

Тема 14. НЕМЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ

14. 1. Пластичні маси

14.1.1. Пластичні маси, їх властивості та склад

Пластичні маси (пластмаси) - це штучні неметалеві матеріали, що одержують на основі високомолекулярних з'єднань (полімерів). Пластмаси мають багато цінних якостей, завдяки чому їх питома вага у машинобудуванні має стійку тенденцію до зростання. За деякими прогнозами частка пластмасових деталей у машинах вже найближчого часу може зрости до 15 відсотків.

Перевагами пластмас є:

- високі діелектричні властивості;
- низька звуко- і теплопровідність;
- висока стійкість до мінеральних масел і бензину;
- низька густина (у два рази легше алюмінію);
- високі демпфуючі властивості;
- відносно висока стійкість до агресивних середовищ;
- добре працюють в умовах вібраційних навантажень;
- високий опір зношенню;
- добра водо- і морозостійкість;
- високі технологічні властивості, що полегшує виготовлення заготовок складної конфігурації з високою точністю.

До недоліків пластмас відносять низьку ударну в'язкість, недостатню міцність (зокрема, контактну), невисоку теплостійкість (до 250...300°C), старіння, відносно високу вартість деяких видів.

За складом пластмаси поділяються на прості та складні. Прості пластмаси складаються з чистих полімерів, а складні, крім зв'язуючої речовини, містять багато інших компонентів: наповнювачів, пластифікаторів, мастильні речовини, стабілізаторів, барвників, каталізаторів.

Зв'язуюча речовина (смола) визначає основні властивості пластмаси. В якості зв'язуючої речовини в пластмасах широко використовуються штучні смоли – продукти переробки кам'яного вугілля, нафти тощо.

Наповнювачі надають пластмасам певні фізико-механічні властивості. В якості наповнювачів застосовують органічні речовини (деревне борошно, папір, шпон, тканини, бавовняні очоси, тирсу), а також мінеральні речовини (кварцове борошно, тальк, каолін, скловолокно, склотканину, азбоволокно, азботканину тощо.

Пластифікатори підвищують пластичність і текучість пластмас. В якості пластифікаторів використовують дібутилфталат, камфору тощо.

Мастильні матеріали служать для запобігання прилипання пластмаси до прес-форми. В якості мастильних речовин застосовують стеарин, віск, олеїнову кислоту та ін..

Стабілізатори підвищують термостабільність пластмас і зв'язують побічні продукти. В якості стабілізаторів використовують воду, фосфати, амінокислоти.

Барвники надають пластмасам потрібного забарвлення та естетичного вигляду. Це нітрозін, муміє, пігменти.

Каталізатори (вапно, оксид магнію, уротропін) прискорюють час твердіння пластмаси.

За поведінкою при нагріванні пластмаси поділяють на дві групи:

- *терморективні (реактопласти)*, які при нагріванні спочатку переходять у в'язкотекучий стан, а потім при подальшому нагріванні перетворюються у незворотні неплавкі і нерозчинні речовини. До них відносять фенопласти й амінопласти різноманітних марок (скловолокніти, азбоволокніти, прес-матеріали, гетинакс, текстоліти тощо);

- *термопластичні (термопласти)*, які при нагріванні і охолодженні можуть багаторазово переходити з твердого стану у в'язкотекучий і навпаки. Це поліетилен, поліпропілен, полістирол, фторопласт, целулоїд, капрон, полікарбонат, поліхлорвініл та інші.

За методами обробки пластмаси поділяють на такі групи:

- для пресування: терморективні пресувальні порошки різноманітних марок, просочені смолою, шаруваті прес-матеріали, прес-матеріали на основі мінеральних наповнювачів, термопластичні матеріали - полістирол, поліхлорвініл, асфальтобітумні пресувальні композиції тощо;

- для лиття без застосування тиску: термореактивні і фенольно-формальдегідні і мочевино-формальдегідні литі смоли;
- для штампування, дутьового і вакуумного формування: органічне скло, ефіри целюлози тощо.

Заготовки з пластмас виготовляють у спеціальних металевих прес-формах.

Незважаючи на недоліки, пластмаси мають широке застосування при виготовленні деталей машин - крильчатки помп, шківів, втулки, корпуси, важелі, бампери, кронштейни, вкладиші підшипників ковзання, сепаратори, безшумні зубчасті колеса, ковпачки тощо.

14.1.2. Термопластичні пластмаси(термопласти)

Термопластами називають пластмаси, які при нагріванні розм'якшуються і тверднуть при наступному охолодженні без будь-яких хімічних змін. До термопластів належать такі пластмаси: поліетилен, поліпропілен, полістирол, фторопласти, органічне скло, полівінілхлорид, пінополістирол.

Поліетилен $(-CH_2-CH_2-)_n$ - це продукт полімеризації етилену. У залежності від тиску, під яким відбувається процес полімеризації, розрізняють поліетилен високого (ПЕВТ), середнього (ПЕСТ) і низького (ПЕНТ) тиску. Поліетилен – дешевий, нетоксичний матеріал, хімічно тривкий, легко переробляється, добрий діелектрик, температурний інтервал його експлуатації $-60...+100^{\circ}C$. До його недоліків належать здатність до старіння під впливом сонячного світла, горючість і мала міцність.

Поліетилен використовують для виготовлення труб, арматури, різних місткостей, плівок, ізоляції електропроводів, для захисту металу від корозії тощо.

Поліпропілен $(-CH_2-CHCH_3-)_n$ – утворюється внаслідок полімеризації пропілену. Ця сполука білого кольору, міцніша за поліетилен, хімічно тривка, має добрі діелектричні властивості, витримує температуру до $120...150^{\circ}C$. Недолік поліпропілену – погана морозостійкість $(-5...-15^{\circ}C)$.

Використовується поліпропілен для виготовлення труб, деталей автомобілів, холодильників, насосів, вентиляторів, меблів, телефонів, корпусів

акумуляторів, технічних і текстильних волокон, електроізоляційних матеріалів, посуду.

Політетрафторетилен (фторопласт-4) $(-CF_2-CF_2-)_n$ – продукт полімеризації тетрафторетилену. Він характеризується високою стійкістю до будь-яких розчинників, добрими тепло- та електроізоляційними властивостями, низьким коефіцієнтом тертя (0,04). Температурний інтервал роботи фторопласту-4 становить $-200\dots+260^\circ\text{C}$. Недоліки – низька твердіть і схильність до повзучості.

З фторопласту-4 виготовляють труби, хімічно стійкі деталі, ущільнювальні прокладки, манжети, підшипники, що не потребують змащування.

Поліметилметакрилат (органічне скло) – продукт полімеризації метилметакрилату. Він оптично прозорий, відносно міцний, у два рази легше за мінеральне скло, пропускає 75% ультрафіолетових промінів (силікатні – 0,5%). Недоліками органічного скла є невисока твердість і низька теплостійкість. При 80°C воно починає розм'якати, а при $105\dots150^\circ\text{C}$ з'являється пластичність, що дозволяє формувати з нього різноманітні деталі.

Використовується у виробництві освітлювальної апаратури, як листове скло для літаків, автомобілів, захисних щитків верстатів, в оптичній та годинниковій промисловості.

Полівінілхлорид $(-CH_2-CHCl-)_n$ – продукт полімеризації вінілхлориду. Використовується для отримання двох різновидів пластмас – непластифікованого полівінілхлориду (вініпласт) і пластифікованого полівінілхлориду (пластикат).

Вініпласт характеризується високою механічною міцністю, стійкістю проти дії майже всіх мінеральних кислот, лугів і розчинів солей. Недоліки: схильність до повзучості, набрякання у воді, низька ударна в'язкість, мала термостійкість.

Застосовується вініпласт для виготовлення труб, деталей арматури, насосів, місткостей для зберігання хімікатів.

Пластикат отримують, пластифікуючи полівінілхлорид поліефірами чи синтетичними каучуками. Використовують його при виробництві лінолеуму, штучної шкіри, плівок, для електроізоляції проводів і кабелів.

Поліаміди – це група пластмас з широко відомими назвами: капрон, нейлон, анід. Вони характеризуються високою стійкістю до масел і бензину, низьким коефіцієнтом тертя і високою міцністю при стиранні. Виготовляють з них шестерні, втулки, підшипники, болти, гайки, шківни тощо.

Поліетилентерефталат (лавсан). Виготовляють з нього шестерні, кронштейни, канати, паси, тканини тощо.

14.1.3. Термореактивні пластмаси (реактопласти)

Термореактивні пластмаси – це пластмаси, які при нагріванні розм'якшуються і стають пластичними, що дає можливість надавати їм різні форми, а при подальшому нагріванні переходять у твердий незворотній нерозчинний стан. В якості зв'язуючих речовин в цих пластмасах використовують фенолоформальдегідні, карбамідоформальдегідні, меламіноформальдегідні, кремнійорганічні та епоксидні смоли. Реактопласти відрізняються від термопластів вищою теплостійкістю, нерозчинністю, стабільністю властивостей в робочому інтервалі температур, відсутністю хладотекучості під навантаженням, малою набрякаємістю. Крім зв'язуючої речовини до складу термореактивних пластмас входять наповнювачі та деякі інші компоненти. У залежності від характеру наповнювача термореактивні пластмаси поділяються на прес-порошки, волокнисті та шаруваті.

Пластмаси з порошковим наповнювачем (прес-порошки). Наповнювачами в цих пластмасах застосовують органічні (деревне борошно, порошкоподібна целюлоза) і мінеральні (молотий кварц, азбестове борошно, тальк, цемент, слюдяне борошно, графіт тощо) порошки. До цієї групи належать фенопласти і амінопласти.

Із прес-порошків виготовляють корпуси і кришки приладів, деталі, що працюють при підвищених температурах або в умовах високої вологості, але відносно мало навантажені, особливо динамічними навантаженнями.

Пластмаси з волокнистим наповнювачем (волокнит). Волокніти належать до класу пластмас, які представляють собою сполучення термореактивної смоли з яким-небудь волокнистим наповнювачем (бавовняні очеси, азбестові волокна, скловолокно). Вироби із волокнітів використовуються для навантажених

деталей, що працюють при температурах до 100...120°C. Волокніти характеризуються високою ударною міцністю.

Азбоволокніти – це азбестові волокна, просочені фенолоформальдегідною смолою. Характеризуються вони високими антифрикційними та електроізоляційними властивостями, високою теплостійкістю (вище 200°C). Використовують азбоволокніти для виготовлення електроізоляційних виробів, деталей гальмівних пристроїв (колодки, накладки, диски підйомних кранів, вагонів, автомобілів, екскаваторів).

Скловолокніти – композиція, що складається з скляних волокон і синтетичної смоли. Вони характеризуються високими механічними властивостями ($\sigma_B \approx 2000$ МПа) і можуть працювати при температурах від -60 до +200°C.

Шаруваті пластмаси. Це матеріали, які одержують при з'єднанні між собою накладених один на одного декількох шарів волокнистих наповнювачів (тканини, паперу, деревини тощо), просочених штучними смолами, називають шаруватими. Шаруваті пластмаси випускають або у вигляді напівфабрикату, що представляє собою листи наповнювачів, просочені смолою, або у вигляді відпресованих заготовок - листи, плити різної товщини, труби різних діаметрів, стержні, диски, а також фасонних виробів. Плити виготовляють просочуванням наповнювачів смолою, розкроюванням його на листи, що складають один з одним у пакети заздалегідь установлені товщини. Шаруваті пластмаси відрізняються анізотропією властивостей, особливо це стосується механічної міцності. Найбільш міцні шаруваті пластмаси уздовж ниток основи тканини або волокон шпони.

Промисловість випускає такі види шаруватих пластмас: гетинакс, текстоліт, азботекстоліт, ДСП, склотекстоліт тощо.

Гетинакс - шарувата пластмаса на основі модифікованих фенольних, аніліноформальдегідних смол й листів паперу. Гетинакс випускають під марками А, Б, В, Г. Гетинакс марок А и В має підвищені діелектричні властивості, марок Б и Г - підвищену механічну міцність. Гетинакс випускають у виді листів товщиною 0,5...50 мм, стержнів діаметром до 25 мм і трубок різних діаметрів. Гетинакс застосовують для виготовлення щитків, панелей, в електротехніці як

електроізоляційний матеріал. Випускають також декоративний гетинакс для опоряджувальних робіт (для внутрішнього облицьовування літаків, кают суден, залізничних вагонів, у будівництві. З гетинаксу виготовляють також фасонні вироби технічного і побутового призначення.

Текстоліт - шарувата пластмаса, де в якості наповнювача використовується бавовняна тканина, у якості зв'язуючої речовини використовується фенолоформальдегідна смола. Текстоліт має відносно високу механічну міцність, малу питому вагу, високі антифрикційні властивості, високу стійкістю до вібраційних навантажень і гарні діелектричні властивості. Теплостійкість текстоліту становить 120...125°C. Текстоліт має широке застосування як замітник кольорових сплавів для вкладишів підшипників прокатних станів у металургійній промисловості, як конструкційний матеріал в машинобудуванні, для виготовлення виробів, до яких пред'являються високі вимоги по механічним властивостям. Текстолітові шестерні, на відміну від металевих, працюють безшумно. Електротехнічний текстоліт застосовують для виготовлення електроізоляційних виробів підвищеної міцності.

Азботекстоліт представляє собою шарувату пластмасу, де в якості наповнювача використовується азбестова тканина, а зв'язуючою речовиною - фенолоформальдегідна смола. Він має високу теплостійкість - до 250° С. Азботекстоліт застосовують переважно як термоізоляційний, фрикційний і конструкційний матеріал, наприклад, у гальмах для дисків зчеплення, тому що він має великий опір тертю.

Склотекстоліт виготовляють пресуванням пакета скляної тканини, яка просочена термореактивною смолою. Діаметр скловолокна в склотканині складає 3,5...5 мкм. Склотекстоліт застосовують для виготовлення сильно навантажених конструкційних виробів, що працюють у сухих і вологих середовищах при температурах до 350° С, стійких до розчинів електrolітів, олій і рідким паливам, а також виробів, що повинні володіти високими діелектричними властивостями. Він знайшов також широке застосування для виготовлення різноманітних високонавантажених великогабаритних виробів (кузовів легкових автомобілів,

автобусів, кабін вантажних автомобілів, корпусів човнів і катерів, цистерн, у хімічній промисловості).

Деревношарувата пластмаса (ДСП) – це кілька шарів деревного шпону, просочені феноло- і креозольноформальдегідними смолами і спресовані у вигляді листів і плит. ДСП характеризуються високими фізико-механічними властивостями і низьким коефіцієнтом тертя, завдяки чому їх можна використовувати як замітник текстолиту, кольорових металів і сплавів. Недоліком ДСП є низька їх вологостійкість. Із ДСП виготовляють шестерні, шківни, втулки, корпуси насосів, вкладиші підшипників, деталі автомобілів, залізничних вагонів, човнів та ін. .

14.2. Гумові матеріали

Гумою називається продукт спеціальної обробки (вулканізації) суміші каучука і сірки з різними добавками. Гума має такі характерні властивості:

- висока еластичність – відносне видовження досягає 1000%;
- мала стискаємість;
- висока стійкість до зношення;
- газо- і водонепроникність;
- хімічна стійкість;
- високі діелектричні властивості;
- невелика густина.

Завдяки цим властивостям гумові матеріали широко застосовують для:

- амортизації і демпфування;
- ущільнення і герметизації;
- захисту деталей машин від хімічного впливу оточуючого середовища;
- виготовлення шлангів, покришок і камер коліс літаків, автотранспорту, тракторів.

Основою будь-якої гуми є каучук – натуральний чи синтетичний, який визначає властивості гумового матеріалу. Для покращення фізико-механічних властивостей гуми до їх складу вводяться різні добавки: вулканізуючі речовини, прискорювачі вулканізації, наповнювачі, пластифікатори, протистарителі, регенерат.

До вулканізуючих речовин (вулканізаторів) належать сера, селен, пероксиди. Ці речовини визначають пластичність гуми. М'які гуми містять 1...3%, а тверді – 30...35% сірки. Процес хімічного з'єднання каучуку з сіркою називається вулканізацією.

Прискорювачі вулканізації – це полісульфіди, оксиди свинцю, магнію у кількості 0,5...5%. Ці речовини додають у суміш для скорочення часу і зниження температури вулканізації.

Наповнювачі поділяють на активні, неактивні і спеціальні. Для підвищення міцності гуми вводять активні наповнювачі – сажу, оксиди кремнію або титану та ін.. До неактивних наповнювачів відносяться тальк, крейда. Їх вводять для здешевлення гуми.

Пластифікатори застосовують для полегшення змішування компонентів суміші та підвищення еластичності гуми. Для цієї мети застосовують парафін, вазелін, стеаринову кислоту, дібутилфталат, рослинні олії та ін.

Антистарителі – це речовини, які уповільнюють процес старіння гуми. Таку функцію виконують парафін, віск тощо.

Регенерат – це продукт переробки гумових виробів і відходів гумового виробництва. Використання регенерату знижує вартість гуми і її схильність до старіння.

Гумові матеріали за призначенням поділяються на гуми загального призначення, спеціального призначення, теплостійкі, стійкі до зношення.

До групи гумових матеріалів загального призначення належать гуми, які отримують при вулканізації таких каучуків:

- натурального (НК) - $(C_5H_8)_n$;
- синтетичного бутадієнового (СКБ) - $(C_4H_6)_n$;
- бутадієнстирольного (СКС);
- синтетичного ізопренового (СКИ) - $(C_5H_8)_n$.

До групи гумових матеріалів спеціального призначення належать вулканізати таких каучуків:

- хлоропренового (наїріт) – $(CH_2 = CCl - CH = CH_2)$;

– бутадієннітрільного (СКН) – $(-CH_2 - CH = CH - CH_2 - CHCN-)$;

– полісульфідного $(-CH_2 - CH_2 - S_2 - S_2-)$.

Теплостійку гуму отримують при вулканізації синтетичного теплостійкого каучука (СКТ) з хімічною формулою $\dots - Si(CH_3)_2 - O - Si(CH_3)_2 - \dots$, а стійку до зношення гуму – при вулканізації поліуретанового каучука (СКУ).