

ТЕМА 6. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Наряду с металлами во всех отраслях промышленности большое распространение получили неметаллические материалы.

К ним относятся:

- пластические массы,
- резина,
- химикаты,
- формовочные,
- текстильные,
- древесные,
- лакокрасочные,
- и другие материалы.

6.1 Пластмассы

Особо следует отметить *пластмассы*, с каждым годом все шире внедряемые в промышленность.

Пластмассы представляют собой материалы, основой которых служат природные или синтетические соединения, способные при нагревании или под давлением формоваться и устойчиво сохранять приданную им форму.

В состав пластмасс входят различные наполнители (древесная мука, ткань, бумага, стеклянное волокно, хлопковые очесы и др.), повышающие прочность, связующие вещества (естественные и искусственные смолы, фенолоформальдегидные смолы), красители, пластификаторы, повышающие пластичность и эластичность, а также ряд других вспомогательных веществ.

Большинство изделий из пластмасс изготавливается горячим прессованием в металлических *пресс-формах* или литьем под давлением. Поэтому они не нуждаются в последующей механической обработке. Из пластмасс (слоистых), выпускаемых в виде прутков и листового материала, изделия изготавливают механической обработкой.

Изделия из пластмасс имеют малую плотность, достаточную прочность, высокие антикоррозионные и электроизоляционные свойства; они значительно дешевле металлических изделий.

Пластмассы применяются в качестве заменителей дефицитных цветных металлов и сплавов при производстве электроаппаратуры, зубчатых колес, вкладышей, подшипников, вытяжных штампов и даже крупногабаритных изделий (кузова автомобилей и др.).

Основные *виды пластмасс*, имеющие промышленное значение, следующие:

- текстолит (содержащий ткань),
- гетинакс (содержащий бумагу),
- лигнофоль и дельта-древесина (содержащие древесину),
- стеклопластики (со стекловолокнистым наполнителем),
- полиэтилен,
- полистирол,

- карболит,
- волокнит,
- различные полимеры и др.

6.1.1 Виды пластмасс

К термореактивным пластмассам относятся: жесткие пенополиуретаны, аминопласты и др.

К газонаполненным пластмассам относятся пенополиуретаны – газонаполненный сверхлегкий конструкционный материал.

Термопластичная пластмасса – полиэтилен низкого давления – продукт полимеризации этилена, получаемый при низком давлении с использованием комплексных металлоор–ганических катализаторов. Базовые марки этого полиэтилена: 20108–001, 20208–002, 20308–005 и т. д. Плотность полиэтилена – от 0,931 до 0,970 г/см³.

Ударопрочный полистирол – продукт сополимеризации стирола с каучуком или другим пластификатором, обладающий более высокими механическими свойствами, чем полистирол общего назначения. Он обладает высокой твердостью, прочностью к ударным нагрузкам, эластичностью, сопротивлением на разрыв, стоек к действию температуры в пределах от +65 до–40 °С.

Аминопласты – термореактивные пластмассы – прессовочные карбамидо–и меламиноформальдегидные массы, получаемые на основе аминосмола с использованием наполнителей (органических, минеральных или их сочетания), окрашивающих и модифицирующих веществ. Их теплостойкость по Мартену составляет не менее 100–180 °С, ударная вязкость – 3,9–29,4 КДж/м² (4–30 кгс см/см²), усадка – 0,2–0,8 %, удельное объемное электрическое сопротивление – $1 \cdot 10^{11}$ – $1 \cdot 10^{12}$ Ом / см. Из аминопластов путем горячего прессования изготавливают изделия бытового, технического и электротехнического назначения. Всего выпускается 11 марок аминопластов: КФА–1, КФБ–1 и т. д.

Пенополиуретаны – газонаполненные пластмассы – сверхлегкий конструкционный материал. Исходными для их получения являются простые и сложные полиэферы, изо–цианаты, катализаторы и эмульгаторы. Эластичные пенополиуретаны (ППУ) имеют закрытые, несообщающиеся газонаполненные ячейки (пенопласты) и сообщающиеся ячейки (поропласты). Часто применяется общий термин – «пенопласты». Эластичный поропласт содержит 70 % воздушных сообщающихся пор. Он имеет плотность 25–29 кг/м³, хорошо противостоит гниению, веществам, применяемым при химической чистке изделий, его предел прочности при растяжении – 0,07–0,11 МПа.

Эластичный пенополиуретан применяется в производстве мягкой мебели, сидений автомобилей, тракторов и других изделий. Жесткий пенополиуретан применяется для изготовления корпусов кресел, декоративных элементов, в качестве тепло–и звукоизоляционных материалов. Широкое распространение в последние годы получили наполненные пенопласты (ППУ).

6.1.2 Классификация пластмасс

Пластмассы — это искусственные материалы, основой которых являются полимеры.

При нагреве пластмассы размягчаются, становятся пластичными. В таком состоянии им под давлением придается необходимая форма, сохраняющаяся после охлаждения. Если связующее — термопластичный полимер, переход отформованной массы в твердое состояние совершается при охлаждении. Если связующим является терморезактивный полимер, то отверждение происходит при нагреве. Пластмассы по этому признаку делят на две группы: *термопластичные* и *терморезактивные*.

Основа *термопластичных* пластмасс — полимеры с линейной или разветвленной структурой. Температура эксплуатации наиболее распространенных термопластов не превышает 60...200°C, при более высоких температурах начинается резкое снижение свойств.

Терморезактивные пластмассы.

Связующие вещества в этих пластмассах — терморезактивные полимеры. Используются фенолформальдегидные, кремнийорганические, эпоксидные смолы. Теплостойкость этих полимеров составляет 200...350°C. В зависимости от *эластичности* пластмассы делят на три группы:

1. жесткие (модуль упругости 700 МПа и выше);
2. полужесткие (70...700 МПа);
3. мягкие (до 70 МПа).

Пластмассы могут быть одно- или многокомпонентными.

Состав *однокомпонентных* представлен только одним полимером. В состав *многокомпонентных* пластмасс, помимо связующего, могут входить наполнители, пластификаторы, отвердители, красители.

Наполнители повышают механические свойства, снижают усадку при прессовании и придают материалу специальные свойства. По виду наполнители пластмасс делят на:

- *порошковые* (наполнитель — древесная мука, графит, тальк и др.);
- *волокниты* с наполнителем в виде волокон (очесы хлопка и льна), в том числе стеклои асболокниты;
- *слоистые* с листовым наполнителем (бумага — гетинакс, ткань хлопчатобумажная — текстолит, а также асболо стекло-текстолиты со стеклянной тканью и асбестом);
- *газонаполненные* — пеной поропласты (наполнитель — воздух или нейтральные газы).

Пластификаторы повышают эластичность, а также морозо- и огнестойкость и облегчают прессование. В качестве пластификаторов используют олеиновую кислоту, стеарин.

Отвердители — оксиды некоторых металлов, уротропин. Они способствуют отверждению терморезактивных пластмасс.

Красители и *пигменты* придают пластмассам определенную окраску.

Полиэтилен, поливинилхлорид

Полиэтилен и поливинилхлорид относятся к конструкционным полимерным материалам. Это *термопластичные пластмассы*.

Полиэтилен (ПЭ) $(-CH_2-CH_2-)_n$ — плотный и прочный материал, стойкий к действию органических растворителей, хорошо окрашивается в различные цвета. Применяется, в основном, при изготовлении детской мебели, стульев, кресел различных емкостей, крепежной фурнитуры.

Производится полиэтилен *высокого* (ПЭВД) и *низкого* (ПЭНД) *давления* (полимеризация при давлении 100 и 0,1...0,6 МПа и температуре 200...300 и 150°C соответственно). Макромолекулы имеют линейную структуру, что обеспечивает их упаковку в пачки и таким образом облегчает кристаллизацию. Степень кристалличности ПЭНД — 75...95%, ПЭВД — 55...65%. Большая степень кристалличности ПЭНД определяет его большие прочность и теплостойкость. Среднее значение предела прочности при растяжении составляет для ПЭНД около 30МПа, для ПЭВД — 13 МПа.

ПЭ обладает довольно высокой химической стойкостью, при комнатной температуре нерастворим ни в одном известном растворителе. ПЭ также обладает высокими диэлектрическими свойствами.

Длительное применение ПЭ ограничено температурой 60...100°C.

Морозостойкость до -70°C.

Поливинилхлорид (ПВХ) $(-CH_2-CHCl-)_n$. На основе поливинилхлорида производятся два вида пластмасс — винипласт и пластикат, в состав которых, в отличие от винипласта, входят пластификаторы. *Поливинилхлорид* — один из наиболее распространенных синтетических материалов. Он негорюч, обладает высокой химической стойкостью, большой механической прочностью, почти не набухает, устойчив к старению, не имеет запаха, безвреден, легко окрашивается. Он наиболее дешевый и наименее дефицитный, поэтому получил широкое применение при производстве ящиков из погонажных профильных элементов, раскладок, емкостей и т.д. *Винипласт* имеет высокие прочность и упругость, из него изготавливают строительную облицовочную плитку, защитные покрытия металлических емкостей. Недостатки — низкая длительная прочность и малый интервал температур (от -10 до 60...70°C).

Введение пластификаторов расширяет интервал рабочих температур (от -50 до 160–195°C), повышает эластичность. *Пластикат* — полярный пластик, он обладает высокими диэлектрическими свойствами в области низких частот. Основное *применение* пластиката — изоляция проводов, кабелей.

Полиамиды и полистирол

Полиамиды и полистирол относятся к *термопластичным* пластмассам. Используются в качестве конструкционных материалов. *Полиамиды* — твердые термопластичные полимеры с широко известными названиями: капрон, нейлон, лавсан, в состав которых входят амидная группа $(-NH-CO-)$, а также этиленовые группы $(-CH_2-)$, повторяющиеся от 2 до 10 раз.

Полиамиды — кристаллизующиеся полимеры. При одноосной ориентации из них получают волокна, нити, пленки. Свойства разных видов полиамидов близки, они являются хорошим антифрикционным материалом, обладают вибрационными свойствами, высокими показателями прочности при ударных нагрузках и изгибе, имеют высокую жесткость, твердость поверхности, морозостойки. *Недостатки* полиамидов — гигроскопичность и подверженность старению. *Применяются* полиамиды в электротехнической промышленности, для

изготовления фурнитуры, стяжек, полкодержателей и других мелких деталей, работающих под большими нагрузками. Их используют также для антифрикционных покрытий металлов.

Полистирол (ПС) (-СН₂—СНС₆Н₅-) является производной этилена. Это твердый, жесткий, прозрачный материал, хорошо окрашивается. Полистирол наиболее стоек к воздействию ионизирующего излучения по сравнению с другими термопластами. Полистирол растворим в бензоле, но стоек к кислотам, щелочам, маслам. *Недостатки* полистирола — низкая теплостойкость, склонность к старению и образованию трещин. Полистирол *применяют* при изготовлении деталей радиотехники, приборов. Ударопрочный полистирол — один из основных конструкционных материалов. Он обладает высокой твердостью, прочностью к ударным нагрузкам, эластичностью, сопротивлением на разрыв; стоек к действию температуры от +65 до -40°С. Применяется при изготовлении ящиков, погонажных элементов детской мебели, крепежной фурнитуры и др.

Модификацией полистирола являются акрилонитрилбутадиеностирольные (АБС) пластики — сополимеры полистирола с синтетическими каучуками. Они являются ударопрочным материалом, превосходят обычный полистирол по ударной вязкости в 3–5 раз, а по относительному удлинению — в 10 раз. АБС-пластики имеют высокую прочность, твердость, жесткость, устойчивость к истиранию, ударопрочность. Изделия из этого тройного сополимера хорошо сохраняют форму и размеры во время эксплуатации. Применяются при изготовлении каркасов кресел, стульев, детской мебели и др.

Фторопласты и полиметилметакрилат

К *фторопластам* относят полимеры, состоящие, в основном, из углерода и фтора. Это, например, фторопласт-3 и фторопласт-4, обладающие непрозрачностью и высокой химической стойкостью. *Фторопласт-4* абсолютно химически стоек, имеет низкий коэффициент трения, но обладает хладотекучестью и поэтому в машиностроении применяется при незначительных нагрузках. Этот материал работает при температуре от -250 до +260°С. Он не перерабатывается обычными методами, так как не переходит в вязкотекучее состояние. Изделия из фторопласта-4 получают спеканием спрессованного порошка. *Фторопласт-3* при нагреве до температуры 210°С размягчается и плавится, что дает возможность перерабатывать его методом литья под давлением. Фторопласт-3 может работать при температуре от -80 до +70°С, химически стоек, но набухает в органических растворителях; более тверд и механически прочен, чем фторопласт-4, не обладает холодной текучестью.

Фторопласты широко *применяются* для изготовления уплотнительных деталей — прокладок, набивок, работающих в агрессивных средах, деталей клапанов кислородных приборов, мембран, химически стойких деталей, самосмазывающихся вкладышей подшипников, реакторов, насосов, тары пищевых продуктов. Их используют в восстановительной хирургии, для защиты металла от воздействия агрессивных сред.

Полиметилметакрилат — это термопластический материал (органическое стекло), обладающий прозрачностью, твердостью, стойкостью к атмосферным воздействиям, водостойкостью, стойкостью ко многим минеральным и

органическим растворителям, высокими электроизоляционными и антикоррозионными свойствами. Он *выпускается* в виде прозрачных листов и блоков.

К *положительным свойствам* органического стекла относятся:

- низкая плотность;
- упругость;
- отсутствие хрупкости вплоть до $-50\dots 60^{\circ}\text{C}$;
- более высокая по сравнению со стеклом светопрозрачность;
- легкая формуемость в детали сложной формы;
- простота механической обработки;
- свариваемость и склеиваемость.

Но по сравнению с минеральными стеклами органические стекла обладают более низкой поверхностной твердостью. Теплостойкость органического стекла ниже, чем у минерального. Кроме того, органическое стекло легко загорается. Органическое стекло применяется для изготовления санитарно-технического оборудования, светильников, фонарей, деталей приборов управления.

Поликарбонаты, пенопласт и полиимиды

Поликарбонаты — это термопластические материалы, обладающие ценными свойствами:

- высокой поверхностной твердостью;
- ударной прочностью;
- теплостойкостью.

Поликарбонаты водостойки и стойки к окислительным средам при повышенных температурах. Они совершенно прозрачны и могут быть использованы вместо силикатного стекла для изготовления фонарей, светильников, деталей приборов, посуды, тары для жидких веществ. Поликарбонаты *применяют* для изготовления зубчатых колес, втулок, клапанов, кулачков и других подобных деталей. Поликарбонаты перерабатывают в изделия всеми способами, применяемыми для изготовления изделий из термопластов: литьем под давлением, штамповкой, вакуум-формованием, экструзией, механической обработкой, сваркой.

Пенопласт — это полимер, отличающийся химической стойкостью и атмосферостойкостью. По водостойкости пенопласт аналогичен фторопластам, полиэтилену и полистиролу. Из пенопласта изготавливают химически стойкие трубы, клапаны, вентили, сепараторные кольца, подшипники, детали часовых механизмов, детали отделки помещений.

Полиимиды — это новый вид термопластичных пластмасс.

Его *свойства*:

- высокая нагревостойкость ($220\dots 250^{\circ}\text{C}$);
- хорошие электрические характеристики;
- большие значения механических характеристик. Полиимидные пластмассы могут использоваться при температурах до -155°C , т.е. их можно применять в холодильных установках большой мощности.

Полиимиды химически стойки. Они не растворяются в большинстве органических растворителей, на них не действуют разбавленные кислоты, минеральные масла и вода. Разрушение полиимидов вызывают концентрированные кислоты, щелочи и перегретый водяной пар. Из

полиимидов *получают* электроизоляционные пленки светло-желтой или коричневой окраски. Полиимидные пленки выпускаются толщиной от 5 до 100 мкм и более.

На основе полиимидов *изготавливают* различные пластмассовые изделия электроизоляционного (изоляционные ленты, изоляционное покрытие и др.) и конструкционного назначения (прокладки, детали). Для этого используют как чистые полиимиды, так и наполненные стекловолокном и другими нагревостойкими наполнителями. Изделия из полиимидов изготавливают литьем и прессованием при температурах 356...400°C.

Термореактивные полимеры и пластмассы

Связующее вещество в этих пластмассах — *термореактивные полимеры*. Используются фенолформальдегидные, кремнийорганические, эпоксидные смолы. Теплостойкость этих полимеров 200...350°C. Термореактивные пластмассы являются *многокомпонентными*, в их состав входят наполнители, а также могут быть введены пластификаторы и красители.

Пластмассы с порошковым наполнителем. В качестве наполнителя используют органические и минеральные вещества. Минеральные наполнители придают материалу волокнистость, химическую стойкость, повышенные электроизоляционные свойства. Такие пластмассы изотропны, так как относятся к аморфным материалам, их механические свойства невысоки. Основное применение — несилловые детали, в основном электроизоляционного назначения.

К пластмассам с волокнистым наполнителем относятся волокниты, асбо-стекловолокниты. Наполнитель *волокнитов* — хлопковая целлюлоза. Их применяют для изготовления деталей технического назначения — направляющих втулок, фланцев и т.д. Для *асбоволокнитов* (наполнитель — асбест) в качестве связующего используют, в основном, формальдегидную смолу. Их преимущество — повышенная теплостойкость. *Асбест* обладает высокими фрикционными свойствами, что наряду с высокой теплостойкостью обуславливает применение асбоволокнитов для изготовления деталей тормозных устройств. *Стекловолокниты* обладают высокой удельной прочностью, хорошо сопротивляются вибрационным и знакопеременным нагрузкам. Их свойства зависят от характеристик стекловолокна — диаметра и длины волокон, состава стекла.

Слоистые пластмассы состоят из связующего и листового наполнителя, что определяет их слоистую структуру и анизотропные свойства.

Гетинакс — это материал, наполнителем которого служат разные сорта бумаги. Его можно применять при температуре до 120...140°C, он устойчив к действию растворителей. Гетинакс применяют как материал для внутренней отделки транспортных средств.

Текстолит (наполнитель — хлопчатобумажные ткани) обладает хорошими виброгасящими и антифрикционными свойствами. Применяется в машиностроении для изготовления подшипников скольжения, корпусных деталей и т.д.

Асботекстолит содержит около 40% связующего, остальное — асбестовая ткань. Его применение определяется высокими фрикционными и теплоизолирующими свойствами.

Наполнителем *стеклотекстолитов* является стеклоткань. Используют их в самолетои судостроении, радиои электротехнике.

Газонаполненные и фольгированные пластмассы

К *газонаполненным пластмассам* относят легкие пластмассы— пенопласты и поропласты, которые состоят из мельчайших ячеек или пор, отделенных друг от друга тонкой пленкой полимера.

Материалы, состоящие из замкнутых, несообщающихся ячеек, называют *пенопластами*, а материалы, в которых преобладают сообщающиеся между собой поры, — *поропластами*. Когда от материала требуются высокие теплои электроизоляционные свойства и водонепроницаемость, применяют пенопласты. Для звукоизоляции используют поропласты.

Пенопласты и поропласты *получают* насыщением расплавленной смолы газами под давлением, при этом происходит вспенивание полимера. В пенопластах 90...95% объема занимают газы. Наибольшее *применение* получили пенополиуретаны, обладающие высокими диэлектрическими, тепло-, звукои виброизоляционными свойствами, высокой удельной прочностью, большой влагостойкостью, стойкостью к кислотам и щелочам, малым коэффициентом теплопроводности, низкой плотностью (до 20 кг/м³).

Фольгированные пластмассы имеют специальное назначение: их применяют при изготовлении плат с печатным монтажом, кодовых переключателей, печатных якорей электродвигателей и других деталей. Фольгированные пластмассы представляют собой слоистый пластик (гетинакс, стеклотекстолит), облицованный с одной или двух сторон медной фольгой толщиной 35 или 50 мкм.

Медную фольгу получают электролитическим осаждением, что обеспечивает ей однородный состав. Для улучшения сцепления с пластиком одну сторону фольги обрабатывают в щелочном растворе (оксидируют). Склеивание фольги с пластиком производят клеем БФ-4 в процессе прессования.

Фольгированные пластики должны удовлетворять требованиям, связанным с технологией производства печатных схем, и условиям их эксплуатации. Фольгированный пластик должен выдерживать воздействие повышенных температур в процессе производства печатных плат (взаимодействие припоя при пайке схем) и обеспечивать достаточную прочность сцепления фольги при длительной эксплуатации изделий.