

ЧАСТЬ 2

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

РАЗДЕЛ 1

Материалы триботехнических систем скольжения

Важной составной частью машины, механизма или механического оборудования являются различного вида и конструкции узлы трения скольжения. К ним, в первую очередь, относятся опоры (радиальные и осевые подшипники скольжения), где реализуется вращательное движение; направляющие с криволинейной или плоской поверхностями контакта, где, в основном, реализуется продольное линейное взаимное перемещение элементов. Широко используются шарнирные соединения как подшипники при колебательном движении и с целью образования подвижного соединения, например, в цепных передачах и т.д. Классическим узлом трения скольжения являются червячная передача, а также передача винт-гайка. Очень распространенным трибоспряжением современности является цилиндропоршневая группа в двигателях внутреннего сгорания, в гидроцилиндрах гидросистем и исполнительных органов разнообразных машин и технических устройств. Значительное распространение приобрели также торцовые и секционные уплотнения.

Внешние условия работы трибосистем скольжения (нагрузка, скорость, температура, среда и др.) значительно дифференцированы. Они эксплуатируются в условиях нормального сухого трения и экстремального трения (вакуум, высокие и криогенные температуры), трения со смазкой разными смазочными маслами, трения в условиях смазывания водой, при наличии абразива разнообразной природы. В связи с этим разработано и широко применяется в практике в трибосистемах скольжения довольно значительное количество разных материалов [2, 7, 10, 11, 12]. Они условно делятся на три группы: металлические, неметаллические, композиционные. Их классификация более подробно представлена на рис. 1.1 [11].

1.1. Металлические материалы

Основным видом материалов узлов трения являются металлические материалы, так как они обладают целым комплексом важных специфических свойств, необходимых для обеспечения их надежного функционирования в широком диапазоне изменений внешних условий трибопроцесса.

На их износостойкость заметное влияние оказывает структура, поскольку каждая структурная составляющая увеличивает или уменьшает сопротивление изнашиванию (табл. 1.1 [11]).

Стали используются как антифрикционные сплавы редко и только при очень легких условиях работы, при небольших нагрузках и низких скоростях скольжения (меднистая сталь – Cu – 32%, Al – 2,5%, C – 0,1%; графитизированная сталь – C – 1,6%, Si – 1%, Mn – 1,3%).

Чугуны значительно чаще находят применение как антифрикционные материалы, что обусловлено наличием включений графита различной формы. Эти материалы непосредственно в состоянии поставки не отмечаются удовлетворительной износостойкостью. Поэтому при изготовлении элементов триботехнических узлов применяется разного вида упрочнение поверхностей, в частности термообработка, химико-термическая обработка, поверхностное деформационное упрочнение, термохимическая обработка и др.

Чугуны являются наиболее дешевыми из металлических антифрикционных материалов. Серый литейный чугун используется в умеренно нагруженных опорах, которые работают в режимах граничного и жидкостной смазки. Антифрикционные чугуны, обладающие более высокими физико-механическими характеристиками, находят широкое применение в различных трениях скольжения, в том числе и в подшипниках скольжения, которые работают в трудных условиях.

В опорах скольжения используются серые чугуны марок СЧ 15, СЧ 18, СЧ 21, а также антифрикционные чугуны таких видов: легированные серые, высокопрочные и ковкие. При выборе марки

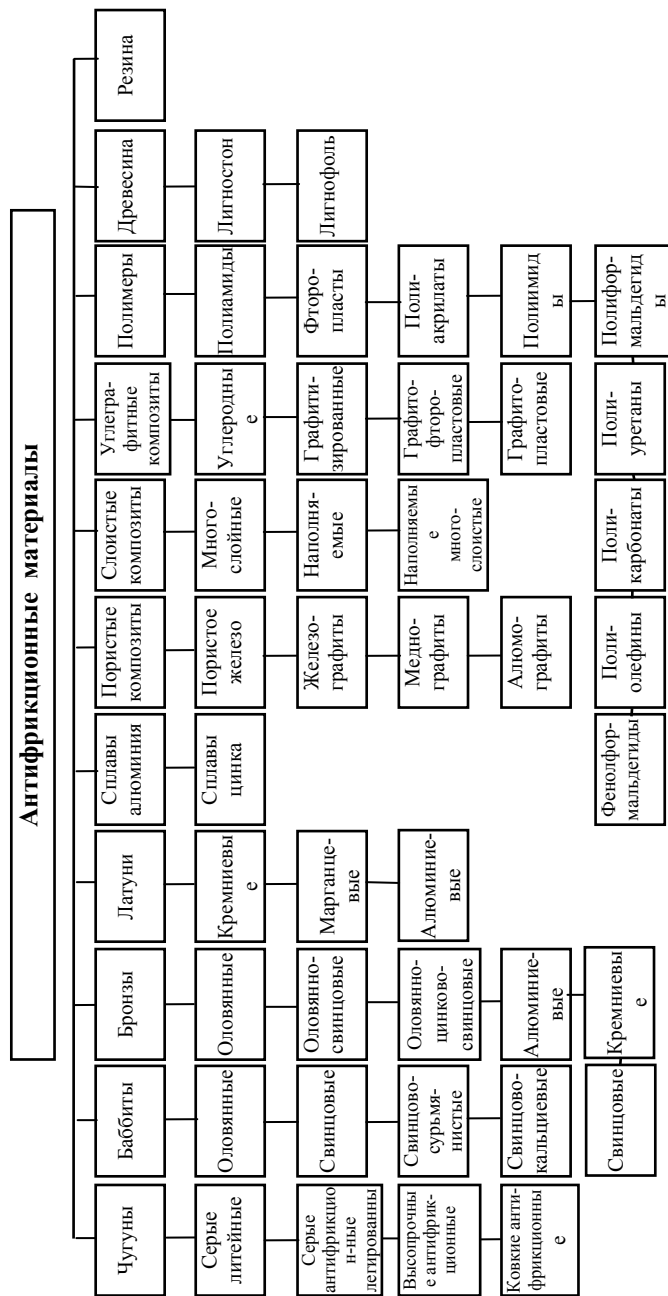


Рис. 1.1. Классификация антифрикционных материалов

Таблица 1.1
Влияние структурных составляющих стали и чугуна на их износостойкость

Структурная составляющая	1	2	3	4	5
Структурная составляющая	Характеристика	Виды структуры	Твердость HV	Влияние на износостойкость	
Феррит	Твердый раствор углерода в α -железе	1) чистое железо и феррит в углеродной стали; 2) легированный феррит	50...135 100...270	При наличии ферритной основы сталь и чугун имеют невысокую твердость и, соответственно, низкую износостойкость	
Аустенит	Твердый раствор углерода в γ -железе	1) в легированной стали	150...220	Упрочняется при холодной пластической деформации. Вследствие этого сплавы на аустенитной основе хотя и имеют невысокую твердость, однако имеют достаточную износостойкость	
Карбиды	Химическое соединение железа с углеродом	1) цементит ($Fe_3C - 6,67\% C$); 2) сложные карбиды в легированных сталях ($Fe_3C +$ легующие элементы)	1000...1500 1100...1300	Как составляющие перлита (феррит + карбиды) оказывают содействие повышению износостойкости	

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5
Мартенсит	Перенасыщенный твердый раствор углерода в α -железе (структура закалки)	1) углеродные стали; 2) легированные стали	800...900 800...900	Отличается высокой твердостью, прочностью и износостойкостью
Графит	Кристаллическая модификация углерода	1) пластинчатый; 2) хлопьевидный; 3) шаровидный	Низкая	Обладает хорошими смазочными свойствами, и потому его включения снижают трения, повышая износостойкость чугуна
Эвтектика в чугуне	Механическая смесь	1) графитная (феррит + графит); 2) фосфидная (перлит + фосфид (Fe ₃ P) + цементит); 3) карбидная (цементит + перлит)	130 775 900...1000	Обладает высокими релаксационными свойствами и обеспечивает высокую твердость композита аустенит-цементит. Характеризуется высокой износостойкостью в условиях абразивного и усталостного изнашивания

чугуна необходимо исходить из того, что его твердость должна быть меньше твердости стальной цапфы на 20...40.

1.1.2. Баббиты (белые сплавы)

Мягкие африкционные сплавы с оловянной или свинцовой основой называются баббитами. Они отличаются низкой твердостью (12...32 НВ), низкой температурой плавления (300...400°С), низким коэффициентом трения. Мягкая основа обеспечивает хорошую прирабатываемость подшипника. Баббиты применяются только для покрытия тонким слоем поверхности опоры, защищая ее от заедания и повышенного износа в период запуска и остановки машины. Антифрикционные свойства баббитов являются наилучшими из всех используемых материалов и зависят от толщины баббитового слоя.

Важнейшие марки оловянных баббитов: Б88, Б83, Б80; свинцово-сурьмянистых баббитов: Б16, Б10, Б6. Разработаны также еще более дешевые безоловянные свинцово-кальциевые баббиты.

1.1.3. Сплавы на медной основе

К ним принадлежат бронзы и латуни.

Бронзой называется сплав меди с оловом, свинцом, цинком (оловянные бронзы) или сплав меди со свинцом, алюминием, железом, марганцем, никелем (безоловянные бронзы). Бронзы, не содержащие олова, являются более дешевыми и менее износостойкими, чем оловянные бронзы.

Латунь – это сплав меди с цинком и другими элементами (кремнием, свинцом, марганцем, алюминием, железом, оловом). Они используются как заменители бронз. Их антифрикционные свойства ниже, чем у бронз, хотя они являются более прочными, хорошо свариваются, легко обрабатываются резанием.

Основные марки подшипниковых бронз:

- оловянные: БрО10, БрОФ10-1, БрОЦ10-2;
- оловянно-свинцовые: БрОС10-10, БрОС5-20;
- оловянно-цинково-свинцовые: БрОЦС6-6-3, БрОЦС5-5-5, БрОЦС 6-6-6;
- алюминиево-железная: БрАЖ9-4;
- алюминиево-железо-марганцевая: БрАЖМц10-3-2;
- кремниевая: БрКМц3-1.

Марки литейных латуней: ЛК80-3Л, ЛМцОС58-2-2-2, ЛАЖМц66-6-3-2, ЛМцС58-2-2, ЛКС80-3-3, ЛАЖМц52-2-2, ЛМцЖ52-4-1.

1.1.4. Алюминиевые и цинковые сплавы

Сплавы алюминия имеют высокую теплопроводность, благодаря чему смазывающие свойства масел могут сохраняться в более широком диапазоне скоростей скольжения и нагрузок. Они обладают относительно высокой прочностью и высокой технологичностью, что позволяет изготавливать из них детали литьем, прессованием, прокаткой и т.д. Алюминиевые сплавы, содержащие олово, подобно баббитам противодействуют заеданию. Существуют сплавы, содержащие до 30% олова. Сплавы алюминия делятся на две группы: к первой группе принадлежат сплавы, содержащие твердые включения (FeAl_3 , Al_3Ni , CuAl_2 , Mg_2Si , AlSb , Si и прочие); ко второй относятся сплавы, содержащие не только указанные компоненты, но и мягкие включения (Cd , Pb , Sn , Mg).

Сплавы на цинковой основе имеют низкую температуру плавления ($\sim 400^\circ\text{C}$) и потому значительно больше, чем бронзы и алюминиевые сплавы, подвержены пластификации. Это содействует их лучшей прирабатываемости. Цинковые сплавы являются высокотехнологичными при изготовлении моно- и биметаллических деталей. Цинковые сплавы обладают достаточно высокой пластичностью и усталостной прочностью. Их особым свойством является повышение прочности и пластичности при горячей обработке давлением ($250\dots 300^\circ\text{C}$).

Сплавы на цинковой основе: ЦАМ 10-5, ЦАМ 9-1.5.

1.2. Композиционные материалы

1.2.1. Пористые спеченные материалы

Они изготавливаются из порошков железа, меди, алюминия или их смесей с неметаллами прессованием с последующим спеканием в защитной атмосфере. Необходимыми добавками к ним, кроме графита, являются MoS_2 , BN и другие материалы, обладающие высокими смазочными свойствами. В процессе работы при недостаточной смазке вследствие повышения температуры смазочный материал выделяется из пор, обеспечивая самосмазывание.

Спеченные материалы имеют пористость 15...35%, причем втулки с меньшей пористостью используются при трудных условиях работы.