимо надевать очки, резиновые перчатки, резиновый передник и резиновые сапоги.

Вопросы для самопроверки

1. Расскажите о химическом составе нефти. Какое воздействие оказывают сернистые соединения?
2. Назовите основные способы перегонки нефти. Что такое прямая перегонка нефти? Что такое термический и каталитический крекинг? Что такое гидрокрекинг и каталитический риформинг?
3. Какие виды смазочных материалов используются в автомобилях?
4. Какие виды топлив и технических жидкостей используются в автомобилях?
5. Какие масла используются в коробках передач, в картерах задних мостов? Назовите примерные сроки смены моторных масел и трансмиссионных масел.
6. Какие жидкости используются в тормозной системе автомобиля? Какие из них больше всего подходят для условий зимней эксплуатации?

7. Какие преимущества имеет газовое топливо по сравнению с бензином и дизельным топливом?
8. Какие правила техники безопасности надо соблюдать при смене тосола в системе охлаждения?
9. Какие правила техники безопасности надо соблюдать при заправке бензином?
10. Какие сроки смены пластичных смазок в узлах автомобилей?
11. 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?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной задачей современного автомобиле- и тракторостроения является выпуск конкурентоспособных машин. Их конкурентоспособность во многом определяется приемлемой рыночной стоимостью в сочетании с высоким качеством.

Качество машины характеризуется ее работоспособностью, массой и топливной экономичностью, управляемостью и безопасностью при эксплуатации, комфортабельностью и эстетичностью, соответствием экологическим нормам.

Важными факторами, определяющими качество машины, являются конструкция ее основных агрегатов, а также используемые в процессе их производства и эксплуатации технологии и материалы. Естественно, что приоритетными являются конструкторские решения, их значение трудно переоценить. Вместе с тем удачная конструкторская разработка может оказаться неработоспособной из-за низкого качества материала или применения устаревших технологий производства и эксплуатации. Поэтому параллельно с разработкой конструкции следует оптимизировать выбор материалов, технологию изготовления и технического обслуживания изделий.

При выборе материала конструктор не должен ограничиваться общими рекомендациями, содержащимися в справочной литературе. Желательно, чтобы его решения были материаловедчески обоснованными для достижения требуемой конструкционной прочности материала и работоспособности изделий. Это означает умение конструктора выбрать материал и технологию изготовления не только на основе справочных данных, но и с помощью основного критерия материаловедения – зависимости технологических и служебных свойств конкретного материала от его состава, структуры и качества. Такую методику выбора целесообразно использовать, например, при разработке и подготовке к серийному производству новых изделий. Кроме того, применение указанной методики позволяет отойти от практики повышения запаса прочности металлических изделий за счет увеличения их сечений и массы. В результате может быть снижена масса автомашин в целом и повышена их топливная экономичность, управляемость и безопасность.

В структуре себестоимости автомобильных перевозок затраты только на топливосмазочные материалы составляют более 25 %. При этом диапазон колебаний указанных затрат широк и зависит от уровня организации использования материалов [1].

От качества применяемых материалов, их соответствия данным условиям эксплуатации зависят надежность, и производительность транспортной техники, а также затраты на его техническое обслуживание и ремонт.

Рациональная организация использования и оптимизация выбора материалов означает в первую очередь применение только таких материалов, которые по своим качественным характеристикам удовлетворяют данным условиям.

Применение материалов более высокого качества, чем требуется, ведет к неоправданному завышению затрат на них. В этом случае повышенная стоимость не будет реализована, так как данная конкретная конструкция механизма, агрегата и транспортной техники в целом не рассчитана на материал с такими повышенными свойствами. Применение материала более низкого качества, чем требуется, неизбежно приводит к сокращению сроков службы и ухудшению технических характеристик деталей, узлов, агрегатов и транспортной техники в целом, а также к повышенному расходу самих материалов и к увеличению эксплуатационных затрат.

Знание показателей, которыми характеризуются качество, физические, химические и механические свойства того или иного материала, а также технико-экономических требований к данному материалу очень важно, так как позволяет судить о возможной сфере их использования, о создании необходимых условий при хранении и применении с целью обеспечения минимальных эксплуатационных затрат.

В данном учебном пособии приведены сведения, необходимые будущим специалистам транспортной техники и технологии для организации рационального использования и оптимизации выбора материалов.

По каждому из видов материалов рассмотрены технико-экономические требования к ним, физико-химические свойства и эксплуатационные качества.

Приведенная в данном пособии информация может служить отправной точкой при выборе материала и технологии его использования, а также и для оценки изменений структуры и физико-механических свойств, происходящих в материале в процессе изготовления и эксплуатации транспортной техники.

Авторы выражают признательность коллегам, чьи публикации оказали значительную помощь при работе над данным учебным пособием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колесник П. А. Кланица В. С. Материаловедение на автомобильном транспорте. – М.: Издательский центр Академия, 2010. –320 с.
2. Костенко В. И. Сидоркин В. И. и др. Эксплуатационные материалы: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2005. –165 с.
3. Сидоркин В. И. Янчеленко В. А. Эксплуатационные материалы: письменные лекции. – СПб.: СЗТУ, 2001 – 102 с.
4. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1990.
- 5 Маневский С.Е. Конструкционные материалы в автомобиле- и тракторостроении: Учебное пособие. – М.:МГИУ, 2010. – 231 с. 2.
6. Мотовилин Г. В., Машко М. А., Суворов О. М. Автомобильные материалы: Справочник. – М.: Транспорт, 1989.
7. Васильева Л. С. Автомобильные эксплуатационные материалы. – М.: Транспорт. 2004.
8. Хадеев Н. Т. Конструкционные и защитно-отделочные материалы. Методические указания к практическим занятиям. – Алматы: КазНТУ, 2004. – 35 с.
9. Хадеев Н. Т., Саргужин М. Х. Конструкционные и защитно-отделочные материалы. Методические указания к лабораторным занятиям. – Алматы: КазНТУ, 2005. – 39 с.
10. Золотницкий В. А. Экономный автомобиль на газовом топливе. – М.: Ливр, 1999.
11. Сурашов Н. Т. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: Учеб. пособие. – Алматы: ЦАУ, 2007. – 208 с.
12. Сурашов Н. Т. Материалтану. Конструкциялық материалдар технологиясы: Оқу құралы. – Алматы: ЦАУ, 2007. – 208 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. ОБЩАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ.....	4
2. КОНСТРУКЦИОННЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ.....	8
2.1. Строение и свойства конструкционных металлических материалов.....	8
2.2. Железоуглеродистые сплавы.....	15
2.2.2. Чугуны.....	15
2.2.3. Стали.....	19
2.2.4. Основы термической и химико-термической обработки железоуглеродистых сплавов.....	25
2.3. Сплавы цветных металлов.....	30
2.3.1. Сплавы на основе меди.....	30
2.3.2. Антифрикционные (подшипниковые) и алюминиевые сплавы.....	32
3. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	35
3.1. Пластмассы.....	35
3.1.1. Технико-экономическая эффективность применения пластмасс.....	35
3.1.2. Строение, свойства и область применения пластмасс при производстве и ремонте транспортной техники.....	36
3.2. Резинотехнические изделия.....	41
3.2.1. Резина, область ее применения, состав и основные свойства.....	41
3.2.2. Основные материалы для изготовления автомобильных шин.....	43
3.3. Древесные материалы.....	46
3.4. Композиционные материалы для узлов трения ...	52
3.4.1. Виды и способы получения композиционных материалов.....	52

3.4.2.	Требования к материалам узлов трения.....	59
3.4.3.	Фрикционные материалы	60
3.4.4.	Износостойкие стали	66
3.4.5.	Антифрикционные материалы	71
3.4.6.	Наплавочные материалы и износостойкие покрытия.....	78
4.	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ.....	83
4.1.	Лакокрасочные материалы.....	83
4.1.1.	Назначение, состав и основные показатели качества лакокрасочных материалов.....	83
4.1.2.	Обозначение лакокрасочных материалов, технологические особенности их нанесения и сушки.....	86
4.2.	Металлические и полимерные защитные покрытия.....	89
4.3.	Интерьерные материалы.....	94
4.4.	Материалы для обработки металлов резанием ...	101
4.5.	Сварочные материалы	104
5.	ГОРЮЧЕСМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЖИДКОСТИ	112
5.1.	Нефть. Химический состав	112
5.1.1.	Способы переработки нефти	113
5.2.	Автомобильные топлива	116
5.2.1.	Бензины	116
5.2.2.	Дизельные топлива	119
5.2.3.	Газообразные топлива	124
5.3.	Смазочные материалы	130
5.3.1.	Общая классификация	130
5.3.2.	Моторные масла.....	131
5.3.3.	Трансмиссионные масла	139
5.3.4.	Масла для гидравлических систем	141
5.3.5.	Пластичные смазки	144
5.4.	Технические жидкости	151
5.4.1.	Охлаждающие жидкости.....	151
5.4.2.	Летние жидкости для систем охлаждения двигателе	155
5.4.3.	Тормозные жидкости.....	158
5.4.4.	Пусковые и амортизаторные жидкости	159

5.4.5.	Амортизационные жидкости.....	161
5.4.6.	Электролит для кислотных аккумуляторных батарей.....	163
	Заключение.....	166
	Библиографический список	169

Учебное издание

Сурашов Нургали Толымбекович
Хадеев Навиль Тагирович

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

Учебное пособие

Нач. РО УИЦ	<i>З.А. Губайдулина</i>
Редактор	<i>З. А. Губайдулина</i>
Компьютерная верстка	<i>Л. П. Умирбекова</i>

Подписано в печать 20.02.2015 г.

Бумага офсетная. Формат 60x84 1/16.

Уч.- изд. л. 10,9. Усл. п.л.10,3

Тираж 300 экз. Заказ № 290. Цена договорная.

Издание Казахского национального технического университета
имени К. И. Сатпаева
Учебно-издательский центр КазНТУ
г. Алматы, ул. Сатпаева, 22

ISBN 978-601-228-797-4



9