

Они представляют собой многокомпонентную ленточно-слоистую структуру, которая имеет твердую несущую основу, переходной и антифрикционный слои. Например, таким материалом является металлофторопласт. Он состоит из стальной основы (0,08...0,1% С), спеченного на ней пористого слоя из сферического бронзового порошка (9...11% Sn) с частицами диаметром 0,063...0,16 мм, насыщенного смесью фторопласта (75%) и MoS₂ (25%). Известны металлополимерные материалы, где антифрикционный слой, кроме фторопласта, содержит свинец (20...50%) и другие наполнители, а также связующие.

Металлополимерные материалы используются при трении без смазки при температурах –200...+280°С, имеют достаточно низкий коэффициент трения в паре со сталью (0,02...0,25), обладают высокой прочностью, теплопроводностью, используются при трении в вакууме.

Все более широкое применение находят слоистые композиты на тканевой, пленочной, войлочной, сетчатой и других основах. Например, хлопчатобумажная ткань, уложенная слоями и наполненная резольной фенол-формальдегидной смолой, называется прессованным текстолитом; если хлопчатобумажные нити уложить хаотически, то образуется наполненный текстолит; фторопластовую пленку, покрытую с одной стороны полувулканизированным каучуком, можно приклеить к поверхности. Также это может быть фетр или войлок, покрытый слоем фторопласта; бронзовая сетка, пропитанная фторопластом с различными наполнителями. Такого вида материалы используются как для изготовления сплошных подшипников и уплотнений, так и для облицовки металлических обойм или направляющих.

1.3. Неметаллические материалы

1.3.1. Полимерные материалы

Синтетические (полимерные) материалы используются как антифрикционные материалы в чистом виде и в виде композиций с различными наполнителями. Полимеры делятся на термопластические (термопласты) и термореактивные (дуропласты) – в зависимости от изменения состояния под влиянием температуры. Термопласты при повышении температуры размягчаются до расплавления, а при ее понижении снова затвердевают. Дуропласты

после отвердения не изменяют своих свойств при последующем нагревании.

Детали из термопластов изготавливаются литьем под давлением, эструзией, центробежным литьем, ротационным формированием, анионной полимеризацией мономера непосредственно в форме, нанесением антифрикционных покрытий из расплавов, порошков, дисперсий.

Детали из duroпластов изготавливаются прессованием, а порошковидные терморепактивные композиции наносятся в виде тонких покрытий.

Полиамиды (капрон, капролон и другие). Широко используются в узлах трения. Они могут эксплуатироваться при $T = -40...+80^{\circ}\text{C}$ продолжительное время, а при $T = 100...120^{\circ}\text{C}$ – краткосрочно. Обладают достаточно высокой износостойкостью и низким коэффициентом трения (по стали без смазки $f = 0,1...0,2$, со смазкой $f = 0,05...0,1$). Они растворяются только в концентрированных кислотах, фенолах, фторированных и хлорированных спиртах. Для повышения прочности полиамиды армируются стекловолокном, а для улучшения антифрикционных свойств наполняются твердыми смазочными материалами (графит, MoS_2 , тальк).

Полиамиды также применяются в виде тонких покрытий, свойства которых зависят от их толщины (оптимальная приблизительно 0,3 мм).

Фторопласты и их композиции (политетрафторэтилен – ПТФЭ и другие). Они являются исключительно химически стойкими, так как на них действуют лишь некоторые расплавы щелочных металлов, некоторые соединения хлора и фтора при повышенных температурах. Обладают высокой термостойкостью (до 350°C), имеют низкий коэффициент трения. Несмотря на низкий коэффициент трения, различные фторопласты (в т.ч. и ПТФЭ) в чистом виде используются мало, в первую очередь из-за низкой прочности. Использование различных наполнителей (кокс, графит, MoS_2 , стекловолокно, металлические порошки и другие) позволяет повысить износостойкость фторопластов.

Полиолефины (полиэтилен, полипропилен и др.). Они имеют достаточную механическую прочность и химическую стойкость. На их основе образуются различные композиции, где в качестве наполнителей используется сажа, каучук, стекло, древесная стружка и т.д.). При этом получают материалы, обладающие высокой износостойкостью и низким коэффициентом трения. Полиолефины имеют низкую теплостойкость ($60...70^{\circ}\text{C}$).

Полиакрилаты. Отличаются сравнительно высокой теплостойкостью (160...180°C, кратковременно до 230°C), имеют довольно хорошую химическую стойкость. Наполнение сухими смазочными материалами повышает их износостойкость.

Полиимиды. Эти термостойкие duroпласты используются как связующие для изготовления антифрикционных композиций. Отличаются высокой радиационной стойкостью, могут выдерживать температуры 220...260°C, хорошо обрабатываются резанием, имеют достаточную химическую стойкость.

Полиформальдегиды. Имеют достаточно высокую износостойкость и высокую прочность. Детали из полиформальдегида можно эксплуатировать при $T \leq 120^\circ\text{C}$. Они достаточно химически стойкие, стойкие против старения. При сухом трении в паре со сталью коэффициент трения $f = 0,3...0,35$. С целью повышения износостойкости и снижения коэффициента трения их наполняют стекловолокном, ПТФЭ, MoS_2 , сажей или на 15...20% фторопластом.

Поликарбонат (дифлон). Устойчив к атмосферным влияниям. Отличается высокой ударной прочностью, но усталостная прочность невысока. Является хорошим материалом для применения при низких температурах (до -253°C). Характеризуется постоянностью физико-механических свойств в широком интервале температур.

Эпоксидные и фурановые полимеры. Они в чистом виде не используются для изготовления деталей узлов трения скольжения. Наполнителями для них используется графит и MoS_2 . Детали из эпоксидных смол работают в интервале $T = -100 \dots +150^\circ\text{C}$.

Материалы на основе фурановых полимеров являются более тепло- и химически стойкими, чем полиэпоксиды, и могут эксплуатироваться при $T = -100 \dots 200^\circ\text{C}$. Эти полимеры имеют низкий коэффициент трения (без смазки 0,15...0,25, а со смазкой – 0,05). Хорошо работают в вакууме.

Фенолформальдегидные полимеры (карболит, бакелит, текстолит). Достаточно прочны и теплостойки.

Представленный перечень полимерных антифрикционных материалов, безусловно, не является исчерпывающим. Разрабатываются новые, более совершенные.

1.3.2. Древесина и древесностойкие материалы

Для узлов трения, смазывающихся водой, ограниченно используется в качестве подшипникового материала древесина – бук, граб, береза, индийский дуб и другие.

В старину древесину использовали в простейших направляющих. Для применения древесины в современных подшипниках скольжения она просачивается пластическими смолами (полимерами) и другими материалами. Позже она подвергается прессованию, и в результате образуется лигностон.

Более широкое использование находят прессованные древесные пластики (лигнофоль) – слоистые и из стружки. Древеснослоистые материалы образуются из отдельных слоев древесины, уложенных соответствующим образом и склеенных фенолформальдегидной смолой. Лигнофоль из стружки получают прессованием при 150°C.

С целью повышения антифрикционных свойств лигностона и лигнофоля осуществляется их горячее насыщение маслами.

1.3.3. Резина

Основой любой резины является естественный или синтетический каучук. Для улучшения физико-механических свойств каучуков применяются различные добавки (ингредиенты). К ним принадлежат: 1) вулканизирующие вещества (агенты), как правило, это сера и селен, участвующие в образовании пространственной структуры вулканизата; 2) ускорители и активаторы процесса вулканизации (полисульфиды, окислы свинца, окислы магния); 3) антиоксиданты, замедляющие процесс старения резины; 4) пластификаторы (замедлители), облегчающие переработку резиновой смеси, увеличивающие упругие свойства каучука, повышающие морозостойкость резины; 5) наполнители, которые служат для повышения твердости, износостойкости и прочности резины; 6) регенераты, являющиеся продуктами переработки использованной резины и применяющиеся для снижения стоимости резины, а кроме того, содействующие повышению ее качества и противодействующие ее старению; 7) красители (органические и неорганические), применяющиеся для покраски резины.

По назначению резины делятся на резины общего назначения и специальные резины. Специальные резины разделяют на маслбензостойкие, теплостойкие, светоозоностойкие, износостойкие, гидро-стойкие, электротехнические.

Износостойкие резины являются продуктами вулканизации полиуретановых каучуков. Такие резины используются для