Khái quát về nhựa công nghiệp

Ngô Thị Hồng Trang

Kĩ sư hoá, Công ty DuPont

TÓM TẮT:
Mặc dù là vật liệu mới chỉ được sản xuất hàng loạt từ đầu thế kỉ 20, ngày nay, nhựa đã được sử dụng rộng rãi trong tất cả các ngành từ vật liệu gia dụng đến sản xuất công nghiệp. Bài viết chia sẻ một cái nhìn khái quát về những ưu nhược điểm của loại vật liệu này, đồng thời giới thiệu một số vật liệu nhựa phổ biến được dùng trong công nghiệp, tính năng và cách phân loại chúng. Ngoài ra, thông qua bài viết, bạn đọc cũng sẽ nắm được cơ bản quá trình sản xuất và cách thức gia công loại vật liệu này, các đơn vị sản xuất tham gia trong chuỗi cung ứng cũng như tên tuổi một số nhà sản xuất nhựa công nghiệp lớn trên thế giới và ở Nhật Bản.

Từ khóa: *Nhựa nhiệt dẻo, nhựa công nghiệp, nhựa kĩ thuật.*

Tác giả: ThS. Ngô Thị Hồng Trang

Đơn vị công tác: Công ty DuPont

Email: thi-hong-trang.ngo@dupont.com, hongtrangngo87@gmail.com

Cử nhân và Thạc sĩ ngành Hoá học Ứng Dụng, đại học Tokyo. Kỹ sư hoá tại DUPONT, đại diện kĩ thuật cho sản phẩm Delrin® tại Châu Á Thái Bình Dương.

https://doi.org/10.15625/vap.2021.0005

1. Ưu điểm và hạn chế của vật liệu nhựa

1.1. Ưu điểm của vật liệu nhựa

Ngày nay, nhìn bất cứ đâu ta cũng có thể dễ dàng bắt gặp các sản phẩm làm từ vật liệu nhựa (plastic). Mặc dù chỉ mới được sản xuất hàng loạt trong khoảng mấy chục năm gần lại đây, với những đặc tính hấp dẫn, loại vật liệu này đã nhanh chóng len lỏi vào mọi ngóc ngách trong đời sống cũng như công nghiệp sản xuất.
Vậy nhờ những đặc tính nào mà loại vật liệu này được yêu chuộng đến thế? Chúng ta hãy cùng điểm qua những ưu điểm của vật liệu nhựa nói chung.

- *Dễ dàng sản xuất những thành phẩm có hình dáng phức tạp trên quy mô lớn* nhờ công nghệ đúc khuôn. Đây là đặc tính ưu việt nhất của nhựa và cũng là lý do để vật liệu này được sử dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng bao gồm đồ gia dụng, xe hơi, linh kiện điện tử điện khí, máy móc v.v. bởi vì so với các vật liệu khác như kim loại, việc gia công sản phẩm nhựa đơn giản và tiết kiệm được nhiều kinh phí cho nhà sản xuất.
- *Tỉ trọng nhẹ* (so với kim loại). Một số bộ phận trên xe ô-tô như bộ giảm va đập (bumper) được chế tạo bằng nhựa polypropylene để giảm tải trọng của xe, nhờ vậy giảm lượng nhiên liệu cần tiêu tốn khi di chuyển.
- *Cách nhiệt cao*: Ứng dụng làm các tấm lót nhựa được chèn vào giữa các lớp vật liệu trong tường nhà để cách nhiệt, v.v.
- *Không bị rét rỉ*: ứng dụng làm các ống dẫn nước trong các công trình xây dựng v.v.
- *Dễ dàng tăng các chi tiết trong thiết kế* như tạo màu yêu thích, tăng độ bóng hoặc độ xù xì của bề mặt sản phẩm, v.v.
- *Cách điện*: dùng làm các bộ phận cách điện trong các sản phẩm điện máy
- *Bền với hoá chất* (tuỳ loại nhựa): dùng làm các bình chứa dung dịch hoá mỹ phẩm

1.2. Hạn chế của vật liệu nhựa

Tuy có rất nhiều tính năng ưu việt như đã kể trên, nhựa không phải là vật liệu vạn năng và tất nhiên nó cũng có những hạn chế nhất định. Sau đây là một vài hạn chế hay nhược điểm của loại vật liệu này mà ta cần lưu ý trước khi chọn lựa sử dụng chúng.

- *Tính năng thay đổi (thường là giảm sút) theo môi trường sử dụng.* Ví dụ như độ cứng của nhiều loại nhựa giảm mạnh dưới môi trường nhiệt độ cao.
- *Tính năng kém nếu quá trình gia công không phù hợp* với đặc tính của vật liệu.
- *Lão hoá theo thời gian sử dụng* do tác dụng của nhiệt, ánh sáng v.v.
- *Dễ cháy* (so với kim loại)
- *Ảnh hưởng xấu đến môi trường do quá trình phân huỷ tự nhiên rất chậm*.

Hiểu rõ cả những điểm tốt cũng như những hạn chế của loại vật liệu này sẽ giúp chúng ta tận dụng tối đa những ưu điểm của nó và hạn chế những thiệt hại mà nó có thể gây ra trong quá trình sử dụng.

2. Các cách phân chia nhựa cơ bản

2.1. Phân chia dựa vào quá trình biến dạng

Có thể phân chia nhựa thành hai loại cơ bản dựa trên quá trình *biến dạng* của chúng.

Nhựa nhiệt dẻo (thermoplastic) là loại nhựa hoá mềm và chảy lỏng khi được đun nóng ở nhiệt độ cao, khi làm nguội thì đông cứng lại. Đặc điểm của nhựa nhiệt dẻo là sau khi đông cứng, nếu được đun nóng một lần nữa thì nó vẫn có thể hoá mềm và chảy lỏng lại như ban đầu. Đặc tính này giúp cho nhựa nhiệt dẻo có *khả năng tái chế* để gia công thành hình dạng mới từ vật liệu cũ, và do đó được sử dụng nhiều trong đời sống hàng ngày cũng như trong công nghiệp.

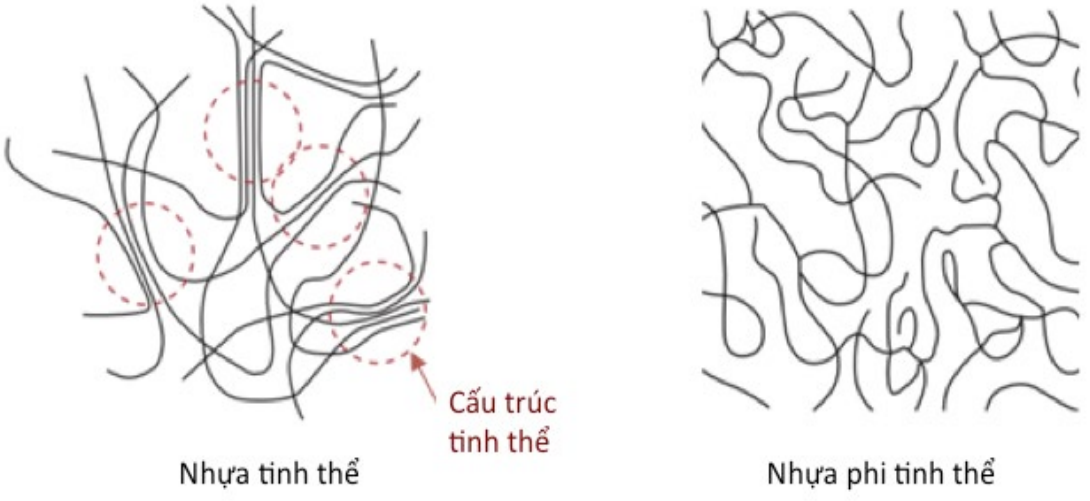
Ngược lại, *nhựa nhiệt rắn* (thermosetting) là loại nhựa biến dạng khi được tác động bởi nhiệt độ, áp suất, hay phản ứng hoá học; và sau đó thì *không* hoá mềm hay chảy lỏng lại cho dù được cung cấp nhiệt hoặc áp suất một lần nữa. Đặc tính này khiến nhựa nhiệt rắn *không* có khả năng tái chế thành hình dạng mới một khi đã được đúc khuôn. Tuy nhiên, một điểm mạnh của nhựa nhiệt rắn là sau khi đã được đúc khuôn thì độ cứng và tính chịu nhiệt của nó cao hơn hẳn so với nhựa nhiệt dẻo. Vì đặc tính không thể nấu nóng chảy lại sau khi đã đúc khuôn, nhựa nhiệt rắn thường được ví như bánh nướng trong khi nhựa nhiệt dẻo thường được ví như sô-cô-la có thể nấu đi nấu lại nhiều lần.

2.2. Phân chia dựa vào cấu trúc vật lý

Nhựa tinh thể (crystal plastic) là loại nhựa có chứa các cấu trúc tinh thể trong đó các sợi *polymer xếp hàng theo trật tự và gắn kết chặt chẽ với nhau* (xem Hình 1). Ví dụ về nhựa tinh thể bao gồm PA (polyamide), POM (polyacetal), PBT (polybutylene terephthalate), v.v. Cấu trúc tinh thể giúp tăng độ cứng và tính chịu nhiệt của nhựa, do đó phần lớn các loại nhựa dùng trong công nghiệp đều là nhựa tinh thể. Phần cấu trúc tinh thể làm ánh sáng khi đi xuyên qua vật liệu bị phản xạ hoặc khúc xạ, do đó nhựa có cấu trúc tinh thể thường có màu trắng ở dạng tự nhiên khi chưa cho phẩm màu.

Ngược lại, *nhựa phi tinh thể* (amorphous plastic), hay nhựa vô định hình, là loại nhựa không có cấu trúc tinh thể nói trên. Ví dụ về nhựa phi tinh thể có thể kể tên như PC (polycarbonate), ABS (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Copolymer) v.v. Loại nhựa này - do không có cấu trúc tinh thể - nên có thể cho ánh sáng đi xuyên qua, vì vậy đa số chúng có màu trong suốt khi không cho thêm phẩm màu, và độ cứng cũng như tính chịu nhiệt kém hơn nhựa tinh thể.

Một lưu ý ở đây: PET (polyethylene terephthalate) là loại nhựa tuỳ theo quá trình gia công và xử lý nhiệt mà có thể cho cấu trúc phi tinh thể (trong suốt, chịu nhiệt kém, mềm, thường dùng làm sợi vải tổng hợp, bao bì hoặc vật liệu đóng chai) và cấu trúc tinh thể (màu đục, cứng, được dùng trong các vật liệu ô tô hoặc máy in, đồ gia dụng, v.v.). Khi nói đến PET dùng trong nhựa công nghiệp là dạng PET có cấu trúc tinh thể - thường được pha trộn với sợi thuỷ tinh để làm nhanh quá trình kết tinh khi gia công đúc khuôn (molding) và tăng cường độ cứng cho vật liệu thành phẩm.



Hình 1. *Cấu trúc phân tử của nhựa tinh thể và nhựa phi tinh thể*

2.3. Phân chia dựa trên tính năng

Ngoài cách phân chia dựa vào tính biến dạng và cấu trúc phân tử còn có một cách phân loại nhựa khác khá là thực tiễn, đó là dựa vào *tính năng* của từng vật liệu. Dựa trên tính năng, chúng ta có thể chia vật liệu thành ba nhóm bao gồm: *nhựa phổ thông, nhựa kĩ thuật* (hay *nhựa công nghiệp* – cách gọi tên trong bài viết này), và *nhựa siêu kĩ thuật* (xem Hình 2).

Nhựa phổ thông (commodity plastic) là những loại nhựa có tính chịu nhiệt kém, độ cứng không cao, được dùng để gia công những vật liệu trong đời sống hàng ngày, vật liệu dùng một lần như bao bì, chén bát nhựa, v.v. Do tính năng không cao nên giá thành sản xuất của loại nhựa này khá rẻ và chúng thường được sản xuất với số lượng lớn. Ví dụ thường thấy của nhựa phổ thông là polyethylene (PE), polypropylene (PP), polystyrene (PS), v.v. Theo thống kê vào năm 2018, nhựa phổ thông chiếm hơn 90% tổng số lượng nhựa - 359 triệu tấn - được sản xuất trên toàn thế giới [1]. Do được gia công với số lượng lớn, giá thành thấp, và vòng đời sử dụng của sản phẩm khá ngắn (bao gồm những sản phẩm chỉ sử dụng một lần như bao bì), sự tăng trưởng ồ ạt của lượng rác thải nhựa – chủ yếu là nhựa phổ thông thải ra từ đời sống sinh hoạt hàng ngày – đang là một vấn đề cấp bách cho toàn nhân loại. Gần đây, việc ô nhiễm môi trường biển do rác thải vi nhựa (microplastic) đã gióng lên hồi chuông cảnh báo về việc sử dụng tràn lan sản phẩm nhựa dùng một lần (single-use plastic) mà không có các giải pháp về thu gom hoặc tái chế rác thải hợp lý đi kèm. Hiện nay, nhựa phổ thông là nhóm sản phẩm biểu hiện rõ nhất mặt hạn chế tác động xấu lên môi trường của vật liệu nhựa nói chung.

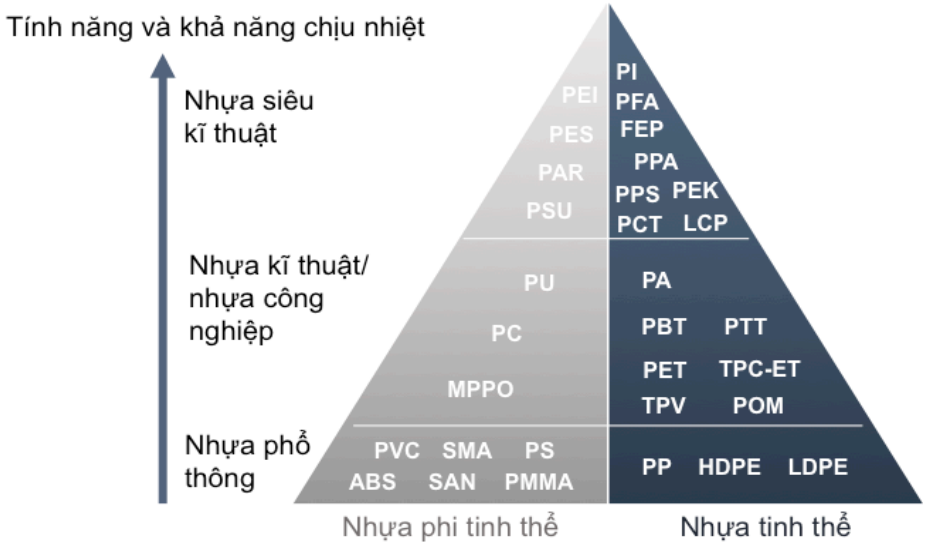
Khác hẳn hoàn toàn với nhựa phổ thông là ***nhựa kĩ thuật*** (engineering plastic) hay còn gọi là ***nhựa công nghiệp***. Đây là loại nhựa có tính chịu nhiệt và độ cứng cao hơn hẳn nhựa phổ thông, chủ yếu được dùng để gia công linh kiện dùng trong các ngành công nghiệp ô tô, máy bay, điện tử, phụ tùng cơ khí, máy móc y tế, v.v. Loại nhựa này yêu cầu kĩ thuật sản xuất cao nên giá thành cũng đắt hơn, số lượng sản xuất cũng nhỏ hơn nhiều so với nhựa phổ thông. Theo ước tính, số lượng nhựa kĩ thuật được sản xuất trên thế giới tăng khoảng 5% mỗi năm và ước tính đạt gần 30 triệu tấn vào năm 2020 [2]. Hơn nữa, nhờ tính năng cao - một số loại nhựa có thể dùng thay thế kim loại – nên vòng đời sử dụng của vật liệu nhựa công nghiệp khá dài; nhờ đó số lượng rác thải đến từ nhựa công nghiệp cũng ít hơn hẳn so với nhựa phổ thông. Các loại nhựa công nghiệp điển hình có thể kể tên như polyamide (PA hay Nylon), polycarbonate (PC), polyethylene terephthalate (PET), polybutylene terephthalate (PBT), polyacetal hay polyoxymethylene (POM), v.v. Nhìn chung, với những giá trị mà nhựa công nghiệp đem lại cho nền sản xuất và nền công nghiệp của nhân loại, đây là nhóm vật liệu tận dụng tối đa những ưu điểm của vật liệu nhựa nói chung trong khi ảnh hưởng đến môi trường nhỏ hơn hẳn khi so sánh với nhóm nhựa phổ thông.

Trong các loại nhựa công nghiệp còn có một số ít loại nhựa được gọi tên là **nhựa siêu kĩ thuật** (super engineering plastic) do đặc tính chịu nhiệt và tính bền vượt trội. Điển hình có các loại như polyphenylene sulfide (PPS), polyetheretherketone (PEEK), polyimide (PI), v.v.

3. Giới thiệu một số loại nhựa công nghiệp phổ biến

Các loại nhựa thường được gọi tên dựa vào cấu trúc hoá học của nó, và được viết tắt bởi các chữ cái đầu trong tên tiếng anh. Dưới đây là giới thiệu khái quát về cấu trúc phân tử cũng như đặc tính, ứng dụng của một vài loại nhựa công nghiệp phổ biến trên thị trường [3].

Khi xem xét nên chọn loại vật liệu nhựa nào cho một



Hình 2 *Một số loại nhựa phân chia theo cấu trúc và tính năng*

ứng dụng nhất định, các thông số kĩ thuật đáng lưu ý là: độ mạnh khi kéo (tensile strength) hoặc độ mạnh khi bẻ gãy (flexural strength), độ cứng (stiffness), chỉ số chịu va đập (notched/unnotched Charpy/Izod impact strength), độ nhớt ở trạng thái lỏng (melt viscosity), nhiệt độ tối đa được phép sử dụng, v.v. Các thông số này dễ dàng được tìm thấy trên technical datasheet của các công ty sản xuất và bán sản phẩm nhựa.

4. Hiểu đúng về thành phần của nhựa – không chỉ có polymer

Những tên gọi như polyethylene hay polyamide khiến ta dễ dàng nghĩ rằng 100% thành phần của nó là hợp chất hoá học như tên gọi. Tuy nhiên, sự thật không phải như vậy. Hầu hết các loại nhựa lưu hành trên thị trường, kể cả nhựa phổ thông và nhựa công nghiệp, ngoài các hợp chất cao phân tử nền (base polymer), tất cả chúng đều chứa các chất phụ gia (additives) nhằm tăng cường độ bền, độ cứng, khả năng chịu nhiệt, khả năng chống cháy... của sản phẩm. Dưới đây là một số chất phụ gia thông dụng trong nhựa công nghiệp:

- Sợi thuỷ tinh (glass fiber) hoặc sợi carbon (carbon fiber) để tăng độ cứng. Đây là chất phụ gia chiếm tỉ trọng lớn nhất trong các vật liệu nhựa công nghiệp. Các loại nhựa được gia tăng độ cứng bởi sợi thuỷ tinh được gọi tên là *glass fiber reinforced plastic* (GFRP), các loại nhựa được gia tăng độ cứng bằng sợi carbon được gọi tên *carbon fiber reinforced plastic* (CFRP).
- Chất chống oxi hoá (antioxidant)
- Chất ổn định nhiệt (thermal stabilizer) nhằm mục đích tăng khả năng chịu nhiệt
- Chất làm chậm cháy (flame retardant) để giảm khả năng bắt lửa của vật liệu
- Chất hoá dẻo (plasticizer)
- Chất đệm (filler) tuỳ theo mục đích như để gia tăng độ dẫn nhiệt của vật liệu v.v.
- Phẩm màu (pigment): có thể có hoặc không. Nhựa không chứa phẩm màu được gọi tên là nhựa màu tự nhiên (natural color).

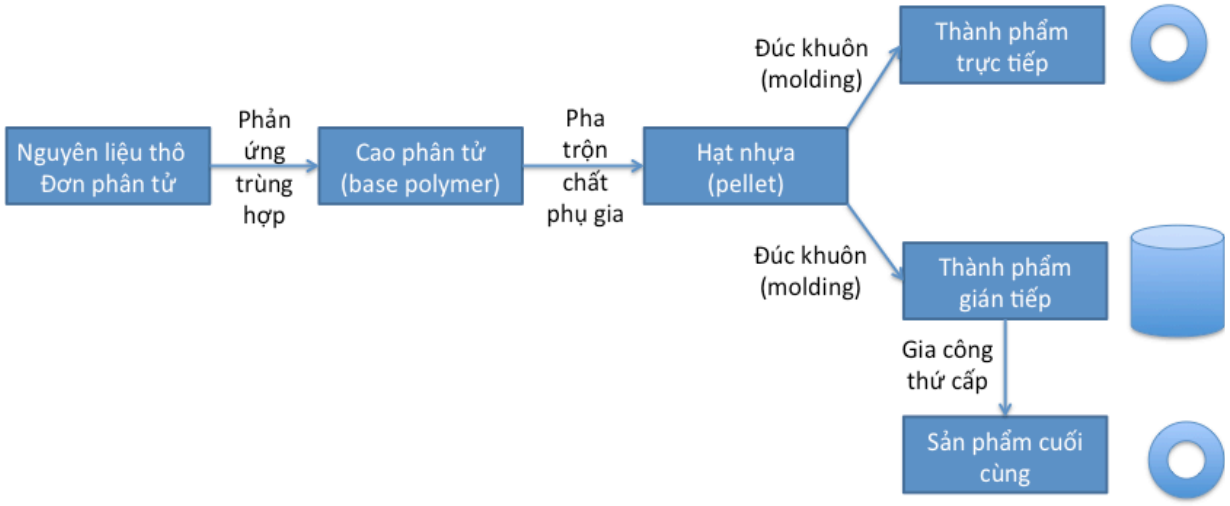
Các chất phụ gia thêm vào có tác dụng tăng tính năng và kéo dài tuổi thọ của vật liệu nhựa, nhưng đồng thời cũng là nhân tố cản trở quá trình tái chế vì việc tách các chất phụ gia ra khỏi base polymer rất phức tạp và khó khăn.

Ngoài ra, các chất phụ gia cũng là nguyên nhân gây nên các lo ngại về độc tính của vật liệu nhựa nếu nó được dùng trong các ứng dụng tiếp cận với thực phẩm hoặc liên quan đến y tế. Về cơ bản, các base polymer rất bền và khó tan, khó bị phân huỷ ở nhiệt độ thường nên ít gây nguy hiểm hoặc quan ngại về vấn đề sức khoẻ. Tuy nhiên các chất phụ gia thường có độc tính mạnh hơn và nếu bị rò rỉ ra khỏi vật liệu có thể gây ảnh hưởng đến sức khoẻ con người.

5. Quá trình tạo thành sản phẩm nhựa – từ nguyên liệu thô đến thành phẩm

Quá trình tạo thành sản phẩm nhựa từ nguyên liệu thô đến tay người tiêu dùng (end user) bao gồm nhiều bước và sự tham gia của nhiều đơn vị từ nhà sản xuất nguyên liệu thô đến các công ty sản xuất hạt nhựa và cuối cùng là các nhà máy gia công thành phẩm từ hạt nhựa (xem Hình 3).

Nguyên liệu thô (raw material) là các nguyên liệu để sản xuất đơn phân tử (monomer). Các nhà sản xuất nguyên liệu thô thường là các công ty dầu mỏ hoặc các công ty tổng hợp hoá chất cơ bản. Các công ty sản xuất nhựa mua nguyên liệu thô hoặc hoá chất đơn phân tử rồi thực hiện phản ứng trùng hợp để tạo polymer. Tuy nhiên như đã nói, vật liệu nhựa lưu hành trên thị trường là sự pha trộn của base polymer và các chất phụ gia, nên công đoạn tiếp theo sau khi tổng hợp polymer là quá trình trộn polymer với các chất phụ gia để tạo thành hạt nhựa (pellet). Hạt nhựa cũng là hình thái phổ biến nhất mà các công ty sản xuất nhựa cung cấp cho



Hình 3. *Khái quát quá trình sản xuất sản phẩm nhựa*

thị trường. Đây là các hạt tròn hoặc hình ống có đường kính vào khoảng 2-3mm, hình dáng và kích thước tuỳ theo từng loại nhựa và từng loại công ty sản xuất. Lý do nhựa được bán dưới dạng hạt là vì các nhà máy gia công sẽ dễ dàng sử dụng dạng hạt hơn so với dạng bột (powder).

Công đoạn tổng hợp polymer từ monomer được thực hiện ở các nhà máy trùng hợp (polymerization plant). Công đoạn trộn polymer với các chất phụ gia để tạo hạt nhựa được thực hiện ở các nhà máy pha trộn (compounding plant). Tuỳ vào từng loại nhựa và vào điều kiện cơ sở vật chất kĩ thuật của từng công ty mà nhà máy tùng hợp và nhà máy pha trộn có thể được nối với nhau thành một dây chuyền liên tục hoặc tách rời để tăng hiệu quả. Các nhà máy trùng hợp là nơi thực hiện những phản ứng hoá học để gắn kết các đơn phân tử thành cao phân tử ở nhiệt độ và áp suất cao; vì vậy, trình độ kĩ thuật và yêu cầu về các hành lang an toàn cũng cao hơn so với các nhà máy chỉ đảm nhận quá trình pha trộn (hầu như không có phản ứng hoá học xảy ra ở giai đoạn này). Một số công ty đặt nhà máy trùng hợp ở gần công ty mẹ để sản xuất polymer – nơi yêu cầu kĩ thuật cao và đầu tư xây dựng với kinh phí lớn - rồi sau đó vận chuyển base polymer đến các nhà máy pha trộn (compounding plant) gần thị trường tiêu thụ để tăng tính hiệu quả của quá trình sản xuất và tiết kiệm chi phí vận chuyển cũng như lợi dụng những ưu đãi từ hàng rào thuế quan.

Khách hàng của các công ty sản xuất vật liệu nhựa (bán dưới dạng hạt nhựa) là các nhà máy gia công hay còn gọi là các cơ sở đúc khuôn (molder). Đối với loại nhựa nhiệt dẻo, phương pháp gia công phổ biến là nung nóng chảy các hạt nhựa rồi cho nó vào khuôn có sẵn (molding tool). Sau khi làm nguội thì ta sẽ có thành phẩm nhựa có hình dạng như khuôn. Nếu khuôn được đúc với hình dáng thành phẩm cuối cùng thì đây được gọi là quá trình **gia công trực tiếp** từ hạt nhựa đến thành phẩm. Ưu điểm của việc gia công trực tiếp là sản xuất một sản phẩm với số lượng lớn một cách nhanh chóng và dễ dàng, với hình dáng các sản phẩm khá đồng đều. Nhược điểm của gia công trực tiếp là giá cả và công sức để sản xuất khuôn đặc dụng cho từng thành phẩm khá cao. Nếu thay đổi hình dáng hay kích thước sản phẩm thì phải gia công một chiếc khuôn mới cho sản phẩm đó. Do phải nung nóng nhựa ở nhiệt độ cao nên các khuôn thường được làm bằng kim loại và được gia công thủ công một cách tỉ mỉ nhằm đảm bảo các thông số kích thước đúng với thiết kế. Một điều cần lưu ý khi gia công khuôn là phải tính toán đến sự co lại (shrinkage) của nhựa sau khi được làm nguội từ trạng thái lỏng (melt) sang trạng thái rắn (solid).

Ngoài phương pháp gia công trực tiếp, nếu không phải sản xuất với số lượng lớn hoặc thành phẩm cuối cùng chưa được định hình về kích thước và hình dáng, phương pháp **gia công gián tiếp** là giải pháp đưa lại lợi ích kinh tế nhiều hơn. Với phương pháp gia công gián tiếp, đầu tiên các hạt nhựa được đúc thành các khối nhựa dạng hình cây hoặc các tấm nhựa dày có kích thước lớn. Sau đó người ta sẽ cắt hoặc gọt giũa từ các khối nhựa lớn này thành các sản phẩm nhựa có hình dáng và kích thước như yêu cầu. Ở Việt Nam hiện nay có rất nhiều cơ sở tư nhân cung cấp các khối nhựa hình cây hoặc hình tấm, hình khối nhằm phục vụ cho quá trình gia công gián tiếp này.

6. Giới thiệu một số công ty sản xuất nhựa công nghiệp trên thế giới và Nhật Bản

- **ASAHI KASEI** (www.asahi-kasei.co.jp): Trụ sở chính ở Nhật. Các sản phẩm nhựa công nghiệp chính bao gồm: ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene), m-PPE (modified - polyphenylene ether), PA (polyamide), POM (polyacetal), PE (polyethylene), PMMA (polymethyl-methacrylate), v.v.
- **BASF** (www.basf.com): Trụ sở chính ở Đức. Các sản phẩm nhựa công nghiệp chính bao gồm: PBT (polybutylene terephthalate), POM (polyacetal), PA (polyamide), PSU (Polysulfone), PESU (polyethersulfone), PPSU (polyphenylsulfone), v.v.
- **BAYER** MATERIALSCIENCE AG (www.materialscience.bayer.com): Trụ sở chính ở Đức. Các sản phẩm nhựa công nghiệp chính bao gồm: PC (polycarbonate), ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene), SAN (styrene-acrylonitrile copolymer), PBT (polybutylene terephthalate), PET (polyethylene terephthalate), v.v.
- **CELANESE** (www.celanese.com): Trụ sở chính ở Mỹ. Các sản phẩm nhựa công nghiệp chính bao gồm: PBT (polybutylene terephthalate), POM (polyacetal), PPS (polyphenylene sulfide), UHMW-PE (Ultra-high molecular weight polyethylene), PET (polyethylene terephthalate), PBT (polybutylene terephthalate), PCT (polycyclohexylene-dimethylene terephthalate), LCP (liquid crystal polymer), v.v.
- **POLYPLASTICS** (www.polyplastics.com): Trụ sở chính ở Nhật, công ty con của DAICEL CORPORATION. Các sản phẩm nhựa công nghiệp chính bao gồm: POM (polyacetal), PBT (polybutylene terephthalate), PET (polyethylene terephthalate), PPS (polyphenylene sulfide), LCP (liquid crystal polymer), COC (cyclic olefin copolymer), v.v.
- **DUPONT** (www.dupont.com): Trụ sở chính ở Mỹ. Các sản phẩm nhựa công nghiệp bao gồm: PBT (polybutylene terephthalate), PET (polyethylene terephthalate), PA (polyamide), POM (polyacetal), TPC-ET (thermoplastic polyester elastomer), v.v.
- **EVONIK** INDUSTRIES AG (www.corporate.evonik.com): Trụ sở chính ở Đức. Các sản phẩm nhựa công nghiệp chính bao gồm: PMMA (polymethyl-methacrylate), PEEK (polyetheretherketone), PA (polyamide), v.v.

- **KURARAY** (www.kuraray.co.jp): Trụ sở chính ở Nhật. Các sản phẩm nhựa công nghiệp chính bao gồm: PVA (polyvinyl alcohol), PA (polyamide), MMA (methyl methacrylate), PET (polyethylene terephthalate), v.v.
- **LANXESS** AG (www.lanxess.com): Trụ sở chính ở Đức. Các sản phẩm nhựa công nghiệp chính bao gồm: PA (polyamide), PBT (polybutylene terephthalate), AS (ammonium sulfate), v.v.
- **MITSUBISHI ENGINEERING PLASTICS** (www.m-ep.co.jp): Trụ sở chính ở Nhật. Các sản phẩm nhựa công nghiệp chính bao gồm: PC (polycarbonate), PA (polyamide), PBT (polybutylene terephthalate), POM (polyacetal), m-PPE (modified - polyphenylene ether), v.v.
- **MITSUI CHEMICALS** (www.mitsuichem.com): Trụ sở chính ở Nhật. Các sản phẩm nhựa công nghiệp chính bao gồm: PA (polyamide), PI (polyimide), UHMW-PE (Ultra-high molecular weight polyethylene), PET (polyethylene terephthalate), TPV (thermoplastic vulcanizate), v.v.
- ROYAL **DSM** NV (www.dsm.com): Trụ sở chính ở Hà Lan. Các sản phẩm nhựa công nghiệp chính bao gồm: PA (polyamide), PET (polyethylene terephthalate), PBT (polybutylene terephthalate), v.v.
- **SABIC** INNOVATIVE PLASTICS (www.sabic-ip.com): Công ty được thành lập năm 2007 sau khi Saudi Basic Industries Corporation (SABIC) – công ty cổ phần lớn nhất của Saudi Arabia mua lại GE Plastics của General Electric. Các sản phẩm nhựa công nghiệp chính bao gồm: ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene), PC (polycarbonate), PI (polyimide), PA (polyamide), v.v.
- **SOLVAY** (www.solvay.com): Trụ sở chính ở Bỉ. Các sản phẩm nhựa công nghiệp chính bao gồm: PA (polyamide), PEEK (polyetheretherketone), PSU (polysulfone), LCP (liquid crystal polymer), PTFE (polytetrafluoroethylene), v.v.
- **TORAY** (www.toray.com): Trụ sở chính ở Nhật. Các sản phẩm nhựa công nghiệp chính bao gồm: ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene), PA (polyamide), PBT (polybutylene terephthalate), PPS (polyphenylene sulfide), PLA (polylactic acid), TPC-ET (thermoplastic polyester elastomer), v.v.
- **UBE** INDUSTRIES (www.ube-ind.co.jp): Trụ sở chính ở Nhật. Các sản phẩm nhựa công nghiệp chính bao gồm: PA (polyamide), PI (polyimde), ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene), v.v.

Tài liệu tham khảo

[1] https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/
[2] Industry Experts, Engineering Plastics - A Global Market Overview (2013).
[3] 株式会社イプロス，プラスチックの基礎知識 (2017).