

Неметалеві матеріали

До неметалевих матеріалів відносять пластмаси, гуми, деревину, клеї, лакофарбові матеріали тощо. В машинобудуванні неметалеві матеріали широко використовують для виготовлення з них різноманітних виробів, а також як замітники металів. Неметалеві матеріали забезпечують необхідні механічні властивості, хімічну стійкість, водо- та газонепроникність, високі ізоляційні властивості та інші цінні якості.

Полімери

Полімерами називають речовини, макромолекули яких складаються з численних елементарних ланок (мономерів) однакової структури. Властивості цих речовин визначаються не тільки хімічним складом молекул, але і їх взаємним розташуванням і будовою.

Макромолекула полімеру – це ланцюг, що складається з окремих ланцюжків. Поперечний переріз ланцюга дорівнює кільком ангстремам, а довжина – кільком тисячам ангстрем. Тому макромолекулам полімеру властива гнучкість, яка є однією з основних їх особливостей.

Натуральний каучук, целюлоза, слюда, азбест, природний графіт – усі вони є природними полімерами. Однак основною групою є синтетичні полімери, які отримують в процесі хімічного синтезу з низькомолекулярних сполук. Синтезом можна отримувати полімери з різноманітними властивостями і навіть створювати матеріали із заздалегідь заданими характеристиками (властивостями). Своєрідність властивостей полімерів зумовлена структурою їх макромолекул. За формою макромолекул полімери поділяються на:

- лінійні;
- розгалужені;
- сітчасті (плоскі, просторові).

Лінійні макромолекули полімеру мають довгу зигзагоподібну форму або є закрученими в спіраль ланцюжками. Гнучкі макромолекули з високою міцністю вздовж ланцюга і слабкими міжмолекулярними зв'язками забезпечують еластичність матеріалу, здатність його розм'якшуватися при нагріванні, а при охолодженні знову тверднути. Більшість таких полімерів розчиняються у певних розчинниках. Лінійні полімери є найбільш придатними для отримання волокон і плівок (наприклад, поліетилен, поліаміди та інші).

Сітчасті (просторові) полімери мають високу пружність (наприклад, м'які гуми). Густосітчасті (просторові) полімери відрізняються твердістю, підвищеною теплостійкістю, нерозчинністю. Полімери можуть бути в аморфному та кристалічному стані. При переході полімеру з аморфного до кристалічного стану суттєво змінюються його фізико-механічні властивості, підвищуються міцність та теплостійкість. До полімерів, що кристалізуються, відносяться поліетилен, поліпропілен, поліаміди тощо. Кристалізація їх здійснюється в певному інтервалі температур. За звичайних умов повної кристалізації не відбувається. В зв'язку з цим реальні полімери мають двофазну структуру: нарівні з кристалічною фазою є й аморфна. Кристалічний стан надає полімеру підвищену теплостійкість, велику міцність. За відношенням до нагріву полімери поділяють на термопластичні і термореактивні:

- термопластичні полімери при нагріванні розм'якшуються (навіть плавляться), а при охолодженні тверднуть. Цей процес є зворотнім. Структура макромолекул таких полімерів лінійна або розгалужена. Типовими представниками термопластів є поліетилен, полістирол, поліамід та інші;
- термореактивні полімери на першій стадії утворення мають лінійну структуру і при нагріванні розм'якшуються, потім внаслідок хімічних реакцій тверднуть (утворюють

просторову структуру) і надалі залишаються твердими. Твердий стан полімеру називається термостабільним. Прикладом термореактивних полімерів можуть служити фенолформальдегідна, гліфталева та інші смоли.

Механічні властивості полімерів (міцність, пружність) залежать від структури, фізичного стану, температури тощо. Полімери можуть знаходитися в трьох фізичних станах: склоподібному, високоеластичному і в'язкотекучому:

- склоподібний стан характеризується тим, що атоми, які входять до складу молекулярного ланцюга, здійснюють коливальні рухи навколо положення рівноваги; рух ланцюгів і переміщення макромолекул не відбувається;
- високоеластичний стан властивий тільки високомолекулярним полімерам і характеризується здатністю матеріалу до великих зворотних змін форми при невеликих навантаженнях (ланцюги коливаються і макромолекула набуває здатності згинатися);
- в'язкотекучий стан нагадує рідкий стан, але відрізняється від нього дуже великою в'язкістю. Зі зміною температури лінійний або розгалужений полімер може перейти з одного фізичного стану в інший.

Старіння полімерів. Під старінням полімерних матеріалів розуміють незворотну зміну найважливіших технічних характеристик, що відбуваються внаслідок складних хімічних і фізичних процесів, які розвиваються в матеріалі при експлуатації і зберіганні. Причинами старіння є світло, теплота, кисень, озон та інші немеханічні чинники. Старіння прискорюється при багаторазових деформаціях. Менш істотно на старіння впливає волога. Розрізняють старіння: теплове; світлове; озонне; атмосферне. Суть процесу старіння полімерів полягає в складній ланцюговій реакції, яка протікає з утворенням вільних радикалів та супроводжується деструкцією (руйнуванням зв'язків між атомами та молекулами) і структуруванням полімеру. Зазвичай старіння є результатом окислення полімеру атмосферним киснем. При структуруванні підвищуються твердість, крихкість, спостерігається втрата еластичності. При температурах 200 – 500 °C і вище відбувається термічне розкладання органічних полімерів, що супроводжується випаровуванням летючих речовин.

Пластмаси – це штучні матеріали, які виготовляють на основі органічних полімерних речовин. Ці матеріали здатні при нагріванні розм'якшуватися, ставати пластичними. Тоді під тиском їм можна надати задану форму, яка потім зберігається. Залежно від природи зв'язуючої речовини перехід відформованої маси в твердий стан здійснюється при подальшому її нагріванні або охолодженні. Зв'язуюча речовина є обов'язковим компонентом пластмас. Для більшості пластмас – це синтетичні смоли, рідше - ефірцелюлози. Більшість пластмас (термопластичні) складаються з однієї зв'язуючої речовини (наприклад, поліетилен, органічне скло тощо). Важливим компонентом пластмас є наповнювач - порошкоподібні, волокнисті та речовини органічного і неорганічного походження. Наповнювачі підвищують механічні властивості, знижують усадку при пресуванні й додають матеріалу відповідних специфічних властивостей (наприклад, фрикційні, антифрикційні). Для підвищення пластичності в напівфабрикат додають пластифікатори (органічні речовини з високою температурою кипіння і низькою температурою замерзання), наприклад олеїнову кислоту, стеарин, дибутилфталат тощо. Пластифікатори надають пластмасам еластичність, що полегшує їх обробку. Властивості пластмас залежать від складу окремих компонентів, їх поєднання і кількісного співвідношення, що дає можливість змінювати характеристики пластмас в широких межах. Залежно від природи зв'язуючої речовини пластмаси поділяють на термопластичні (термопласти) – на основі термопластичних полімерів, і термореактивні (реактопласти) – на основі термореактивних смол. Термопластичні зручні для переробки у виробі, дають незначну усадку при формуванні (1 - 3 %). Матеріал відрізняється великою

пружністю і незначною крихкістю. Термореактивні полімери після тверднення і переходу зв'язуючого в термостабільний стан крихкі, часто дають значну усадку (до 10 - 15 %) при переробці до їх складу вводять зміцнюючі наповнювачі.

Термопластичні пластмаси

Основу цих пластмас складають полімери лінійної або розгалуженої структури, такі як поліетилен. Термопластичні пластмаси застосовують як прозоре органічне скло, високо- і низькочастотні діелектрики, хімічно стійкі матеріали. Деталі, виготовлені з таких матеріалів, експлуатуються в обмеженому інтервалі температур. При нагріванні до температур вище 60 - 70 °C починається різке зниження фізико-механічних властивостей пластмаси, хоча більш теплостійкі пластмаси можуть використовуватися при 150 - 250 °C. Термостійкі полімери з жорсткими ланцюгами і циклічною структурою стійкі до 400 - 600 °C.

Поліетилен – продукт полімеризації етилену, є хімічно стійким. Недоліком його є схильність до старіння. Для захисту від старіння в поліетилен вводять стабілізатори та інгібітори (2-3 % сажі уповільнюють процеси старіння у 30 разів). Поліетилен використовують для виготовлення литих труб і пресованих несилкових деталей (наприклад, вентилі, контейнери), поліетиленових плівок для ізоляції дроту і кабелів, чохлів, скління парників, облицювання водоймищ. Крім того, поліетилен використовують як покриття на металах для захисту від корозії, вологи, електричного струму тощо.

Поліпропілен є похідним етилену. Це жорсткий нетоксичний матеріал з високими фізико-механічними властивостями. У порівнянні з поліетиленом цей пластик більш теплостійкий зберігає форму до температури 150 °C. Поліпропіленові плівки міцні і більш газонепроникні, ніж поліетиленові, а волокна еластичні, міцні і хімічно стійкі. Недоліком пропілену є невисока морозостійкість (до -10 - -20 °C). Поліпропілен використовують для виготовлення труб, конструкцій і деталей автомобілів, мотоциклів, холодильників, корпусів насосів, різних ємностей тощо.

Полістирол – твердий, міцний, прозорий, аморфний полімер. За діелектричними характеристиками близький до поліетилену, зручний – твердий, міцний, прозорий, аморфний полімер, зручний для механічної обробки, добре забарвлюється. Полістирол розчиняється в неполярних розчинниках (наприклад, бензолі), водночас він хімічно стійкий до кислот і лугів; нерозчинний в спиртах, бензині, маслах, воді. Недоліком полістиролу є його невисока теплостійкість, схильність до старіння та утворення тріщин. Ударостійкий полістирол має у 3 - 5 разів більшу міцність на удар і у 10 разів більше відносне видовження порівняно зі звичайним полістиролом. З полістиролу виготовляють деталі для радіотехніки, деталі машин і механізмів, ємності для води і хімікатів, плівки, труби тощо.

Фторопласт – термічно і хімічно стійкий матеріал. Основним представником полімерів, що містять фтор, є поліфторетилен. Нагрівання до 250 °C не впливає на його механічні властивості, тому використовувати фторопласт можна до цієї температури. Руйнування відбувається при температурі вище 415 °C. Температура силування становить -120 °C, але навіть при дуже низьких температурах (до -260 °C) пластик не окрихчується. Фторопласт стійкий до дії розчинників, кислот, лугів, окислювачів. Це найбільш високоякісний діелектрик і його діелектричні властивості в широкому діапазоні температур майже не змінюються. Фторопласт має дуже низький коефіцієнт тертя ($f=0,04$), який зберігається до температури 327 °C. Фторопласт застосовують при виготовленні труб для хімікатів, деталей (вентилі, крани, насоси, мембрани), ущільнюючих прокладок,

манжет, сальфонів, електрорадіотехнічних деталей, антифрикційних покриттів на металах (підшипники, втулки).

Органічне скло – це прозорий аморфний термопласт на основі складного ефіру акрилової і метакрилової кислот. Матеріал у два рази легший за мінеральне скло ($\rho=1,18 \text{ г/см}^3$), відрізняється високою атмосферною стійкістю, оптично прозорий (світлопрозорість 92 %), пропускає 75 % ультрафіолетових променів (силікатне скло пропускає 0,5 %). При 80 °C органічне скло починає розм'якшуватися, при 105 - 150 °C з'являється пластичність, що дозволяє формувати з нього різні деталі. Недоліком органічного скла є невисока поверхнева твердість. Органічне скло використовують в літако- і автомобілебудуванні. З органічного скла виготовляють світлотехнічні деталі, оптичні лінзи тощо.

Вініпласт – не пластифікований твердий полівінілхлорид. Вініласти мають високу механічну міцність і пружність. З нього виготовляють труби для подачі агресивних газів, рідин і води, захисні покриття для електропроводки, деталі вентиляційних установок, теплообмінників, захисні покриття для металевих ємностей, будівельні облицьовувальні плитки. Крім того, вініпластом облицьовують гальванічні ванни. Недоліками цього матеріалу є низька міцність і робоча температура під навантаженням (60 - 70 °C), великий коефіцієнт лінійного розширення, крихкість при низьких температурах ($t_{кр}=-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{т}=90 - 95 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

Термореактивні пластмаси

В цих пластмасах як зв'язуючі речовини застосовують термореактивні смоли, до яких іноді вводять пластифікатори, прискорювачі або уповільнювачі та розчинники. Основними вимогами до зв'язуючих речовин є висока здатність до склеювання (адгезія), висока теплостійкість, хімічна стійкість і електроізоляційні властивості, простота технологічної переробки, назначна усадка і відсутність токсичності. Для виробництва пластмас широко використовують фенолформальдегідні, кремнійорганічні, епоксидні смоли та різні їх модифікації. Більш високою адгезією до наповнювача володіють епоксидні зв'язуючі речовини, які дозволяють отримувати армовані пластики з високою механічною міцністю. Теплостійкість склопластиків при тривалому нагріванні становить: на кремнійорганічному зв'язуючому від 260 °C до 370 °C, на фенолформальдегідному – до 260 °C, на епоксидному – до 200 °C і на поліамідному зв'язуючому 280 - 350 °C. Важливою властивістю епоксидних смол є здатність їх до твердіння не тільки при підвищеній, але й при кімнатній температурах без виділення побічних продуктів з мінімальною усадкою. Це дає змогу виготовляти з них великогабаритні вироби.

Скловолокніти – це матеріали, що складаються зі зв'язуючого – синтетичної смоли і скловолокнистого наповнювача. Скловолокно отримують продавлюванням розплавленої скломаси крізь фільтри (отвори у днищі електропечі). Як наповнювач застосовують суцільне або коротке волокно. Властивості скловолокна залежать також від вмісту в нього луку. До термотривких відносяться кварцове, кремнеземне, алюмосилікатне ($t_{пл}=1650 - 1700 \text{ }^{\circ}\text{C}$) волокна. Скловолокно не горить, хімічно стійке, а також стійке до дії ультрафіолетових променів. Механічні властивості скловолокна дозволяють пресувати з нього деталі складної форми з металевою арматурою. Матеріал має ізотропні характеристики міцності, набагато вищі, ніж у преспорошків і волокнітів. Застосовують їх для виготовлення силових електротехнічних деталей, деталей в машинобудуванні, для великогабаритних виробів простої форми (кузови автомашин, човнів, корпуси приладів тощо).

Гетинакс отримують на основі модифікованих фенольних, аніліноформальдегідних, карбомідних смол і різних сортів паперу. За призначенням гетинакс поділяють на електротехнічний (для панелей, щитків) і декоративний, який може мати різні кольори і текстуру (імітує породи дерева). Пластик можна застосовувати при температурі 120 - 140 °С. Він стійкий до дії хімікатів, розчинників, харчових продуктів; використовується для внутрішнього облицювання пасажирських салонів літаків, залізничних вагонів, кают суден, у виготовленні меблів.

Текстоліт (зв'язуюче – термореактивні смоли, наповнювач – бавовняні тканини). Серед шаруватих пластиків текстоліт найбільш здатний поглинати вібраційні навантаження, чинити опір розколюванню. Залежно від призначення текстоліти поділяють на конструкційні (ПТК, ПТ, ПТМ), електротехнічні, графітізовані, гнучкі, прокладочні. Текстоліт як конструкційний матеріал застосовується для зубчастих коліс, які працюють безшумно при частоті обертання до 30000 об/хв. Довговічність текстолітових вкладишів підшипників у 10 - 15 разів довша за бронзові. Проте робоча температура текстолітових підшипників невисока (80 - 90 °С). Вони застосовуються в прокатних станах, відцентрованих насосах, турбінах тощо.

Азботекстоліт містить 38 - 43 % зв'язуючої речовини, решта – азбестова тканина. Азботекстоліт є конструкційним, фрикційним і термоізоляційним матеріалом. Найбільшу теплостійкість має матеріал на кремнійорганічному зв'язуючому (300 °С). З азботекстоліту виготовляють лопатки ротаційних бензонасосів, фрикційні диски, гальмівні колодки (без змащення коефіцієнт тертя $f=0,3 - 0,38$, з мастилом $f=0,05 - 0,07$). Азботекстоліт короткочасно витримує високі температури та застосовується як теплозахисний і теплоізоляційний матеріал (протягом 1 - 4 год витримує температуру 250 - 500 °С і короткочасно – біля 3000 °С).

Склотекстоліт на фенол формальдегідному зв'язуючому недостатньо вібраційно-міцний, але порівняно зі звичайним текстолітом він більш теплостійкий і має кращі електроізоляційні властивості. Склотекстоліти на основі кремнійорганічних смол (СТК, СК-9Ф, СК-9А) мають відносно невисоку механічну міцність, але відрізняються високою тепло- і морозостійкістю, стійкі до окислювачів та інших хімічно активних реагентів, не викликають корозії металів. Епоксидні зв'язуючі (ЕД-8, ЕД-10) забезпечують склотекстолітам високі механічні властивості, що дає змогу виготовляти з них великогабаритні деталі. Склотекстоліти на основі ненасичених полієфірних смол (ПН-1) також не потребують високого тиску при пресуванні і застосовуються для виготовлення великогабаритних деталей. Склопластики можуть працювати тривалий час при 200 - 400 °С, однак короткочасно – протягом кількох десятків секунд – склопластики витримують кілька тисяч градусів. За дії високих температур поверхневі шари матеріалу вигорають. Теплопровідність пластиків у сотні разів менша за метали, тому за короткочасної дії високої температури внутрішні шари нагріваються до 200 - 350 °С і зберігають міцність. Склопластики є конструкційним матеріалом, який використовують для силових виробів у різних галузях техніки (несучі деталі літаків, кузови і кабіни автомобілів, автоцистерни, залізничні вагони, корпуси суден). Зі склопластиків виготовляють корпуси машин, кожухи, захисні огорожі, вентиляційні труби, бачки, рукоятки, контейнери.

Гумові матеріали

Гумою називається продукт хімічного перетворення (вулканізації) суміші каучуку та сірки з різними добавками. При виготовленні гуми та гумових виробів спочатку отримують сиру гуму (суміш усіх цих речовин), після чого проводять вулканізацію при 145 - 150 °С.

При вулканізації змінюється молекулярна структура полімеру (утворюється просторова сітка), що приводить до зміни його фізико-механічних властивостей: різко зростає міцність на розтяг і еластичність каучуку, а пластичність майже повністю зникає (наприклад, натуральний каучук має $\sigma_B = 1,0 - 1,5$ МПа, після вулканізації $\sigma_B = 35$ МПа). Крім того, збільшується твердість та опір зношуванню. Гума як технічний матеріал відрізняється від інших матеріалів високою еластичністю, яка властива каучуку – головному вихідному компонентів гуми. Вона здатна до дуже значних деформацій (відносно подовження перевищує 1000 %), які майже повністю зворотні. При кімнатній температурі гума перебуває у високо еластичному стані. Її еластичні властивості зберігаються в широкому діапазоні температур. Особливістю гуми як технічного матеріалу є релаксаційний характер деформації. При кімнатній температурі час релаксації може становити 4 - 10 с і більше. Для гумових виробів характерні висока стійкість до стирання, газо- і водонепроникність, хімічна стійкість, електроізоляційні властивості та незначна питома вага. Сукупність технічних властивостей гумових матеріалів дає змогу застосовувати їх для амортизації та демпфірування, ущільнення і герметизації в умовах повітряних і рідких середовищ, хімічного захисту деталей машин, трубопроводів, шлангів, для покришок і камер літаків та автотранспорту тощо. Номенклатура гумових виробів налічує понад 40 000 найменувань.

За призначенням у машинобудуванні гумові деталі поділяють на такі групи:

- ущільнювачі;
- вібро- та звукоізолятори;
- протиударні;
- силові (шестерні, корпуси насосів, муфти, шарніри);
- антифрикційні;
- фрикційні деталі та інструменти;
- несилові та захисні;
- декоративні.

Склад і класифікація гум

Основою гуми слугує натуральний (НК) або синтетичний (СК) каучук, який визначає основні властивості гумового матеріалу. Для покращання фізико-механічних властивостей до каучуку додають різні добавки:

- вулканізуючі речовини (агенти) – найчастіше застосовують сірку і селен, іноді – перекиси для гуми електротехнічного призначення замість елементарної сірки (яка взаємодіє з міддю) застосовують органічні сірчисті сполуки – тіурам;
- антиоксиданти – речовини, що сповільнюють процес старіння гуми, який призводить до погіршення її експлуатаційних властивостей. Для цього використовують парафін та віск, що утворюють поверхневі захисні плівки;
- пластифікатори (розм'якшувачі) полегшують переробку гумової суміші, збільшують еластичні властивості каучуку, підвищують морозостійкість гуми. Як розм'якшувачі у гуму вводять парафін, вазелін, стеаринову кислоту, бітуми, рослинні олії. Кількість розм'якшувачів становить 10 - 30 % від маси каучуку;
- наповнювачі за впливом на каучук поділяють на активні (підсилюючі) та неактивні (інертні). Активні наповнювачі (вуглецева та біла сажа, кремнієва кислота, оксид цинку й інші) підвищують механічні властивості гум: міцність, опір стиранню, твердість. Неактивні наповнювачі (крейда, тальк, барит) вводяться для здешевлення вартості гуми. Часто до складу гумової суміші вводять продукт переробки старих гумових виробів і відходів гумового виробництва (регенерат). Крім зниження вартості, регенерат підвищує якість гуми, знижуючи її схильність до старіння;

- барвники мінеральні або органічні вводять для забарвлення гум. Деякі фарбуючі речовини (білі, жовті, зелені) поглинають короткохвильову частину сонячного спектра і цим захищають гуму від світлового старіння.

Основним компонентом гуми крім каучуку є сірка. Залежно від кількості сірки, що вводиться в гуму, одержують різну частоту сітки полімеру. При введенні 1 - 5 % сірки утворюється рідка сітка і гума виходить високо еластичною, м'якою. Зі збільшенням процентного вмісту сірки сітчаста структура стає все щільнішою, а гума – більш твердою. При максимально можливому (30 %) насиченні каучуку сіркою утворюється твердий матеріал, що має назву ебоніт.

Гуми загального призначення

До таких гум відносять вулканізати неполярного каучуку – натуральний каучук (НК), синтетичний каучук бутадієновий (СКБ), бутадієн-стирольний каучук (СКС), синтетичний каучук ізопренів (СКИ).

Натуральний каучук (НК) є полімером ізопрену $(C_5H_8)_n$. Розчиняється він у жирних і ароматичних розчинниках (бензині, бензолі, хлороформі, сірковуглеці тощо), утворюючи в'язкі розчини, що використовують як клеї. При нагріванні вище 80 - 100 °C каучук стає пластичним і при 200 °C починає розкладатися. При -70 °C НК стає крихким. Для отримання гуми НК вулканізують сіркою. Гуми на основі НК відрізняються високою еластичністю, міцністю, водо- і газонепроникністю, високими електроізоляційними властивостями.

Синтетичний каучук бутадієновий (СКБ) отримують за методом Лебедєва. Формула полібутадієну $(C_4H_6)_n$. Це некристалічний каучук, що має низьку межу міцності при розтягуванні. В гуму на його основі необхідно вводити посилюючі наповнювачі (сажу, оксид, цинк та інші). Морозостійкість СКБ невисока (-40 - -45 °C). Розбухає він у тих же розчинниках, що і НК.

Бутадієн-стирольний каучук (СКС) отримують при спільній полімеризації бутадієну (C_4H_6) і стиролу $(CH_2=CH-C_6H_5)$. З такого каучуку отримують гуми з високим опором старінню, які добре працюють в умовах циклічних деформацій. За газонепроникністю і діелектричними властивостями вони рівноцінні гумам на основі НК. Каучук СКС-10 можна використовувати при температурах – 74 - -77 °C.

Синтетичний каучук ізопреновий (СКИ) – це продукт полімеризації ізопрену C_5H_8 . Отримання СКИ стало можливим у зв'язку з використанням нових видів каталізаторів (наприклад, літію). За будовою, хімічним і фізико-механічними властивостями СКИ близький до натурального каучуку.

Гуми загального призначення можуть працювати в середовищі води, повітря, неконцентрованих розчинів кислот і лугів. Інтервал робочих температур становить від -35 - -50 до 80 - 130 °C. З таких гум виготовляють шини, паси, шланги, транспортні стрічки, ізоляцію кабелів, різні гумотехнічні вироби.

Як і пластмаси, гуми схильні до процесу старіння, яке спостерігається при зберіганні та експлуатації гумових виробів під впливом світла, тепла, кисню та озону. Старіння по різному позначається на механічних властивостях гум. Температура і тривалість старіння звичайно зумовлюють зниження міцності та підвищення твердості різних гум.

Гуми спеціального призначення

Такі гуми поділяють на: маслобензостійкі, теплостійкі, світлоозоностійкі, зносостійкі, електротехнічні, стійкі до гідравлічних рідин.

Маслобензостійкі гуми отримують на основі каучуку хлоропренового (на ірит), бутадієн-нітрильного та тіоколу. Наірит є хлоропреновим каучуком. Вулканізація може проводитися термообробкою, навіть без сірки, оскільки під дією температури каучук переходить в термостабільний стан. Гуми на основі наіриту мають високу еластичність,

вібростійкість, озоностійкість. Вони стійкі до дії палива і мастил, чинять опір тепловому старінню. За термостійкістю і морозостійкістю (-35 - -40 °C) вони поступаються як НК, так і СК.

Бутадієн-нітрильний каучук (СКН) – це продукт спільної полімеризації бутадієну з нітрилом акрилової кислоти. Вулканізують СКН за допомогою сірки. Гуми на основі СКН мають високу міцність ($\sigma_v=0,34$ МПа), спроможні чинити опір стиранню, але за еластичністю поступаються гумам на основі НК, мають високу стійкість щодо старіння та дії розбавлених кислот і лугів.

Маслобензостійкі гуми працюють в середовищі бензину, палива, мастил в інтервалі температур від -30 - -50 °C до 100 - 130 °C. Гуми на основі СКН застосовують для виробництва пасів, транспортерних стрічок, металорукавів, маслобензостійких гумових деталей (ущільнюючі прокладки, манжети тощо).

Механічні властивості гуми на основі тіоколу невисокі. Еластичність гум зберігається при температурі – 40 - - 60 °C. Теплостійкість не перевищує 60 - 70 °C. Морозостійкими є гуми на основі каучуку, що мають низькі температури силування. Наприклад, гуми на основі СКС можуть працювати при температурі до - 60 °C.

Зносостійкі гуми отримують на основі поліуретанових каучуків СКУ. Такі каучуки мають високу міцність, еластичність, опір стиранню, маслобензостійкість, а його газонепроникність в 10 - 20 разів вища за НК. Робочі температури гум на його основі становлять від – 30 до 130 °C.

Гуми на основі СКУ застосовують для виготовлення автомобільних шин, транспортерних стрічок, взуття, для обкладання труб і жолобів, якими транспортуються абразивні матеріали, тощо.

Контрольні запитання

1. З яких компонентів виготовляють пластмаси?
2. Яка відмінність фізико-механічних властивостей термопластичних і термореактивних пластмас?
3. У чому полягає процес старіння пластмас і чим це викликано?
4. Що складає основу термопластичних і термореактивних пластмас?
5. Що таке гума та з яких компонентів вона складається?
6. Яка існує класифікація гуми?
7. Які бувають гуми спеціального призначення і де їх використовують?