



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0003605

(51) **B29C 48/00**
2022.01

(13) **Y**

(21) 2-2023-00400 (22) 09/06/2021
(67) 1-2021-03410
(45) 27/05/2024 434 (43) 25/08/2021 401
(73) Đại học Bách khoa Hà Nội (VN)
Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội
(72) Lê Thái Hùng (VN).

(54) QUY TRÌNH CHẾ TẠO SỢI IN 3D DÙNG CHO MÁY IN 3D SỬ DỤNG MÔ HÌNH
LẮNG ĐỘNG NÓNG CHẢY (FDM)

(57) Giải pháp hữu ích đề xuất quy trình chế tạo sợi in 3D dùng cho máy in 3D sử dụng mô hình lắng đọng nóng chảy (Fused Deposition Modelling - FDM) từ nguyên liệu đầu vào bao gồm các loại nhựa dẻo nhiệt, quy trình này bao gồm các bước iii) làm mát-kéo sợi và cuộn sợi c:

- i) chuẩn bị và sấy nguyên liệu đầu vào bao gồm nguyên liệu nhựa và thành phần cốt;
- ii) trộn và đun cơ-nhiệt học; và
- iii) làm mát-kéo sợi và cuộn sợi.

Quy trình theo giải pháp hữu ích cho phép sản xuất sợi in 3D với tính ổn định về kích thước sợi, đặc biệt tính ổn định càng nâng cao nhờ hệ thống làm mát bằng khí và chất lỏng khi sợi vừa ra khỏi đầu đùn được kéo bằng hệ đồng tốc điều chỉnh được tốc độ có chức năng kéo và cuộn sợi thành phẩm thành cuộn. Giải quyết được vấn đề đồng đều sợi sau đùn của máy ép đùn trục vít, đem lại khả năng tự chủ nguồn cung sợi in 3D trong nước và giảm phụ thuộc vào nguồn cung nhập từ nước ngoài. Ngoài ra, giải pháp hữu ích còn cho phép khắc phục hạn chế và/hoặc nhược điểm của các giải pháp kỹ thuật đã biết trong lĩnh vực này bao gồm, hạn chế và/hoặc nhược điểm do chưa thể làm mát sâu sợi mà có thể dẫn đến tình trạng sợi khi ra khỏi đầu đùn máy ép đùn trục vít vẫn còn quá dẻo, giảm tính ổn định đường kính khi kéo sợi; hay hạn chế khác là chưa đề cập đến việc sấy nhựa và nguyên liệu đầu vào khác mà có thể khiến cho nhựa và nguyên liệu đầu vào khác bị bám hơi nước có thể gây ra nhiều vấn đề trong quá trình đùn sợi như tạo lỗ xốp, nổ nhựa mà khó xử lý được khi tiến hành đùn sợi. Mặt khác, nhờ có quy trình chế tạo sợi in 3D này, có thể kiểm soát thành phần cũng như chất lượng thành phẩm, sợi in 3D có thể gia cường hoặc thay đổi thành phần nhựa tùy ý, phục vụ đa dạng nhu cầu về nhựa và sản phẩm nhựa dùng cho máy in 3D FDM. Xa hơn nữa, việc ứng dụng quy trình chế tạo sợi in 3D dùng cho máy in 3D FDM còn có khả năng ứng dụng cho việc tái chế nhựa thải, giảm gánh nặng nhựa thải, đem lại giá trị về mặt kinh tế và môi trường.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích thuộc lĩnh vực khoa học vật liệu, cụ thể hơn giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình chế tạo sợi in 3D dùng cho máy in 3D sử dụng mô hình lắng đọng nóng chảy (Fused Deposition Modelling – FDM). Giải pháp hữu ích cho phép tạo ra các sợi có đường kính ổn định dùng cho các máy in 3D FDM có sẵn trên thị trường, bằng cách dùng hệ máy ép đùn trực vít ép đùn nhựa hoặc vật liệu compozit kết hợp hệ thống làm mát để kéo và cuộn sợi. Cần lưu ý rằng, giải pháp hữu ích cho phép khắc phục hạn chế và/hoặc nhược điểm của các giải pháp kỹ thuật đã biết trong lĩnh vực này bao gồm, hạn chế và/hoặc nhược điểm do chưa thể làm mát sâu sợi in 3D mà có thể dẫn đến tình trạng sợi in 3D khi ra khỏi đầu đùn máy ép đùn trực vít vẫn còn quá dẻo, giảm tính ổn định đường kính khi kéo sợi; hay hạn chế khác là chưa đề cập đến vấn đề sấy nhựa và nguyên liệu đầu vào khác mà có thể khiến cho nhựa và nguyên liệu đầu vào khác bị bám hơi nước mà có thể gây ra nhiều vấn đề trong quá trình đùn sợi in 3D như tạo lỗ xốp, nổ nhựa mà khó xử lý được khi tiến hành đùn sợi.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Trong lĩnh vực in 3D, vật liệu in là một phần không thể thiếu. Ở Việt Nam việc phát triển công nghệ in 3D với tốc độ ngày càng cao đòi hỏi nguồn vật liệu cũng phải được đáp ứng. Tuy nhiên việc chế tạo vật liệu sử dụng cho các công nghệ nói chung và cho công nghệ in 3D FDM nói riêng chưa được chú trọng nhiều, nguồn vật liệu in ở nước ta hiện nay hầu hết vẫn là nhập khẩu, và không kiểm soát được chất lượng vật liệu in dẫn đến chất lượng sản phẩm in cũng không đảm bảo. Việc phụ thuộc các nguồn vật liệu của nước ngoài gây ảnh hưởng không nhỏ đến việc phát triển của in 3D. Trong năm 2020, do ảnh hưởng của dịch bệnh viêm đường hô hấp cấp COVID-19 khiến việc nhập sợi nhựa dùng cho máy in 3D FDM càng trở nên khó khăn gây tình trạng khan hiếm nhựa liên tục diễn ra, đẩy giá nhựa in lên cao. Bên cạnh đó, lượng rác thải nhựa hàng năm ngay tại Việt Nam là một con số lớn, việc tái chế những nguồn nhựa thải đó cũng nan giải không kém và việc sử dụng nhựa thải để chế tạo ra sợi nhựa in 3D vẫn chưa thực sự phổ biến tại Việt Nam.

Đơn quốc tế số PCT/US2018/065903 đề cập đến hệ thống và phương pháp đùn sợi compozit (“System and method for extruding composite filament”). Hạn chế của quy trình mà tác giả đã nêu là chỉ đề cập đến việc dùng một phương thức làm mát sợi nhựa được đùn ra khỏi máy ép đùn trực vít sử dụng quạt gió làm mát hoặc các hình thức làm mát khác như nước. Tuy quy trình này có thể làm mát nhưng chưa thể làm mát sâu sợi nhựa, việc này

có thể dẫn đến tình trạng sợi nhựa khi ra khỏi đầu đùn máy ép đùn trực vít vẫn còn quá dẻo, giảm tính ổn định đường kính khi kéo sợi. Một hạn chế khác của quy trình là chưa đề cập đến vấn đề sấy nhựa và nguyên liệu đầu vào khác. Việc nhựa và nguyên liệu đầu vào khác bị bám hơi nước có thể gây ra nhiều vấn đề trong quá trình đùn sợi như tạo lỗ xốp, nổ nhựa mà khó xử lý được khi tiến hành đùn sợi.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là đề xuất quy trình chế tạo sợi in 3D dùng cho máy in 3D FDM mà cho phép sản xuất sợi với tính ổn định về kích thước sợi, đặc biệt tính ổn định càng nâng cao nhờ hệ thống làm mát bằng khí và chất lỏng khi sợi in 3D vừa ra khỏi đầu đùn được kéo bằng hệ đồng tốc điều chỉnh được tốc độ có chức năng kéo và cuộn sợi in 3D thành phẩm thành cuộn. Giải quyết được vấn đề đồng đều sợi in 3D sau đùn của máy ép đùn trực vít, đem lại khả năng tự chủ nguồn cung sợi in 3D trong nước và giảm phụ thuộc vào nguồn cung nhập từ nước ngoài.

Mục đích khác của giải pháp hữu ích là khắc phục hạn chế và/hoặc nhược điểm của các giải pháp kỹ thuật đã biết trong lĩnh vực này bao gồm, hạn chế và/hoặc nhược điểm do chưa thể làm mát sâu sợi in 3D mà có thể dẫn đến tình trạng sợi in 3D khi ra khỏi đầu đùn máy ép đùn trực vít vẫn còn quá dẻo, giảm tính ổn định đường kính khi kéo sợi; hay hạn chế khác là chưa đề cập đến việc sấy nhựa và nguyên liệu đầu vào khác mà có thể khiến cho nhựa và nguyên liệu đầu vào khác bị bám hơi nước có thể gây ra nhiều vấn đề trong quá trình đùn sợi in 3D như tạo lỗ xốp, nổ nhựa mà khó xử lý được khi tiến hành đùn sợi.

Mục đích khác nữa của giải pháp hữu ích là đề xuất quy trình chế tạo sợi in 3D có thể kiểm soát thành phần cũng như chất lượng thành phẩm, sợi in 3D có thể gia cường hoặc thay đổi thành phần nhựa tùy ý, phục vụ đa dạng nhu cầu về nhựa và sản phẩm nhựa dùng cho máy in 3D FDM. Xa hơn nữa, việc ứng dụng quy trình chế tạo sợi in 3D dùng cho máy in 3D FDM còn có khả năng ứng dụng cho việc tái chế nhựa thải, giảm gánh nặng nhựa thải, đem lại giá trị về mặt kinh tế và môi trường.

Để đạt được các mục đích trên đây, giải pháp hữu ích đề xuất quy trình chế tạo sợi in 3D dùng cho máy in 3D FDM từ nguyên liệu đầu vào bao gồm các loại nhựa dẻo nhiệt, quy trình này bao gồm các bước:

i) chuẩn bị và sấy nguyên liệu đầu vào, trong đó:

chuẩn bị nguyên liệu đầu vào bao gồm nguyên liệu nhựa và thành phần cốt, trong đó:

nguyên liệu nhựa được chọn từ nhóm bao gồm: nhựa acrylonitril butadien styren (acrylonitrile butadiene styrene – ABS), nhựa

polypropylen (polypropylene – PP), nhựa axit polylactic (polylactic acid – PLA), nhựa PE mật độ cao (high-density polyethylene – HDPE) hoặc hỗn hợp bất kỳ của các nhựa này,

thành phần cốt được chọn từ nhóm bao gồm: Cu, Ni, Ag, ống nano cacbon (carbon nanotube – CNT) hoặc hỗn hợp bất kỳ của các thành phần này,

xử lý tạo hạt nguyên liệu nhựa để tạo hạt nhựa có kích thước nằm trong khoảng từ 2 đến 3mm, và

tiến hành sấy ở nhiệt độ phù hợp với nguyên liệu đầu vào;

ii) trộn và đùn cơ-nhiệt học, trong đó:

trộn đều nguyên liệu đầu vào sau khi sấy ở bước i) dưới điều kiện gia nhiệt đến nhiệt độ nóng chảy thông qua máy ép đùn có bộ phận gia nhiệt,

tiến hành ép đùn nguyên liệu đầu vào qua khuôn đùn của máy ép đùn có kích thước lỗ từ 1,4 đến 1,6 mm để tạo sợi có đường kính từ 1,65 đến 1,85mm;

iii) làm mát-kéo sợi và cuộn sợi, trong đó:

tiến hành lần lượt làm mát sơ bộ và làm mát sâu sợi thu được ở bước ii) bằng cách dẫn sợi này qua bộ phận làm mát bằng khí và bộ phận làm mát bằng chất lỏng,

kéo sợi bằng hệ thống kéo sợi, qua hệ thống điều hướng sợi đến hệ thống cuộn sợi, trong đó tốc độ cuộn của hệ thống cuộn sợi được đồng tốc độ với tốc độ kéo sợi của hệ thống kéo sợi.

Theo một phương án, trong bước i), thành phần cốt là các hạt cỡ nano hoặc micro với tỷ lệ % khối lượng so với khối lượng của nguyên liệu đầu vào là không quá 10% đối với thành phần cốt là CNT hoặc nằm trong khoảng từ 30 đến 40% đối với thành phần cốt là các hạt kim loại.

Theo một phương án khác, trong bước i), nguyên liệu đầu vào bao gồm nguyên liệu nhựa ABS hoặc nguyên liệu nhựa ABS và thành phần cốt CNT.

Theo một phương án khác nữa, trong bước i), nguyên liệu đầu vào bao gồm nguyên liệu nhựa ABS.

Theo một phương án khác nữa, trong bước i), nguyên liệu đầu vào bao gồm nguyên liệu nhựa ABS và thành phần cốt CNT đa tường.

Theo một phương án khác nữa, tỷ lệ theo khối lượng của CNT đa tường/nhựa ABS là khoảng 2/98.

Theo một phương án khác nữa, trong bước i), bước sấy được tiến hành ở nhiệt độ nhỏ hơn nhiệt độ chuyển hóa thủy tinh của nhựa để không làm thoái hóa nhựa, đồng thời loại bỏ độ ẩm.

Theo một phương án khác nữa, trong bước i), bước sấy được thực hiện ở nhiệt độ sấy nằm trong khoảng từ 80 đến 110°C.

Theo một phương án khác nữa, trong bước i), bước sấy được thực hiện trong thời gian nằm trong khoảng từ 7 đến 10 giờ.

Theo một phương án khác nữa, bước sấy được thực hiện trong thời gian là 8 giờ.

Theo một phương án khác nữa, trong bước ii), máy ép đùn có bộ phận gia nhiệt được bố trí trong không gian làm việc của trục vít.

Theo một phương án khác nữa, trong bước ii), máy ép đùn là máy ép đùn trục vít đơn.

Theo một phương án khác nữa, trong bước ii), nhiệt độ đùn nằm trong khoảng từ 210 đến 230°C.

Theo một phương án khác nữa, trong bước ii), tốc độ quay của trục vít nằm trong khoảng từ 20 đến 40 vòng/phút để tạo thuận lợi cho việc điều chỉnh tốc độ nhằm đảm bảo đường kính sợi ra là ổn định, thường có sai số trong khoảng $\pm 0,1\text{mm}$.

Theo một phương án khác nữa, tốc độ quay của trục vít là khoảng 30 vòng/phút.

Theo một phương án khác nữa, trong bước iii), bộ phận làm mát bằng khí bao gồm quạt làm mát.

Theo một phương án khác nữa, trong bước iii), bộ phận làm mát bằng chất lỏng bao gồm hệ thống nước làm mát tuần hoàn.

Theo một phương án khác nữa, nhiệt độ làm mát được duy trì ở nhiệt độ phòng, tốt hơn là nhiệt độ nằm trong khoảng từ 20 đến 25°C sử dụng bể làm mát bằng nước.

Theo một phương án khác nữa, trong bước iii), hệ thống kéo sợi và hệ thống cuộn sợi được đồng tốc độ với nhau ở tốc độ khoảng từ 90 đến 100 cm/phút nhằm đảm bảo đường kính sợi ra là ổn định.

Với các đặc trưng nêu trên, quy trình này có thể khắc phục được những quy trình đã biết, tạo ra sợi in 3D với đường kính ổn định ngay từ trong quá trình kéo sợi, điều chỉnh được tốc độ kéo sợi phù hợp với từng loại nguyên liệu đầu vào và cuộn sợi vào tang cuộn thông qua hệ thống đồng tốc giữa hệ thống kéo sợi và hệ thống cuộn sợi nhằm đảm bảo được sợi ra đến đâu thì có

thể cuộn hết sợi vào tang cuộn đến đáy. Từ đó có thể tự chủ nguồn hàng sợi in 3D, đảm bảo chất lượng sản phẩm, sản xuất đa dạng loại nhựa phù hợp với nhu cầu tiêu thụ trong nước mà giảm đi sự phụ thuộc vào nguồn cung từ nước ngoài, hoàn toàn phù hợp với quy mô sản xuất công nghiệp.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sau đây giải pháp hữu ích còn được mô tả một cách chi tiết thông qua các phương án cụ thể với sự tham chiếu đến hình vẽ, trong đó:

Hình 1 là giản đồ quy trình chế tạo sợi in 3D dùng cho máy in 3D FDM theo giải pháp hữu ích;

Hình 2 là hệ thống thiết bị được sử dụng để chế tạo sợi in 3D theo một phương án cụ thể được ưu tiên theo giải pháp hữu ích;

Hình 3 thể hiện sợi in 3D được sản xuất theo phương án cụ thể được ưu tiên theo giải pháp hữu ích, trong đó:

Hình 3a thể hiện sợi ABS;

Hình 3b và 3c thể hiện sợi composít nền ABS cốt 2% trọng lượng CNT sau khi ép đùn và cấu trúc sợi composít này.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Sau đây, giải pháp hữu ích còn được mô tả chi tiết hơn nữa thông qua các phương án cụ thể được ưu tiên. Tuy nhiên, cần phải hiểu rằng các phương án này chỉ với mục đích minh họa cho giải pháp hữu ích và không làm giới hạn phạm vi của giải pháp hữu ích theo bất kỳ cách nào.

Như được mô tả trong Hình 1 và 2, quy trình chế tạo sợi in 3D dùng cho máy in 3D FDM được tiến hành thông qua các bước như sau.

Bước i) sấy nhựa và các thành phần phụ (nếu có) theo nhiệt độ phù hợp

Nguyên liệu nhựa được chọn và sử dụng theo giải pháp hữu ích không bị giới hạn một cách cụ thể và có thể bao gồm các loại nhựa dẻo nhiệt, nhựa cứng có nguồn gốc, xuất xứ rõ ràng, mà có thể là từ các nguồn cung trong nước. Nhựa này tốt hơn là có dạng hạt hoặc được xử lý tạo hạt với kích thước từ 2 đến 3mm. Theo đó, nhựa tái chế cần phải được nghiền với kích thước tương tự. Quá trình nghiền có thể sử dụng phương pháp và thiết bị nghiền thông dụng bất kỳ trong lĩnh vực này. Theo một phương án cụ thể, nguyên liệu còn được sấy ở nhiệt độ phù hợp với loại nhựa đó.

Nhựa dẻo nhiệt là loại nhựa khi nung nóng đến nhiệt độ chảy mềm T_m thì chảy mềm ra và khi hạ nhiệt độ thì nó đóng rắn lại. Tính chất cơ học không cao khi so sánh với nhựa nhiệt rắn. Tuy nhiên, nhựa dẻo nhiệt có khả năng tái sinh được nhiều lần, ví dụ, bao gồm:

Nhựa PE (polyetylen): polyetylen là một hợp chất hữu cơ (poly) gồm nhiều nhóm etylen $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ liên kết với nhau bằng các liên kết hydro nội phân tử. Polyetylen màu trắng, hơi trong, không dẫn điện và không dẫn nhiệt, không cho nước và khí thấm qua. Nhựa PE có nhiệt độ chuyển hóa thủy tinh T_g khoảng -100°C và nhiệt độ nóng chảy T_m khoảng 120°C . Đây là một loại hạt nhựa dẻo, có cấu trúc tinh thể biến thiên.

Nhựa PP (polypropylen): là sản phẩm của phản ứng trùng hợp propylen C_3H_6 . Nhựa này có tính bền cơ học cao (bền xé và bền kéo đứt), khá cứng vững, không mềm dẻo như PE, không bị kéo giãn dài, do đó thường được chế tạo thành sợi. Đặc biệt khả năng bị xé rách dễ dàng khi có một vết cắt hoặc một vết thủng nhỏ. Nhựa trong suốt, độ bóng bề mặt cao cho khả năng in ấn cao, nét in rõ, không màu không mùi, không vị, không độc. Nhựa chịu được nhiệt độ cao hơn 100°C . Nhiệt độ nóng chảy: $164-170^\circ\text{C}$.

Nhựa PS (polystyren): là một loại nhựa dẻo nhiệt, được tạo thành từ phản ứng trùng hợp styren $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2$. Công thức cấu tạo của polystyren là: $(\text{CH}[\text{C}_6\text{H}_5]-\text{CH}_2)_n$. Nhựa này trong suốt, không có mùi vị, khi cháy cho ngọn lửa không ổn định. Nhựa PS không màu và dễ tạo màu, hình thức đẹp, dễ gia công bằng phương pháp ép và ép phun. Nhiệt độ nóng chảy: $180-200^\circ\text{C}$.

Nhựa PET (polyetylen terephthalat): là nhựa được hình thành từ phản ứng trùng hợp giữa các monome etylen terephthalat với công thức $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4$. PET là nhựa tinh thể, có điểm nóng chảy rõ rệt, nóng chảy ở 250°C , phân hủy ở 360°C ; nhiệt độ gia công thông thường là $280-320^\circ\text{C}$. PET hấp thụ nước, do có tồn tại lipit, nên khi có nước sẽ bị phân hủy, cần phải sấy khô, sấy từ 2-4 giờ ở 120°C . Nhựa có khả năng chịu lực và chịu nhiệt cao. Khi gia nhiệt ở 200°C hay làm lạnh ở -90°C thì cấu trúc hóa học của PET vẫn được giữ nguyên. Nhựa còn có tính chống thấm khí (O_2 và CO_2) tốt hơn nhiều loại nhựa khác. Ở nhiệt độ khoảng 100°C thì nhựa PET vẫn giữ được tính chất này. Nhựa có độ 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.

Nhựa cứng có thể bao gồm, ví dụ, các loại nhựa sau đây:

Nhựa PC (polycarbonat): polycarbonat cũng là một loại polyme nhựa dẻo nhiệt. Polycarbonat chủ yếu sản xuất từ phản ứng giữa bisphenol A (BPA) và phosgen (COCl_2). Do đó, nhựa này là một loại nhựa tổng hợp trong đó các đơn vị polyme được liên kết thông qua các nhóm cacbonat, chất liệu này có thể được phủ lên một số bởi một số chất liệu khác. Nhựa được dùng làm kính xe, do độ trong cao, chống thấm khí, hơi cao hơn các loại PE, PVC nhưng thấp hơn PP, PET. Độ chịu lực rất cao, khả năng chống mài mòn và không bị tác động bởi các thành phần của thực phẩm. Nhiệt độ nóng chảy là $235-275^\circ\text{C}$, nhiệt độ làm mềm là $132-138^\circ\text{C}$, nhiệt độ chảy là $215-222^\circ\text{C}$.

Nhiệt độ tự bốc cháy là 500 °C. Độ chịu lạnh là -100 °C. Nhiệt độ làm việc cao nhất là 135-137°C.

Nhựa ABS (acrylonitril butadien styren): nhựa acrylonitril butadien styren (viết tắt và thường gọi là ABS) có công thức hóa học $(C_8H_8)_x \cdot (C_4H_6)_y \cdot (C_3H_3N)_z$ là polyme dẻo nhiệt phổ biến. Nhiệt độ chuyển tiếp thủy tinh của nó là khoảng 105°C. ABS là vô định hình và do đó không có điểm nóng chảy thực sự. Khoảng nhiệt độ sử dụng của nó vào khoảng từ -25 đến 60°C, nóng chảy ở nhiệt độ khoảng từ 200 đến 280°C. Thành phần nhựa ABS gồm có ba monome acrylonitril, butadien, styren, tỷ lệ ba monome này có thể thay đổi từ 15-35% acrylonitril, 40-60% styren và 3-30% butadien. Nhựa này cứng, rắn, nhưng không giòn, cách điện, không thấm nước, tính chất đặc trưng của ABS là khả năng chịu va đập và độ dai. Khả năng chịu va đập và độ dai của nó thay đổi không đáng kể ở nhiệt độ thấp, độ ổn định dưới tác dụng của trọng lực rất tốt. Dễ mạ điện, ít bị phá hỏng do ảnh hưởng của môi trường. Nhựa ABS không chịu được nhiệt độ cao, khả năng chịu ẩm và chống lão hóa ở mức trung bình.

Nhựa polystyren độ bền cao (tên tiếng Anh: High Impact Polystyrene - HPIS): dòng hạt nhựa dẻo nhiệt có độ bền cao này thuộc nhóm nhựa cứng, trong suốt, dễ tạo hình. Nhựa được gia công bằng phương pháp cán màng hút định hình và công nghệ ép một cách khá đơn giản, thường dùng làm sản phẩm ép mặt bàn ghế cho học sinh, ép các chi tiết trong xe máy, trong công nghệ thực phẩm.

Nhựa PA (polyamit, còn gọi là nylon): polyamit hay còn được biết đến với tên gọi khác là nylon. Một polyamit là một polyme có các đơn vị lặp lại được liên kết bởi các liên kết amit. Đây là một loại sợi hóa học được sản xuất từ các sợi polyme tổng hợp tự cân bằng nước nội tại, làm cho vật liệu có độ cứng cao, độ ma sát thấp, dễ trượt, khả năng chịu được nhiều loại dầu, mỡ bôi trơn, nhiên liệu diezen và xăng, cách điện và nhiệt tốt.

Nhựa POM (polyoxymetylen): nhựa polyoxymetylen, còn được gọi là axetal, polyaxetal và polyformaldehyt, là polyme có các đơn vị lặp lại được liên kết bởi các liên kết amit, cụ thể trong phân tử chứa nhóm cacbon có chức năng liên kết với hai nhóm khác với công thức hóa học $(CH_2O)_n$. Đây là một loại nhựa dẻo nhiệt kỹ thuật được sử dụng trong các bộ phận chính xác yêu cầu độ cứng cao, ma sát thấp và ổn định kích thước tuyệt vời.

Vật liệu đàn hồi (elastome) là loại nhựa có tính đàn hồi như cao su, ví dụ:

Nhựa PU (polyuretan): Nhựa PU là tên viết tắt của polyuretan (tên tiếng Anh: polyurethane) và là một vật liệu polyme bao gồm các đơn vị hữu cơ được nối bởi các liên kết carbamat (uretan) có tính đàn hồi hơn cao su và bền bỉ dẻo dai, có tính kháng dầu, chống xé rách, chống trầy xước và chịu

mài mòn cao hơn cao su nhiều lần. So với nhựa, PU có khả năng chịu nén, chống co giãn và chống va đập tuyệt vời. Chính vì lẽ đó mà nó được sử dụng thay thế cao su và nhựa trong nhiều lĩnh vực mà cho phép giảm thời gian bảo dưỡng máy móc, thiết bị, tiết kiệm tài chính.

Nhựa PVC (polyvinylchlorua): PVC hay polyvinylchlorua (tên tiếng Anh: poly(vinyl chloride)) là một loại nhựa dẻo nhiệt được tạo thành từ phản ứng trùng hợp vinylchlorua ($\text{CH}_2=\text{CHCl}$). Nhựa này chủ yếu được dùng bao bọc dây cáp điện, làm ống thoát nước, áo mưa, màng nhựa gia dụng với đặc tính chống thấm hơi, nước kém hơn các loại PE, PP, hoặc được sử dụng làm nhãn màng co các loại chai, bình bằng nhựa hoặc màng co bao bọc các loại thực phẩm bảo quản, lưu hành trong thời gian ngắn như thịt sống, rau quả tươi, v.v.. Ngoài ra, PVC được sử dụng để làm nhiều vật gia dụng cũng như các loại sản phẩm thuộc các ngành khác.

Các nhựa trên đây đều có sẵn trên thị trường với các thông tin về đặc tính, thành phần mà thông dụng và/hoặc có thể dễ dàng tiếp cận bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này, nên việc mô tả chi tiết thêm là không cần thiết.

Cần phải hiểu rằng, các nhựa cụ thể trên đây chỉ với mục đích minh họa cho giải pháp hữu ích, và do đó giải pháp hữu ích không chỉ giới hạn ở các nhựa này. Ví dụ, nhựa PLA hay axit polylactic với công thức $(-\text{H}-[\text{OCHCH}_3\text{CO}]_n-\text{OH})$ là một loại nhựa dẻo nhiệt có nguồn gốc từ tái tạo các sản phẩm thực vật, hay nhựa HDPE là một dòng nhựa gốc PE hoặc có thể gọi là "nhựa PE mật độ cao" được sản xuất từ monome etylen đều có thể được sử dụng một cách phù hợp theo giải pháp hữu ích.

Theo một phương án cụ thể được ưu tiên, nguyên liệu nhựa được sử dụng theo giải pháp hữu ích được chọn từ nhóm bao gồm nhựa ABS, PP, PLA, HDPE hoặc hỗn hợp bất kỳ của các nhựa này.

Theo một phương án khác, nguyên liệu nhựa được sử dụng theo giải pháp hữu ích là nhựa ABS.

Theo một phương án khác, nguyên liệu nhựa được sử dụng theo giải pháp hữu ích là nhựa PP.

Theo một phương án khác, nguyên liệu nhựa được sử dụng theo giải pháp hữu ích là nhựa PLA.

Theo một phương án khác, nguyên liệu nhựa được sử dụng theo giải pháp hữu ích là nhựa HDPE.

Tuy nhiên, theo một phương án cụ thể đặc biệt được ưu tiên, nhựa ABS được sử dụng theo giải pháp hữu ích. Cần lưu ý rằng, nhựa ABS được ưu tiên sử dụng vì nhựa này rất cứng, tính bền với nhiệt độ và hóa chất, rất

đẻo dai, chịu lực và dễ gia công. Nhựa ABS được xác định là ít chịu ảnh hưởng đến độ ẩm mà chỉ ảnh hưởng đến sự ổn định kích thước của ABS. Ngoài ra ABS là vật liệu có nhiệt độ đùn cao hơn một số nhựa như PP, PLA, v.v., nghĩa là khó đùn và khó in hơn PP, PLA. Chính vì vậy, giải pháp hữu ích lựa chọn một loại vật liệu điển hình và được sử dụng phổ biến với các đặc tính trên đây để ưu tiên thử nghiệm quy trình mà các giải pháp kỹ thuật đã biết chưa tập trung xử lý và/hoặc đề cập.

Trong bản mô tả này, "sấy ở nhiệt độ phù hợp" được hiểu là sấy ở nhiệt độ nhỏ hơn nhiệt độ chuyển hóa thủy tinh của nhựa để không làm thoái hóa nhựa, đồng thời loại bỏ (thoát được) nhiều hơi nước, độ ẩm nếu có.

Như được mô tả trên đây, việc nhựa và nguyên liệu đầu vào khác bị bám hơi nước có thể gây ra nhiều vấn đề trong quá trình đùn sợi như tạo lỗ xốp, nổ nhựa mà khó xử lý được khi tiến hành đùn sợi. Các giải pháp kỹ thuật đã biết chưa đề cập đến vấn đề này. Giải pháp hữu ích theo một cách khác, bước sấy nguyên liệu đầu vào được nghiên cứu sâu rộng để xác định các điều kiện phù hợp nhằm thu được sản phẩm với các đặc tính mong muốn. Theo đó, nhiệt độ sấy được chọn phụ thuộc vào nguyên liệu nhựa được sử dụng theo giải pháp hữu ích. Về nguyên tắc, nhựa tương đối trơ, ít hoặc không hút ẩm, ví dụ nhựa PP, PE, có thể không cần sấy. Trái lại, đối với nhựa dễ hút ẩm hơn, ví dụ nhựa ABS, thì cần sấy để hơi nước, độ ẩm thoát ra.

Theo một phương án, nhiệt độ sấy thường nằm trong khoảng từ 80 đến 110°C để thoát hơi nước không làm thoái hóa nhựa.

Thời gian sấy nguyên liệu nhựa về cơ bản phụ thuộc nguyên liệu nhựa được sử dụng và hàm lượng ẩm cuối mong muốn. Tuy nhiên theo một phương án, thời gian sấy nguyên liệu nằm trong khoảng từ 7 đến 10 giờ, tốt hơn là 8 giờ.

Ngoài ra, các tác giả giải pháp hữu ích còn nghiên cứu đề xuất quy trình sản xuất cho phép tận dụng sản xuất loại nhựa có chứa thành phần cốt gia cường. Theo một phương án, nếu nhựa thành phẩm cần chứa thành phần cốt gia cường thì thành phần cốt gia cường cũng cần được sấy với chế độ phù hợp đối với loại cốt đó. Mục đích chính của công đoạn này là làm giảm tối đa hơi nước đọng lại trên nhựa và thành phần cốt (nếu có) để giảm thiểu hiện tượng bị nổ, tạo lỗ trống, làm mất tính ổn định trong công đoạn trộn-đùn gia nhiệt trong máy ép đùn trực vít ở công đoạn sau.

Theo một phương án, nguyên liệu nhựa (nền) chứa thành phần cốt có thể bao gồm các loại cốt hạt cỡ nano hoặc micro ví dụ như: Cu, Ni, Ag, CNT hoặc hỗn hợp bất kỳ của các thành phần này. Theo một phương án khác, tỷ lệ đối với thành phần cốt là CNT không quá 10% khối lượng và đối với thành phần cốt là hạt kim loại nằm trong khoảng từ 30 đến 40% khối lượng so với khối lượng của nguyên liệu đầu vào. Theo phương án khác, vì nhiệt độ nóng

chảy của cốt cao hơn nên nên có thể sấy ở nhiệt độ lớn hơn 100°C và nhỏ hơn 0,3 lần nhiệt độ nóng chảy ($0,3 \cdot T_{nc}$) để tránh thay đổi kích thước hạt tinh thể của cốt lớn gây bất lợi đến các công đoạn tiếp theo. Theo một phương án cụ thể, cốt CNT được sấy ở 110°C cùng với nhiệt độ sấy của nhựa. Theo một phương án cụ thể khác, nếu hạt kim loại dễ hoặc nhạy oxy hóa, có thể sấy trong môi trường khí bảo vệ; hoặc nếu đôi khi sự oxy hóa được xác định là làm tăng độ bền hơn, thì không cần khí bảo vệ. Ngoài ra, nếu cốt và nền bảo quản tốt không bị ẩm, thì có thể không cần sấy.

Như được mô tả trên đây, thành phần cốt được chọn từ nhóm bao gồm Cu, Ni, Ag, CNT hoặc hỗn hợp bất kỳ của các thành phần này. Tuy nhiên, giải pháp hữu ích không chỉ giới hạn ở các thành phần cụ thể này, thành phần cốt khác thông dụng cho nhựa đều có thể sử dụng một cách phù hợp theo giải pháp hữu ích.

Đảm bảo các điều kiện này, chất lượng sợi sẽ tốt, kéo ra không bị nổ, bọt, tạo vân trên bề mặt sợi. Đây được xem là đặc trưng kỹ thuật bổ sung của giải pháp hữu ích so với các giải pháp đã biết.

Bước ii) trộn và đùn cơ học-gia nhiệt các thành phần nhựa, cốt đã sấy theo tỷ lệ (nếu nhựa có chứa thành phần cốt)

Như được thể hiện trong Hình 2, theo một phương án cụ thể, hệ thống thiết bị được sử dụng theo giải pháp hữu ích bao gồm máy ép đùn 1, quạt làm mát 2, hệ thống nước làm mát tuần hoàn 3, hệ thống kéo sợi 4, hệ thống điều hướng sợi 5, hệ thống cuộn sợi 7 và bộ điều khiển trung tâm 8. Ngoài ra, hệ thống thiết bị còn được thể hiện bao gồm sợi nhựa/compozit 6 và máy ép đùn 1 bao gồm động cơ i, phễu nạp liệu ii, bộ phận gia nhiệt iii, trục vít iv và đầu đùn v.

Trong trường hợp sợi thành phẩm yêu cầu có thành phần cốt gia cường thì cần phải chuẩn bị nguyên liệu thành phần theo đúng tỷ lệ, hoặc chỉ thành phần nhựa đã sấy thông qua hệ thống thiết bị bao gồm máy ép đùn trục vít 1 có chứa bộ phận gia nhiệt iii, với đầu đùn v (xem, Hình 2) được thiết kế lỗ ra của sợi sao cho phù hợp với đường kính ra của sợi mong muốn.

Chuẩn bị nguyên liệu thành phần theo đúng tỷ lệ được hiểu là trong quá trình chế tạo dạng sợi composit, tỷ lệ giữa cốt và nền tùy thuộc mục đích yêu cầu, miễn là pha cứng hơn làm tăng độ bền. Ngoài ra, còn tùy thuộc khối lượng riêng của cốt để có thể chiếm nhiều hay ít thể tích vì còn liên quan đến sau khi chế tạo được sợi còn phải đáp ứng quá trình in nếu không sẽ tắc vòi phun. Theo một phương án, tỷ lệ cốt có thể được chọn như được mô tả như trong bước i) trên đây và dưới đây.

Ngoài ra, cần lưu ý rằng theo giải pháp hữu ích, thông qua máy ép đùn trục vít 1, nguyên liệu được đưa qua phễu nạp liệu ii vào để trộn đều, hơn nữa

tại không gian làm việc của trục vít có chứa bộ phận gia nhiệt iii để gia nhiệt nhựa đến nhiệt độ nóng chảy của nhựa. Nhựa sau khi được trộn gia nhiệt thì được một áp lực từ trục vít iv đẩy ra đầu đùn v được thiết kế với lỗ đùn có kích thước mong muốn phù hợp với đường kính của sợi thành phẩm.

Theo một phương án, nhựa sau khi sấy được chuyển vào máy ép đùn với nhiệt độ đùn là khoảng tương ứng với nhiệt độ nóng chảy của nhựa. Theo một phương án khác, máy ép đùn sử dụng là máy ép đùn trục vít đơn.

Theo phương án cụ thể được ưu tiên khác, nguyên liệu đầu vào được sử dụng bao gồm nguyên liệu nhựa ABS hoặc nguyên liệu nhựa ABS và thành phần cốt CNT để lần lượt sản xuất sợi nhựa ABS và sợi compozit nền ABS cốt CNT đa tường dùng cho máy in 3D FDM. Theo phương án cụ thể khác, trong trường hợp nguyên liệu đầu vào được sử dụng là nhựa ABS và thành phần cốt CNT để sản xuất sợi compozit nền ABS cốt CNT đa tường dùng cho máy in 3D FDM, tỷ lệ theo khối lượng của cốt CNT đa tường/nhựa ABS là khoảng 2/98 (tương ứng với 2% khối lượng của cốt CNT đa tường).

Nhiệt độ đùn về cơ bản phụ thuộc bản chất của loại nhựa nguyên liệu sử dụng theo giải pháp hữu ích. Tuy nhiên, theo phương án cụ thể khác, nhiệt độ đùn nằm trong khoảng từ 210 đến 230°C.

Theo phương án, ở đầu đùn v của máy ép đùn trục vít 1 lắp khuôn đùn có đường kính từ 1,4 đến 1,6 mm, tốt hơn là 1,5 mm, là nơi nhựa được trộn gia nhiệt đi qua và tạo thành sợi, để tạo ra sợi thành phẩm đường kính từ 1,65 đến 1,85mm thích hợp dùng cho máy in 3D FDM. Tùy theo khả năng của các loại máy in mà phương án này có thể thay các đầu đùn khác nhau để đạt được kích thước đường kính sợi đến 3mm mà là đường kính đã phổ biến hiện nay trên thị trường. Nói cách khác, giải pháp hữu ích cung cấp sự linh hoạt trong việc chế tạo các loại sợi với đường kính khác nhau thích hợp cho các mục đích sử dụng khác nhau. Đây cũng được xem là một trong các ưu điểm của giải pháp hữu ích.

Tốc độ quay của trục vít là phụ thuộc vào máy ép đùn trục vít và bản chất của nguyên liệu được sử dụng. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng, tốc độ quay của trục vít là hằng số, nó sẽ tạo ra sợi ở đầu ra, các thiết bị phía sau cần phải đảm bảo đồng tốc để giữ sợi ổn định không bị đứt hoặc không bị chùng. Theo một phương án cụ thể, tốc độ quay tốt hơn là từ 20 đến 40 vòng/phút, tốt hơn nữa là khoảng 30 vòng/phút để tạo thuận lợi cho việc điều chỉnh tốc độ tùy theo từng loại nhựa nhằm đảm bảo đường kính sợi ra là ổn định, thường có sai số trong khoảng ± 0.1 mm, có thể dùng cho máy in 3D FDM.

Bước iii) làm mát-kéo sợi và cuộn sợi

Hỗn hợp nhựa và thành phần cốt (nếu có) được đùn qua đầu đùn v được kéo bởi hệ thống kéo sợi 4 và cuộn sợi 7 có thể điều chỉnh được tốc độ

kéo, sợi này đi qua bộ phận làm mát bằng khí bao gồm quạt làm mát 2 để giảm hiện tượng sốc nhiệt trước khi làm nguội bằng chất lỏng làm mát, giúp ổn định đường kính và bộ phận làm mát bằng chất lỏng mà, theo một phương án cụ thể, là nước thông qua hệ thống nước làm mát tuần hoàn 3 để làm mát sâu sợi nhựa.

Như được mô tả trên đây trong các giải pháp kỹ thuật đã biết, quy trình đã biết có thể làm mát nhưng chưa thể làm mát sâu sợi nhựa, việc này có thể dẫn đến tình trạng sợi nhựa khi ra khỏi đầu đùn máy ép đùn trực vít vẫn còn quá dẻo, giảm tính ổn định đường kính khi kéo sợi. Giải pháp hữu ích đề xuất giải pháp để khắc phục nhược điểm hoặc hạn chế này.

Theo một phương án, đối với bước làm mát, bộ phận làm mát bằng không khí, mà theo một phương án cụ thể, bao gồm quạt làm mát 2, và bộ phận làm mát bằng chất lỏng, mà theo một phương án cụ thể là nước thông qua hệ thống nước làm mát tuần hoàn 3, được sử dụng.

Theo một phương án, bộ phận làm mát bằng khí sử dụng hệ thống làm mát bằng không khí, trong đó hệ thống này phải đảm bảo không khí lưu thông, luân chuyển nhằm làm nguội sơ bộ phận sợi được kéo.

Theo một phương án cụ thể khác, đối với bộ phận làm mát bằng chất lỏng, sau khi được làm mát bằng không khí, sợi được chuyển đến bộ phận chứa chất lỏng để làm nguội sâu hơn, tại đây hệ thống bơm tuần hoàn được sử dụng để bơm chất lỏng làm nguội nhựa.

Theo một phương án, có thể làm mát bằng cách sử dụng quạt gió 2 cho hệ thống làm mát bằng không khí.

Theo một phương án, nước, thông qua hệ thống nước làm mát tuần hoàn 3, được sử dụng làm chất lỏng để làm nguội sâu hơn trong bộ phận làm mát bằng chất lỏng. Nhiệt độ ưu tiên của bể nước tốt hơn là ở nhiệt độ phòng, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 20 đến 25°C. Mặc dù, ngoài nước, chất lỏng làm nguội khác có thể sử dụng theo giải pháp hữu ích, ví dụ có thể dùng các loại chất lỏng khác như nhũ tương, tuy nhiên không thực sự cần thiết vì nước sẵn có và rẻ đáp ứng yêu cầu làm nguội sợi.

Hỗn hợp nhựa sau khi làm mát sẽ được chuyển đến hệ thống kéo sợi 4 và cuộn sợi 7. Ở đây, hệ thống kéo sợi 4 có chức năng như là phân trợ lực, dẫn nhựa từ đầu đùn v của máy ép đùn trực vít 1 để đi qua hệ thống làm mát bằng khí 2 và chất lỏng 3, qua hệ thống điều hướng sợi 5 đến hệ thống cuộn sợi 7, đồng thời có khả năng điều chỉnh tốc độ tùy theo từng loại nhựa để có tốc độ kéo sợi phù hợp nhằm đảm bảo đường kính sợi ra là ổn định, có thể dùng cho máy in 3D FDM.

Theo một phương án cụ thể, lực kéo được chọn để tạo ra tốc độ kéo từ 90 đến 100cm/phút nhằm thu được đường kính sợi thành phẩm đồng đều.

Sợi nhựa/compozit 6 sau khi được kéo với tốc độ nhất định qua hệ thống kéo sợi 4, thì được hệ thống cuộn sợi 7 đã đồng tốc với tốc độ kéo sợi, đảm nhiệm vai trò cuộn phần sợi đã kéo thành một cuộn sợi thành phẩm có thể đưa ra thị trường tiêu thụ, sử dụng được cho máy in 3D FDM.

Điều chỉnh tốc độ trong bộ điều khiển trung tâm 8 với mục đích để đồng tốc sợi kéo ra từ hệ thống kéo sợi 4 với tốc độ ra của máy ép đùn 1 đáp ứng kéo sợi liên tục không bị đứt hoặc thay đổi kích thước. Bộ điều khiển 8 này có thể sử dụng chế độ bằng tay thông qua động cơ, có hiển thị tốc độ kéo trên màn LCD, đối với mỗi loại nhựa có độ nhớt và ma sát khác nhau nên sẽ có tốc độ kéo khác nhau. Thiết bị này điều chỉnh được cho hết các loại nhựa dẻo nhiệt được sử dụng. Tốc độ tối thiểu-tối đa (min-max) tương ứng từ 0-150cm/phút. Theo một phương án cụ thể, sợi được kéo với tốc độ khoảng hơn 100cm/phút sẽ được cuộn lại thành cuộn bằng hệ thống cuộn đã được đồng tốc với phần hệ thống kéo. Theo một phương án cụ thể khác, sợi được kéo với tốc độ khoảng 90 đến 100cm/phút.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Sau đây, giải pháp hữu ích còn được mô tả thông qua các ví dụ chỉ với mục đích minh họa cho giải pháp hữu ích mà không làm giới hạn phạm vi của giải pháp hữu ích theo bất kỳ cách nào.

Ngoài ra, cũng cần phải hiểu rằng, các ví dụ khác có thể thực hiện theo cách tương tự như được mô tả cho các ví dụ dưới đây bằng cách thay đổi nguyên liệu và tỷ lệ bất kỳ thích hợp.

Ví dụ 1: Sản xuất 100g sợi nhựa ABS dùng cho máy in 3D FDM

Trong ví dụ cụ thể này, sợi nhựa ABS có đường kính khoảng 1,65-1,85mm dùng cho máy in 3D FDM được sản xuất như sau:

- Chuẩn bị 100g hạt nhựa ABS đem sấy ở nhiệt độ 80°C trong 8 giờ,
- Nhựa sau khi sấy được đem cho vào máy ép đùn trục vít đơn với nhiệt độ đùn là khoảng 210°C. Ở đầu đùn của máy ép đùn trục vít lắp khuôn đùn có đường kính 1,5mm là nơi nhựa được trộn gia nhiệt đi qua và tạo thành sợi.
- Nhựa đi qua đầu đùn tạo thành dạng sợi dài được hệ thống kéo với cơ cấu 2 trục mềm có thể xoay tì lên sợi nhựa nhằm tạo lực kéo với tốc độ 100cm/phút để đường kính sợi ra khỏi đầu đùn và đi qua hệ thống làm mát bằng khí và làm mát bằng nước có đường kính ổn định là khoảng 1,65-1,85mm.
- Sợi nhựa được kéo với tốc độ khoảng hơn 100cm/phút sẽ được cuộn lại thành cuộn bằng hệ thống cuộn đã được đồng tốc với phần hệ thống kéo.

Quy trình như trên cho phép thu được cuộn nhựa sợi ABS đường kính 1,65-1,85mm, khối lượng 100g. Sợi thành phẩm được minh họa trong Hình 3a.

Ví dụ 2: Sản xuất 100g sợi composít nền ABS cốt CNT đa tường với tỷ lệ khối lượng 2% CNT (sợi composít ABS/CNT) dùng cho máy in 3D FDM

Trong ví dụ này, sợi composít ABS/CNT có đường kính khoảng 1,65-1,85mm dùng cho máy in 3D FDM được sản xuất như sau:

- Chuẩn bị 98g hạt nhựa ABS đem sấy ở nhiệt độ 80°C trong 8 giờ và 2g CNT sấy ở nhiệt độ 110°C trong vòng 8 giờ.
- Nhựa ABS và CNT sau khi sấy được trộn cơ học trước khi cho vào máy ép đùn trục vít đơn với nhiệt độ đùn khoảng 220°C. Quá trình trộn gia nhiệt đùn diễn ra ba lần nhằm đảm bảo cốt có thể phân tán tốt trong nền nhựa. Ở đầu đùn của máy ép đùn trục vít có lắp khuôn đùn có lỗ đường kính 1,5mm là nơi hỗn hợp nhựa composít được định hình tạo thành sợi.
- Hỗn hợp nhựa composít đi qua đầu đùn tạo thành dạng sợi được hệ thống kéo với cơ cấu 2 trục mềm có thể xoay tì lên sợi nhằm tạo lực kéo với tốc độ từ 90 đến 100cm/phút và cơ cấu cuộn đồng tốc với hệ thống kéo. Để tránh làm biến dạng sợi trước khi đi vào hệ thống kéo, sợi được làm mát bằng quạt và nước.

Với quy trình như trên sợi composít sản xuất ra có đường kính ổn định ~1,75mm, khối lượng 100g. Sợi thành phẩm và cấu trúc được minh họa trong Hình 3b và 3c.

Ví dụ 3: Sử dụng sợi nhựa ABS và sợi composít ABS/CNT có đường kính khoảng 1,65-1,85mm cho máy in 3D FDM

Sản phẩm sợi nhựa ABS đường kính khoảng 1,65-1,85mm tương đồng với kích thước sợi nhựa có sẵn trên thị trường được đem dùng trên máy in 3D FDM với thông số đầu in là khoảng 210°C, bàn nhiệt là khoảng 100°C.

Kết quả cho thấy, trong quá trình in không xảy ra hiện tượng gì ảnh hưởng đến quá trình in, máy in đều và ổn định. Do đó, sản phẩm in có chất lượng tương đương những sản phẩm in bằng nhựa có sẵn trên thị trường.

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Quy trình sản xuất sợi in 3D dùng cho máy in 3D FDM gồm nhiều bước để sản xuất sợi với tính ổn định về kích thước sợi, đặc biệt tính ổn định càng nâng cao nhờ hệ thống làm mát bằng khí và chất lỏng khi sợi vừa ra khỏi đầu đùn được kéo bằng hệ đồng tốc điều chỉnh được tốc độ có chức năng kéo và cuộn sợi thành phẩm thành cuộn. Giải quyết được vấn đề đồng

đều sợi sau đùn của máy ép đùn trục vít, đem lại khả năng tự chủ nguồn cung sợi in 3D trong nước và giảm phụ thuộc vào nguồn cung nhập từ nước ngoài.

Ngoài ra, giải pháp hữu ích cho phép khắc phục hạn chế và/hoặc nhược điểm của các giải pháp kỹ thuật đã biết trong lĩnh vực này bao gồm, hạn chế và/hoặc nhược điểm do chưa thể làm mát sâu sợi in 3D mà có thể dẫn đến tình trạng sợi khi ra khỏi đầu đùn máy ép đùn trục vít vẫn còn quá dẻo, giảm tính ổn định đường kính khi kéo sợi; hay hạn chế khác là chưa đề cập vấn đề sấy nhựa và nguyên liệu đầu vào khác mà có thể khiến cho nhựa và nguyên liệu đầu vào khác bị bám hơi nước có thể gây ra nhiều vấn đề trong quá trình đùn sợi như tạo lỗ xốp, nổ nhựa mà khó xử lý được khi tiến hành đùn sợi.

Mặt khác, nhờ có quy trình chế tạo sợi in 3D này, có thể kiểm soát thành phần cũng như chất lượng thành phẩm, sợi in 3D có thể gia cường hoặc thay đổi thành phần nhựa tùy ý, phục vụ đa dạng nhu cầu về nhựa và sản phẩm nhựa dùng cho máy in 3D FDM. Xa hơn nữa, việc ứng dụng quy trình chế tạo sợi in 3D dùng cho máy in 3D FDM còn có khả năng ứng dụng cho việc tái chế nhựa thải, giảm gánh nặng nhựa thải, đem lại giá trị về mặt kinh tế và môi trường.

Yêu cầu bảo hộ

1. Quy trình chế tạo sợi in 3D dùng cho máy in 3D sử dụng mô hình lắng đọng nóng chảy (Fused Deposition Modelling – FDM) từ nguyên liệu đầu vào bao gồm các loại nhựa dẻo nhiệt, quy trình này bao gồm các bước:

i) chuẩn bị và sấy nguyên liệu đầu vào, trong đó:

chuẩn bị nguyên liệu đầu vào bao gồm nguyên liệu nhựa và thành phần cốt, trong đó:

nguyên liệu nhựa được chọn từ nhóm bao gồm: nhựa acrylonitril butadien styren (acrylonitrile butadiene styrene – ABS), nhựa polypropylen (polypropylene – PP), nhựa axit polylactic (polylactic acid – PLA), nhựa PE mật độ cao (high-density polyethylene – HDPE) hoặc hỗn hợp bất kỳ của các nhựa này,

thành phần cốt được chọn từ nhóm bao gồm: Cu, Ni, Ag, ống nano cacbon (carbon nanotube – CNT) hoặc hỗn hợp bất kỳ của các thành phần này,

xử lý tạo hạt nguyên liệu nhựa để tạo hạt nhựa có kích thước nằm trong khoảng từ 2 đến 3mm, và

tiến hành sấy ở nhiệt độ phù hợp với nguyên liệu đầu vào;

ii) trộn và đùn cơ-nhiệt học, trong đó:

trộn đều nguyên liệu đầu vào sau khi sấy ở bước i) dưới điều kiện gia nhiệt đến nhiệt độ nóng chảy thông qua máy ép đùn (1) có bộ phận gia nhiệt (iii),

tiến hành ép đùn nguyên liệu đầu vào qua khuôn đùn của máy ép đùn (1) có kích thước lỗ từ 1,4 đến 1,6 mm để tạo sợi có đường kính từ 1,65 đến 1,85mm;

iii) làm mát-kéo sợi và cuộn sợi, trong đó:

tiến hành lần lượt làm mát sơ bộ và làm mát sâu sợi thu được ở bước ii) bằng cách dẫn sợi này qua bộ phận làm mát bằng khí (2) và bộ phận làm mát bằng chất lỏng (3),

kéo sợi bằng hệ thống kéo sợi (4), qua hệ thống điều hướng sợi (5) đến hệ thống cuộn sợi (7), trong đó tốc độ cuộn của hệ thống cuộn sợi (7) được đồng tốc độ với tốc độ kéo sợi của hệ thống kéo sợi (4);

và trong đó trong bước i), thành phần cốt là các hạt cỡ nano hoặc micro với tỷ lệ % khối lượng so với khối lượng của nguyên liệu đầu vào là không quá 10% đối với thành phần cốt là CNT hoặc nằm trong khoảng từ 30 đến 40% đối với thành phần cốt là các hạt kim loại.

2. Quy trình theo điểm 1, trong đó trong bước i), nguyên liệu đầu vào bao gồm nguyên liệu nhựa là nhựa ABS và thành phần cốt là CNT đa tường.

3. Quy trình theo điểm 2, trong đó tỷ lệ theo khối lượng của CNT đa tường/nhựa ABS là khoảng 2/98.

4. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước i), bước sấy được tiến hành ở nhiệt độ nhỏ hơn nhiệt độ chuyển hóa thủy tinh của nhựa để không làm thoái hóa nhựa, đồng thời loại bỏ độ ẩm.

5. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước i), bước sấy được thực hiện ở nhiệt độ sấy nằm trong khoảng từ 80 đến 110°C.

6. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước i), bước sấy được thực hiện trong thời gian nằm trong khoảng từ 7 đến 10 giờ.

7. Quy trình theo điểm 6, trong đó bước sấy được thực hiện trong thời gian là 8 giờ.

8. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước ii), máy ép đùn (1) có bộ phận gia nhiệt (iii) được bố trí trong không gian làm việc của trục vít (iv).

9. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước ii), máy ép đùn (1) là máy ép đùn trục vít đơn.

10. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước ii), nhiệt độ đùn nằm trong khoảng từ 210 đến 230°C.

11. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước ii), tốc độ quay của trục vít (iv) nằm trong khoảng từ 20 đến 40 vòng/phút để tạo thuận lợi cho việc điều chỉnh tốc độ nhằm đảm bảo đường kính sợi ra là ổn định, thường có sai số trong khoảng $\pm 0,1$ mm.

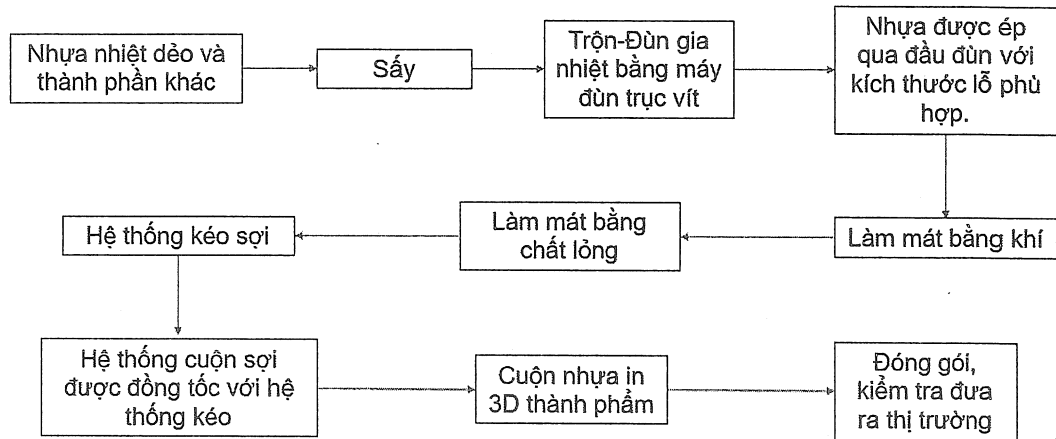
12. Quy trình theo điểm 11, trong đó tốc độ quay của trục vít (iv) là khoảng 30 vòng/phút.

13. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước iii), bộ phận làm mát bằng khí (2) bao gồm quạt làm mát.

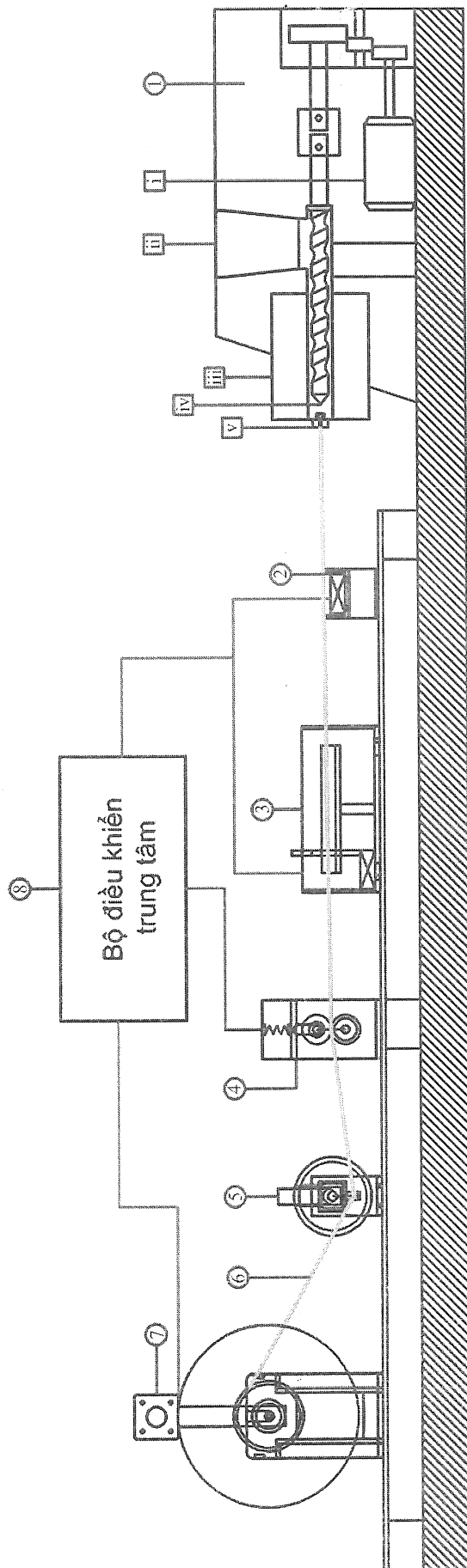
14. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước iii), bộ phận làm mát bằng chất lỏng (3) bao gồm hệ thống nước làm mát tuần hoàn.

15. Quy trình theo điểm 14, trong đó nhiệt độ làm mát được duy trì ở nhiệt độ phòng, tốt hơn là nhiệt độ nằm trong khoảng từ 20 đến 25°C sử dụng bể làm mát bằng nước.

16. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước iii), hệ thống kéo sợi (4) và hệ thống cuộn sợi (7) được đồng tốc độ với nhau ở tốc độ khoảng 90 đến 100 cm/phút nhằm đảm bảo đường kính sợi ra là ổn định.

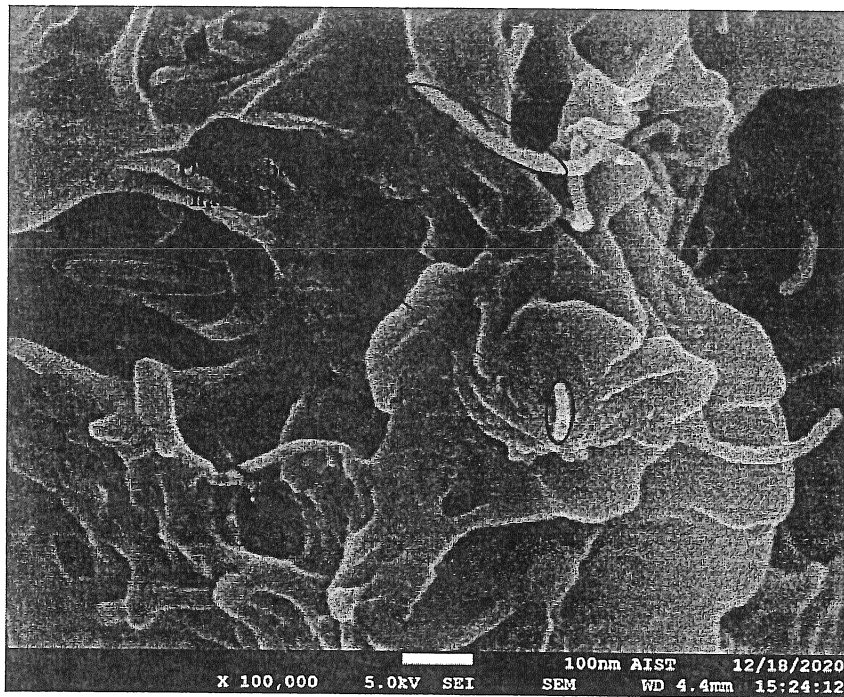
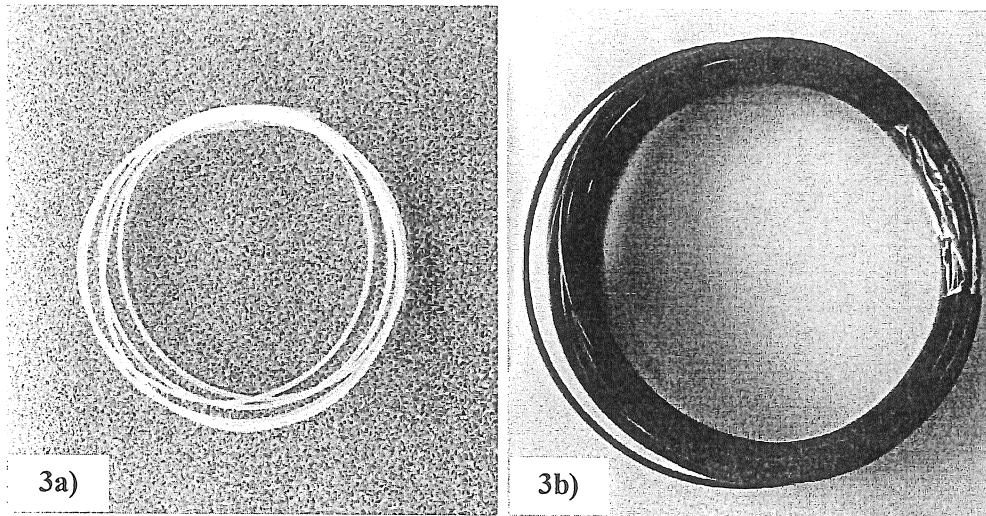


Hình 1



- 1 - Máy ép đùn gồm bộ phận chính: i) động cơ; ii) phễu nạp liệu; iii) bộ phận gia nhiệt; iv) trục vít; v) đầu đùn;
 2 - Quạt làm mát; 3 - Hệ thống nước làm mát tuần hoàn; 4 - Hệ thống kéo sợi; 5 - Hệ thống điều hướng sợi;
 6 - Sợi nhựa/composit; 7 - Hệ thống cuộn sợi; 8 - Bộ điều khiển trung tâm

Hình 2



3c)

Hình 3