



Topic 2. **VẬT LIỆU NHỰA**

Content

1.

Ứng dụng của nhựa

2.

Vật liệu nhựa là gì?

3.

Cấu trúc mạch của polyme và phân loại nhựa

4.

T_g và T_m

5.

Độ nhớt (Viscosity)

6.

Mối liên hệ giữa P – V – T

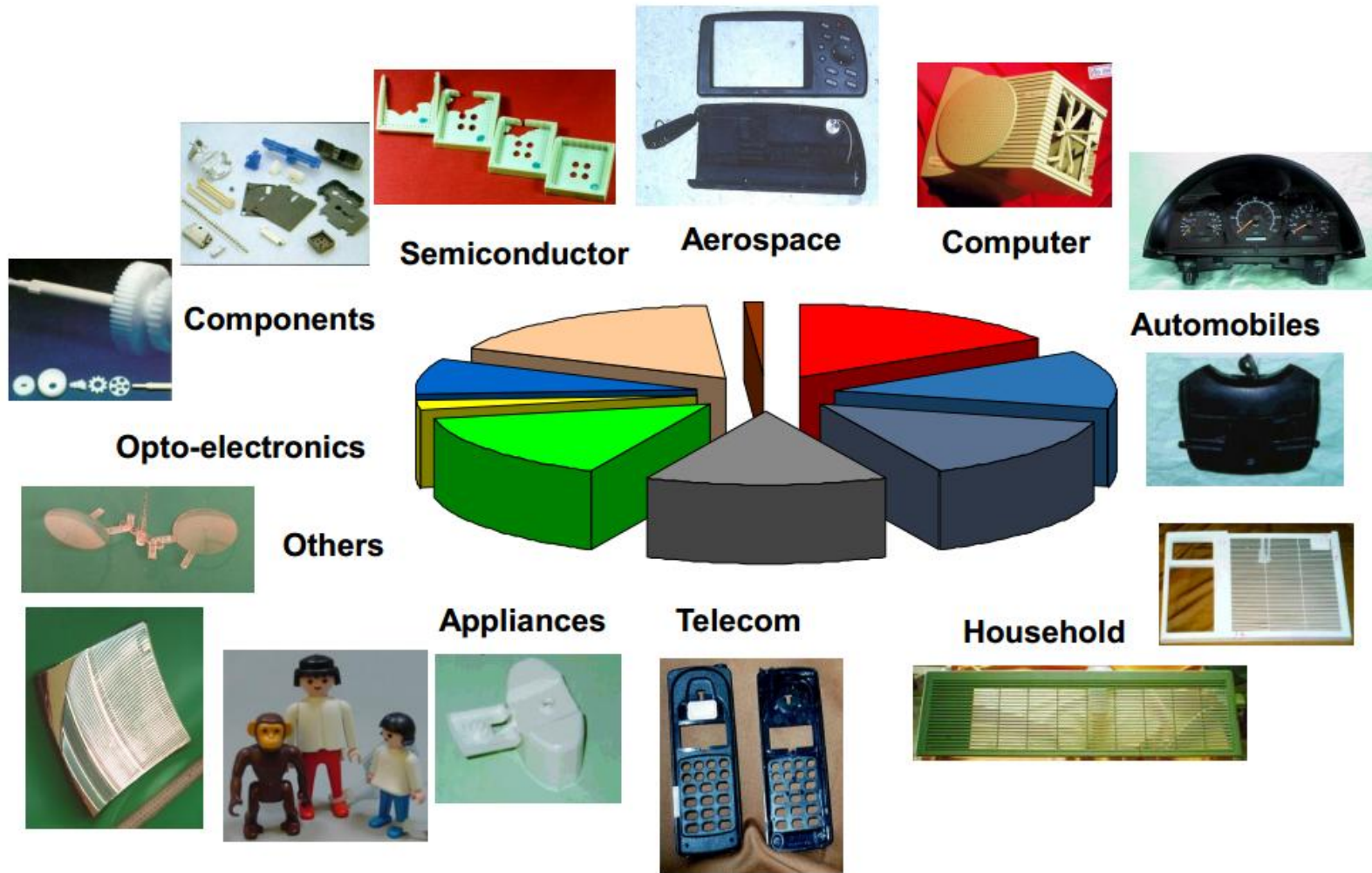
7.

Một số loại nhựa chủ yếu dùng cho công nghệ ép phun

8.

Một số loại phụ gia cho nhựa

1. Ứng dụng của nhựa



1. Ứng dụng của nhựa



Injection



[<https://www.indiamart.com/proddetail/plastic-injection-molding-product-6172222497.html>]

Extrusion



[<https://rpmindinc.com/custom-plastic-extrusions-matchless-alternative-to-fabrication/>]

Blow molding



[<https://www.valenciaplastics.com/services-our-capabilities/blow-molding/>]

2. Vật liệu nhựa là gì?

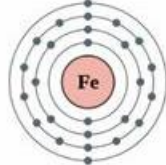
Metal



Fundamental
Unit



Atom •

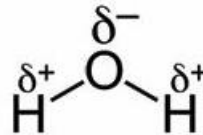


Nucleus surrounded
by electrons

Water



Molecule —



Atom joined by bonds

Plastic (polymer)



Chain 



Molecules joined
by bonds

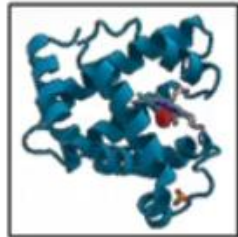
2. Vật liệu nhựa là gì?

Polymers

Natural polymers



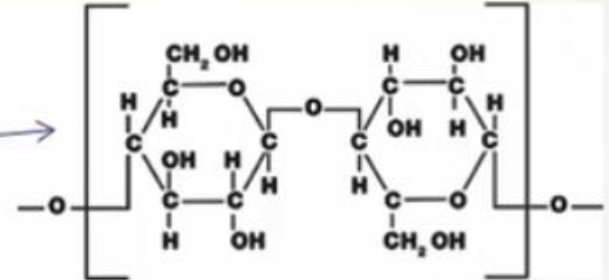
Wool



Protein



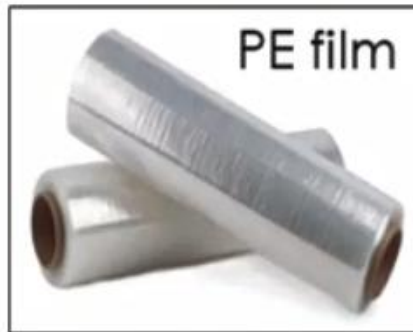
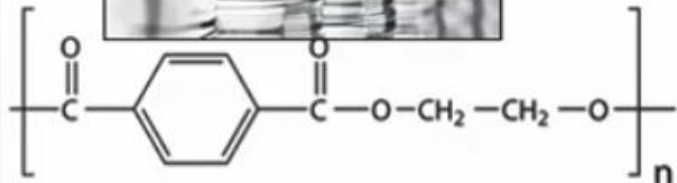
Cotton



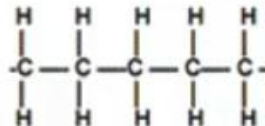
Synthetic polymers



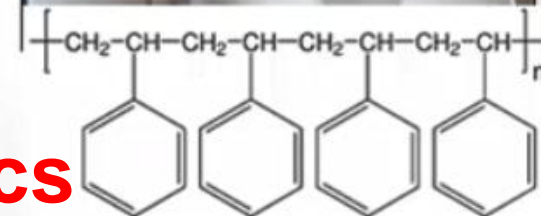
PET bottle



PE film



PS cups

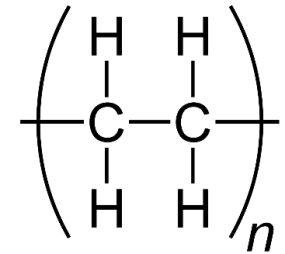


Plastics

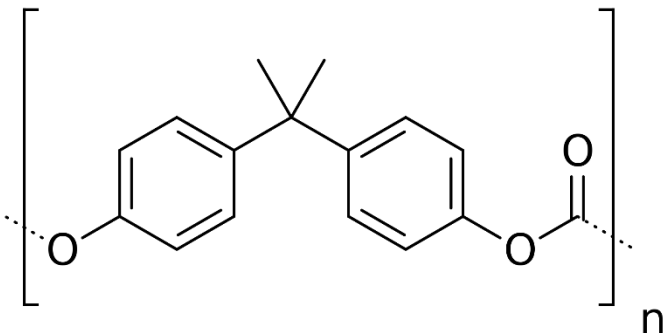
2. Vật liệu nhựa là gì?

- **Nhựa (plastic)** là một dạng polyme tổng hợp (a synthetic polymer) có trọng lượng phân tử cao, được hình thành từ các thành phần như: carbon (C), hydrogen (H), oxygen (O), nitrogen (N), chlorine (Cl), và sulfur (S). Carbon là thành phần chính trong hầu hết các loại nhựa, trừ trường hợp nhựa silicone với thành phần chính là silicon (Si).

Polyethylene (PE)

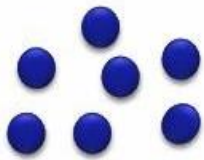


Polycarbonate (PC)

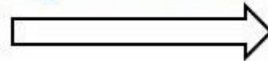


2. Vật liệu nhựa là gì?

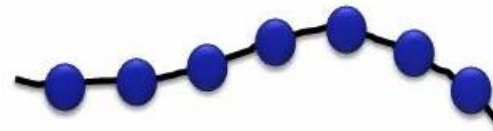
Monomer



Polymerization



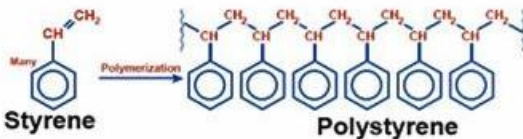
Polymer



Addition Polymerization

Monomers added together through multiple addition reaction

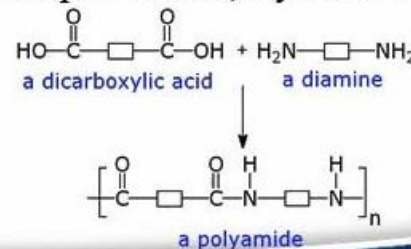
Example: Polystyrene, polyethylene etc.



Condensation Polymerization

Two monomers containing reactive groups react to form molecule and eliminated a small molecule (usually water, ammonia, methanol, or hydrogen chloride).

Example: Kevlar, Nylon etc.

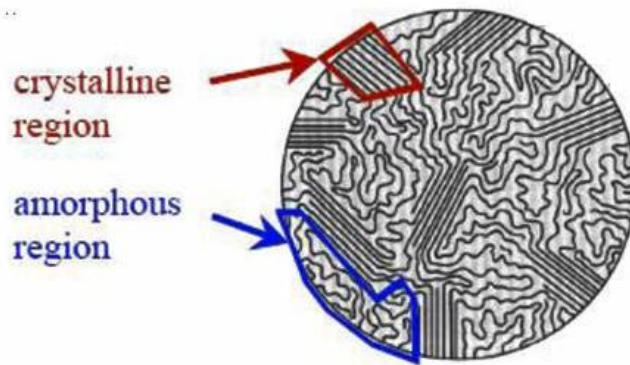


Images taken from sites.google.com

- Trong cấu trúc mạch của nhựa (long polymer chain) có sự lặp lại nhiều lần các mắt xích cơ bản (monomer). Nhựa được tổng hợp thông qua phản ứng trùng hợp (addition polymerization) hoặc phản ứng trùng ngưng (condensation polymerization).

2. Vật liệu nhựa là gì?

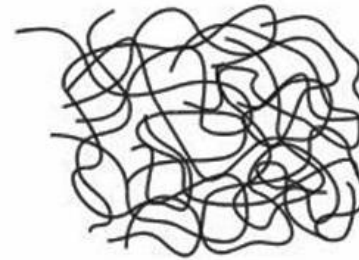
- Nhựa có cấu trúc vô định hình (amorphous polymer) hay **bán tinh thể** (semi-crystalline polymer).



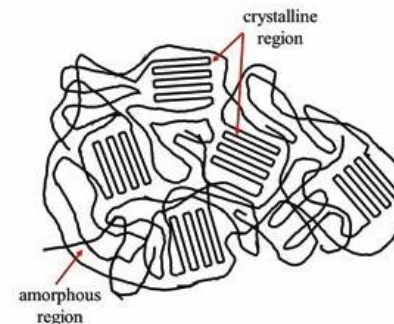
Amorphous region – random orientation of polymer chain

Crystalline region – Perfectly aligned polymer chain

Amorphous polymer

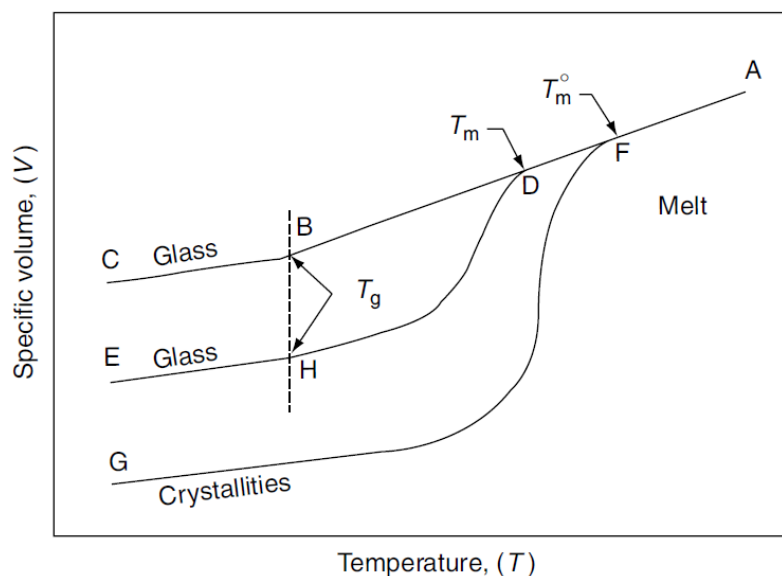


Semi-crystalline polymer



2. Vật liệu nhựa là gì?

- Nhựa có cấu trúc vô định hình (amorphous polymer) thường có độ trong suốt cao hơn nhựa có cấu trúc bán tinh thể (semi-crystalline polymer).
- Cấu trúc polyme ảnh hưởng đến độ co rút của nhựa trong quá trình ép phun.



Semi-crystalline polymer



Amorphous polymer

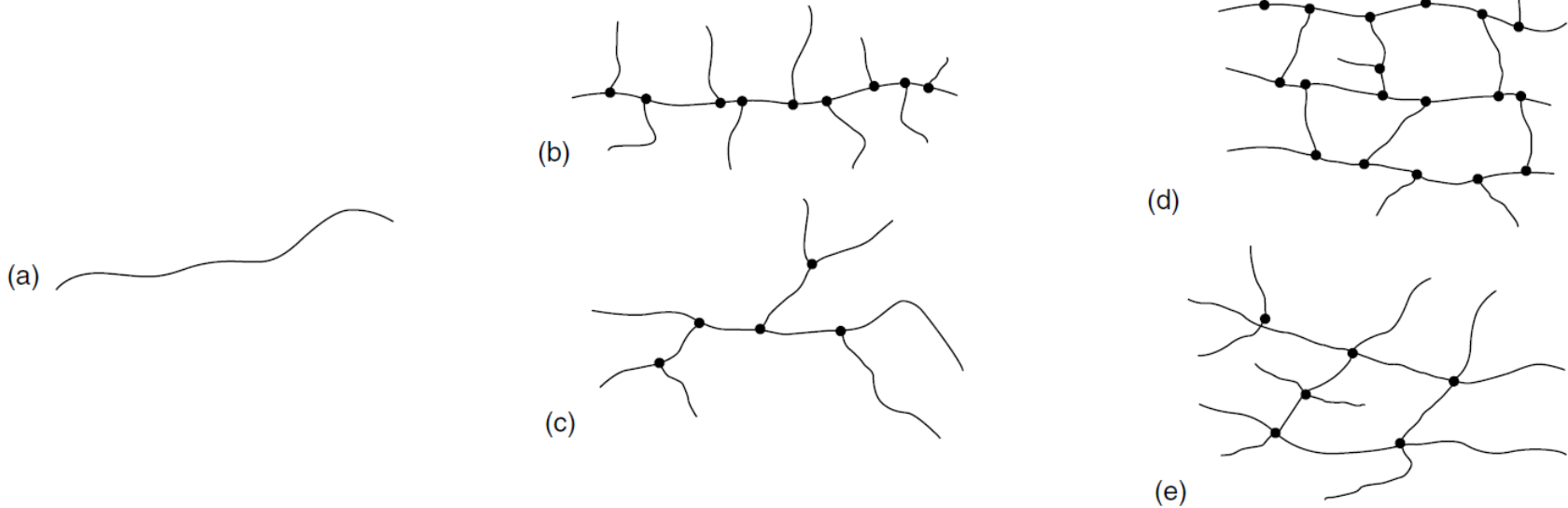


Hệ số co rút	1→2.5 %	Dưới 1%
Gia nhiệt tới nhiệt độ nóng chảy	Cần nhiều nhiệt hơn	Cần ít nhiệt hơn

- ✓ A completely amorphous sample (A–B–C);
- ✓ A semicrystalline sample (A–D–E);
- ✓ A perfectly crystalline material (A–F–G).

3. Cấu trúc mạch polyme và phân loại nhựa

- Có 3 dạng cấu trúc mạch của polyme, bao gồm: mạch thẳng (linear), mạch nhánh (branched), và mạch lưới (cross-linked)



(a) mạch thẳng, (b và c) mạch nhánh, (d và e) mạch lưới.

- Dựa vào cấu trúc mạch polyme, nhựa có thể chia thành 2 loại cơ bản: nhựa nhiệt dẻo (thermoplastic) và nhựa nhiệt rắn (thermosetting plastic).
- ✓ Nhựa nhiệt dẻo có cấu trúc polyme dạng mạch thẳng hoặc mạch nhánh;
 - ✓ Nhựa nhiệt rắn có cấu trúc polyme dạng mạch lưới;

3. Cấu trúc mạch polyme và phân loại nhựa

Thermoplastics

- ✓ Thermoplastics are usually formed by addition polymerization (thường được tổng hợp bằng phản ứng trùng hợp).
- ✓ Usually becomes soften on heating and stiffen on cooling (mềm khi nung nóng và cứng khi làm nguội).
- ✓ They are usually soft, weak, and less brittle in nature (thường mềm và ít giòn).
- ✓ They can be recycled (Có thể tái chế).

DÙNG PHỔ BIẾN TRONG CÔNG
NGHỆ PHUN ÉP

Thermosetting plastics

- ✓ Thermosetting plastics are often formed by condensation polymerization (thường được tổng hợp bằng phản ứng trùng ngưng).
- ✓ It does not become soft on heating. (không mềm khi nung nóng).
- ✓ They are usually hard, strong, and more brittle in nature (thường cứng và giòn).
- ✓ They cannot be recycled (Không thể tái chế).

3. Cấu trúc mạch polyme và phân loại nhựa

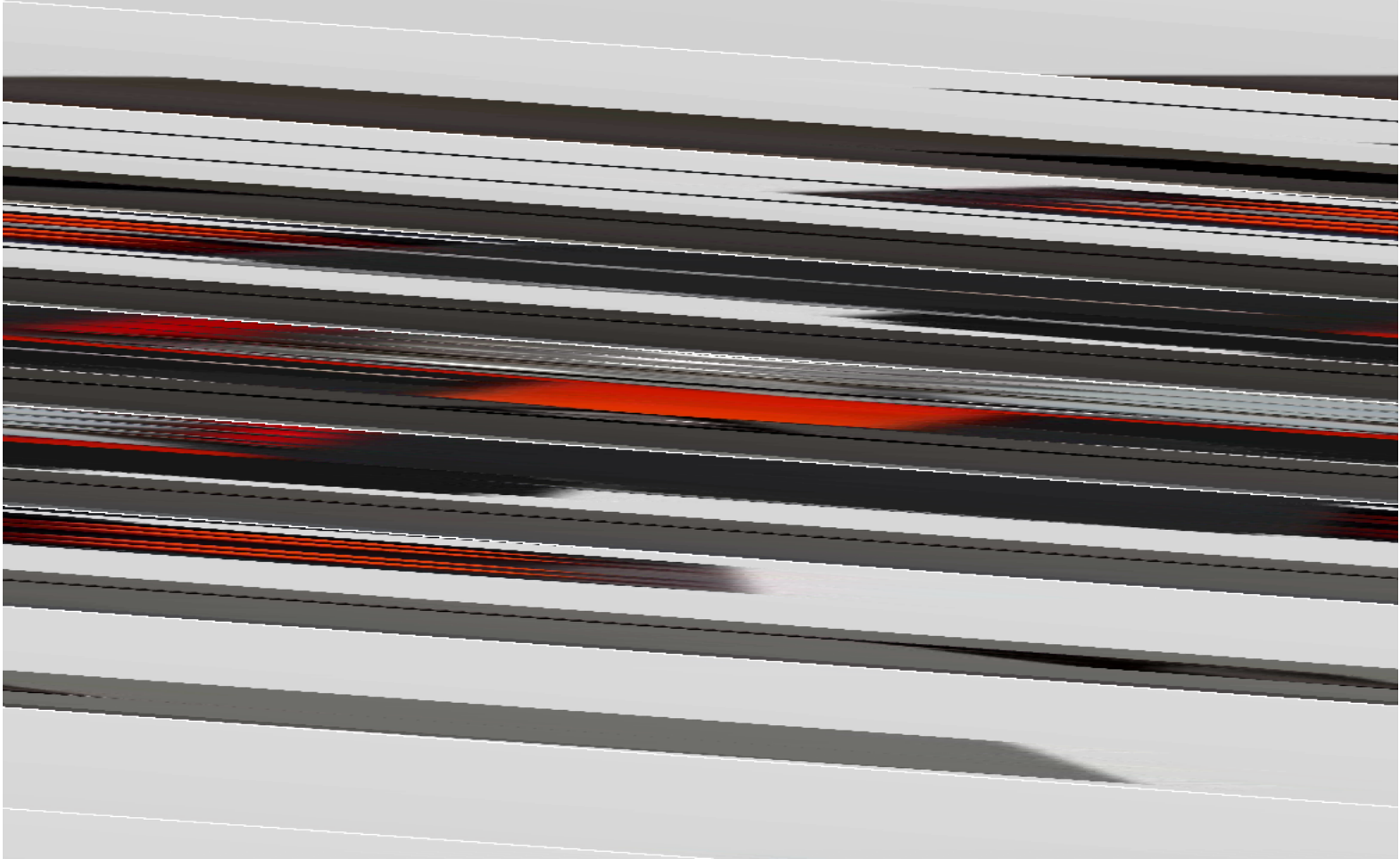
➤ Amorphous thermoplastics:

- ✓ Polymethyl methacrylate (PMMA / Acrylic)
- ✓ Polystyrene (PS)
- ✓ Polycarbonate (PC)
- ✓ Polysulfone (PSU)
- ✓ Polyvinyl chloride (PVC)
- ✓ Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)
- ✓ Polyetherimide (PEI)

➤ Semi-crystalline thermoplastics:

- ✓ Polyethylene (PE)
- ✓ Polypropylene (PP)
- ✓ Polybutylene terephthalate (PBT)
- ✓ Polyethylene terephthalate (PET)
- ✓ Polyetheretherketone (PEEK)

3. Cấu trúc mạch polyme và phân loại nhựa



3. Cấu trúc mạch polyme và phân loại nhựa

- Một số ứng dụng của nhựa nhiệt dẻo (thermoplastics)

Examples of Thermoplastics

Polyethylene/polythene

- Use: buckets, toys, bottles, machine parts

Polystyrene

- Use: insulation, inside of helmets, disposable cups, and plates, egg boxes

Nylon

- Use gears and bearing of machines, clothing, carpets



3. Cấu trúc mạch polyme và phân loại nhựa

➤ Một số ứng dụng của nhựa nhiệt rắn (thermosetting plastics)

Examples of Thermosetting plastics

Urea-formaldehyde resin

- Use adhesive of timber, doorknobs, bottle caps



Polyester resin

- Use: canoes, garden pools, car bodies, electrical parts



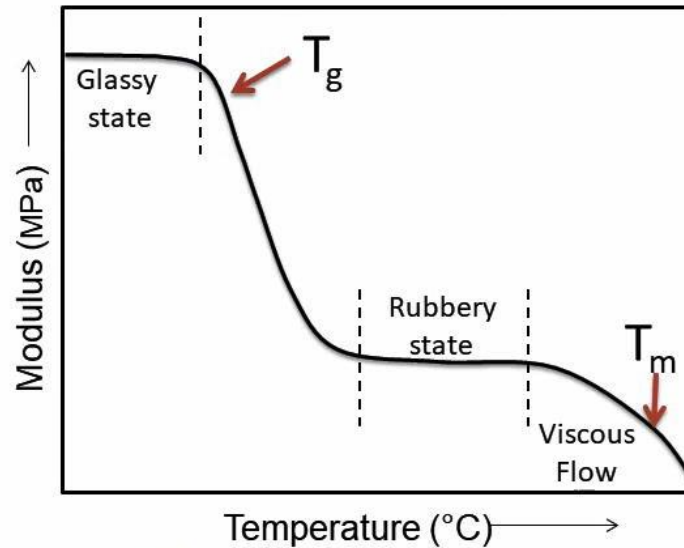
Epoxy resin

- Use: adhesives, drums, tools



4. T_g và T_m

Nhiệt độ thủy tinh hóa (T_g) và nhiệt độ nóng chảy (T_m) (Glass transition (T_g) and melting (T_m) temperature).



- **Below T_g :** nhiệt độ thấp hơn T_g , polyme ở trạng thái rắn với độ cứng cao, bởi thiếu sự di chuyển của các chuỗi polymer trong cấu trúc.
- **Above T_g :** nhiệt độ cao hơn T_g , polyme trở nên mềm và dẻo như nhựa cao su, bởi sự di chuyển của các chuỗi polyme trong cấu trúc. Cơ và lý tính của polyme thay đổi.
- **At T_m :** nhiệt độ cao hơn T_m , polyme ở trạng thái lỏng với độ nhớt cao.

4. T_g và T_m

T_g và T_m của một số loại nhựa.

Polymer	T_g (°C)	T_m (°C)
Polyethylene (high density)	− 115	137
Polyoxymethylene	− 85	181
Polyisoprene (natural rubber)	− 73	28
Polyisobutylene	− 73	44
Polypropylene	− 20	176
Poly(vinylidene chloride)	− 19	190
Poly(chlorotrifluoroethylene) (kel-F)	45	220
Poly(hexamethylene adipamide) (nylon-6,6)	53	265
Poly(ethylene terephthalate) (Terylene, Dacron)	69	265
Poly(vinyl chloride)	81	212
Polystyrene	100	240
Poly(methyl methacrylate) (Perspex, Lucite)	105	200
Cellulose triacetate	105	306
Polytetrafluoroethylene (Teflon)	127	327

➡ T_g and T_m values of a polymer determine the temperature range in which it can be employed.

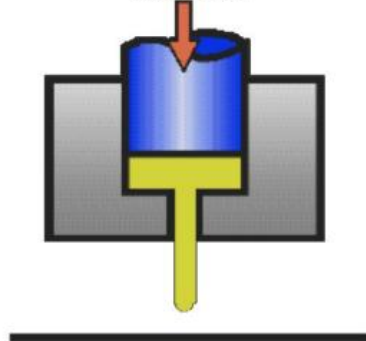
5. Độ nhớt (Viscosity)

ASTM Standard D1238

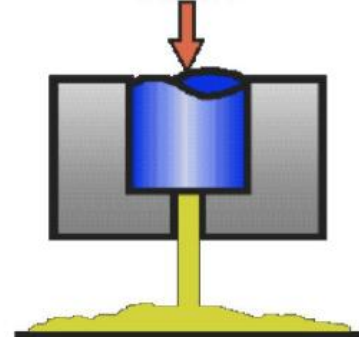


Compare weight
of material to
other materials
in the same
family

force



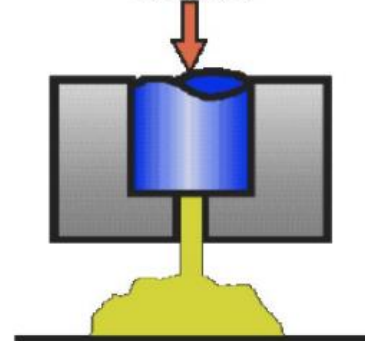
force



Fast flow rate

Low viscosity

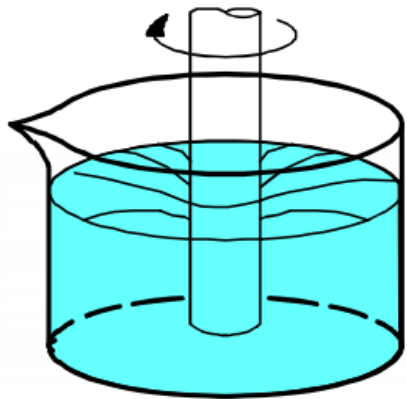
force



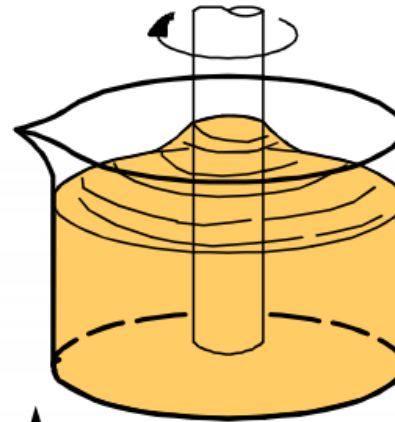
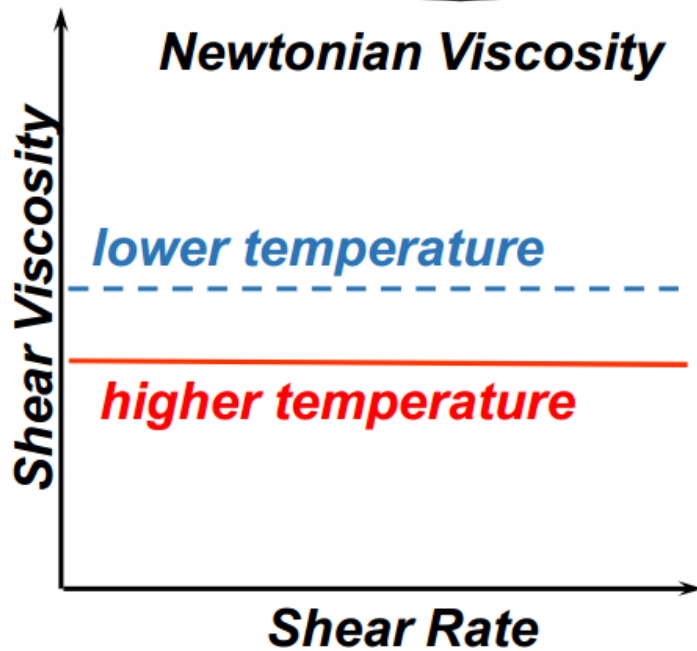
Slow flow rate

High viscosity

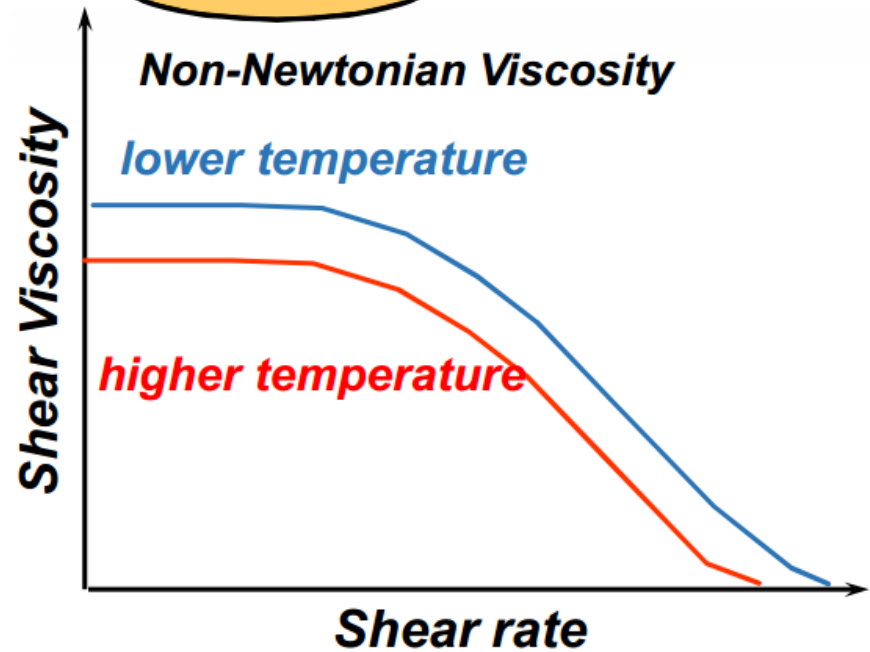
5. Độ nhớt (Viscosity)



Newtonian Viscosity



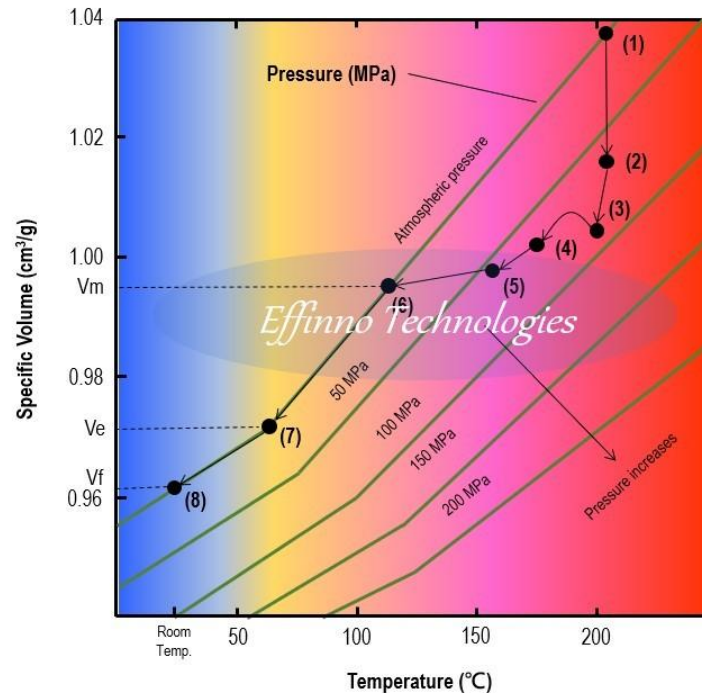
Non-Newtonian Viscosity



Moldex3D

6. Mối liên hệ giữa P – V – T

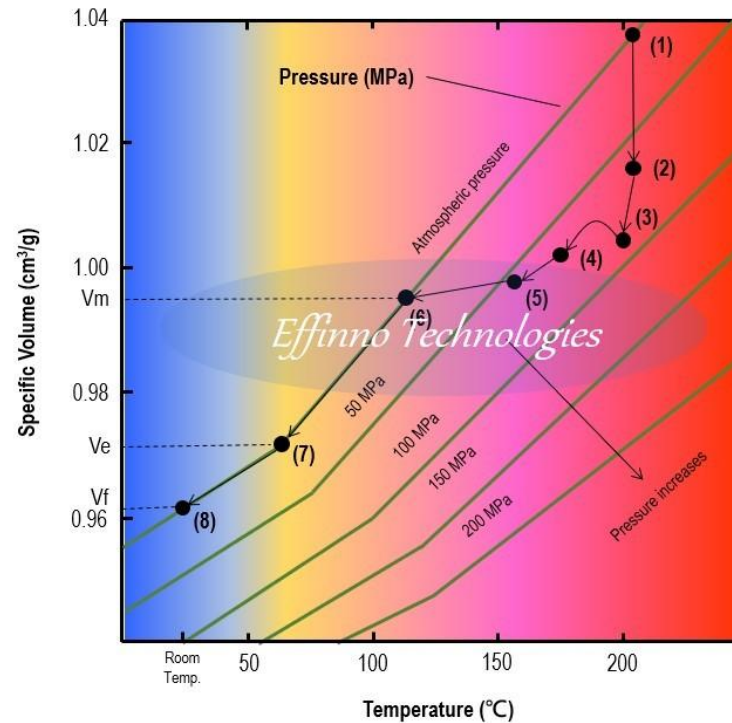
Mối liên hệ giữa P – V – T (pressure – Volume – Temperature) trong quá trình ép nhựa:



Nhựa có cấu trúc
polyme vô định hình
(amorphous polymer)

- P (áp suất) không thay đổi, thể tích (specific volume) của nhựa tăng khi nhiệt độ tăng;
- T (nhiệt độ) không thay đổi, thể tích (specific volume) của nhựa giảm khi áp suất ép tăng;

6. Mối liên hệ giữa P – V – T

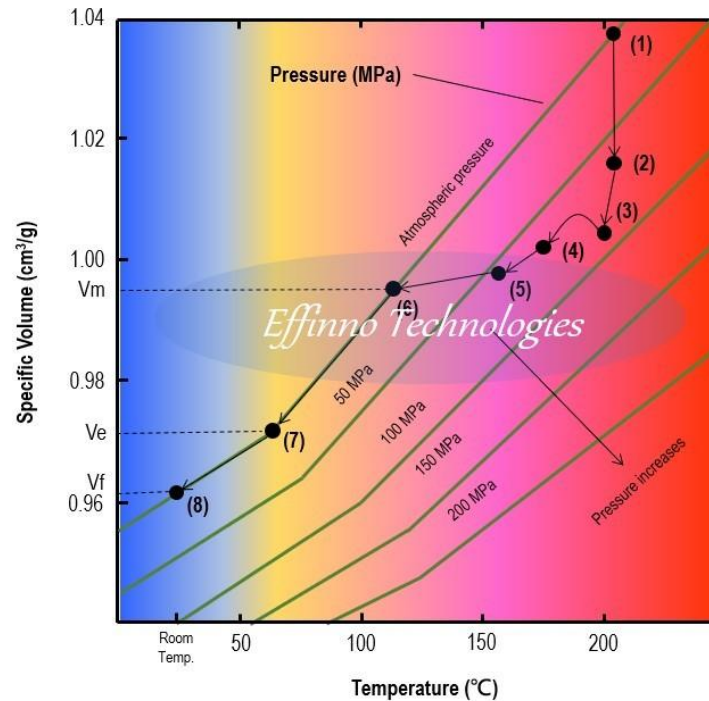


(1): **Injection**: Bắt đầu phun nhựa vào lòng khuôn với 1 áp suất và nhiệt độ cụ thể;

(1)→(2): **Filling stage**: Tăng áp suất phun với nhiệt độ cố định, thể tích (specific volume) giảm.

(2)→(3): **Packing stage**: Áp suất phun tiếp tục tăng và nhiệt độ của nhựa bắt đầu giảm, thể tích (specific volume) giảm.

6. Mối liên hệ giữa P – V – T

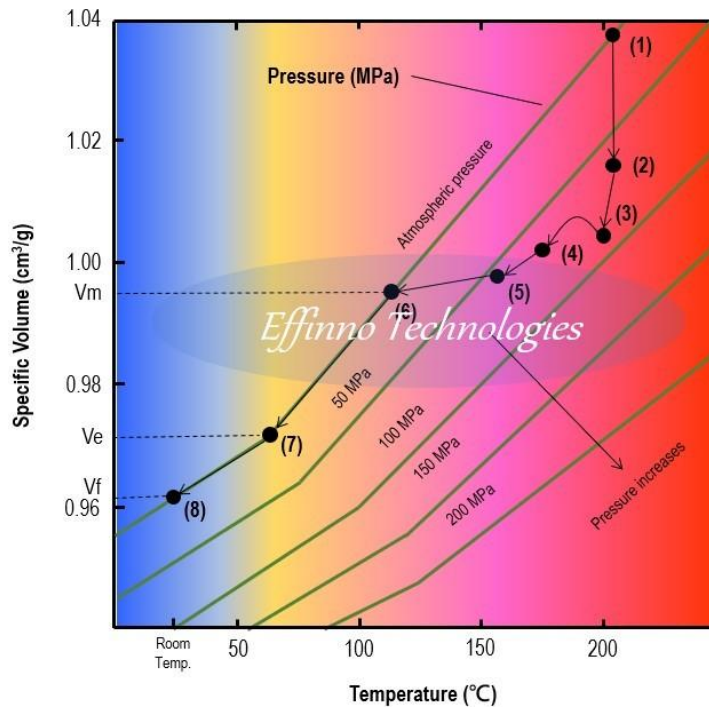


(3)→(4): Chuyển từ Packing sang holding: Áp suất phun giảm và nhiệt độ của nhựa tiếp tục giảm, thể tích (specific volume) tăng ít sau đó tiếp tục giảm.

(4)→(5): Holding stage: Áp suất phun và nhiệt độ của nhựa tiếp tục giảm kéo theo việc giảm thể tích (specific volume).

(5)→(6): Cooling stage: Áp suất phun và nhiệt độ của nhựa tiếp tục giảm, thể tích (specific volume) giảm đến V_m .

6. Mối liên hệ giữa P – V – T



(6)→(7): **Cooling stage:** Chi tiết được làm nguội ở áp suất môi trường và bắt đầu co rút trong lòng khuôn, nên thể tích tiếp tục giảm từ V_m (thể tích lòng khuôn) đến V_e .

(7)→(8): **Cooling stage:** Chi tiết được đẩy ra khỏi lòng khuôn và tiếp tục nguội trong không khí, nên thể tích tiếp tục giảm từ V_e (thể tích lòng khuôn) đến V_f (thể tích cuối cùng của sản phẩm).

8. Một số loại nhựa chủ yếu dùng cho công nghệ ép phun

TT	Nhựa	Tính chất	Ứng dụng
1	Polyethylene (PE)	Chống ẩm vượt trội, kháng hóa chất, độ bền va đập,...	Hàng gia dụng, sản phẩm y tế, dây điện, linh kiện máy tính, công nghiệp thực phẩm,....
2	Polypropylene (PP)	Khả năng kháng hóa chất, độ cứng, điểm nóng chảy cao,...	Thiết bị điện, gia dụng, công nghiệp ô tô, vật liệu đóng gói,...
3	Polyamide (Nylon)	Độ bền, hóa chất và kháng điện, chống mài mòn,...	Y tế, công nghiệp ô tô, dụng cụ thể thao,...
4	Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)	Khả năng chịu va đập, chịu nhiệt, độ bền,...	Linh kiện máy tính, thiết bị gia dụng, thể thao và nhạc cụ, thiết bị y tế, mũ bảo hiểm,...
5	Polycarbonate (PC)	Trong suốt, độ bền và khả năng chống va đập cực cao,....	Kính mắt, ống kính, thiết bị y tế, điện thoại di động, DVD,...
6	Polyoxymethylene (POM)	Độ cứng, chống mài mòn, kháng hóa chất, hấp thụ độ ẩm thấp,...	Công nghiệp ô tô, thiết bị gia dụng, bánh răng nhựa,...

8. Một số loại nhựa chủ yếu dùng cho công nghệ ép phun

➤ Độ co rút và khối lượng riêng

TT	Nhựa	Độ co rút %	Khối lượng riêng (g/cm ³)
1	PP	1-2.5	1.15
2	ABS	0.4-0.7	1.06
3	LDPE	1.5-5	0.954
4	PA6	0.5-2	1.14
5	POM	1.9-2.3	1.42
6	PMPA	0.1-0.8	1.18

8. Một số loại nhựa chủ yếu dùng cho công nghệ ép phun

➤ Tính chất của vật liệu nhựa:

- ✓ Khối lượng riêng: $0.8 - 2.2 \text{ g/cm}^3$
- ✓ Mô đun đàn hồi (Young's modulus E): $1 - 100.000 \text{ N/mm}^2$ (thép 500.000 N/mm^2)
- ✓ Dễ tạo hình: nhiệt độ gia công $< 400 \text{ C}$
- ✓ Dễ thay đổi đặc tính bằng cách thêm phụ gia và chất độn
- ✓ Cách nhiệt và cách điện tốt:
 - Hệ số truyền nhiệt: nhựa ($0.1 - 1 \text{ W/m/K}$), thép ($100 - 1000 \text{ W/m/K}$)
 - Cách điện: nhựa $10^{10} - 10^{18} \Omega$, thép 1Ω

8. Một số loại nhựa chủ yếu dùng cho công nghệ ép phun

➤ Ký hiệu trên đồ nhựa



SPI codes (Society of Plastic Industry)

8. Một số loại nhựa chủ yếu dùng cho công nghệ ép phun

➤ Ký hiệu trên đồ nhựa



9. Một số loại phụ gia cho nhựa

Chất phụ gia (Additives) là những loại **hợp chất, đơn chất vô cơ hoặc hữu cơ**, có nguồn gốc từ **tự nhiên hoặc tổng hợp**. Chất phụ gia **sẽ làm thay đổi tính chất hoặc bổ sung những đặc tính mới cho nhựa nguyên chất** như tăng độ dai, cách điện tốt, tạo độ bóng,...

- **Phụ gia bôi trơn cho nhựa** như rượu béo, acid béo, xà phòng kim loại, paraffin. Được phân làm 2 loại:
 - ✓ **Chất bôi trơn nội**: hạn chế sự ma sát giữa các polyme nhựa
 - ✓ **Chất bôi trơn ngoại**: ngăn sự bám dính giữa chất dẻo với bề mặt trong nòng xylanh, bề mặt trục vít và khuôn trong quá trình bơm nhựa vào khuôn.
- **Phụ gia hoá dẻo nhựa**: **tác dụng làm cho nhựa dễ dàng điền đầy khuôn**, làm cho cấu tạo mạch polyme linh hoạt hơn và dễ nóng chảy khi gia nhiệt. Ví dụ như: những loại ester của acid hay của rượu, những acid có vòng (Terephthalic, benzoic) hay thẳng (Adipic, Azelaic,...)

8. Một số loại phụ gia cho nhựa

- **Phụ gia nhựa tăng tính ổn định cho nhựa** : Phụ gia nhựa tăng tính ổn định bao gồm các **loại ổn định nhiệt** và **ổn định tia tử ngoại**,... giúp cho nhựa không bị thiệt hại trong quá trình gia công.
 - ✓ **Phụ gia ổn định nhiệt** chủ yếu dùng cho nhựa PVC ví dụ như: cadmium, calcium, kẽm...
 - ✓ **Phụ gia ổn định tia tử ngoại**, còn được gọi là anti-UV additives như hydroxybenzo, ester của acid Acrylic, hydroxyphenyl, benztriazoles,... để bảo vệ chất dẻo khi ở ngoài trời phải tiếp xúc với ánh nắng mặt trời lâu ngày.

9. Một số loại phụ gia cho nhựa

- **Phụ gia chống lão hoá cho sản phẩm nhựa (Anti-aging additives):** Phụ gia chống lão hoá có khả năng mở rộng khoảng nhiệt độ giới hạn cho chất dẻo, tăng tuổi thọ của nhựa lên nhiều lần. Chất chống lão hóa như phenonic, Amine, hỗn hợp chứa chất lưu huỳnh,...
- **Phụ gia nhựa chống tĩnh điện (Anti-static additives):** sử dụng các hoạt chất khử tĩnh điện giúp sản phẩm nhựa ít bám bụi bẩn. Phụ gia thường dùng như: muối vô cơ, rượu polyhydric...



Questions?