

Bài tập: Môn Tính chất cơ lý polymer

Về tính chất cơ lý, một số tính chất gia công các loại polymer nhiệt dẻo, nhiệt rắn, composite, cao su

Lớp: 12kvl

Họ tên: Trương Quang Trung

MSSV:1219321

A. NHỰA NHIỆT DẸO

1. Khái niệm:

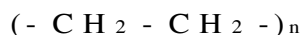
Nhựa nhiệt dẻo là nhóm vật liệu Polyme có khả năng lặp lại nhiều lần quá trình chảy mềm dưới tác dụng nhiệt và trở nên đóng rắn (định hình) khi được làm nguội. Trong quá trình tác động nhiệt của nó chỉ thay đổi tính chất vật lý không có phản ứng hóa học xảy ra.

Do đặc tính như vậy mà nhựa nhiệt dẻo có khả năng tái sinh nhiều lần, chính vì vậy mà những phế phẩm phát sinh trong quá trình sản xuất đều có khả năng tái chế được.

2. Một số loại nhựa nhiệt dẻo thông dụng

2.1 PE (Polyethylene)

2.1.1 Công thức cấu tạo



2.1.2 Phân loại

STT	TÊN	TỈ TRỌNG	Chỉ số chảy (g/10phút)
-----	-----	----------	---------------------------

1	HDPE (high density polyethylene)	0.95 – 0.97 (độ kết tinh lớn có cấu tạo mạch thẳng)	0.1 - 20
2	LDPE (low density polyethylene)	0.91 – 0.93 (độ kết tinh thấp)	0.1 – 60
3	LLDPE (linear low density polyethylene)	Có khối lượng riêng thấp, mạch thẳng, có T_{nc}^0 thấp.	0.9 – 50

2.1.3 Các thông số cơ bản

Thông số	HDPE	LDPE
Tỉ trọng	0.95 – 0.96	0.92 – 0.93
Độ hút nước trong 24 giờ	< 0.01%	< 0.02%
Độ kết tinh (%)	85 – 95	60 – 70
Điểm hoá mềm ($^{\circ}\text{C}$)	120	90
Nhiệt độ chảy ($^{\circ}\text{C}$)	133	112
Chỉ số chảy g/10phút	0.1 – 20	0.1 – 60
Độ cứng Shore	60 – 65	30 – 35
Độ giãn dài (%)	200 – 400	400 – 600
Lực kéo đứt (kg/cm^2)	220 – 300	114 – 150

2.1.4 Tính chất

- ❖ Mờ và màu trắng, tỉ trọng nhỏ hơn 1.
- ❖ Là polymer kết tinh, mức độ kết tinh phụ thuộc mật độ mạch nhánh, mạch nhánh nhiều thì độ kết tinh thấp.
- ❖ Độ hoà tan:
 - + Ở nhiệt độ thường, PE không tan trong bất cứ dung môi nào, nhưng dễ tiếp xúc lâu với khí hidrocarbon thơm đã clo hóa thì bị trương.
 - + Ở nhiệt độ trên 70°C , PE tan yếu trong toluene, xilen, amin axetat, dầu thông, paraffin...

+ Ở nhiệt độ cao, PE cũng không tan trong nước, rượu béo, acid axetic, acetone, ête êtylic, glyxêrin, dầu lạnh và một số dầu thảo mộc khác...

- ❖ Khi đốt với ngọn lửa có thể cháy và có mùi paraffin.
 - ❖ Cách điện tốt.
 - ❖ Độ kháng nước cao, không hút ẩm.
 - ❖ PE không phân cực nên có độ chống thấm cao đối với hơi của những chất lỏng phân cực.
 - ❖ Kháng hóa chất tốt.
 - ❖ Kháng thời tiết kém, bị lão hóa dưới tác dụng của oxi không khí, tia cực tím, nhiệt.
- Trong quá trình lão hóa độ đàn hồi tương đối và độ chịu lạnh của polymer giảm, xuất hiện tính giòn và nứt.

- ❖ Độ bám dính kém.

2.1.5 Ứng dụng

- ❖ Giấy cách điện, dây cáp và chi tiết điện, màng và tấm
- ❖ Sản phẩm kháng dung môi và dầu nhờn: thùng chứa dung môi, chai lọ, bao bì...
- ❖ Sản phẩm công nghiệp: két nước ngọt, két bia (cần chất chống UV), nắp chai nước tương, nắp chai tương ớt (không cần chất chống UV)...

2.1.6 Quá trình gia công

Nguyên liệu để sản xuất PE là etylen (C_2H_4), chủ yếu thu được từ việc cracking dầu mỏ

Nhựa Polyetylen có nhiều loại: HDPE, LDPE, LLDPE, VLDPE, nhưng trong thị trường phổ biến là 2 loại HDPE và LDPE.

HDPE là PE có khối lượng riêng lớn. Có thể sản xuất theo 2 phương pháp:

+Áp suất trung bình (30 ÷ 40 atm)

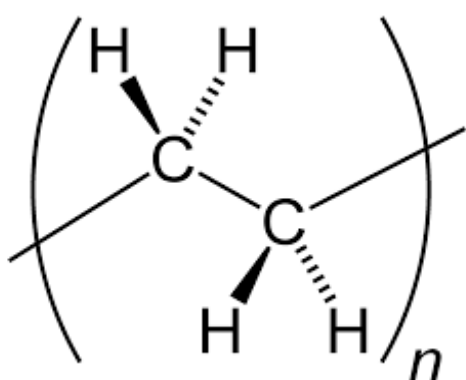
+Áp suất thấp (3 ÷ 4 atm)

LDPE là PE có khối lượng riêng bé. Sản xuất theo phương pháp áp suất cao (1500 ÷ 2500 atm).

• Cấu tạo

Phân tử polyetylen có cấu tạo mạch thẳng dài gồm những nhóm etylen, ngoài ra còn có những mạch nhánh. PE là polymer không phân cực, monome lưỡng cực $\mu_0 \approx 0$.

Nếu mạch nhánh càng nhiều và càng dài thì độ kết tinh càng kém. PE có độ kết tinh tương đối cao và khác nhau đối với mỗi loại. Trong PE phần tinh thể làm cho mạch cứng nên bền nhiệt độ, bền với tác dụng cơ học, còn phần vô định hình làm cho mạch mềm.

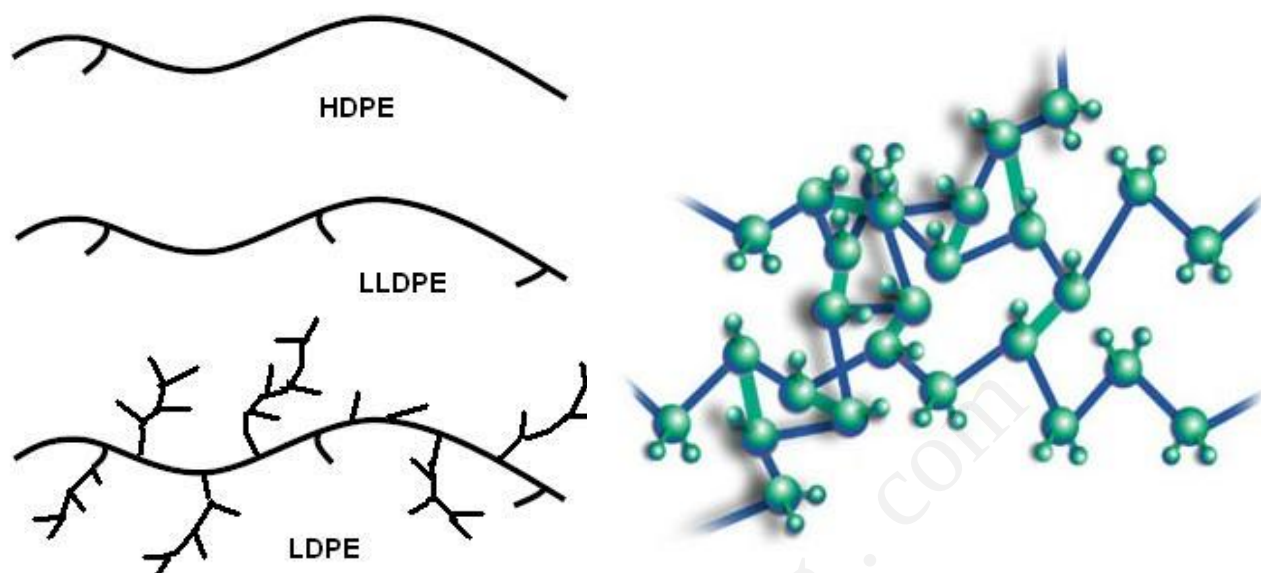


Cấu tạo của PE phụ thuộc vào phương pháp sản xuất. Polyethylene thường được phân loại theo tỷ trọng, khối lượng trên đơn vị thể tích (g/cm^3 hay lb/in^3). Khi nào bất kỳ polymer nguội từ trạng thái nóng chảy, một số mạch polymer có thể sắp xếp thành những vùng kết tinh có trật tự cao, xếp chặt. Điều này sẽ xảy ra ở những vùng có mẫu dạng lặp lại và mang những phân tử dài. Trong những vùng có mẫu dạng bất thường, như những điểm rẽ nhánh hay đầu mạch, sự kết tinh không xuất hiện và những vùng này được gọi là vô định hình (vô trật tự). Một số polymer, như polystyrene thương mại, thì hoàn toàn vô định hình vì sự cản trở toàn bộ cấu trúc phân tử đã ngăn sự kết tinh

Low-Density Polyethylene (LDPE)

Polyethylen thấp tỷ trọng (LDPE) được tổng hợp theo một cách hình thành polymer nhiều nhánh. Nó có nhiều mạch nhánh ngắn (mạch C4-C6) và các mạch nhánh dài (với số C gần bằng mạch chính) xếp dọc mạch chính và cả hệ kéo dài như xương sống. Những điểm rẽ nhánh dọc trên mạch chính như những điểm gây tan rã trật tự của hệ thống và ngăn sự kết tinh cục bộ. Hệ quả của mức độ kết tinh thấp là tỷ trọng thấp. LDPE thường có tỷ trọng $0,91 - 0,93 \text{ g/cm}^3$

LDPE tương đối dễ gia công nhiệt. So với các cấp PE khác, nó nóng chảy ở vùng nhiệt độ tương đối thấp (105 tới 115°C) và không đòi hỏi động cơ máy đùn công suất lớn. LDPE dùng cho thổi màng tương đối nhót, nhưng nhờ phạm vi rộng về độ phân nhánh tạo ra vùng gia công khá rộng và độ bền cao trong bong bóng nóng chảy. Nhờ bong bóng ổn định mà trong gia công màng thổi ta có thể chạy kiểu ống trụ dài, hay còn gọi là đường sương thấp (low frost-line height, pocket bubble). Màng thổi từ LDPE cho cảm giác mềm mại. Ngoài ra, dán nhiệt LDPE rất dễ.



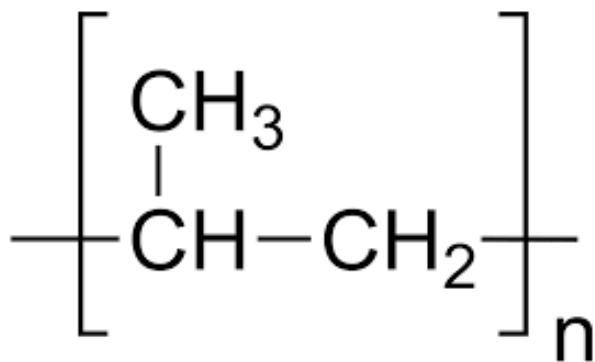
Cấu trúc không gian của PE

High-Density Polyethylene (HDPE)

Polyethylene tỷ trọng cao (HDPE) được tổng hợp bởi một phương pháp rất khác với cách tổng hợp LDPE. Kết quả là polymer thu được có mạch rất thẳng. Thật ra, HDPE được trùng hợp với một ít comonomer tạo vài nhánh mạch ngắn được đặt cố ý dọc theo mạch chính để làm polymer dễ gia công hơn. Mạch polymer thẳng và ít nhánh kênh càng này làm cho polymer có độ kết tinh cao. HDPE do vậy có tỷ trọng cao hơn LDPE và nằm trong khoảng 0.93 to 0.96 g/cm^3 . Do độ kết tinh cao và cấu trúc phân tử đồng nhất hơn LDPE, HDPE có nhiệt độ nóng chảy cao hơn (130 đến 135°C) và vùng gia công hẹp hơn. Nó cũng đòi hỏi động cơ đùn công suất cao hơn. HDPE có độ bền dai cao hơn trong các polyethylene. Một số quy trình cải tiến gia công HDPE có thể cho sản phẩm màng mỏng $0.008 - 0.01\text{mm}$. Hơn nữa, nhờ độ kết tinh cao, màng thổi HDPE có tính cản khí tốt hơn các màng từ LDPE.

2.2 PP (polypropylene)

2.2.1 Công thức cấu tạo



2.2.2 Các thông số cơ bản

- + Tỷ trọng : 0,9 - 0,92
- + Độ hấp thụ nước trong 24h: <0,01%
- + Độ kết tinh : 70%
- + Nhiệt độ nóng chảy : 160°C – 170°C
- + Chỉ số chảy : 2 – 60 g/10 phút
- + Độ cứng Shore (ASTM – D2240) : 90-95
- + Lực kéo đứt : 250 – 400 kg/cm²
- + Độ giãn dài : 300 – 800%

2.2.3 Tính chất

- + Không màu, bán trong suốt.
- + Độ bền kéo, độ cứng cao hơn PE.
- + Cách điện tần số cao tốt.
- + Chịu va đập kém.
- + Kháng nhiệt tốt hơn PE, đặc biệt tính chất cơ học tốt ở nhiệt độ cao.
- + Dòn ở nhiệt độ thấp.
- + Kém bền UV.
- + Dễ cháy.
- + Bám dính kém.

2.2.4 Ứng dụng

❖ Sản phẩm cần độ cứng : nắp chai nước ngọt, thân và nắp bút mực, hộp nữ trang, hộp đựng thịt...

❖ Sản phẩm kháng hóa chất : chai lọ thuốc y tế, màng mỏng bao bì, ống dẫn, nắp thùng chứa dung môi...

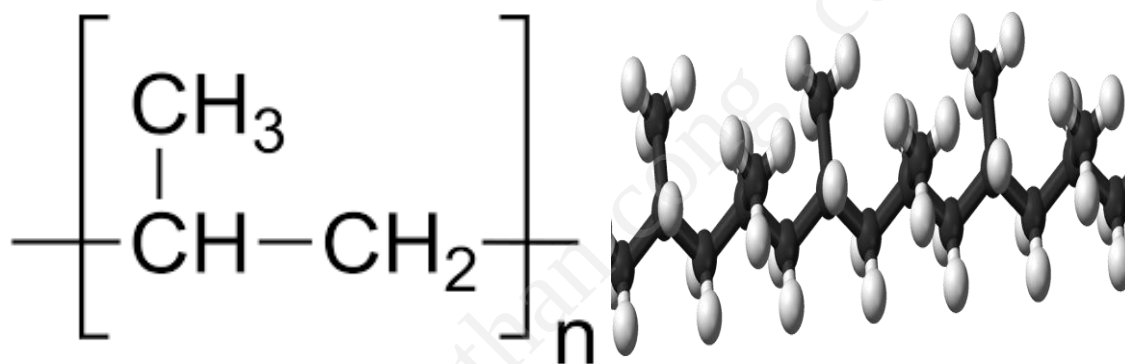
❖ Dùng cách điện tần số cao : tấm, vật kẹp cách điện...

2.2.5 Quá trình gia công

Nguyên liệu để sản xuất PP là propylen, được tách từ khí cracking dầu mỏ hoặc từ sản phẩm dầu mỏ.

Vì mỗi mắt xích có một nhóm $-\text{CH}_3$ nên mạch cứng hơn PE vì thế độ bền cơ, bền nhiệt độ lớn hơn PE.

Công thức cấu tạo:



Hình 3.3: Cấu trúc không gian của PE

Ta thấy công thức của PP có nguyên tử

H ở C bậc 3 rất linh động do đó PP dễ bị oxi hóa, lão hóa

• **Tính chất**

➤ **Tính chất lý nhiệt (độ bền nhiệt)**

+Nhiệt độ nóng chảy cao $t_{nc} = 160 \div 170^\circ\text{C}$

+Ổn định ở 150°C khi không có ngoại lực

+Chịu được nước sôi lâu, không bị biến dạng.

+Ở 155°C , PP vẫn còn ở thể rắn, nhưng đến gần nhiệt độ nóng chảy PP chuyển sang trạng thái mềm cao (như cao su).

+Khi giảm từ nhiệt độ nóng chảy đến 120°C , PP bắt đầu kết tinh $\rightarrow$ nhiệt độ kết tinh cao

➤ **Khả năng chịu ánh sáng mặt trời:**

Do có nguyên tử H ở C bậc 3 linh động nên dễ bị oxi hoá, lão hoá.

❖ PP không có chất ổn định

- Dưới ánh sáng khuyết tán vẫn ổn định tính chất trong 2 năm.

Có ánh sáng trực tiếp thì chỉ sau vài tháng sẽ bị giòn và phá huỷ ngay.

❖ PP có chất ổn định (hoặc dùng muối than 2%) dưới ánh sáng trực tiếp (tia cực tím) thì sau 2 năm tính chất không thay đổi, bền trong 20 năm.

➤ *Độ bền hoá học*

Ở nhiệt độ thường, PP không tan trong các dung môi hữu cơ, ngay cả khi tiếp xúc lâu, mà chỉ trương trong các cacbua hydro thơm và clo hoá. Nhưng ở nhiệt độ trên 80°C thì PP bắt đầu tan trong hai loại dung môi trên.

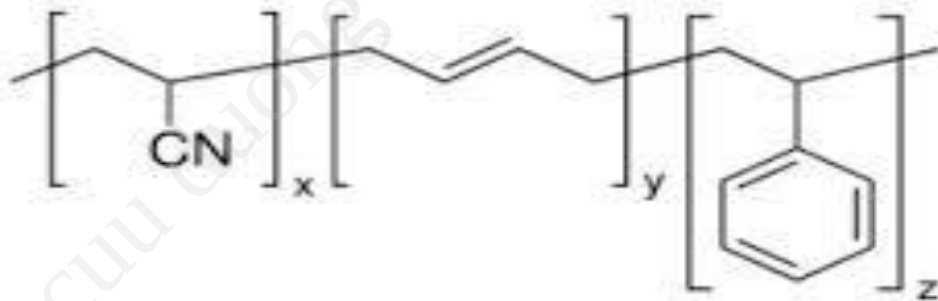
Polymer có độ kết tinh lớn bền hoá chất hơn polymer có độ kết tinh bé.

PP thực tế xem như không hút nước, mức hút ẩm <0,01%

➤ *Độ bền cơ học*

- Trọng lượng phân tử nằm trong khoảng 80.000 ÷ 200.000
- Tỷ trọng thấp $d=0,9 \div 0,92$ ($\approx d_{VLDPE}=0,09 \div 0,91$)
- Độ giãn dài : $\varepsilon \% = 300-800\%$ (cao hơn PE)
- Nhiệt độ giòn gãy thấp hơn PE: $(-5^{\circ}\text{C}) \div (-15^{\circ}\text{C})$

2.3 ABS (Arylonitrile Butadiene Styrene)





2.3.1 Công thức cấu tạo



2.3.2 Các thông số cơ bản

- + Tỷ trọng: 1,04 – 1,06
- + Nhiệt độ biến dạng nhiệt: 60 – 120°C
- + Độ bền đứt: 350 – 600 Kg/cm²
- + Độ dẫn dài: 10 – 50%

2.3.3 Tính chất

- ❖ Đồng trùng hợp, độ kết tinh thấp.
- ❖ Độ bền nhiệt, độ bền va đập tốt hơn PS.
- ❖ Tính chất phụ thuộc vào các thành phần đồng trùng hợp.
 - Khi hàm lượng acronitrile tăng thì:
 - + Giảm độ bền kéo, modun đàn hồi, độ cứng và độ cách điện tần số cao.
 - + Tăng độ bền va đập, kháng dung môi, kháng nhiệt.
 - Khi hàm lượng Butadiene tăng thì:
 - + Giảm độ bền kéo, modun đàn hồi, độ cứng.
 - + Tăng độ bền va đập, kháng mài, mòn độ dẫn dài.
 - Khi hàm lượng Styrene tăng: độ chảy khi gia nhiệt tăng, cứng hơn nhưng giòn.

2.3.4 Ứng dụng

- ❖ Làm suốt chỉ, nút tivi, vỏ tivi, vỏ máy giặt, vỏ điện thoại, cánh quạt điện, vỏ máy ảnh, vỏ vali...

- ❖ Ép đùn ra các loại tấm sử dụng cho nhiều phương pháp gia công khác nhau cho ra nhiều sản phẩm khác nhau.

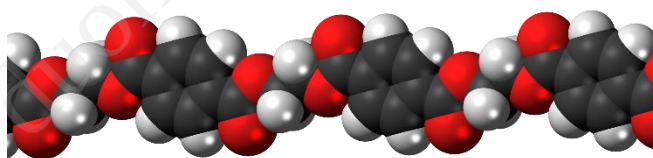
2.4 PET (Polyethylene Terephthalate)

2.4.1 Công thức cấu tạo



2.4.2 Tổng quan

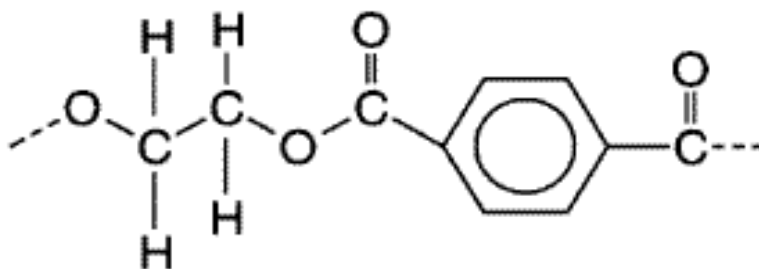
Polyethylene terephthalate (được gọi là PET, PETE hoặc PETP hoặc PET-P) là nhựa nhiệt dẻo, thuộc loại nhựa polyester và được dùng trong tổng hợp xơ sợi, vật đựng đồ uống , thức ăn và các loại chất lỏng; có thể ép phun để tạo hình; và trong kỹ nghệ thường kết hợp với xơ thủy tinh. PET là một trong số những nguyên vật liệu sử dụng trong việc sản xuất sợi thủ công.



Các đặc tính của PET được quyết định bởi quá trình xử lý nhiệt, nó có thể tồn tại cả hai: vô định hình (trong suốt) và ở dạng kết tinh (màu trắng đục). Monomer của PET có thể được tổng hợp bởi phản ứng ester hóa giữa acid terephthalic và ethylene glycol tạo ra nước, hoặc phản ứng transester hóa giữa ethylene glycol và dimethyl terephthalate, methanol là sản phẩm. Sự polymer hóa được tiến hành bởi một quá trình đa trùng ngưng của các monomer (ngay lập tức sau quá trình ester hóa hoặc transester hóa) với ethylene glycol là sản phẩm (ethylene glycol được thu hồi trong sản xuất).

Hầu hết công nghiệp PET trên thế giới là tổng hợp sợi (chiếm 60%) cung cấp cho khoảng 30% nhu cầu của thế giới. Trong lĩnh vực vải sợi, PET được ứng dụng làm polyester kết hợp với cotton. Hầu hết, PET được ứng dụng đùn ép tạo sản phẩm.

PET được sản xuất dưới tên thương mại Arnite, Impet và Rynite, Ertalyte, Hostaphan, Melinex và Mylar films, và Dacron, Diolen, Terylene và Trevira fibers.



PET có thể được bọc bởi vỏ cứng hay làm vỏ cứng bọc vật dụng, quyết định bởi bề dày lớp và lượng nhựa cần thiết. Nó tạo thành một màng chống thấm khí và ẩm rất tốt. Chai PET chứa được các loại thức uống như rượu và các loại khác, bền và chịu được va đập mạnh. PET có màu tự nhiên với độ trong suốt cao.

PET có thể kéo thành màng mỏng (thường được gọi với tên thương mại là mylar). PET thường được bao bọc với nhôm để làm giảm tính dẫn từ, làm cho nó có tính phản chiếu và chắn sáng. Chai PET là một loại vật dụng rất tốt và được sử dụng rộng rãi để đựng đồ uống lỏng. PET hoặc Dacron cũng được sử dụng như là một lớp vật liệu cách nhiệt phủ phần ngoài của trạm vũ trụ quốc tế (ISS). Ngoài ra, sự kẹp PET vào giữa màng polyvinyl alcol sẽ làm tăng sự ngăn thấm thấu khí oxygen.

Khi có sự gia cường hạt hay sợi thủy tinh, nó trở nên cứng một cách đáng kể và bền hơn. PET là một dạng bán kết tinh, được mua bán dưới tên thương mại là Rynite, Arnite, Hostadur&Crastin.

PET là một loại bao bì thực phẩm quan trọng có thể tạo màng hoặc tạo dạng chai lọ do bởi các tính chất :

- Bền cơ học cao, có khả năng chịu đựng lực xé và lực va chạm, chịu đựng sự mài mòn cao, có độ cứng vững cao.
- Trơ với môi trường thực phẩm.
- Trong suốt.
- Chống thấm khí O₂, và CO₂ tốt hơn các loại nhựa khác.
- Khi được gia nhiệt đến 200°C hoặc làm lạnh ở - 90°C, cấu trúc hóa học của mạch PET vẫn được giữ nguyên, tính chống thấm khí hơi vẫn không thay đổi khi nhiệt độ khoảng 100°C

Công dụng:

Do tính chống thấm rất cao nên PET được dùng làm chai, bình đựng nước tinh khiết, nước giải khát có gas....

Một vài thông số vật lý:

Bảng 2.4.2: Thông số vật lý PET

Công thức phân tử	$(C_{10}H_8O_4)_n$
Khối lượng riêng (dạng vô định hình)	1.370 g/cm ³
Khối lượng riêng (dạng kết tinh)	1.455 g/cm ³
Ứng suất kéo	55-75 Mpa
Giới hạn đàn hồi	50-150 %
Nhiệt độ thủy tinh	75°C
Điểm nóng chảy	260°C
Độ dẫn nhiệt	0.24 W/mK

Một trong những đặc tính quan trọng của PET là độ nhớt.

Độ nhớt của chất được decilit/gram (dl/g) phụ thuộc vào độ dài mạch polymer. Độ dài mạch của polymer càng dài, độ rắn càng cao, nên độ nhớt càng cao. Độ dài của một polymer của thể được điều chỉnh thông qua quá trình polymer hóa.

Độ nhớt của một vài dạng:

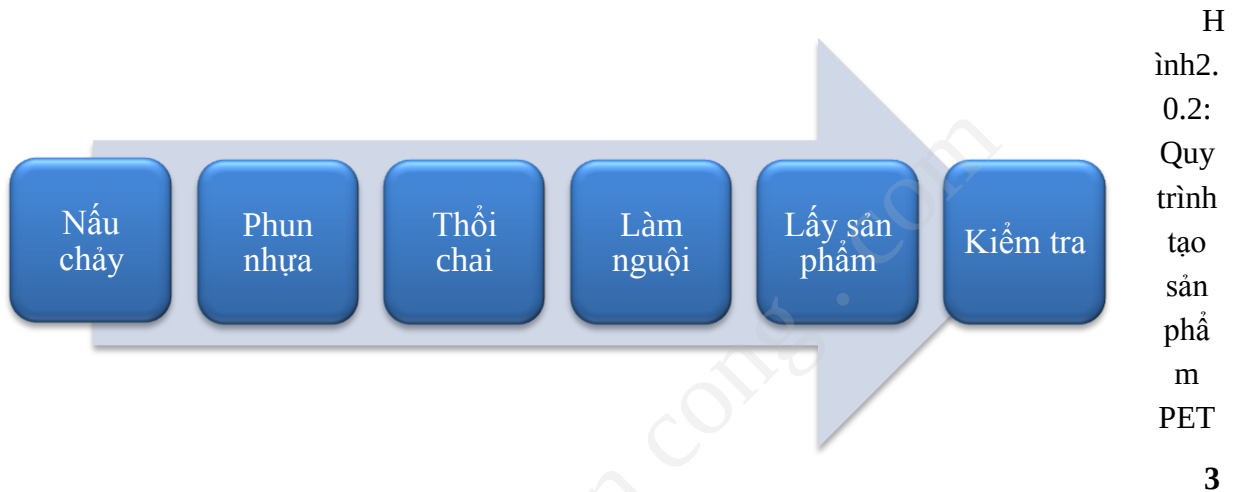
Độ nhớt (decilit/gram – dl/g)	Dạng
0.6	Sợi
0.65	Màng mỏng
0.76-0.84	Chai lọ
0.85	Dây thùng

PET có khả năng hút ẩm. Khi bị ẩm, trong quá trình gia công PET, sự thủy phân sẽ diễn ra tại bề mặt tiếp xúc giữa nước và PET, nguyên nhân này làm giảm phân tử lượng của PET (hay độ nhớt) và những đặc tính cơ lý của nó. Vì thế trước khi nhựa được gia công, độ ẩm phải được loại

bỏ khỏi nhựa. Có thể thực hiện được bằng cách sử dụng chất hút ẩm hoặc sấy trước khi đưa vào gia công.

2.4.3 Phương pháp gia công

Hạt nhựa PET được tạo ra bằng nhiều phương pháp tùy thuộc vào yêu cầu sản phẩm tạo ra. Quá trình tạo sản phẩm chủ yếu là ép phun và thổi chai. Quá trình tạo sản phẩm thông thường bao gồm những bước sau

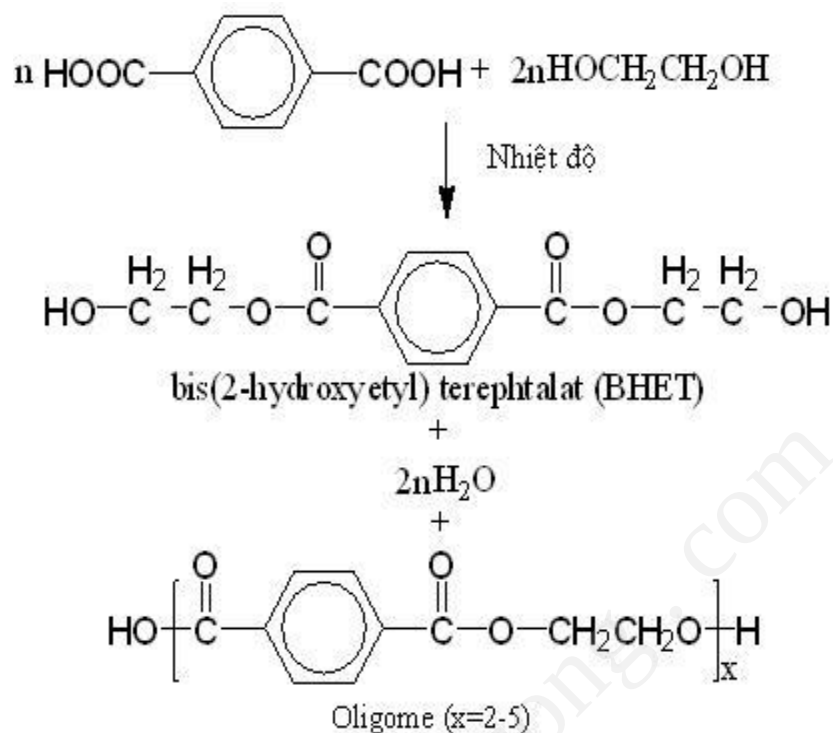


2.4.4 Các Phương Pháp Tổng Hợp PET

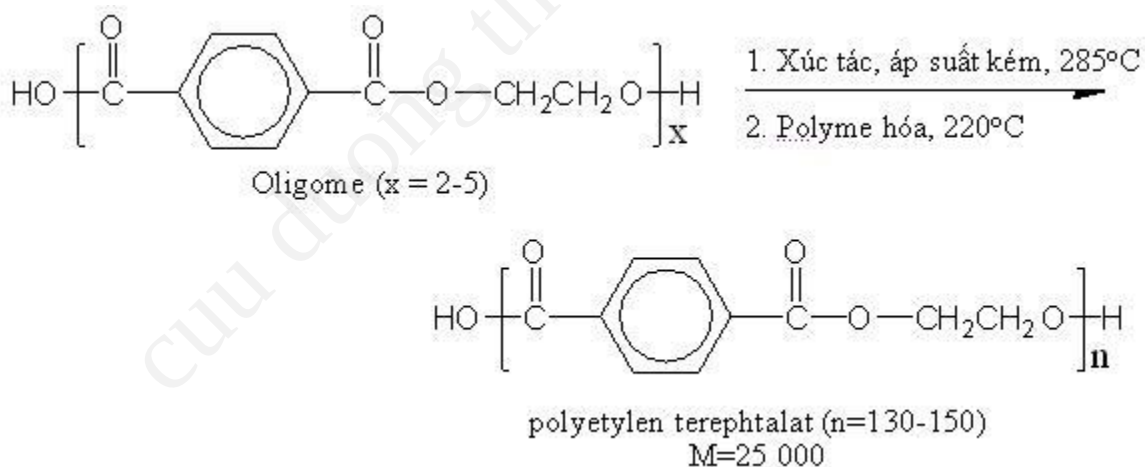
a. Phản ứng giữa Acid Terephthalic và Etylen Glycol

Phản ứng gồm 2 giai đoạn

Giai đoạn 1: Hỗn hợp TPA và EG được gia nhiệt, phản ứng trùng ngưng xảy ra tạo BHET (bis-(hydroxyletyl)terephthalat) và các oligome có phân tử lượng thấp.



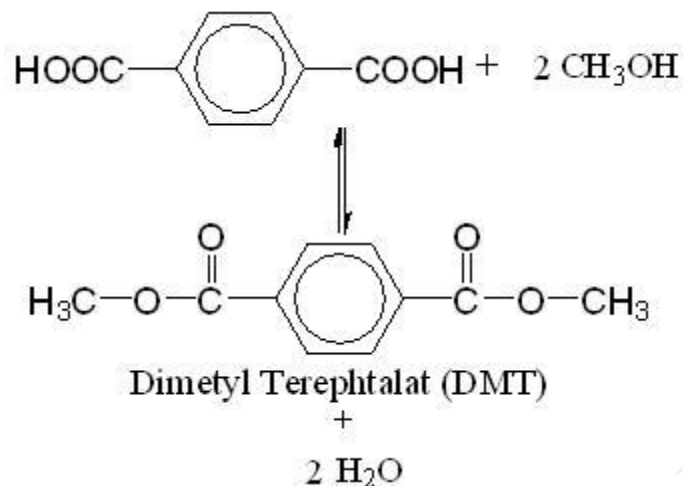
Giai đoạn 2: Phản ứng trùng ngưng tiếp tục xảy ra tạo PET. Sau phản ứng, EG còn dư, PET có dạng lỏng chảy nhớt. Nếu làm lạnh ngay trong nước sẽ tạo thành PET vô định hình.



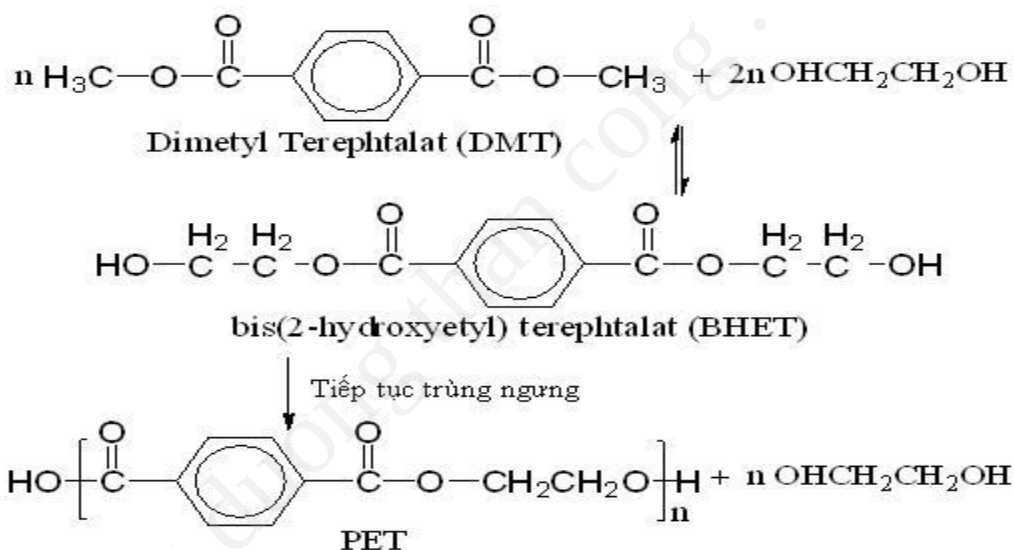
Xúc tác thường dùng là antimony trioxid, muối của titanium, germanium, cobalt, mangan, magnesium và kẽm. Xúc tác sử dụng với nồng độ thích hợp để làm tăng vận tốc phản ứng.

b. Phản ứng trans este hóa giữa Dimethyl Terephthalat (DMT) và EG

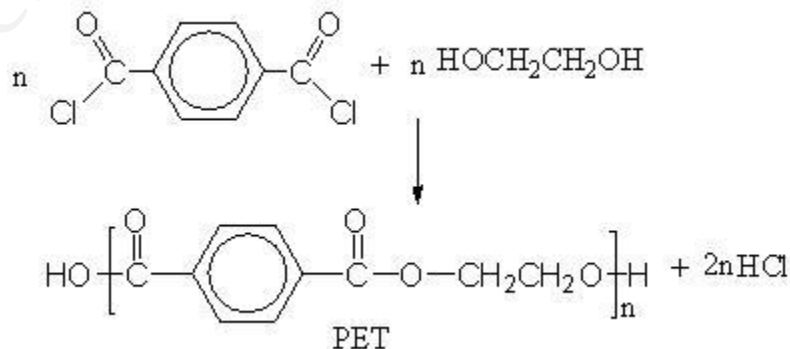
Phản ứng điều chế DMT từ TPA và Methanol.



Phản ứng Trans este hóa giữa DMT và EG, metanol là một trong các sản phẩm.



c. Phản ứng giữa terephthaloyl diclorid và Etylen Glycol



Phản ứng này xảy ra nhanh và hiệu suất cao. Tuy nhiên do clorua acid rất đắt nên phương pháp không được sử dụng trong công nghiệp.

2.4.4 Tính chất

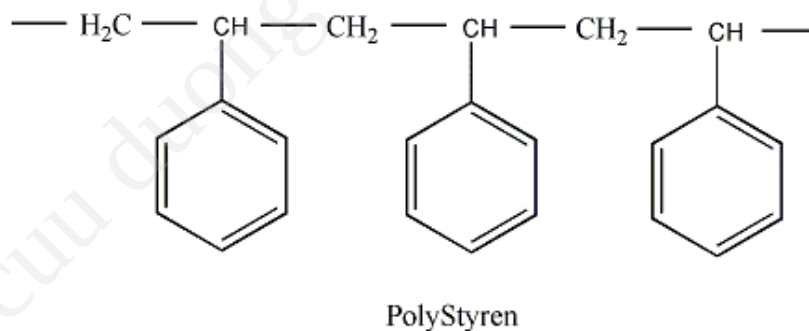
- Trong như thủy tinh
- Độ hút ẩm thấp, ổn định kích thước.
- Khả năng giữ khí cao (chai nước có gas)
- Kháng va đập tốt.
- Khả năng chịu nhiệt kém (ở 70 °C chai PET đã bị biến dạng)
- Chu kỳ ép sản phẩm rất ngắn.

2.4.5 Ứng dụng

- Chi tiết trong xe hơi, điện và điện tử
- Chai nước giải khát.
- Màng bao gói thực phẩm, sợi...

2.5 PS (Polystyren)

2.5.1 Công thức cấu tạo



2.5.2 Các thông số cơ bản

- ✓ Tỷ trọng: 1.05 – 1.1
- ✓ Chỉ số chảy: 1 – 8 g/10phút
- ✓ Độ bền kéo đứt : 400 – 450 kg/cm²
- ✓ Độ giãn dài thấp: 1 – 2 %
- ✓ Độ cứng Brinel: 14 – 16 kg/mm²

2.5.3 Tính chất

- ✓ Vô định hình
- ✓ Không phân cực, độ kết tinh thấp, độ trong suốt cao, dễ nhuộm màu.
- ✓ Độ bền cơ học thấp, độ dẫn dài thấp, độ bền va đập kém, giòn.
- ✓ Nhiệt độ biến dạng nhiệt thấp.
- ✓ Cách điện tần số cao tốt.
- ✓ Hòa tan trong benzen, aceton, MEK.
- ✓ Chịu hóa chất (kiềm, H₂SO₄, HCl, các axit hữu cơ) và nước cao.

2.5.4 Ứng dụng

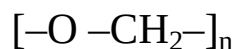
- ✓ Sản phẩm nhựa tái sinh: ly, hộp...
- ✓ Cách điện tần số cao: vỏ hộp, thùng điện, ống, vật liệu cách điện...
- ✓ Sơn: nhựa Alkyd biến tính Styren, sơn Epoxy biến tính Styren...

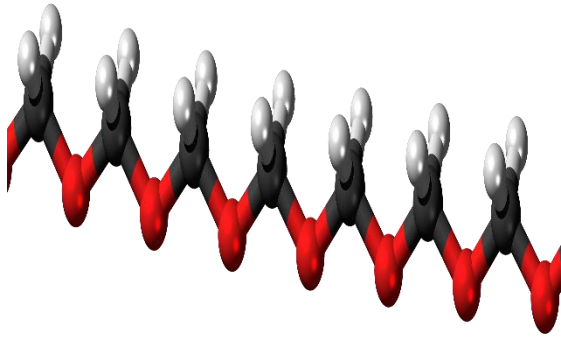
2.5.5 Quá trình gia công

Đa số các sản phẩm làm từ họ nhựa styrene gia công ép phun. Nhựa styrene có độ co rút nhỏ, độ chính xác kích thước cao. Nhựa styrene có biến tính cao su có ưu điểm tạo sản phẩm lớn do dòng chảy tốt. Các loại nhựa styrene có tính chất dẫn điện rất tốt, khả năng đúc các chi tiết chính xác cao, giá thành vừa phải. Chúng dùng cho các áp dụng cách điện, các phần kết cấu của công nghệ, điện tử và truyền thông: như điện thoại (vỏ bọc ABS, các phần bên trong SB và SAN) SB và ABS kháng va đập ở nhiệt độ thấp tốt nên được dùng để sản xuất các phần vỏ bọc trong và ngoài trong kỹ nghệ lạnh. Trong ngành phương tiện giao thông, SB và terpolymer dùng làm lớp lót. vỏ bọc, bảng điều khiển, bộ tải nhiệt, ABS dùng làm thân xe hơi thể thao...

2.6 POM (Polyoxymethylene)

2.6.1 Công thức cấu tạo





2.6.2 Các thông số cơ bản

- ✓ Tỷ trọng: 1.41 – 1.425.
- ✓ Độ kết tinh: khoảng 75%.
- ✓ Chịu được nhiệt độ: 120 – 150⁰C

2.6.3 Tính Chất

- ✓ Nhựa kết tinh, màu trắng sữa, nhựa bán trong suốt.
- ✓ Độ kéo căng cứng, độ bền uốn và module đàn hồi cao.
- ✓ Hút ẩm thấp.
- ✓ Chịu hóa chất khá tốt.

2.6.4 Ứng dụng

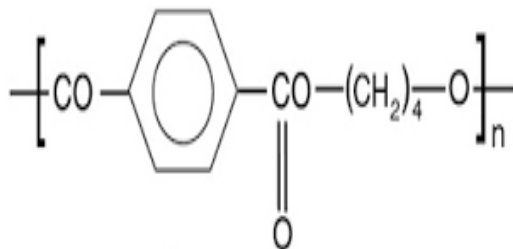
- ✓ Bánh răng, hộp số, sôt cam, tay quay....
- ✓ Lò xo đàn hồi, lò xo đĩa....

2.6.5 Quá trình gia công

POM là 1 loại nhựa kỹ thuật, có tính cứng cao ngay cả ở nhiệt độ thấp (nhiệt độ chuyển tinh -60⁰C, duy trì tính kháng va đập ở -40⁰C), độ mài mòn thấp. POM thường được dùng làm các chi tiết kỹ thuật trong máy đo kiểm, điện tử, cơ khí chính xác. Khuôn nên gia nhiệt lên tới 60 – 130⁰C để tạo kết tinh và cấu trúc bề mặt tốt. Độ co ngót gia công phụ thuộc vào nhiệt độ khuôn, lớn hơn 3% xuống đến khoảng 1%. Nhiệt độ gia công không quá 220⁰C vì gây nguy hiểm do phân hủy tạo khí formaldehyde.

2.7 PBT(polybutylene terephthalate)

2.7.1 Công thức cấu tạo:



Polybutylene Terephthalate



2.7.2 Các thông số cơ bản

- ✓ Nhiệt độ thủy tinh hóa: 22⁰C.
- ✓ Nhiệt độ nóng chảy: 224 - 228⁰C.
- ✓ Độ bền kéo: 560 kg/cm².

2.7.3 Tính chất:

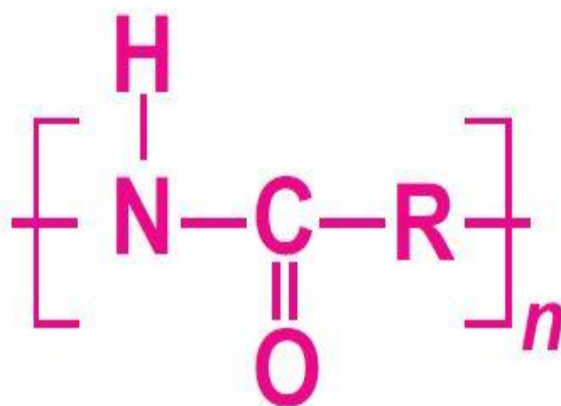
- ✓ Nhựa kết tinh.
- ✓ Kháng nhiệt cao.
- ✓ Hấp thụ nước thấp, ổn định kích thước.
- ✓ Kháng hóa chất.
- ✓ Kháng mài mòn cao.
- ✓ Cách điện tốt
- ✓ Nếu được gia cường sợi thủy tinh thì độ bền kéo tăng, điện thể xuyên thủng tăng.

2.7.4 Ứng dụng

Công tắc điện, vỏ động cơ điện, nắp bugi, chóp đèn, tay nắm cửa xe ô tô, nắp thùng chứa nhiên liệu,.....

2.8 PA (Poliamide)

2.8.1 Công thức cấu tạo:



2.8.2 Các thông số cơ bản

- ✓ Tỷ trọng: 1.02 – 1.16.
- ✓ Độ bền đứt: 350 – 900 kg/cm²
- ✓ Độ giãn dài: 10 – 40 %
- ✓ Nhiệt độ nóng chảy: 135 – 238 °C

2.8.3 Tính chất

- ✓ Độ kết tinh cao, màu trắng sữa.
- ✓ Độ hấp thụ nước cao.
- ✓ Tính chống ma sát và tính bôi trơn tốt.
- ✓ Cách điện tốt.
- ✓ Kháng hóa chất (trừ phenol, crezol, acid mạnh).

2.8.4 Ứng dụng

Gia công ép đùn để sản xuất:

- ✓ Màng mỏng bao bì cho các sản phẩm.
- ✓ Kéo sợi dệt lưới đánh cá, sợi bàn chải răng, sợi cho các loại dụng cụ thể thao...(thường dùng Nylon 6; Nylon 6,6).
- ✓ Sản xuất ống các loại (Nylon 11 – 12).
- ✓ Bọc dây cáp điện (Nylon 6 – 10)

Gia công ép phun: bánh răng hộp số, bánh xe nhựa, dụng cụ thể thao, vỏ ô tô, chi tiết quạt điện.

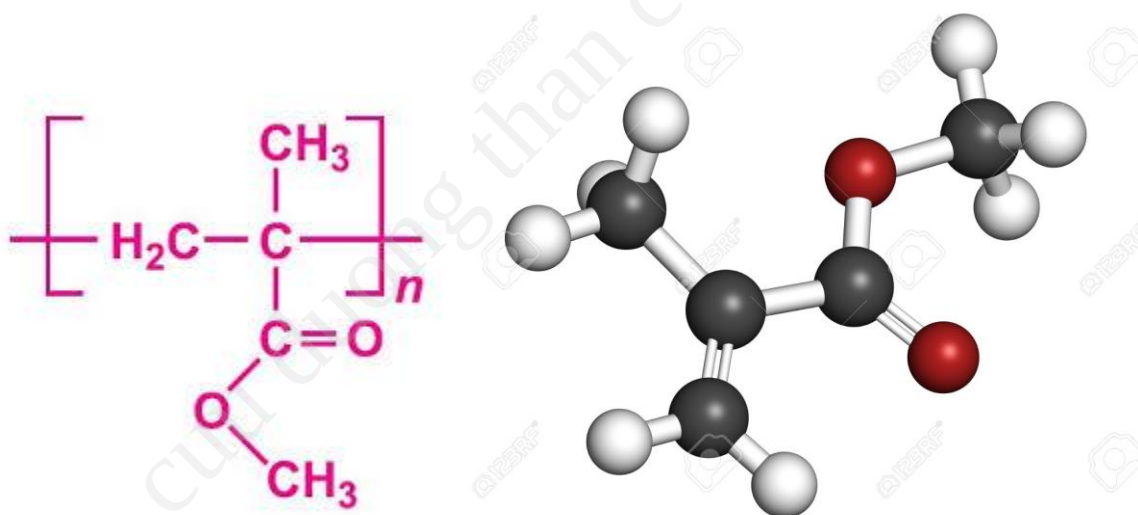
2.8.5 Quá trình gia công

PA gia cường khoảng 50%, là chất dẻo kỹ thuật thường sử dụng nhất, áp dụng trong các lĩnh vực chủ yếu yêu cầu độ bền va đập, kháng chấn động, hấp thụ tiếng ồn và rung động, bền ăn mòn và mòn: Đệm ma sát, con lăn, thanh dẫn chuyển động trượt, chốt an toàn... PA còn được dùng trong công nghệ điện và điện tử như vật liệu cách nhiệt có độ bền kéo và chịu nhiệt độ như thanh chuyển mạch, các phần đúc kỹ thuật thuật kháng xăng dầu dưới mui xe hơi. Khuôn nên giữ nhiệt ở nhiệt độ cao $>100^{\circ}\text{C}$ cho độ kết tinh cao, không tập trung ứng suất, cấu trúc đồng nhất và độ cứng bề mặt cao. Thường gia nhiệt khuôn ở $140 - 170^{\circ}\text{C}$.

2.9 Polymethylmethacrylate (PMMA)

2.9.1 Công thức cấu tạo, các thông số cơ bản

1. Công thức cấu tạo



*PMMA

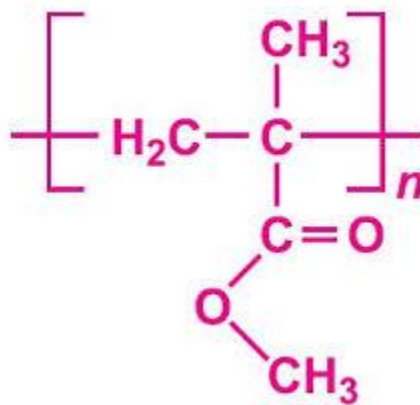
- ✓ -Tên IUPAC
- ✓ -Poly (methyl-2 methylpropenoate)
- ✓ -Các tên khác: Poly (methyl methacrylate) (PMMA), methyl methacrylate nhựa
- ✓ -Thuộc tính
- ✓ -Công thức hóa học: $(\text{C}_5\text{O}_2\text{H}_8)_n$

- ✓ -Khối lượng phân tử khác nhau
- ✓ -Mật độ: 1,18 g / cm³
- ✓ -Điểm nóng chảy: 160 ° C (320 ° F) [2]
- ✓ -Chỉ số khúc xạ (nD): 1,4905 ở 589,3 nm. [3]
- ✓ -Cho hóa chất ở trạng thái tiêu chuẩn (25 ° C (77 ° F), 100 kPa)

2.9.2 Tính chất

(PMMA), một loại nhựa tổng hợp được sản xuất từ sự trùng hợp của methyl methacrylate. Một nhựa trong suốt và cứng chắc, PMMA thường được sử dụng thay thế cho kính trong các sản phẩm như cửa sổ, giếng trời và tán máy bay. Nó được bán dưới thương hiệu Plexiglass, Lucite, và Perspex.

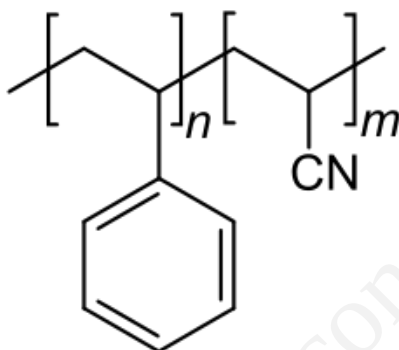
PMMA, một este của axit metacrylic ($\text{CH}_2 = \text{C} [\text{CH}_3] \text{CO}_2\text{H}$), thuộc họ acrylic quan trọng của các loại nhựa. Trong sản xuất hiện đại, nó được lấy chủ yếu từ propylene, một hợp chất tinh chế từ các phần phân đoạn nhẹ của dầu thô. Propylene và benzene được phản ứng với nhau để tạo CUMENE, hoặc isopropylbenzene; các CUMENE được oxy hóa thành CUMENE hydroperoxide, được xử lý bằng acid để tạo thành acetone; acetone được lần lượt chuyển đổi trong một quá trình ba bước để methyl methacrylate ($\text{CH}_2 = \text{C} [\text{CH}_3] \text{CO}_2\text{CH}_3$), một chất lỏng dễ cháy. Methyl methacrylate, ở dạng lỏng số lượng lớn hoặc treo giọt như tảo trong nước, được polyme (phân tử của nó liên kết với nhau với số lượng lớn) dưới ảnh hưởng của người khởi xướng các gốc tự do để tạo thành PMMA rắn. Cấu trúc của polymer lặp đi lặp lại đơn vị là:



2.9.3 Quá trình gia công

Trong ép phun, PMMA khó chảy hơn polystyrene, nên đầu lò hoặc cổng phun cần có đường kính lớn. Cần thiết sấy khô vật liệu trước khi gia công để bề mặt sản phẩm đẹp (vật liệu để ở nhiệt độ $70 - 100^{\circ}\text{C}$, 4 – 5 giờ, độ cao của khối vật liệu không quá 4 cm). Nhiệt độ khuôn cao làm giảm năng suất nhưng giảm ứng suất trong sản phẩm đúc. PMMA dùng làm kính đèn các loại; các đồ dùng vệ sinh nhà tắm, đĩa vi tính...

2.10 Styrene-acrylonit-copol (SAN)



2.10.1 Công thức cấu tạo

2.10.2 Thông số cơ bản

- ✓ Công thức hóa học: $(\text{C}_8\text{H}_8)_n (\text{C}_3\text{H}_3\text{N})_m$
- ✓ Hóa chất ở trạng thái tiêu chuẩn (25°C (77°F), 100 kPa)
- ✓ SAN tương tự được sử dụng như polystyrene. Giống như polystyrene, nó dễ vỡ khi chịu tác dụng cơ học. Các copolymer có một nhiệt độ thủy tinh lớn hơn 100°C do các đơn vị acrylonitrile trong chuỗi, do đó làm cho vật liệu chịu được nhiệt độ cao.

2.10.3 Ứng dụng:

-Được sử dụng làm hộp đựng thức ăn, đồ dùng nhà bếp, các sản phẩm máy tính, vật liệu bao bì, hộp đựng pin và sợi quang nhựa. Nó có cấu trúc liên quan đến nhựa ABS, nơi polybutadiene được polyme hóa với SAN để cung cấp cho một loại vật liệu khó khăn hơn nhiều. Các chuỗi cao su tạo thành các giai đoạn riêng biệt mà là 10-20 micromet đường kính. Khi sản phẩm được nhấn mạnh, crazing từ các hạt, giúp gia tăng sức mạnh của các polymer. Phương pháp của tôi luyện cao su đã được sử dụng để tăng cường các polyme khác như PMMA và nylon

2.10.4 Quá trình gia công:

SAN ép phun ở 210°C, 150 bar, độ co rút 0.5%. Vật liệu phải giữ khô, Vật liệu này phải nóng chảy khi có độ nhớt cao.

SAN dùng cho các dạng bao bì trong suốt, không vỡ, tiếp xúc thực phẩm nhạy oxy hoá và UV.

2.11 Polybutylene (PB)

2.11.1 Công thức cấu tạo



2.11.2 Thông số cơ bản: Polybutene

- ✓ Các tên khác: polybutene-1, poly (1-butene), PB
- ✓ Số đăng ký CAS 9003-28-5
- ✓ Công thức hóa học: $(\text{C}_4\text{H}_8)_n$
- ✓ Mật độ: 0,95 g / cm³
- ✓ Điểm nóng chảy 135 ° C (275 ° F; 408 K)
- ✓ hợp chất liên quan: 1-butene (monomer)

2.11.3 Quá trình, phương pháp gia công:

-Nhiệt trên 190 ° C, PB có thể dễ dàng được nén đúc, đúc phun, thổi khuôn , ép đùn, và hàn. Nó không có xu hướng nứt gãy do ứng suất cao. Do có cấu trúc tinh thể và trọng lượng phân tử cao, PB có độ bền va đập cao. PB có độ linh động, chịu tác động tốt và có phục hồi đàn hồi tốt.

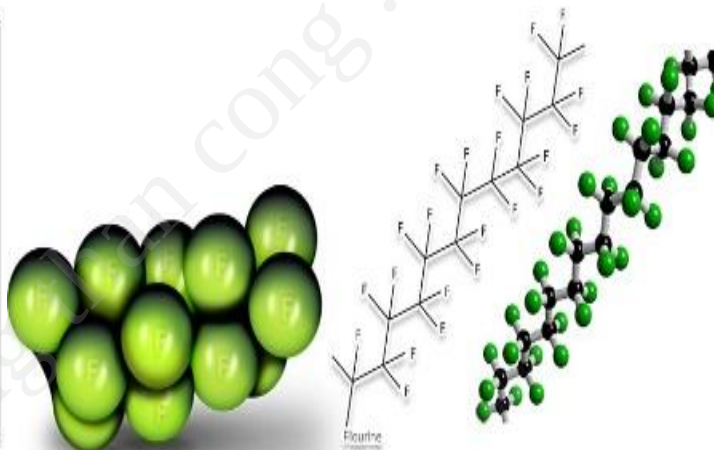
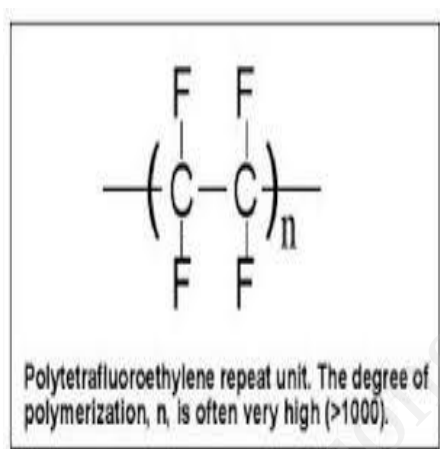
-Đặc điểm, tính chất: Polybutylene gồm ba hình thức kết tinh khác nhau. Kết tinh tạo atactic với độ nóng chảy 106,5 ° C. tạo dạng syndiotactic ở 124 ° C và mật độ 0,89 g / cm³. Ở nhiệt độ phòng, nó tự chuyển đổi sang dạng isotactic với điểm nóng chảy 135 ° C và mật độ 0,95 g / cm³.

-PB có khả năng chống lại các hóa chất như chất tẩy rửa, dầu, chất béo, axit, bazơ, rượu, xeton, hydrocacbon béo (kể cả nước). Nó cho thấy sức đề kháng với các hydrocacbon thơm và clo cũng như axit oxy hóa hơn các polyme khác như polysulfone và polyamide 6/6.

- Các tính năng khác bao gồm kháng mài mòn rất tốt, kháng thấm ướt và phân tán tốt các chất độn. Nó tương thích với polypropylene, cao su, ethylene propylene, các chất đàn hồi và nhựa nhiệt dẻo.

2.12 Polytetrafluoroethylene (PTFE)

2.12.1 Công thức cấu tạo

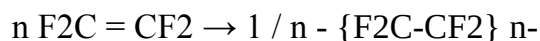


2.12.2 Thông số kỹ thuật

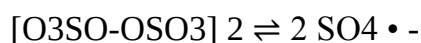
- ✓ Tên IUPAC: poly (1,1,2,2-tetrafluoroethylene)
- ✓ Các tên khác: Synolon, Fluon, Poly (tetrafluoroethene), Poly (difluoromethylene), Poly (tetrafluoroethylene)
- ✓ Định danh: Chữ viết tắt PTFE
- ✓ Thuộc tính:
- ✓ Công thức hóa học: $(C_2F_4)_n$
- ✓ Mật độ: 2200 kg / m³
- ✓ Điểm nóng chảy: 600 K (327 ° C)
- ✓ Dẫn nhiệt: 0,25 W / (m · K)

2.12.3 Quá trình hình thành, phương pháp gia công

PTFE là sản phẩm của phản ứng trùng hợp gốc tự do của tetrafluoroethylene. Phương trình tổng quát là:



Bởi vì tetrafluoroethylene có thể bị phân hủy để tetrafluoromethane và carbon, thiết bị đặc biệt cần thiết cho sự trùng hợp để ngăn chặn các điểm có thể tạo ra những phản ứng phụ này. Quá trình này thường được bắt đầu với persulfate, mà homolyzes để tạo ra các gốc sulfate:



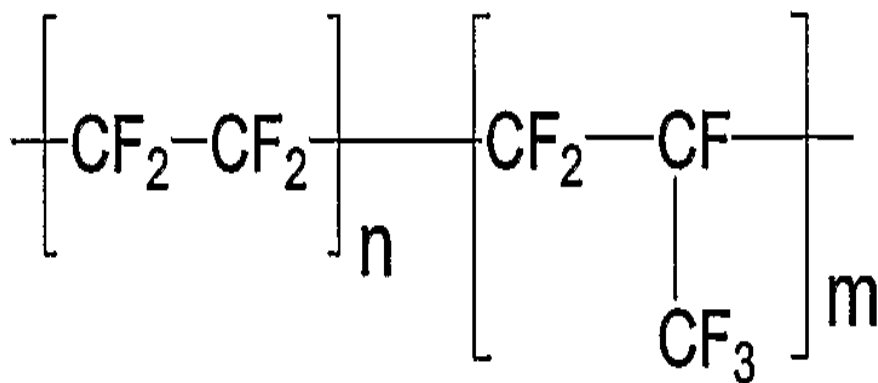
Kết quả là polymer được tạo thành với nhóm ester sulfat. Bởi vì PTFE ít tan trong hầu hết các dung môi, trùng hợp được thực hiện như một nhũ tương trong nước. Quá trình này tạo ra một hệ thống treo của các hạt polymer. Ngoài ra, sự trùng hợp được tiến hành bằng cách sử dụng một bề mặt PFOS v.v....

2.12.4 Ứng dụng

PTFE được sử dụng như một lớp phủ chống dính cho chảo và dụng cụ nhà bếp. Nó trở không phản ứng, một phần do độ bền của liên kết cacbon-flo và vì vậy nó thường được sử dụng trong các thùng chứa và đường ống cho hóa chất phản ứng và ăn mòn. Trường hợp sử dụng như một chất bôi trơn, PTFE làm giảm ma sát, mài mòn và tiêu thụ năng lượng của máy móc. Nó cũng thường được sử dụng như một loại vật liệu ghép trong phẫu thuật.

2.13 Poly Fluorinated ethylene propylene (PFEP)

2.13.1 Công thức cấu tạo



2.13.2 Thông số kỹ thuật

- ✓ Mật độ: 2150 kg / m³
- ✓ Modul uốn: 586 MPa
- ✓ Độ bền kéo: 23 MPa
- ✓ Độ giãn dài: (phá vỡ) 325%
- ✓ Độ bền gấp: (Khác nhau)
- ✓ Điểm nóng chảy: 260 ° C
- ✓ Hoạt động tối đa tại nhiệt độ: 204 ° C
- ✓ Độ hút nước (ASTM) <0,01% sau 24 giờ
- ✓ Hằng số điện môi (Dk)
+tại 1MHz 2.1
- ✓ Yếu tố tản
+tại 1MHz 0,0007
- ✓ Kháng Arc <300 giây
- ✓ Điện trở suất ở mức 50% R.H.> 10¹⁶ Ω m

2.13.3 Quá trình hình thành và gia công polymer

FEP là sản phẩm của phản ứng trùng hợp gốc tự do hỗn hợp của tetrafluoroethylene và hexafluoropropylene. Hỗn hợp này được ưu tiên để bù đắp cho những phản ứng có hiệu suất thấp của các thành phần chứa propylene. Quá trình này thường được khơi mào với peroxydisulfate, hemolyzed để tạo ra các gốc sulfate. Bởi vì FEP là kém tan trong hầu hết các dung môi, quá trình trùng hợp được thực hiện như một nhũ tương trong nước, thường sử dụng một bề mặt như PFOS. Các polymer có chứa khoảng 5% thành phần propylene.

2.13.3 Ứng dụng

-Giống như PTFE, FEP được sử dụng chủ yếu cho hệ thống dây điện, cáp đồng trục, hệ thống dây điện cho dây máy tính và thiết bị kỹ thuật, các loại cáp đồng trục như RG-316.

-Trong sản xuất các bộ phận tổng hợp chất lượng cao, chẳng hạn như trong các ngành công nghiệp hàng không vũ trụ, FEP phim có thể được sử dụng để bảo vệ khuôn trong quá trình bảo dưỡng.

-Do tính linh hoạt, khả năng kháng cự để tấn công hóa học và tính truyền quang, vật liệu này, cùng với PFA thường được sử dụng cho thiết bị phòng thí nghiệm nhựa và các loại ống có liên quan đến quá trình quan trọng hoặc chịu ăn mòn cao. Nhà hiệu GmbH, Finemech, Saville và Nalgene cũng được biết các nhà cung cấp các thiết bị phòng thí nghiệm.

B. NHỰA NHIỆT RẮN

1. Khái niệm

Là loại Polyme khi bị tác động của nhiệt hoặc các giải pháp xử lý hóa học trở nên cứng rắn (định hình sản phẩm) hay nói một cách khác dưới tác động của nhiệt, chất xúc tác hay chất đóng rắn và áp suất loại nhựa này xảy ra phản ứng hóa học và tạo bên trong mạng lưới các liên kết ngang (khâu mạch) tạo thành cấu trúc không gian ba chiều.

2 Các loại nhựa nhiệt rắn thông dụng và ứng dụng

2.1 Nhựa UPE (Unsaturated Polyester)

2.1.1 Giới thiệu

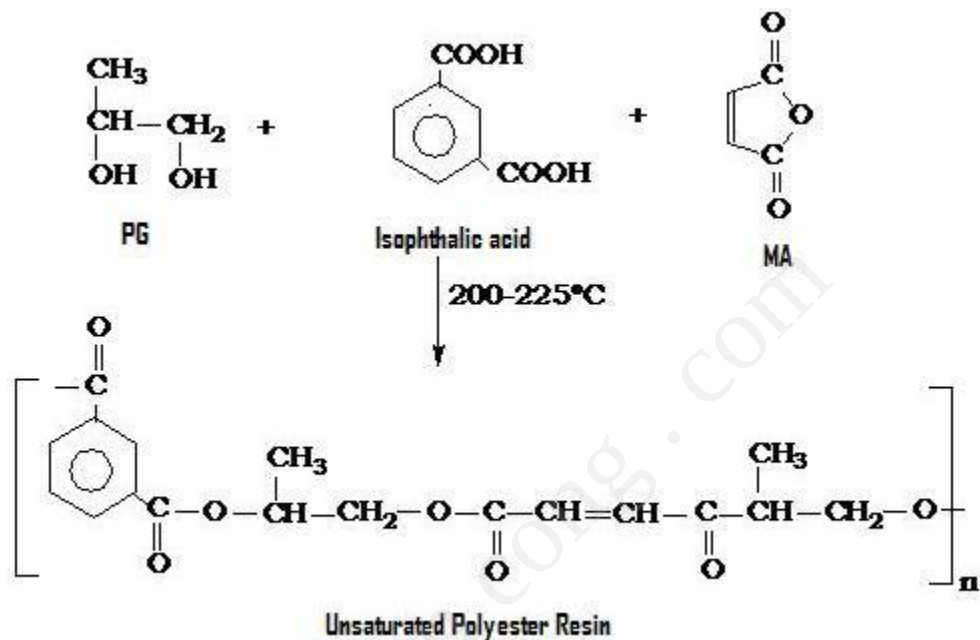
Nhựa polyester được sử dụng rộng rãi trong công nghệ composite, polyester loại này thường là loại không no, có khả năng đóng rắn ở dạng lỏng hoặc ở dạng rắn nếu có điều kiện thích hợp. Thông thường người ta gọi polyester không no là nhựa polyester hay ngắn gọn hơn là polyester.

Về mặt hóa học, nó còn có khả năng tham gia phản ứng hóa học với các nhóm khác (tức là tạo liên kết) nhờ chất xúc tác, xúc tiến, để tạo ra sản phẩm cuối cùng đóng rắn. Quá trình phản ứng này sinh nhiệt, được gọi là phản ứng kết nối ngang.

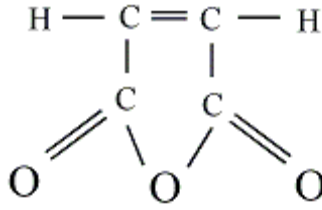
Phụ thuộc vào loại và tỉ lệ hàm lượng nguyên liệu thô, người ta tạo ra nhiều loại nhựa (resin) khác nhau có đặc tính cơ lý trội khác nhau cho nhiều mục đích sử dụng.

Ví dụ: Resin đa dụng, Resin chống cháy, Resin chịu hoá chất, Resin giảm mùi Styren, Resin đúc, Resin dẻo, Resin chảy....

- Công thức cấu tạo: $-R-COO-R-$



- Với R là nhóm có nối đôi, không no.
- Tùy thuộc vào nguyên liệu tổng hợp. Ví dụ như anhydrite maleic:



2.1.2 Phân loại

Polyester có nhiều loại, đi từ các acid, glycol và monomer khác nhau, mỗi loại có những tính chất khác nhau.

Có hai loại polyester chính thường sử dụng trong công nghệ composite:

- Nhựa orthophthalic cho tính kinh tế cao, được sử dụng rộng rãi, dùng làm các sản phẩm composit đa dụng chủ yếu đặt dưới mái che, ít chịu ảnh hưởng thời tiết và ánh sáng mặt trời .
- Nhựa isophthalic có khả năng chịu môi trường ngoài trời, chịu hoá chất tốt hơn ortho-resin. Loại này ứng dụng làm Gelcoat, làm khuôn, các sản phẩm đặt ngoài trời (thùng chứa, bể bơi....)

2.1.3 Tính chất

Nó được hiểu là tính chất vật lý và còn phụ thuộc nhiều vào các yếu tố:

- + Thành phần nguyên liệu (loại và tỷ lệ tác chất sử dụng)
- + Phương pháp tổng hợp
- + Trọng lượng phân tử
- + Hệ đóng rắn (monomer, chất xúc tác, chất xúc tiến)
- + Hệ chất độn

Bằng cách thay đổi các yếu tố trên, người ta sẽ tạo ra nhiều loại nhựa UPE có các tính chất đặc biệt khác nhau tùy thuộc vào yêu cầu sử dụng.

Tính kháng hoá chất của UPE :

- | | |
|---------------------|-----|
| +Kháng Acid loãng : | Tốt |
| +Kháng Kiềm loãng: | Tốt |

+Kháng dầu, mỡ :	Vừa phải
+Kháng Hydrocacbon béo :	Kém
+Kháng Hydrocacbon thơm:	Kém
+Kháng Hydrocacbon Halogen:	Kém
+Kháng cồn :	Tốt
+ Đặc tính vật lí chủ yếu :	
+Trọng lượng riêng :	1,1 – 1,46 kg/l
+Độ cứng (Rockwell) :	70-115
+Sức bền kéo (MN/m ²):	42-91
+Môđun kéo (GN/m ²):	2-4,5
+Sức bền nén (MN/m ²):	90-250
+Co ngót (%):	0,004-0,008
+Hệ số thấm nước (%):	0,15-0,6
+Nhiệt riêng (Kj/g.°C):	0,3
+Hệ số dẫn nhiệt (W/m.°C):	0,21
+Hệ số dẫn nở dài (/°C):	(9,9-18)*10 ⁻⁵

2.1.4 Ứng dụng

Nhựa Polyester được ứng dụng rộng rãi như những vật liệu Compozit. Sự phát triển của nó đã hướng ngành công nghiệp nhựa tạo ra những sản phẩm ứng dụng thú vị. Có lẽ hầu hết trong lĩnh vực xây dựng và hàng không vũ trụ.

2.2 Nhựa Vinylester

2.2.1 Giới thiệu

Vinylester có cấu trúc tương tự như polyester, nhưng điểm khác biệt chủ yếu của nó với polyester là vị trí phản ứng, thường là ở cuối mạch phân tử do vinyl ester chỉ có kết đôi C=C ở hai đầu mạch.

2.2.2 Tính chất

Toàn bộ chiều dài mạch phân tử đều sẵn chịu tải, nghĩa là vinylester dai và đàn hồi, chịu ứng suất mỏi tốt hơn polyester. Vinylester có ít nhóm ester hơn polyester

(UPE), nhóm ester rất dễ bị thủy phân, tức là vinylester kháng nước tốt hơn các polyester khác, do vậy nó thường được ứng dụng làm ống dẫn và bồn chứa hoá chất.

Vinylester chịu nhiệt tốt (chỉ biến dạng ở nhiệt độ cao)

2.2.3 Ứng dụng

Khi so sánh với polyester thì số nhóm ester trong vinyl ester ít hơn, nghĩa là vinyl ester ít bị ảnh hưởng bởi phản ứng thủy phân. Thường dùng vật liệu này như là lớp phủ bên ngoài cho sản phẩm ngập trong nước, như là vỏ ngoài của tàu, thuyền.

Giá thành Vinylester đắt gấp 2-3 lần UPE.

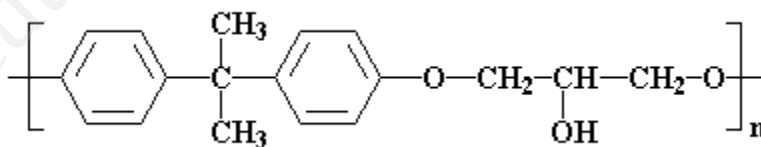
2.3 Nhựa Epoxy

2.3.1 Giới thiệu

Nhựa epoxy được tạo thành từ những mạch phân tử dài, có cấu trúc tương tự vinylester, với nhóm epoxy phản ứng ở vị trí cuối mạch.

Epoxy là đại diện cho một số nhựa có tính năng tốt nhất hiện nay. Nói chung, epoxy có tính năng cơ lý, kháng môi trường hơn hẳn các nhựa khác, là loại nhựa được sử dụng nhiều nhất trong các chi tiết máy bay. Với tính chất kết dính và khả năng kháng nước tuyệt vời của mình, epoxy rất lý tưởng để sử dụng trong ngành đóng tàu, là lớp lót chính cho tàu chất lượng cao hoặc là lớp phủ bên ngoài vỏ tàu hay thay cho polyester dễ bị thủy phân bởi nước và gelcoat.

Công thức cấu tạo:



2.3.2 Tính chất

- ❖ Khả năng kháng nước của epoxy rất tốt do nhựa epoxy không có nhóm ester. Do đó:
- ❖ Chịu ứng suất cơ và nhiệt tốt, dai và kháng nhiệt tốt hơn mạch thẳng do có hai vòng thơm ở vị trí trung tâm.

❖ Cả nhựa epoxy lỏng và tác nhân đóng rắn đều có độ nhớt thấp thuận lợi quá trình gia công.

❖ Epoxy đóng rắn dễ dàng và nhanh chóng ở nhiệt độ phòng từ 5-150°C, tùy cách lựa chọn chất đóng rắn.

❖ Độ co ngót thấp trong khi đóng rắn. Lực kết dính, tính chất cơ lý của epoxy được tăng cường bởi tính cách điện và khả năng kháng hóa chất.

Đặc tính vật lý chủ yếu :

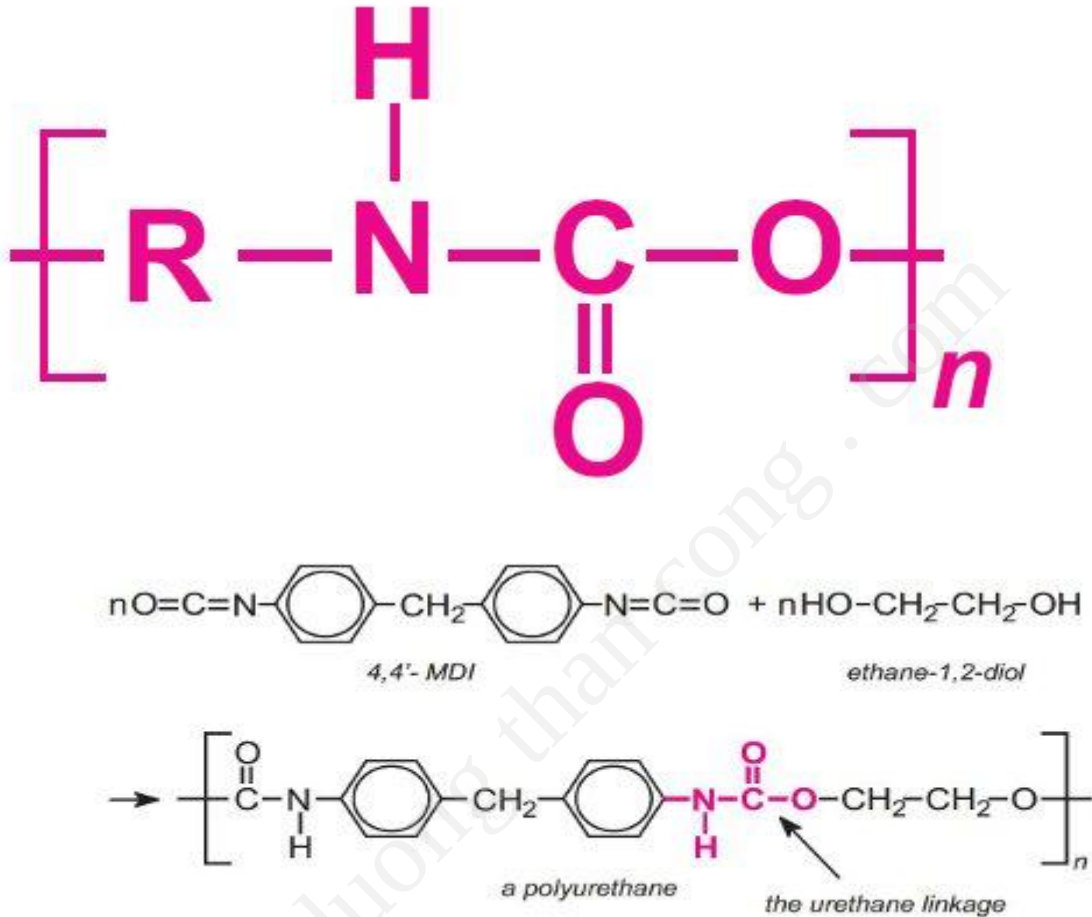
Trọng lượng riêng :	1,11 – 1,4 kg/l
Độ cứng (Rockwell) :	80-110
Sức bền kéo(MN/m ²):	28-91
Môđun kéo(GN/m ²):	2,4
Sức bền nén(MN/m ²):	100-175
Co ngót(%):	0,001-0,004
Hệ số thấm nước(%):	0,08-0,15
Nhiệt riêng (Kj/g.°C):	0,25
Hệ số dẫn nhiệt (W/m.°C):	0,21
Hệ số dẫn nở dài (/°C):	(8,1-11,7)*10 ⁻⁵

2.3.3 Ứng dụng

-Ứng dụng của epoxy rất đa dạng, nó được dùng làm: keo dán, hỗn hợp xử lý bề mặt, hỗn hợp đổ, sealant, bột trét, sơn....

2.4 Polyurethane (PUR and PU)

2.4.1 Công thức cấu tạo:



2.4.2 Quá trình hình thành

-Polyurethane được sản xuất bằng cách trộn hai hay nhiều dòng chất lỏng. Các dòng polyol chứa chất xúc tác, hoạt động bề mặt v.v... Hai thành phần này được gọi là một hệ thống polyurethane, hoặc chỉ đơn giản là một hệ thống. Các isocyanate thường được gọi là 'B-side' hay chỉ là 'iso'. Sự pha trộn của các polyol và các chất phụ gia khác thường được gọi là "A-side". Hỗn hợp này cũng có thể được gọi là một 'nhựa' hoặc 'nhựa pha trộn'. Phụ gia nhựa PU có thể bao gồm nhiều loại, Các môi liên kết chéo, bề mặt, chất chống cháy, bột màu, và các chất độn. Quá trình tạo Polyurethane có thể được thực hiện trong một loạt các thành phần mật độ và độ cứng khác nhau bằng cách thay đổi các isocyanate, polyol hoặc chất phụ gia.

C. VẬT LIỆU COMPOSITE (COMPOZIT)

1. Giới thiệu

Vật liệu Composite là vật liệu được chế tạo tổng hợp từ hai hay nhiều vật liệu khác nhau nhằm mục đích tạo ra một vật liệu mới có tính năng ưu việt hơn hẳn vật liệu ban đầu. Vật liệu Composite được cấu tạo từ các thành phần cốt nhằm đảm bảo cho Composite có được các đặc tính cơ học cần thiết và vật liệu nền đảm bảo cho các thành phần của Composite liên kết, làm việc hài hoà với nhau.

2. Tính chất

Trong điều kiện sử dụng các vật liệu đúng tiêu chuẩn thì vật liệu composite có những ưu điểm chủ yếu sau :

- + Nhẹ nhưng cứng vững, chịu va đập, uốn, kéo tốt
- + Chịu hoá chất, không sét gỉ, chống ăn mòn. Đặc tính này thích hợp cho biển và khí hậu vùng biển.
- + Chịu thời tiết, chống tia tử ngoại, chống lão hoá nên rất bền .
- + Chịu nhiệt, chịu lạnh, chống cháy.
- + Cách điện, cách nhiệt tốt.
- + Chịu ma sát, cường độ lực, nhiệt độ cao (thể hiện ở composite sợi carbon)
- + Hấp thụ sóng điện từ tốt (composite – thủy tinh)
- + Không thấm nước, không độc hại.
- + Bảo trì, bảo dưỡng, sửa chữa dễ dàng, chi phí thấp.
- + Màu sắc đa dạng, đẹp bền vì được pha ngay trong nguyên liệu.
- + Thiết kế, tạo dáng thuận lợi, đa dạng, có nhiều công nghệ để lựa chọn

3 Phân loại

3.1 Vật liệu composite nền dạng sợi: Khi vật liệu tăng cường có dạng sợi, ta gọi đó là composite độn dạng sợi, chất độn dạng sợi gia cường tăng cơ lý tính cho polymer nền.

3.2 Vật liệu composite độn dạng hạt : Khi vật liệu tăng cường có dạng hạt, các tiểu phân hạt độn phân tán vào polymer nền. Hạt khác sợi ở chỗ nó không có kích thước ưu tiên. Phân loại theo bản chất, thành phần:

- ❖ Composite nền hữu cơ (nhựa, hạt) cùng với vật liệu cốt có dạng: sợi hữu cơ (polyamide, kevlar...), Sợi khoáng (thủy tinh, carbon...), sợi kim loại (Bo, nhôm...)
- ❖ Composite nền kim loại: nền kim loại (hợp kim Titan, hợp kim Al,...) cùng với độn dạng hạt: sợi kim loại (Bo), sợi khoáng (Si, C)...
- ❖ Composite nền khoáng (gốm) với vật liệu cốt dạng: sợi kim loại (Bo), hạt kim loại (chất gốm), hạt gốm (cacbua, Nitơ)...

4 Cấu trúc vật liệu Composite

a. Polymer nền

+ Là chất kết dính, tạo môi trường phân tán, đóng vai trò truyền ứng suất sang độn khi có ngoại lực tác dụng lên vật liệu. Có thể tạo thành từ một chất hoặc hỗn hợp nhiều chất được trộn lẫn một cách đồng nhất tạo thể liên tục.

+ Trong thực tế, người ta có thể sử dụng nhựa nhiệt rắn hay nhựa nhiệt dẻo làm polymer nền:

- ❖ Nhựa nhiệt dẻo: PE, PS, ABS, PVC... độn được trộn với nhựa, gia công trên máy ép phun ở trạng thái nóng chảy.
- ❖ Nhựa nhiệt rắn: PU, PP, UF, Epoxy, Polyester không no, gia công dưới áp suất và nhiệt độ cao, riêng với epoxy và polyester không no có thể tiến hành ở điều kiện thường, gia công bằng tay (hand lay-up method). Nhìn chung, nhựa nhiệt rắn cho vật liệu có cơ tính cao hơn nhựa nhiệt dẻo.

b. Chất độn (cốt)

Đóng vai trò là chất chịu ứng suất tập trung vì độn thường có tính chất cơ lý cao hơn nhựa. Người ta đánh giá độn dựa trên các đặc điểm sau:

- ❖ Tính gia cường cơ học.
- ❖ Tính kháng hoá chất, môi trường, nhiệt độ.
- ❖ Phân tán vào nhựa tốt.
- ❖ Truyền nhiệt, giải nhiệt tốt.

- ❖ Thuận lợi cho quá trình gia công.
- ❖ Giá thành hạ, nhẹ.

Tuỳ thuộc vào từng yêu cầu cho từng loại sản phẩm mà người ta có thể chọn loại vật liệu độn cho thích hợp. Có hai dạng độn:

- ❖ Độn dạng sợi: sợi có tính năng cơ lý hoá cao hơn độn dạng hạt, tuy nhiên, sợi có giá thành cao hơn, thường dùng để chế tạo các loại vật liệu cao cấp như: sợi thủy tinh, sợi carbon, sợi Bo, sợi cacbua silic, sợi amide...

- ❖ Độn dạng hạt: thường được sử dụng là : silica, CaCO_3 , vẩy mica, vẩy kim loại, độn khoáng, cao lanh, đất sét, bột talc, hay graphite, carbon... khả năng gia cường cơ tính của chất độn dạng hạt được sử dụng với mục đích sau:

- Giảm giá thành.
- Tăng thể tích cần thiết đối với độn trơ, tăng độ bền cơ lý, hóa, nhiệt, điện, khả năng chậm cháy đối với độn tăng cường.
- Dễ đúc khuôn, giảm sự tạo bọt khí trong nhựa có độ nhớt cao.
- Cải thiện tính chất bề mặt vật liệu, chống co rút khi đóng rắn, che khuất sợi trong cấu tạo tăng cường sợi, giảm tỏa nhiệt khi đóng rắn. Cốt sợi cũng có thể là sợi tự nhiên (sợi đay, sợi gai, sợi lanh, xơ dừa, xơ tre, bông...), có thể là sợi nhân tạo (sợi thủy tinh, sợi vải, sợi poliamit...). Tuỳ theo yêu cầu sử dụng mà người ta chế tạo sợi thành nhiều dạng khác nhau : sợi ngắn, sợi dài, sợi rối, tấm sợi...
- Việc trộn thêm các loại cốt sợi này vào hỗn hợp có tác dụng làm tăng độ bền cơ học cũng như độ bền hóa học của vật liệu PC như : khả năng chịu được va đập; độ giãn nở cao; khả năng cách âm tốt; tính chịu ma sát - mài mòn; độ nén, độ uốn dẻo và độ kéo đứt cao; khả năng chịu được trong môi trường ăn mòn như: muối, kiềm, axit... Những khả năng đó đã chứng tỏ tính ưu việt của hệ thống vật liệu PC mới so với các loại Polyme thông thường. Và, cũng chính vì những tính năng ưu việt ấy mà hệ thống vật liệu PC đã được sử dụng rộng rãi trong sản xuất cũng như trong đời sống.

c. Chất pha loãng

Tính chất của polyester phụ thuộc không những vào hàm lượng nối đôi và nhóm ete, vào mạch thơm hay thẳng, mức độ đa tụ mà còn phụ thuộc vào tính chất của tác nhân nối ngang – monomer.

Các monomer khâu mạch ngang được dùng để đồng trùng hợp với các nối đôi trong nhựa UPE, tạo kết ngang, thường là chất có độ nhớt thấp (dạng lỏng) nên còn có tác dụng làm giảm độ nhớt của hỗn hợp, do vậy chúng còn được gọi là chất pha loãng.

Monomer pha loãng phải thỏa mãn các điều kiện sau:

- ❖ Đồng trùng hợp tốt với polyester, không trùng hợp riêng rẽ tạo sản phẩm không đồng nhất, làm ảnh hưởng đến tính chất của sản phẩm, hoặc còn sót lại monomer làm sản phẩm mềm dẻo, kém bền.

- ❖ Monomer phải tạo hỗn hợp đồng nhất với polyester, tốt nhất là dung môi cho polyester. Lúc đó nó hòa tan hoàn toàn vào giữa các mạch phân tử polyester, tạo thuận lợi cho phản ứng đóng rắn và tạo độ nhớt thuận lợi cho quá trình gia công.

- ❖ Nhiệt độ sôi cao, khó bay hơi trong quá trình gia công và bảo quản.
- ❖ Nhiệt phản ứng đồng trùng hợp thấp, sản phẩm đồng trùng hợp ít co rút.
- ❖ Ít độc.

Để đóng rắn polyester, người ta dùng các monomer : styrene, metyl meta acrylat (MMA), vinyl, triallil xianuarat, ... trong đó styrene được sử dụng nhiều nhất do có những tính chất ưu việt:

- ❖ Có độ nhớt thấp.
- ❖ Tương hợp tốt với polyester, khả năng đồng trùng hợp cao, tự trùng hợp thấp.
- ❖ Đóng rắn nhựa nhanh.
- ❖ Sản phẩm chịu thời tiết tốt, cơ lý tính cao, cách điện tốt.
- ❖ Khả năng tự bốc cháy thấp.

d. *Chất tách khuôn, chất làm kín và các phụ gia khác*

Chất róc khuôn:

- Chất róc khuôn có tác dụng ngăn cản nhựa bám dính vào bề mặt khuôn.
- Chất róc khuôn dùng trong đắp tay là loại chất róc khuôn ngoại được bôi trực tiếp lên khuôn.

- Một số chất róc khuôn: wax, silicon, dầu mỏ, mỡ heo...

Chất làm kín:

▪ Với khuôn làm từ các vật liệu xốp như gỗ, thạch cao thì cần phải bôi chất làm kín trước khi dùng chất róc khuôn.

- Các chất làm kín xâm nhập vào các lỗ xốp, ngăn chặn nhựa bám vào.

▪ Một số chất làm kín: Cellulose acetate, wax, silicon, stearic acid, nhựa furane, véc ni, sơn mài...

Chất tẩy bột khí:

▪ Bột khí làm sản phẩm composite bị giảm độ chịu lực, độ chịu thời tiết và thẩm mỹ bề mặt.

- Lượng thường sử dụng: 0.2-0.5% lượng nhựa.

- Lưu ý: nên cho chất tẩy bột khí vào nhựa trước khi dùng các thành phần khác.

Chất thấm ướt sợi:

- Có tác dụng tăng khả năng thấm ướt sợi giúp sử dụng độn nhiều hơn.

- Lượng dùng: 0.5-1.5% so với độn.

Chất tăng độ phân tán.

Chất ngăn thoát hơi styrene.

e. Xúc tác – Xúc tiến

Xúc tác:

Các chất xúc tác chỉ được cho vào nhựa trước khi gia công. Vai trò của chúng là tạo gốc tự do kích động cho quá trình xúc tác phản ứng đồng trùng hợp.

Tác nhân kích thích cho sự tạo thành gốc tự do có thể là chất xúc tiến, bức xạ ánh sáng, tia tử ngoại hay nhiệt độ. Chất xúc tác gồm các loại:

Xúc tác Peroxide:

Peroxide : thông dụng nhất là benzoil-peroxide. Nó là loại bột trắng, tồn tại ở ba dạng: khô (khoảng 5% ẩm), paste trong nước (khoảng 25% nước), và thông dụng nhất là paste trong tricresyl-phosphonate hay dimethyl phthalate (khoảng 70% peroxide). Nó được dùng để đóng rắn nhựa polyester (ở nhiệt độ khoảng trên 80⁰c) và thường được dùng với

tỉ lệ 0,5-2% so với nhựa. Khi cho vào nhựa nó thường ở dạng paste. Ngoài ra các chất xúc tác thuộc loại peroxide còn có:

- + Di-t-butyl peroxide $(\text{CH}_3)_3\text{-C-O-O-C-(CH}_3)_3$
- + Di-acetyl peroxide $(\text{CH}_3)_3\text{-CO-O-O-OC-(CH}_3)_3$
- + Hydroperoxide
- + t-butyl-hydroperoxide $(\text{CH}_3)_3\text{-COOH}$
- + Cumen-hydroperoxide $\text{C}_6\text{H}_5\text{-C-(CH}_3)_2\text{-O-OH}$.

Hai loại MEKP và HCH được dùng để đóng rắn nguội cho nhựa polyester:

- MEKP là tên viết tắt của **Metyl Ethyl Keton Peroxide**, nó thực chất là hỗn hợp của một số hợp chất peroxide, thành phần thay đổi tùy thuộc vào nhà sản xuất. Nó là chất oxi hoá mạnh nên phải tránh tiếp xúc với oxi.
- HCH là sản phẩm phản ứng giữa Hydroperoxide với Cyclohexanol peroxide và được gọi tên là cyclo-hexanol peroxide. Tuy nhiên nó là hỗn hợp của ít nhất hai trong bốn chất sau (theo Criegree, Schorenberg và Becke)

Xúc tác azo và diazo

- Diazo aminobenzen: $\text{C}_6\text{H}_5\text{-NH-N=N-C}_6\text{H}_5$
- Dinitric của acid diizobutyric: $\text{NC(CH}_3)_2\text{-N=N-C(CH}_3)_2\text{-COO-CN}$
- Dimetyl ester của acid diizobutyric: $\text{C}_2\text{H}_5\text{-OOC-C(CH}_3)_2\text{-N=N-C(CH}_3)_2\text{-COO-C}_2\text{H}_5$

Chất xúc tiến:

Chất xúc tiến là chất đóng vai trò xúc tác cho phản ứng tạo gốc tự do của chất xúc tác. Dùng chất xúc tiến sẽ giảm được nhiệt độ và thời gian đóng rắn một cách đáng kể và có thể đóng rắn nguội. Gồm các loại:

Xúc tiến kim loại: Xúc tiến kim loại là muối của kim loại chuyển tiếp như: cobalt, chì, mangan, ceri, ... và các acid như: naphthenic, linoleic, octonic,... hoà tan tốt trong polymer. Loại xúc tác này thường dùng chung với các chất xúc tác dạng hydroperoxit (MEKP, HCH). Naphthenic-cobalt là loại thông dụng nhất thường dùng. Ngoài xúc tiến kim loại ở dạng muối, người ta còn dùng dạng phức, ví dụ: Ferrocen, dạng phức dicyclopentadienyl của sắt dùng để xúc tiến cho cumen peroxit khi cần đóng rắn nhanh ở nhiệt độ khoảng 80°C . Amin bậc ba.

4.5 Các công nghệ gia công vật liệu Composite

Trong công nghệ composite nhất thiết phải có khuôn. Sau khi tách khỏi khuôn, bề mặt sản phẩm (một hay cả hai mặt tùy phương pháp gia công) bóng láng, có màu sắc đầy đủ, không qua bước hoàn tất sản phẩm như khi gia công nhựa nhiệt dẻo. Vì thế, khuôn đóng vai trò rất quan trọng trong việc quyết định chất lượng, vẻ đẹp của sản phẩm.

Công nghệ ứng dụng rộng rãi nhất trong ngành tại Việt Nam cũng như trên thế giới là công nghệ đúc tiếp xúc cho sản phẩm bóng láng một mặt, gồm hai loại sau :

- ❖ Trải lớp bằng tay (Hand lay up).
- ❖ Trải lớp bằng súng phun bắn (Spray up).

Để có sản phẩm bóng láng cả hai mặt, dùng các công nghệ sau :

- ❖ Công nghệ đúc chuyển (RTM-Resin transfer moulding)
- ❖ Công nghệ đúc nén (compression moulding)
- ❖ Công nghệ quấn sợi (Filament Winding)
- ❖ Công nghệ đúc kéo (Fultrusion)
- ❖ Công nghệ tạo lớp liên tục (continuous laminating)
- ❖ Công nghệ đúc vữa thủy tinh (Plaster Glass)
- ❖ Công nghệ ép phun (injection moulding thermoplastics)
- ❖ Công nghệ đúc ép có phản ứng gia cường (RRIM-Reinforced reaction injection moulding).

4.6 Ứng dụng

- ❖ Tàu thuyền, bồn chứa nước, bồn chứa hóa chất...
- ❖ Cấu kiện nhà máy hóa chất, phòng thí nghiệm.
- ❖ Cấu kiện trong máy điện tử, vách cách nhiệt.
- ❖ Vỏ máy bay, bộ phóng tên lửa, cấu kiện cho ngành hàng không vũ trụ.
- ❖ Vòm mái che, hồ bơi.

D. Cao Su

-Cao su hay elastome là một loại sản phẩm của polyme. Do đặc điểm cấu tạo, cao su là loại vật liệu có độ đàn hồi rất cao, độ co giãn khi kéo có thể đạt tới 700 – 800%,

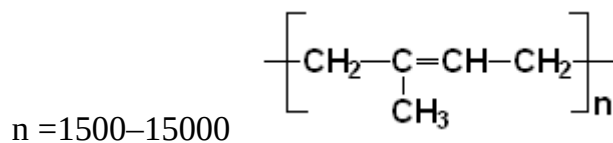
có tính chống thấm nước, chịu ma sát, ít bị mài mòn và có khả năng giảm chấn động tốt, có độ cách điện, cách nhiệt và cách âm cao v.v. nên cao su là loại vật liệu có ý nghĩa quan trọng đối với đời sống và kỹ thuật.

-Cao su theo nguồn gốc hóa học có thể chia làm hai loại là cao su tự nhiên và cao su nhân tạo.

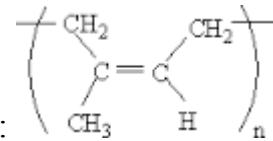
1.Cao su tự nhiên.

+ Cấu trúc:

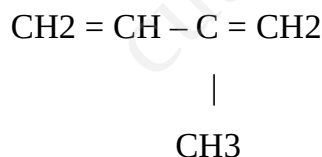
- Công thức cấu tạo:



- Tất cả các mắt xích isopren đều có cấu hình cis như sau:



Cao su tự nhiên là sản phẩm lấy từ nhựa cây cao su có tên he- ve – a thường mọc ở những vùng nhiệt đới như Việt Nam, nó là sản phẩm trùng hợp của izopren tự nhiên với công thức hóa học là $(\text{C}_5\text{H}_8)_n$ và công thức cấu tạo như sau



+Đặc điểm nổi bật trong cấu tạo trên là có hai mắt liên kết kép nên khi nung đến 500°C cao su bị hóa mềm và trở nên dính, còn ở nhiệt độ thấp nó hóa giòn.

+Cao su hòa tan trong cacbona hydro và cacbon disulfua (CS_2).

+Cao su là chất vô định hình như khi chịu kéo lại là chất tinh thể có sự sắp xếp trật tự trong không gian. Khi bỏ lực tác dụng cao su trở lại là chất vô định hình.

+Nhược điểm cơ bản của cao su tự nhiên là dễ bị hóa giòn ở nhiệt độ thấp dễ bị mềm và chảy dính ở nhiệt độ cao, có độ bền cơ yếu, hoà tan trong xăng và dầu v.v. vì vậy cao su nguyên chất hầu như không được sử dụng trong thực tế.

+Để có thể sử dụng được, cao su cần phải được tiến hành lưu hóa. Bản chất của quá trình này là các nguyên tử lưu huỳnh kết hợp với những mạch polyme izopren tạo thành những đoạn bắc cầu, làm cho các phân tử polyme của cao su tự nhiên có cấu tạo thành mạch lưới. Đây là một quá trình thuận nghịch xảy ra ở nhiệt độ cao. Sự kết hợp giữa lưu huỳnh và polyme có thể biểu diễn bằng sơ đồ trên hình 10.5. Trong quá trình này nguyên tử lưu huỳnh là vòng tròn đen tạo thành những đoạn bắc cầu làm cho các phân tử cao su tự nhiên có cấu tạo lưới.

Lưu ý rằng do thực tế không dùng cao su tự nhiên cho nên danh từ cao su dùng trong kỹ thuật cũng như đời sống được hiểu là cao su đã được lưu hóa. Cao su sau khi được lưu hóa, các tính chất được cải thiện rõ rệt, tính chịu nhiệt tăng, cơ tính nâng cao, tính hòa tan được khắc phục.

+Tùy thuộc vào lượng lưu huỳnh cho vào cao su có thể thu được các loại cao su sau đây:

+Cao su mềm (1 – 3% S) có độ đàn hồi và độ bền rất cao ($\epsilon = 150 - 500\%$).

+Cao su cứng – êbonít (30 – 35% S) là vật liệu cứng có tính chịu nhiệt, chịu va đập tốt (2 – 6%)

2.Elastome (Cao su tổng hợp).

+ Cao su nhân tạo là loại cao su được trùng hợp từ chất butadien hay divinyl do Lebedev thực hiện thành công lần đầu tiên năm 1909. Nguyên liệu để chế tạo ra cao su nhân tạo là cồn, dầu mỏ và khí tự nhiên. Lượng cao su nhân tạo được sản xuất ngày càng tăng thay thế dần cho cao su tự nhiên. Hiện nay trên 50% sản phẩm cao su được chế tạo từ cao su nhân tạo. Các loại cao su nhân tạo điển hình là cao su Styren –

butadien (SBR) và cao su silicon.

+Trong cao su lưu hoá, người ta còn có thể cho thêm một số loại chất độn khác nhau như bột phấn, bột than) hay chất nhuộm màu, chất xúc tác để tăng nhanh quá trình lưu hóa. Cao su được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp điện làm vật liệu cách điện, dây dẫn các loại cáp.

+Tính đàn hồi của cao su có liên quan đến cấu trúc dicdac.

+ Khi chịu tác dụng của lực kéo F nó bị kéo căng ra, phân tử trở nên gần như mạch thẳng. Khi hết lực tác dụng nó trở lại trạng thái ban đầu

3.Cao su buna, cao su buna –S và cao su buna –N

- Cao su buna có tính đàn hồi và độ bền kém hơn cao su thiên nhiên. Khi dùng buta-1,3-đien ở 10oC, polime sinh ra chứa 77% đơn vị trans-1,4 và 7% đơn vị cis-1,4 (còn lại là sản phẩm trùng hợp 1,2). Còn ở 100oC sinh ra polime chứa 56% đơn vị trans-1,4 và 25% đơn vị cis-1,4 (còn lại là sản phẩm trùng hợp 1,2)

-Cao su buna –S có tính đàn hồi cao

-Cao su buna – N có tính chống dầu tốt

4. Cao su isopren

- Trùng hợp isopren có hệ xúc tác đặc biệt, ta được poliisopren gọi là cao su isopren, cấu hình cis chiếm $\approx 94\%$, gần giống cao su thiên nhiên

- Ngoài ra người ta còn sản xuất policloropren và polifloropren. Các polime này đều có đặc tính đàn hồi nên được gọi là cao su cloropren và cao su floropren. Chúng bền với dầu mỡ hơn cao su isopren

5.Đặc điểm của cao su tổng hợp:

- Cấu trúc: mạng lưới thưa. Đàn hồi cao (max).

- Chế tạo : lưu hóa.

Polyme + Lưu huỳnh (S) Nung : T-cao

- Gia công bằng các phương pháp:

- + Đúc ép.
- + Đúc đùn.