



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

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

(11)



1-0044437

(51)^{2020.01} B29D 35/00; A43B 13/18; B29C 44/34; (13) B
B29C 44/42; C08J 9/12; B29D 35/12;
C08J 11/10; C08J 11/16; A43B 1/00

(21) 1-2021-08135

(22) 18/05/2020

(86) PCT/US2020/033477 18/05/2020

(87) WO2020/236756 26/11/2020

(30) 16/418,968 21/05/2019 US; 62/853,805 29/05/2019 US; 16/872,656 12/05/2020 US

(45) 25/03/2025 444

(43) 25/02/2022 407A

(71) O2 PARTNERS, LLC (US)

417 West Street, Suite 105, Amherst, MA 01002, United States of America

(72) FALKEN, Robert (US).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT SẢN PHẨM ĐÚC BỌT DẪO CÓ THỂ TÁI CHẾ

(21) 1-2021-08135

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất các bột vi lỗ được đúc phun có thể tái chế để sử dụng trong, các bộ phận giày dép, các bộ phận ghế ngồi, các bộ phận đồ bảo hộ, và các phụ kiện thể thao dưới nước. Phương pháp này bao gồm các bước tạo ra polyme nhiệt dẻo mà bao gồm ít nhất một monome được dẫn xuất từ chất dẻo sau tiêu dùng được khử trùng hợp, bước đưa chất lỏng vào trong xylanh của thiết bị đúc. Chất lỏng được đưa vào dưới các điều kiện nhiệt độ và áp suất để tạo ra chất lỏng siêu tới hạn. Phương pháp này còn bao gồm bước trộn polyme nhiệt dẻo và chất lỏng siêu tới hạn để tạo ra dung dịch một pha, và bước phun dung dịch một pha vào trong khuôn của máy đúc phun dưới áp suất đối khí. Phương pháp này còn bao gồm bước tạo bột dung dịch một pha bằng cách điều khiển các điều kiện nhiệt và nhiệt độ ở trong khuôn.

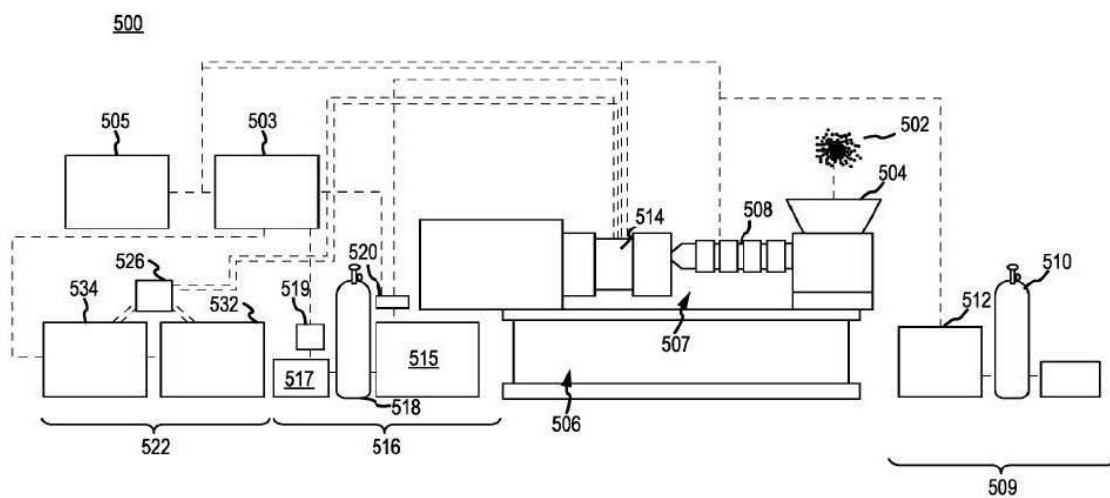


FIG.5

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp tạo bột vi lỗ được đúc phun cho các chế phẩm bột dẻo khác nhau từ các polyme nhiệt dẻo có nguồn gốc sinh học có thể phân ủ công nghiệp, có thể phân hủy sinh học hoặc có thể tái chế để sử dụng trong, ví dụ, các bộ phận giày dép, các bộ phận ghế ngồi, các bộ phận đồ bảo hộ, và các phụ kiện thể thao dưới nước.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Sự phân hủy thông qua việc phân ủ là phương pháp quan trọng để tái tạo các tài nguyên được sử dụng trong quá trình sản xuất các sản phẩm chế tạo. Tuy nhiên, khi các sản phẩm chế tạo đó liên quan đến bột, sự phân hủy có thể có vấn đề. Cụ thể, có một số nhược điểm của các phương pháp sản xuất bột dẻo đã biết thông thường. Ví dụ, các nhược điểm này bao gồm việc lựa chọn và sử dụng các polyme không thể tái tạo, các chất thổi hóa học và các chất phụ gia hóa học, được sử dụng trong ngành công nghiệp sản xuất bột và các phương pháp xử lý vốn có, thường không thể phân hủy sinh học, và nói chung được coi là không tốt cho môi trường. Việc thiếu sự phân hủy sinh học này có nghĩa là nhiều vật liệu bột dẻo thông thường và các sản phẩm chứa chúng, cuối cùng sẽ nằm đâu đó trong các bãi chôn lấp từ nhiều thập kỷ đến thế kỷ.

Đây cũng là vấn đề nan giải vì việc sử dụng quá mức các bãi chôn lấp trên thế giới hiện nay có tác động tiêu cực trực tiếp đến cả môi trường và nền kinh tế. Ví dụ, các bãi chôn lấp là nguồn phát thải khí metan lớn thứ ba ở Hoa Kỳ. Hơn nữa, các polyme không thể phân hủy sinh học được nêu trên và các hóa chất được sử dụng trong các bột dẻo thông thường, cụ thể, được dẫn xuất từ các tài nguyên không thể tái tạo.

Các vật liệu này không thể tái tạo một cách tự nhiên, như trường hợp của các nguyên liệu cấp có nguồn gốc sinh học, và do đó, việc tạo ra chúng là tổn thất ròng cho môi trường vì các nguyên liệu của chúng thường được lấy, được sử dụng, và sau đó được loại bỏ một cách không bền vững. Hơn nữa, ngay cả nếu các polyme có thể tái tạo được lựa chọn để sử dụng trong phương pháp sản xuất bột dẻo thông thường đã biết, các chất thổi hóa học và liên kết ngang của các phương pháp đó có khả năng sẽ làm ô nhiễm polyme có thể tái tạo với các chất phụ gia không thể phân hủy sinh học hoặc phân ủ. Do đó, làm cho lợi ích tổng bằng không. Vẫn hơn nữa, sự liên kết ngang của polyme sinh học cũng có khả năng ngăn cản giải pháp khi hết tuổi thọ sử dụng phù hợp bất kỳ để phân hủy sinh học hoặc phân ủ vì các thành phần tiền chất không thể được phân tách, do đó tạo ra nhiều rác thải hơn và nhiều

vật liệu hơn sẽ được chôn lấp.

Theo đó, mặc dù việc phân ủ và tái chế là quy trình quan trọng trong việc tạo ra tương lai có thể tái tạo và bền vững, việc kết hợp quy trình này vào ngành công nghiệp sản xuất là rất hạn chế. Tuy nhiên, sẽ rất hữu ích, ví dụ, đối với môi trường, nếu các vật liệu chế tạo có thể thực hiện phân ủ được. Ví dụ, sự phân ủ và sự phân hủy sinh học của các vật liệu bột dẻo tạo ra cơ hội xử lý rác thải mang lại lợi ích ròng cho môi trường và nền kinh tế. Ví dụ, bằng cách phân ủ các vật liệu này, có thể làm giảm tổng lượng rác thải được đưa đến các bãi chôn lấp và các lò đốt rác hàng loạt.

Ngoài việc làm giảm rác thải, quy trình phân ủ cũng tạo ra sản phẩm có thể sử dụng được mà giàu chất dinh dưỡng và có thể được sử dụng để cải tạo đất nghèo dinh dưỡng để trồng cây lương thực hoặc bón phân cho vườn. Theo đó, khái niệm về sự phân ủ và phân hủy sinh học các bột dẻo, tuy mới lạ, nhưng có thể cách mạng hóa toàn bộ chuỗi giá trị trong khi vẫn tuân thủ các nguyên tắc của cái gọi là nền kinh tế tuần hoàn. Có hai dạng phân ủ điển hình: phân ủ công nghiệp và phân ủ tại nhà. Cả hai phương pháp luận về phân ủ này đều có các lợi ích và các nhược điểm.

Phân ủ công nghiệp là dạng phân ủ quy mô lớn được thiết kế để xử lý khối lượng rất lớn rác thải hữu cơ. Phương pháp này được tiến hành trong các cơ sở quy mô lớn ở các nhiệt độ từ 50° đến 60°C. Phân ủ tại nhà là dạng phân ủ để xử lý rác thải hữu cơ từ một hộ gia đình. Cụ thể, phân ủ tại nhà chỉ đến việc phân ủ ở các nhiệt độ tương đối thấp hơn, giống như các thứ được tìm thấy trong đồng ủ ở sân sau tại nhà, do đó có tên là “tại nhà”. Trái ngược với phân ủ công nghiệp, phân ủ tại nhà liên quan đến quá trình phân rã hiếu khí mát hơn của vật liệu hữu cơ hoặc rác thải như rác vụn sân vườn, phế liệu nhà bếp, mảnh bèo gỗ, bìa cứng, và giấy. Các khối lượng được xử lý bằng cách phân ủ tại nhà nhỏ hơn đáng kể so với phân ủ công nghiệp và phương pháp phân ủ này thường được sử dụng trong các khu vườn tư nhân. Quy trình này thường được tiến hành trong các thùng ủ và đồng ủ quy mô nhỏ. Trong phương pháp này, các nhiệt độ thường nằm trong các phạm vi từ nhiệt độ lạnh (0-20°C) đến nhiệt độ trung bình (20-45°C) (giải thích bên dưới). Theo đó, có các công nghệ khác nhau, nhưng quy trình xử lý chung là giống nhau: quy trình phân ủ tích cực có kiểm soát sau đó là đóng rắn.

Giai đoạn phân ủ tích cực thường kéo dài ít nhất 21 ngày. Dưới các điều kiện này, các vi sinh vật phát triển trên rác thải hữu cơ, phân rã chúng thành CO₂ và nước, sử dụng chúng làm chất dinh dưỡng. Trong suốt quá trình phân ủ, rác thải hữu cơ được vun thành

các đồng và, kết quả là một phần năng lượng của quá trình phân ủ được giải phóng dưới dạng nhiệt. Khi nhiệt độ của đồng phân ủ tăng lên, quần thể vi sinh vật sẽ thay đổi: các vi sinh vật thích nghi với nhiệt độ môi trường xung quanh, ví dụ, các vi sinh vật ưa nhiệt trung bình, ngừng hoạt động của chúng, chết dần, và được thay thế bằng các vi sinh vật thích nghi để sống ở nhiệt độ cao, ví dụ, các vi sinh vật ưa nhiệt cao. Nhằm các mục đích vệ sinh, đối với việc phân ủ tại nhà, các nhiệt độ nên được duy trì trên 60°C trong ít nhất một tuần, để loại bỏ các vi sinh vật gây bệnh. Ngược lại, giai đoạn đóng rắn của quá trình phân ủ công nghiệp làm chậm tốc độ phân hủy đến tốc độ ổn định, và phân ủ ngấu ở các nhiệt độ trong khoảng nhiệt trung bình thấp hơn là dưới 40°C .

Vấn đề chính đối với việc phân ủ công nghiệp là các nguyên liệu cấp đầu vào nên được xử lý một cách thích hợp để quy trình tiến hành hiệu quả. Nghĩa là, các thách thức về hậu cần là trở ngại trong đó yêu cầu việc thu gom, phân loại, và vận chuyển đúng cách đến cơ sở phân ủ công nghiệp. Tỷ lệ chuyển hướng phân ủ và tái chế kết hợp của Hoa Kỳ là khoảng 35%, cho thấy xã hội còn chặng đường dài phía trước nữa trước khi phần lớn cơ sở hạ tầng “tạo vòng lặp kín” trong việc chuyển hướng rác thải. Một phương pháp để khắc phục sự thiếu hụt này là nâng cao nhận thức người dùng cuối tốt hơn và thiết lập mạng lưới các chương trình thu hồi tại địa phương để đưa vào trong các chương trình thu hồi lớn hơn. Mục đích là phát triển đủ sự tiện lợi và khả năng tiếp cận để việc phân ủ công nghiệp trở nên bình thường hóa và luôn hiện hữu trong cuộc sống hàng ngày.

Tương tự, nhược điểm phổ biến trong việc phân ủ tại nhà là tốn nhiều công sức. Tất cả các nguyên liệu cấp dùng làm phân ủ yêu cầu cần được mang và/hoặc được chuyển vào đồng ủ. Ngay sau khi đồng ủ đủ lớn để bắt đầu tạo ra năng lượng, và do đó sinh nhiệt, đồng ủ cần được đảo trộn để làm cho sự phân hủy nhanh hơn và triệt để hơn, điều này có thể rất vất vả. Khi chất hữu cơ được phân hủy đủ, phân ủ tại nhà phải được vận chuyển đi để sử dụng trong cải tạo đất. Nhược điểm khác của việc phân ủ tại nhà là số lượng phân ủ có thể sử dụng mà người bình thường có thể tạo ra là hạn chế khi làm tại nhà. Lượng phân ủ được tạo ra hạn chế có khả năng dẫn đến việc sử dụng hạn chế, và do đó, động lực của những người bình thường dành nỗ lực làm phân ủ tại nhà có thể thấp.

Do các nhược điểm này, theo truyền thống, ngành công nghiệp sản xuất đã tránh sử dụng các nguyên liệu thô và các thành phần tiền chất có khả năng phân hủy sinh học hoặc phân ủ. Ngoài ra, theo truyền thống, chúng được tránh dùng bởi vì các đặc tính hiệu suất kỹ thuật yêu cầu của các vật liệu này thường kém hơn so với các đặc tính của các loại không

thể phân hủy sinh học và không thể phân ủ thông thường. Ví dụ, yếu tố hạn chế của một số, nhưng không phải tất cả, các thành phần tiền chất có thể phân ủ có thể có xu hướng khiến các thành phần này bị hỏng và/hoặc phân hủy trước khi hết tuổi thọ sử dụng của sản phẩm. Ví dụ về điều này là sản phẩm nhạy với tia cực tím, theo đó tiền chất có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ có thể bị tác động mạnh và kém đi do tiếp xúc nhiều lần với ánh sáng mặt trời mà thậm chí có thể dẫn đến sản phẩm hỏng hóc trước khi người dùng cuối sẵn sàng vứt bỏ sản phẩm.

Xem xét về các chất dẻo, các chất nhiệt dẻo và các sản phẩm khác được tạo ra bằng cách sử dụng các nhiên liệu hóa thạch, việc tái chế thông thường bao gồm việc cắt cơ học sản phẩm chế tạo, nấu chảy các thành phần đã cắt vụn, và sau đó tạo viên nguyên liệu thu được để sử dụng cho sản xuất sau này. Mặc dù việc tái chế làm giảm nhu cầu sử dụng các nhiên liệu hóa thạch và chuyển hướng các sản phẩm khỏi các bãi chôn lấp, việc tái chế có thể dẫn đến làm giảm chất lượng của các polyme được tái chế do sự nhiễm bẩn hoặc các tạp chất bị lẫn vào nguyên liệu cấp, và hầu hết các sản phẩm chất dẻo và nhiệt dẻo chỉ có thể được tái chế một số lần hữu hạn. Ngoài ra, các chất thổi hóa học, các polyme liên kết ngang, và các chất phụ gia hóa học được sử dụng trong sản xuất bột dẻo thông thường dẫn đến các sản phẩm cuối không thể bị phân rã thành các polyme cấu thành của chúng để sử dụng sau này trong sản xuất sản phẩm tái chế. Kết quả là, các sản phẩm bột dẻo được sản xuất thông thường không thể tái chế khi sản phẩm đã hết tuổi thọ sử dụng.

Ngoài ra, mối quan tâm hiện tại đối với sản xuất hiện đại là trung tính thuần đối với sự phát thải và rác thải, bền vững đối với các vật liệu được sử dụng trong quy trình sản xuất, và có thể tái tạo đối với sản phẩm và các vật liệu của sản phẩm khi hết tuổi thọ sử dụng. Vì vậy, trung tính thuần, như đối với phát thải CO₂, ngoài khả năng phân ủ của sản phẩm cuối đã trở nên quan trọng trong việc lựa chọn các vật liệu thích hợp để sử dụng trong sản xuất các sản phẩm hàng tiêu dùng.

Kết quả là, đây là động lực chính cho các phương pháp sản xuất theo sáng chế được bộc lộ ở đây, khi so với các phương pháp sản xuất truyền thống hơn đang có hiện nay, là các nhà sản xuất tạo ra các sản phẩm cuối có ý nghĩa về môi trường, và vì vậy, là hữu ích khi xem xét cẩn thận các vật liệu được sử dụng trong sản xuất các sản phẩm cuối đã nêu, và để cân bằng với tuổi thọ sử dụng dự kiến của sản phẩm. Ví dụ về các sản phẩm có thách thức trong quá trình sản xuất mà cần quan tâm giải quyết nhưng không được giải quyết là các sản phẩm được sản xuất tiêu chuẩn sử dụng bột, như trong sản xuất phân đạm, như

dùng cho đồ nội thất và/hoặc các sản phẩm bột, như dùng trong sản xuất giày chạy bộ.

Ví dụ, giày chạy bộ là sản phẩm có tính kỹ thuật cao, chịu các tác động nhiều lần, như: va đập, mài mòn, và tất cả các cách tiếp xúc với môi trường trong khoảng thời gian đáng kể; có thể từ 1 đến 3 năm tùy thuộc vào tần suất sử dụng. Khi xem xét các vật liệu bền vững để sử dụng trong sản xuất phần đệm cho đồ nội thất hoặc cho các đế giày, các đế giữa, và/hoặc phần đệm cho các đế trong của giày chạy bộ, điều quan trọng là phải tính đến các yêu cầu ở trên. Vật liệu không thể chịu được sự tác động nhiều lần trước khi hỏng sẽ không thể tạo ra đôi giày chạy bộ ưng ý. Ngoài ra, vật liệu bất kỳ có khả năng bị hỏng hoặc suy giảm đến mức hỏng trong suốt quá trình sử dụng sản phẩm thông thường, trước khi hết tuổi thọ sử dụng dự kiến, sẽ không thể chấp nhận.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để giải quyết vấn đề này, cần tìm kiếm các vật liệu đặc thù có sự cân bằng phù hợp về các đặc tính hiệu suất kỹ thuật, và các khía cạnh bền vững, như khả năng phân ủ với giải pháp khi hết tuổi thọ sử dụng được quản lý, trung tính thuần (hoặc âm tính) đối với các phát thải độc hại. Cụ thể, vì phần đệm đồ nội thất là công kênh và giày chạy bộ là sản phẩm yêu cầu cao, các vật liệu có thể phân ủ tại nhà sẽ không phải là giải pháp phù hợp để sử dụng trong việc chế tạo chúng vì các nhiệt độ phân rã thấp hơn sẽ biến đổi đồ nội thất hoặc giày chạy bộ khiến chúng dễ bị rách hỏng sớm trước khi hết tuổi thọ sử dụng dự kiến của chúng. Trong ví dụ này, các vật liệu mà có thể phân ủ công nghiệp là lựa chọn tốt hơn nhiều vì chúng có thể chịu các thách thức về nhiệt độ cao hơn và tạo ra các đặc tính hiệu suất kỹ thuật cao hơn mà gần bằng hoặc bằng với các vật liệu tương đương không thể phân ủ công nghiệp và không thể phân hủy sinh học. Về cơ bản, đồ nội thất hoặc đôi giày chạy bộ được sản xuất bằng các vật liệu có thể phân ủ công nghiệp sẽ thực hiện chức năng rất tốt cho tuổi thọ sử dụng của sản phẩm, và chỉ khi hết tuổi thọ sử dụng của các sản phẩm thì các vật liệu mới có tùy chọn được đưa vào các cơ sở phân ủ công nghiệp để chuyển hướng rác thải theo “vòng lặp kín”.

Theo đó, nếu có thể, để làm giảm dấu ấn tàn phá thường xảy ra đối với phương pháp sản xuất, các vật liệu và các phương pháp sản xuất phải được tính toán theo cách cho phép dễ dàng làm phân ủ sau khi hết tuổi thọ sử dụng của sản phẩm. Tuy nhiên, như được chỉ ra ở trên, điều này là khó khăn vì có rất ít các tiền chất có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ có bán sẵn trên thị trường. Các loại hiện có không được thiết kế nhất thiết để có khả năng giải quyết tất cả các thách thức kết hợp về hiệu suất và khả năng sử dụng lâu dài trong

khi dễ dàng phân ủ và phân hủy sinh học trong môi trường được kiểm soát khi hết tuổi thọ sử dụng của chúng. Các tiền chất đó giải quyết được một số thách thức được nêu trên, nhưng lại không giải quyết được các thách thức khác và điều này dẫn đến khả năng người tiêu dùng thất vọng và có khả năng đánh giá không tốt về các sản phẩm chứa chúng. Bất chấp các nhược điểm đáng kể này, các vật liệu có thể phân ủ tại cơ sở công nghiệp hoặc tại nhà về mặt lý thuyết sẽ là các sản phẩm khởi đầu hữu ích trong sản xuất có thể tái tạo, bền vững, và xanh.

Khía cạnh khác về các phương pháp sản xuất theo sáng chế liên quan đến sự sản xuất các bọt dẻo. Các bọt dẻo là loại vật thể được tạo ra bằng cách giữ các túi khí trong chất lỏng hoặc chất rắn nhờ đó bọt tạo ra được cho là mềm dẻo một phần do tính dễ uốn của chúng. Các bọt dẻo thường được sử dụng trong các ứng dụng làm phần đệm, như giày dép, đồ nội thất, bộ đồ giường, và các đồ thể thao khác. Các bọt dẻo thường chia thành hai loại: các bọt dẻo loại polyme nhiệt dẻo lỗ kín và các bọt dẻo loại polyuretan lỗ hở. Mỗi loại bọt có các phương pháp sản xuất rất khác nhau.

Các bọt dẻo loại polyme nhiệt dẻo lỗ kín thường được sản xuất theo quy trình khô, trong đó polyme nhân tạo phù hợp được lựa chọn và được trộn với các chất phụ gia hóa học khác nhau, chất liên kết ngang, và chất thổi hóa học để tạo ra “bọt nhào”, bọt nhào sau đó được nhào và được ép đùn thành các tấm phẳng. Sau đó, các tấm này được xếp chồng lên mặt trên cùng của nhau và được đặt trong máy ép được làm nóng dưới áp suất được kiểm soát. Hỗn hợp này gồm các vật liệu và chất thổi hóa học phản ứng và trương nở bên trong khoang máy ép được làm nóng. Kết quả là tạo ra “búi” hoặc “khối” bọt dẻo lỗ kín mà sau đó được cắt lát theo độ dày. Ngược lại, các bọt dẻo loại polyuretan lỗ hở thường được sản xuất theo quy trình rót chất lỏng hoặc quy trình đúc chất lỏng trong đó hóa chất polyol nhân tạo, hóa chất isoxyanat, và các chất phụ gia hóa học khác, được phản ứng với nhau trong khi được rót hoặc phun thành hình dạng đúc, như “búi” hoặc “khối”. Kết quả là tạo ra bọt dẻo lỗ hở mà sau đó được cắt lát theo độ dày.

Theo như trên, một trong các vấn đề đối với các bọt dẻo hiện có bán sẵn trên thị trường ngày nay là chúng hầu như chỉ sử dụng các vật liệu không thể tái tạo, và các hóa chất có hại trong quá trình sản xuất của chúng. Hơn nữa, một phần do sự liên kết ngang hóa học diễn ra trong các phương pháp sản xuất các bọt dẻo thông thường được mô tả ở trên, kết cấu vật lý của các bọt dẻo đó không thể được phân ủ, phân hủy sinh học, hoặc tái chế. Điều này phần lớn là do các thành phần hóa học trong thiết kế của chúng và chúng không

có khả năng được phân tách trở lại thành các thành phần cấu thành tiền chất gốc của chúng. Nghĩa là, khi hết tuổi thọ sử dụng của các bọt dẻo thông thường, chúng không còn được sử dụng nữa và không thể được xử lý lại thành vật liệu mới thành công theo các phương pháp khả thi thương mại bất kỳ đã biết.

Theo đó, xem xét vấn đề ở trên, được trình bày ở đây là các bọt dẻo và các phương pháp sản xuất mà có thể được sử dụng để tạo ra các sản phẩm cuối có thể tái tạo, bền vững, và/hoặc có tính đến môi trường, mà các vật liệu và các sản phẩm cuối có khả năng sử dụng bền vững, không bị hỏng, nhưng phân hủy và phân ủ nhanh chóng sau khi hết tuổi thọ. Cả bọt dẻo và bọt bán dẻo có thể được bao gồm trong cùng hạng mục các bọt dẻo vì cả hai đều được dẫn xuất từ các polyme có nhiệt độ chuyển pha thủy tinh (T_g) thấp hơn nhiệt độ phục vụ của chúng, thường là ở nhiệt độ phòng. Các chi tiết của một hoặc nhiều phương án được trình bày trong phần mô tả kèm theo ở dưới và có tham chiếu đến đến các hình vẽ được thể hiện và các dấu hiệu kỹ thuật của chúng. Các dấu hiệu kỹ thuật và các ưu điểm khác sẽ rõ ràng cả từ phần mô tả, các hình vẽ, và từ các điểm yêu cầu bảo hộ.

Bản mô tả này trình bày phương pháp tạo bọt vi lỗ được đúc phun được cải biến cho các chế phẩm bọt dẻo khác nhau từ các nhựa nhiệt dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp. Hiện nay, hầu hết tất cả các bọt dẻo được biết đến trên thế giới đều được dẫn xuất từ các nguyên liệu cấp không thể tái tạo, và hầu hết, nếu không muốn nói là tất cả, không thể phân hủy sinh học hoặc phân ủ công nghiệp. Mục đích của sáng chế này là tạo ra các bọt dẻo mà gây ra mức tác hại đến môi trường ít nhất, nhưng cũng có các đặc tính hiệu suất kỹ thuật đáng kể mà bằng hoặc lớn hơn so với các bọt dẻo hóa dầu không thể phân hủy sinh học thông thường. Bằng cách lựa chọn các nguyên liệu cấp có nguồn gốc thực vật để tạo ra các polyme sinh học, sáng chế này góp phần cô lập các khí nhà kính khỏi khí quyển, giảm đáng kể sự phụ thuộc vào dầu mỏ không thể tái tạo, và giảm đáng kể rác thải không thể phân hủy sinh học vớt bỏ ở các bãi chôn lấp hàng năm.

Theo các phương án khác nhau, các bọt dẻo được sản xuất theo đây có thể được tạo kết cấu để phân ủ công nghiệp, thay vì phân ủ tại nhà, mặc dù có thể thấy là việc phân ủ tại nhà có thể được sử dụng trong một số trường hợp, tùy thuộc vào thị trường. Trong nhiều trường hợp, việc phân ủ công nghiệp là hữu ích vì nó đảm bảo rằng bọt dẻo sẽ kéo dài tuổi thọ sử dụng của sản phẩm tạo ra mà nó được giữ chức năng trong sản phẩm đó và không bị hỏng hoặc rách giữa quá trình sử dụng các hàng hóa thành phẩm. Ví dụ, sẽ là thiệt hại cho người mua đôi giày được làm từ bọt dẻo chỉ theo sáng chế này mà bị giảm chất lượng bọt

trong quá trình sử dụng thường xuyên trước khi hết tuổi thọ sử dụng của giày.

Theo đó, theo một khía cạnh, phương pháp sản xuất các bọt dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp, dù loại lỗ hở hay lỗ kín, có thể được tạo ra ở đây và có thể bao gồm một hoặc nhiều bước sau đây: Bước tạo ra hạt nhựa màu được trộn polyme sinh học nhiệt dẻo để tạo bọt; bước đúc phun hỗn hợp polyme sinh học nhiệt dẻo thành hình dạng đúc phù hợp với khí nitơ trơ; bước sử dụng sự điều khiển nhiệt độ khuôn động để đảm bảo kết cấu lỗ tối ưu; bước kiểm soát phần nóng chảy polyme sinh học, áp suất, và thời gian để tạo ra bọt dẻo mong muốn; và bước sử dụng áp suất đối khí trong quy trình đúc phun để đảm bảo kết cấu bọt tối ưu với lượng khuyết tật về thẩm mỹ ít nhất và có ít đến không có lớp vỏ chất dẻo ở bên ngoài bộ phận được tạo bọt.

Phương pháp sản xuất theo sáng chế này, cùng với các nguyên liệu cấp có nguồn gốc sinh học, có thể tái tạo, và có thể tái chế được lựa chọn cẩn thận, mở ra cánh cửa cho quy trình vòng lặp khép kín, thân thiện với môi trường. Quy trình vòng lặp khép kín này bắt đầu với sự lựa chọn vật liệu. Ví dụ, sự lựa chọn nguyên liệu cấp polyme trơ và có thể tái tạo nhanh chóng mà có thể phân ủ được bên thứ ba chứng nhận đảm bảo rằng tuân thủ các nguyên tắc của nền kinh tế tuần hoàn. Vì các mục đích này, các nguyên liệu cấp polyme có thể tái tạo nhanh chóng được lựa chọn bắt đầu cuộc sống của chúng dưới dạng thực vật có thể tái tạo hoặc vật chất khoáng. Ngay sau khi được chuyển đổi thành polyme phù hợp, các tiền chất có tính đến môi trường này có thể được kết hợp với các tiền chất và các thành phần có tính đến môi trường khác, để chức năng hóa thành hợp chất polyme sinh học được tạo theo yêu cầu có thể được sử dụng trong các phương pháp sản xuất được bộc lộ.

Cụ thể, ngay sau khi hợp chất polyme sinh học phù hợp được tạo ra, hợp chất này được xử lý theo phương pháp sản xuất không có hóa chất theo sáng chế. Các bọt dẻo tạo ra không được liên kết ngang và, trong nhiều trường hợp, có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ. Kết quả là, khi hết tuổi thọ sử dụng của chúng, các bọt được tạo ra này có thể được nghiền kỹ thành các mảnh nhỏ và được phân ủ công nghiệp trong các cơ sở đủ điều kiện để phân rã, ví dụ, 100%, hợp phần của chúng trở lại thành sinh khối có thể sử dụng. Sau đó, sinh khối có thể sử dụng này có thể được sử dụng để phát triển vật liệu dạng nguyên liệu cấp polyme có thể tái tạo nhanh chóng và trơ hơn, và quy trình này tiếp tục theo vòng lặp vô hạn. Theo đó, bản mô tả này mô tả bọt dẻo vi lỗ có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp và phương pháp sản xuất chúng. Bọt có thể là bọt lỗ kín nhưng cũng có thể có khả năng được tạo ra dưới dạng bọt lỗ hở.

Theo các cách triển khai khác nhau, bột dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp có thể được tạo ra để có các đặc tính và các đặc điểm giống hệt với bột etylen vinyl axetat (ethylene vinyl acetate - EVA) hóa dầu thông thường hoặc bột tương tự, nhưng vẫn chứa tỷ lệ phần trăm cao của hàm lượng cacbon sinh khối. Ví dụ, bột EVA dẻo là vật liệu phổ biến được sử dụng trong ngành công nghiệp ngày nay. Điều làm cho bột EVA trở nên thông dụng là chi phí tương đối thấp và dễ xử lý trong khi vẫn duy trì các đặc tính hiệu suất kỹ thuật thông thường có thể chấp nhận được cho sản phẩm nhất định. Các khuyết điểm của việc sử dụng bột EVA là nhiều. Vật liệu này thường được dẫn xuất từ các nguyên liệu cấp không thể tái tạo, và được liên kết ngang hóa học với các chất thổi hóa học để tạo ra bột dẻo không dễ có thể phân hủy sinh học, có thể phân ủ, hoặc có thể tái chế.

Có một số cấu trúc và phương án có thể được sử dụng tùy thuộc vào các đặc tính vật lý mong muốn, và mục đích sử dụng cuối cùng của sản phẩm, mà không bị giới hạn bởi sáng chế này.

Một yếu tố làm cho các cải tiến được trình bày ở đây trở nên hữu ích là các bột có thể phân hủy sinh học hoạt động theo cách tương tự như EVA, và vì vậy các đặc tính hiệu suất kỹ thuật của chúng tương tự như các đặc tính của EVA mà không có các chất phụ gia hóa học và liên kết ngang. Kết quả là bột dẻo có thể chấp nhận về mặt thương mại có thể thay thế cho EVA phổ biến, nhưng lại mang đến tác động môi trường được giảm rất lớn và giải pháp khi hết tuổi thọ sử dụng được quản lý mà có tính đến môi trường.

Theo đó, theo một khía cạnh đề xuất phương pháp sản xuất sản phẩm đúc bằng bột dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp. Trong nhiều trường hợp, phương pháp có thể bao gồm một hoặc nhiều trong số các bước sau đây. Ví dụ, phương pháp có thể bao gồm bước đưa hạt nhựa màu được trộn polyme sinh học nhiệt dẻo để tạo bột vào trong xy lanh của thiết bị đúc. Phương pháp có thể còn bao gồm bước đưa chất lỏng vào trong xy lanh dưới các điều kiện nhiệt độ và áp suất để tạo ra chất lỏng siêu tới hạn, chất lỏng này khi tiếp xúc với hạt nhựa màu được trộn polyme sinh học nhiệt dẻo tạo ra phần nóng chảy được tạo bột nhiệt dẻo. Hơn nữa, phương pháp có thể bao gồm bước phun phần nóng chảy được tạo bột nhiệt dẻo vào trong khoang có hình dạng đúc phù hợp, và áp dụng áp suất đối khí lên khoang. Cuối cùng, khoang có thể được làm nguội để tạo ra sản phẩm đúc.

Trong nhiều trường hợp, bước đưa một hoặc nhiều hạt nhựa màu polyme sinh học nhiệt dẻo thông qua bạc cuống phun, như là hạt nhựa màu được trộn polyme sinh học nhiệt

đẻo được tạo ra thông qua bộ ép đùn trục vít đôi. Theo một phương án, hạt nhựa màu được trộn polyme sinh học nhiệt dẻo bao gồm một hoặc nhiều axit polylactit (polylactide acid - PLA), polyhydroxyalkanoat (polyhydroxyalkanoate - PHA), xenluloza axetat (cellulose acetate - CA), tinh bột, và chất nhiệt dẻo được dẫn xuất từ dầu mỏ. Trong nhiều trường hợp, chất lỏng được đưa vào trong xy lanh thông qua bộ đo. Trong các trường hợp cụ thể, chất lỏng siêu tới hạn bao gồm một hoặc nhiều trong số nitơ và cacbon dioxit. Chất lỏng siêu tới hạn có thể được đưa vào dưới áp suất và ở nhiệt độ, như là các phạm vi áp suất từ khoảng 15 MPa (150 bar) đến khoảng 30 MPa (300 bar), và các phạm vi nhiệt độ từ khoảng 150°C đến khoảng 350°C. Tương tự, áp suất đôi khí nằm trong phạm vi từ khoảng 0,5 Mpa (5 bar) đến khoảng 5 MPa (50 bar) được áp dụng trong khoảng thời gian từ 1 giây đến 25 giây. Trong một số trường hợp, nhiệt độ có thể được kiểm soát thông qua sự điều khiển nhiệt độ khuôn động.

Ngoài ra, theo khía cạnh khác, đề xuất thiết bị đúc phun để sản xuất sản phẩm đúc bằng bột dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp. Trong nhiều trường hợp, thiết bị đúc phun có thể bao gồm một hoặc nhiều trong số sau đây. Phễu có thể được bao gồm, như là phễu được tạo kết cấu để nhận và đưa nhiều polyme sinh học nhiệt dẻo vào trong thiết bị đúc, như là các polyme sinh học nhiệt dẻo tạo ra hạt nhựa màu để được trộn.

Bộ đo có thể được bao gồm, như là bộ đo được tạo kết cấu để nhận chất lỏng, và đưa chất lỏng nhận được vào trong thiết bị đúc dưới các điều kiện để tạo ra chất lỏng siêu tới hạn ngay sau khi đưa vào. Thiết bị đúc có thể bao gồm xy lanh có khoang thứ nhất được tạo kết cấu để nhận hạt nhựa màu polyme sinh học nhiệt dẻo được trộn và chất lỏng, sao cho khi chúng được đưa vào trong xy lanh, phần nóng chảy được tạo bột nhiệt dẻo được tạo ra khi chất lỏng siêu tới hạn tiếp xúc với hạt nhựa màu polyme sinh học nhiệt dẻo được trộn ở trong khoang của xy lanh. Bộ phân phối áp suất đôi khí cũng có thể được bao gồm trong đó GCP được tạo kết cấu để phân phối áp suất đôi khí đến khoang thứ nhất để kiểm soát sự trương nở của phần nóng chảy được tạo bột. Đồng thời, khuôn có khoang nối thông chất lỏng với khoang của xy lanh cũng có thể được bao gồm, trong đó khoang của khuôn được tạo kết cấu để nhận phần nóng chảy được tạo bột và tạo ra sản phẩm đúc bằng bột dẻo khi phần nóng chảy được làm nguội.

Theo các phương án khác nhau, thiết bị đúc phun có thể bao gồm trục vít chuyển động qua lại được tạo kết cấu để nén phần nóng chảy được tạo bột ở trong khoang của xy lanh, và để truyền tải phần nóng chảy được tạo bột được nén vào trong khoang của

khuôn. Do đó, có thể có ống dẫn giữa khoang của xylanh và khoang của khuôn trong đó ống dẫn bao gồm vòi phun có bạc cuống phun để tạo ra phần làm kín giữa xylanh và khuôn.

Theo đó, thiết bị đúc phun có thể bao gồm một hoặc nhiều trong số sau đây: phễu mà vật liệu nhiệt dẻo được cấp vào trong phễu này đến các bộ đúc ở dạng các viên nhỏ. Phễu trên máy đúc phun giữ các viên này. Các viên có thể được nạp nhờ trọng lực từ phễu thông qua họng phễu vào trong xylanh và cụm trục vít. Xylanh cũng có thể được bao gồm trong đó xylanh của máy đúc phun đỡ trục vít chuyển động qua lại chuyển hóa dẻo, và có thể được làm nóng bằng các băng của bộ làm nóng bằng điện.

Cũng có thể có trục vít chuyển động qua lại trong đó trục vít chuyển động qua lại được sử dụng để nén, làm nóng chảy, và truyền tải vật liệu. Trục vít chuyển động qua lại có thể bao gồm ba vùng: vùng nạp liệu, vùng nén (hoặc vùng chuyển tiếp), và vùng đo. Cũng có thể có vòi phun, trong đó vòi phun nối xylanh với bạc cuống phun của khuôn và tạo ra phần làm kín giữa xylanh và khuôn. Nhiệt độ của vòi phun có thể được thiết đặt bằng nhiệt độ nóng chảy của vật liệu hoặc ngay dưới nhiệt độ đó. Khi xylanh ở vị trí xử lý tiến về phía trước hoàn toàn, bán kính của vòi phun có thể lồng vào và làm kín bán kính lõm trong bạc cuống phun bằng vòng định vị. Trong quá trình tẩy rửa xylanh, xylanh có thể lùi ra khỏi cuống phun, do đó hợp chất tẩy rửa có thể rơi tự do ra khỏi vòi phun.

Ngoài ra, hệ thống khuôn và hệ thống thủy lực cũng có thể được bố trí. Hệ thống khuôn có thể bao gồm các thanh giằng, các tấm cố định và các tấm di chuyển, cũng như các tấm đúc (đế) chứa các hệ thống khoang, cuống phun và rãnh dẫn, các chốt đẩy, các kênh làm nóng và làm nguội, và cảm biến nhiệt độ và cảm biến áp suất. Khuôn về cơ bản là bộ trao đổi nhiệt trong đó chất nhiệt dẻo nóng chảy hóa rắn thành các chi tiết có hình dạng và kích thước mong muốn được xác định bởi khoang. Cũng có thể có hệ thống thủy lực trên máy đúc phun để cung cấp năng lượng để mở và đóng khuôn, tạo nên và giữ trọng tải kẹp, quay trục vít chuyển động qua lại, dẫn động trục vít chuyển động qua lại, và cấp năng lượng cho các chốt đẩy và các lõi khuôn di chuyển. Cần có một số bộ phận thủy lực để cung cấp năng lượng này, bao gồm các bơm, các van, các động cơ thủy lực, các phụ kiện thủy lực, ống thủy lực, và bể chứa thủy lực.

Hệ thống điều khiển cũng có thể được bố trí. Hệ thống điều khiển có thể được cấu hình để tạo ra sự nhất quán và khả năng lặp lại trong vận hành máy. Hệ thống này giám sát và điều khiển các tham số xử lý, bao gồm nhiệt độ, áp suất, định lượng SCF, tốc độ phun, tốc độ và vị trí trục vít, và vị trí thủy lực. Việc điều khiển quy trình có thể có tác động trực

tiếp đến chất lượng của bộ phận cuối cùng và tính kinh tế của quy trình. Các hệ thống điều khiển quy trình có thể bao gồm từ điều khiển bật/tắt role đơn giản đến điều khiển vòng lặp khép kín, dựa trên bộ vi xử lý cực kỳ phức tạp.

Hệ thống kẹp cũng có thể được bố trí. Hệ thống kẹp có thể được tạo kết cấu để mở và đóng khuôn, đỡ và mang các bộ phận cấu thành của khuôn, và tạo ra đủ lực để ngăn cản khuôn khỏi mở ra. Lực kẹp có thể được tạo ra bởi khóa cơ học (chốt néo), khóa thủy lực, hoặc dạng kết hợp của hai loại cơ bản. Hệ thống phân phối cũng có thể được bố trí. Hệ thống phân phối, mà tạo ra đường dẫn cho chất dẻo nóng chảy từ vòi phun của máy đến khoang chứa bộ phận, thông thường bao gồm: cuống phun, lỗ chứa dòng chất nguội, rãnh dẫn chính, rãnh dẫn nhánh, cổng, và tương tự.

Theo đó, theo khía cạnh khác, đề xuất hệ thống sản xuất sản phẩm đúc bằng bột dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp. Hệ thống có thể bao gồm thiết bị đúc phun để sản xuất sản phẩm đúc bằng bột dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp như được mô tả ở trên. Hệ thống có thể còn bao gồm, hệ thống định lượng khí siêu tới hạn được tạo kết cấu để nhận chất lỏng và đưa chất lỏng nhận được vào trong khoang thứ nhất của xylanh dưới các điều kiện để tạo ra chất lỏng siêu tới hạn ngay sau khi đưa vào, chất lỏng siêu tới hạn tạo ra phần nóng chảy được tạo bột khi chất lỏng siêu tới hạn tiếp xúc với hạt nhựa màu polyme sinh học nhiệt dẻo được trộn ở trong khoang thứ nhất. Hệ thống có thể còn bao gồm hệ thống điều khiển nhiệt độ động được cấu hình để điều khiển nhiệt độ ở trong một hoặc nhiều trong số các khoang thứ nhất và thứ hai. Bộ phân phối áp suất đối khí được tạo kết cấu để phân phối áp suất đối khí đến khoang thứ nhất để kiểm soát sự trương nở của phần nóng chảy được tạo bột cũng có thể được bao gồm. Ngoài ra, có thể bao gồm bộ điều khiển có một hoặc nhiều bộ vi xử lý trong đó bộ điều khiển được cấu hình để điều khiển một hoặc nhiều trong số thiết bị đúc phun, hệ thống định lượng khí siêu tới hạn, hệ thống điều khiển nhiệt độ động, và bộ phân phối áp suất đối khí, theo một hoặc nhiều tham số hệ thống.

Cụ thể, các thành phần hệ thống có thể bao gồm hệ thống máy đúc phun bao gồm phễu, xylanh, trục vít chuyển động qua lại, vòi phun, hệ thống khuôn, hệ thống thủy lực, hệ thống điều khiển, hệ thống kẹp, và hệ thống phân phối. Hệ thống định lượng khí SCF có thể được bao gồm và bao gồm bình chứa khí trợ, như nitơ, bộ nén không khí, thiết bị đo lường và điều khiển SCF, bộ phun SCF, và trục vít chuyển động qua lại thiết kế chuyên dụng, và cả hai van một chiều trước và sau. Hệ thống điều khiển nhiệt độ động cũng có thể được bố

trí và bao gồm bộ làm nóng, bộ làm nguội, van tuần tự, và bộ điều khiển bằng máy tính. Ngoài ra, có các chi tiết làm nóng và các kênh làm nguội được đặt ở trong thân của khuôn, mà được nạp bởi hệ thống điều khiển nhiệt độ động, qua đó môi trường làm nóng hoặc môi trường làm nguội lưu thông. Chức năng của chúng là điều chỉnh nhiệt độ trên bề mặt khuôn. Và hệ thống áp suất đối khí có thể được bố trí trong đó hệ thống này bao gồm bình chứa khí, ví dụ, khí trơ, như nitơ, bộ nén không khí, bơm khí, van xả khí, cảm biến áp suất khí, và bộ điều khiển bằng máy tính.

Hệ thống và/hoặc các hệ thống con bất kỳ của nó có thể bao gồm một hoặc nhiều cảm biến, như bao gồm cảm biến nhiệt độ, áp suất, gia tốc kế, con quay hồi chuyển, và cảm biến định hướng, như là một hoặc nhiều cảm biến được tạo kết cấu để được đặt nối thông với một hoặc nhiều bộ phận khác của thiết bị đúc phun, như ở trong một hoặc nhiều khoang của thiết bị đúc phun. Theo các phương án khác nhau các cảm biến có thể là các cảm biến thông minh và bao gồm môđun truyền thông, như có kết nối mạng, để thực hiện truyền thông không dây. Theo đó, hệ thống, và/hoặc bộ phận bất kỳ trong số các bộ phận khác nhau của hệ thống có thể bao gồm môđun truyền thông mà có thể được ghép với một hoặc nhiều trong số môđun điều khiển, hệ thống định lượng khí siêu tới hạn, hệ thống điều khiển nhiệt độ động, và bộ điều khiển áp suất đối khí, như là môđun truyền thông được cấu hình để thực hiện một hoặc nhiều giao thức truyền thông không dây bao gồm WIFI, Bluetooth, Bluetooth năng lượng thấp, và các truyền thông di động 3G, 4G và 5G.

Theo khía cạnh khác, sáng chế mô tả bột dẻo vi lỗ có thể tái chế và phương pháp sản xuất chúng. Tốt hơn là, bột là bột lỗ kín nhưng cũng có thể có khả năng được tạo ra dưới dạng bột lỗ hở. Việc tạo ra kết cấu bột dẻo vi lỗ có thể tái chế bắt đầu bằng polyme hiệu suất cao phù hợp như các loại có nguồn gốc từ polyamit, hoặc tương tự. Ví dụ không làm giới hạn về polyme phù hợp là chất đồng trùng hợp polyamit 66 được bán trên thị trường dưới tên thương mại là Vydyne của Ascend Performance Materials, LLC, Houston, TX. Các ví dụ không làm giới hạn khác về các polyme phù hợp bao gồm số lượng bất kỳ của các chất đồng trùng hợp khối polyamit như polyete-khối-amit (polyether-block-amide - PEBA), PAE, TPA, TPE-A, COPA, hoặc tương tự. Các polyme nhiệt dẻo được nêu trên đã thể hiện các đặc tính kỹ thuật ưu điểm trong việc tạo ra kết cấu bột dẻo vi lỗ theo sáng chế. Một số đặc tính kỹ thuật nâng cao bao gồm các đặc tính lão hóa ngoại lệ, độ giãn dài ưu việt, độ bền kéo, và biến dạng dư khi nén, trong số các lợi ích khác. Hơn nữa, các nguyên liệu cấp được tái chế có thể được sử dụng trong sản xuất polyme hoặc các hỗn hợp polyme có thể tái

chế phù hợp theo sáng chế. Ví dụ, theo một khía cạnh, polyme nhiệt dẻo bột dẻo có thể tái chế bao gồm ít nhất một monome hoặc polyme được dẫn xuất từ nguyên liệu cấp được tái chế sau tiêu dùng hoặc hậu công nghiệp như caprolactam, polyme polyete khối amit được tái chế, hoặc tương tự. Bằng cách minh họa, caprolactam có thể được dẫn xuất từ các nguyên liệu cấp được tái chế như vậy bằng cách khử trùng hợp vật liệu hậu công nghiệp hoặc sau tiêu dùng có chứa polyamit như các lưới đánh cá, các sợi thảm, hoặc rác thải công nghiệp. Một số ví dụ về caprolactam được tái chế sau tiêu dùng hoặc hậu công nghiệp bao gồm caprolactam ECONYL®, ở dạng vảy, dạng lỏng hoặc nóng chảy, được cung cấp bởi Aquafil USA Inc., Cartersville, Georgia. Ngoài ra hoặc theo cách khác, polyme nhiệt dẻo có thể bao gồm polyme polyamit được dẫn xuất từ sợi thảm polyamit hậu công nghiệp hoặc sau tiêu dùng mà được thu gom, phân loại, nấu chảy, và xử lý lại. Ví dụ về điều này là sử dụng sợi thảm polyamit hậu công nghiệp, hoặc vật liệu tương tự được thu gom, phân loại, nấu chảy, và xử lý lại thành vật liệu polyamit có thể tái sử dụng sáng tạo. Polyme polyamit được dẫn xuất từ sợi thảm hậu công nghiệp làm ví dụ là Econyl được sản xuất bởi Aquafil USA Inc., Cartersville, Georgia. Ngoài ra, phế liệu polyamit, có thể được thu gom từ trong hoặc khắp các đại dương trên thế giới dưới dạng các lưới đánh cá, hoặc phế liệu tương tự như vậy sau đó có thể được phân loại, nấu chảy, và xử lý lại thành vật liệu polyamit có thể tái sử dụng sáng tạo. Polyme polyamit được dẫn xuất từ các lưới đánh cá hậu công nghiệp được thu gom làm ví dụ là Akulon Repurposed được sản xuất bởi Koninklijke DSM N.V., Heerlen, Hà Lan. Mục đích của sáng chế này là sử dụng các nguyên liệu cấp polyme được tái chế bất cứ khi nào có thể.

Polyamit tối ưu một mình không thể tạo ra bột dẻo có thể tái chế nếu không có chất tạo bột và quy trình tạo bột phù hợp. Chất tạo bột được biết đến rộng rãi nhất đang được sử dụng ngày nay là hóa chất được gọi là azodicarbonamit (azodi carbonamide - ADA). ADA thường được ngâm tẩm sơ bộ vào trong các nhựa hạt nhựa màu nhiệt dẻo thông thường để sử dụng trong các quy trình tạo bột đúc phun thông thường. Không may là, ADA không thân thiện với môi trường, và chất này bị nghi ngờ là chất gây ung thư. Ngoài ra, các quy trình tạo bột thông thường sử dụng ADA được liên kết ngang trong suốt quy trình sản xuất và do đó tạo ra loại bột dẻo không thể tái chế. Để đạt được bột dẻo có thể tái chế, khí nitơ tro hoặc cacbon dioxit được sử dụng làm chất tạo bột vật lý trong quy trình đúc phun được cải biến. Quy trình tạo bột vật lý được cải biến được sử dụng cùng với polyme nhiệt dẻo hoặc hạt nhựa màu polyme được trộn phù hợp sao cho polyme hoặc polyme được trộn và

chất tạo bọt hoạt động hài hòa để tạo ra các bọt dẻo và có thể tái chế. Quy trình đúc phun được ưu tiên theo sáng chế này sử dụng sự tạo mầm lỗ đồng nhất xảy ra khi dung dịch một pha gồm polyme và chất lỏng siêu tới hạn (supercritical fluid - SCF) đi qua cổng phun vào trong khoang của khuôn của máy đúc phun được cải biến. Khi dung dịch đi vào khuôn, áp suất giảm khiến SCF thoát ra khỏi dung dịch tạo ra các hạt nhân lỗ. Sau đó, các lỗ phát triển cho đến khi vật liệu điền đầy khuôn, và các khả năng trương nở của SCF được dùng hết. Quy trình sản xuất này chạy trên các máy đúc phun mà đã được cải biến để cho phép việc đo lường, phân phối, và trộn SCF vào trong polyme để tạo ra dung dịch một pha. Điều khiển nhiệt độ khuôn động (Dynamic mold temperature control - DMTC) được sử dụng để đảm bảo kết cấu lỗ nhất quán ở trong phần nóng chảy polyme đang trương nở. DMTC có thể được mô tả tốt nhất là các chi tiết làm nóng và các kênh làm nguội được đặt ở trong thân của khuôn, mà được nạp bởi hệ thống điều khiển nhiệt độ động, qua đó môi trường làm nóng hoặc môi trường làm nguội lưu thông. Chức năng của chúng là điều chỉnh nhiệt độ trên bề mặt khuôn. Áp suất đối khí (Gas counter pressure - GCP) cũng được sử dụng trong quy trình này để đảm bảo kết cấu bọt tối ưu có ít đến không có lớp vỏ trên bọt dẻo tạo ra. GCP có thể được mô tả tốt nhất là quy trình bao gồm khoang của khuôn có áp suất mà được phun với khí nitơ vào để chống lại sự trương nở của khí ở trong phần nóng chảy. Khi áp suất đối được giải phóng, các bong bóng khí mà thông thường phá thủng bề mặt sẽ bị giữ lại bên trong, tạo ra lớp vỏ trơn láng. GCP kiểm soát việc tạo bọt thông qua chất lượng bề mặt, kết cấu bọt, và độ dày của lớp vỏ.

Việc tạo ra dung dịch một pha, trong đó SCF được hòa tan hoàn toàn và được phân tán đồng đều trong polyme nóng chảy, diễn ra bên trong xylanh phun dưới các điều kiện quy trình được kiểm soát cẩn thận: SCF phải được đo chính xác dòng chất vào trong polyme trong khoảng thời gian cố định. Và trong suốt khoảng thời gian định lượng đó, các điều kiện thích hợp về nhiệt độ, áp suất và lực cắt phải được thiết lập ở trong xylanh. Hệ thống điều khiển áp suất ngược, tốc độ trục vít và nhiệt độ xylanh, cũng như áp suất đối khí và phân phối SCF đều đóng vai trò trong việc thiết lập các điều kiện quy trình mà tạo ra dung dịch một pha.

Polyme nhiệt dẻo được sử dụng để sản xuất các bọt dẻo có thể tái chế và không có hóa chất có thể được tạo ra theo cách tùy chọn từ số lượng bất kỳ của các polyamit hoặc các chất đồng trùng hợp polyamit, hoặc các chất tương tự. Ví dụ không làm giới hạn về polyme phù hợp bao gồm polyamit 6, polyamit 6/6-6, và polyamit 12. Theo cách khác, polyme

nhật dẻo có thể bao gồm số lượng bất kỳ của các chất đồng trùng hợp khối polyamit như polyete-khối-amit (PEBA), PAE, TPA, TPE-A, COPA, hoặc các chất tương tự. Loại polyme phù hợp bất kỳ có thể được sử dụng trong sáng chế này với điều kiện là chất đó đáp ứng được độ cứng cần thiết, độ chảy vừa phải, độ giãn dài cao, và khả năng tái chế.

Ngoài ra, các hỗn hợp của hai hoặc nhiều polyme nhiệt dẻo tạo ra sự kết hợp của các đặc tính và giá cả mà không thể tìm thấy được ở một polyme. Có một số cách để pha trộn thành công các polyme với nhau. Một phương pháp có thể sử dụng bộ ép đùn trực vít đôi để làm nóng chảy hai hoặc nhiều nhựa polyme với nhau và sau đó ép đùn hỗn hợp nhựa polyme nóng chảy thành dải mà được làm nguội và được nạp vào trong bộ tạo hạt để tạo ra dây chuỗi gồm các mẫu dạng viên được gọi là hạt nhựa màu. Phương pháp pha trộn nhựa polyme khác là sử dụng các chất tương hợp để liên kết các chất hóa học không giống nhau với nhau trong hỗn hợp polyme. Phương pháp này có thể sử dụng bộ ép đùn trực vít đôi hoặc công cụ tương tự để làm nóng chảy chất tương hợp và hai hoặc nhiều polyme với nhau trong các loại polyme nhiệt dẻo không làm giới hạn được mô tả ở trên.

Theo một phương án, phương pháp bao gồm bước tái chế bột dẻo bằng cách khử trùng hợp bột thành một hoặc nhiều monome. Quy trình khử trùng hợp bao gồm các bước tách cơ học polyme nhiệt dẻo của bột có thể tái chế từ phế liệu, bước đưa chất xúc tác khử trùng hợp vào polyme nhiệt dẻo được tách, bước làm nóng polyme nhiệt dẻo và chất xúc tác để tạo ra phân chưng cất, bước tách nước và các monome thu được từ các sản phẩm phụ khác, bước oxy hóa monome chứa nước, bước cô đặc monome chứa nước được oxy hóa, bước tinh chế monome cô đặc, và bước trùng hợp lại monome để tạo ra polyme nhiệt dẻo để sử dụng trong phương pháp sản xuất bột dẻo có thể tái chế. Monome thu được có thể bao gồm caprolactam hoặc các monome khác mà có thể được trùng hợp lại thành các polyme nhiệt dẻo.

Tùy thuộc vào ứng dụng, các chất phụ gia cũng có thể được sử dụng trong các chế phẩm phối chế polyme. Ví dụ, các chất độn như canxi carbonat được kết tủa, aragonit oolitic, tinh bột, sinh khối, hoặc chất tương tự có thể được sử dụng để làm giảm một phần chi phí trong khi vẫn duy trì tính toàn vẹn có thể tái chế của các bột dẻo thành phẩm.

Hơn nữa, các chất phụ gia bổ sung để sử dụng trong các chế phẩm phối chế polyme có thể bao gồm một hoặc nhiều trong số các chất sau đây, các chất tạo mầm, như đá tan vi phiên hoặc aragonit oolitic tỷ lệ phương diện cao, có thể được bao gồm. Các chất tạo mầm như vậy có thể cải thiện đáng kể các đặc tính chính của bột dẻo tạo ra bằng cách ngăn cản

sự hợp lại của lỗ, giảm mật độ khối, và cải thiện khả năng đàn hồi bật lại, trong số các thuộc tính nâng cao có lợi khác. Một số ví dụ không làm giới hạn về các chất tạo mầm để sử dụng trong sản xuất các bột dẻo vi lỗ được đúc phun không có hóa chất và có thể tái chế là đá tan vi phiến được bán trên thị trường dưới tên Mistrocell® của Imerys Talc America Inc., Houston, Texas và aragonit oolitic tỷ lệ phương diện cao được bán trên thị trường dưới tên OceanCal® của Calcean Minerals & Materials LLC, Gadsden, Alabama.

Các chất màu, các thuốc nhuộm, và các thuốc màu cũng có thể được bao gồm. Ví dụ, các chất màu khác nhau như các thuốc nhuộm hoặc các thuốc màu có thể được sử dụng trong các chế phẩm phối chế polyme theo sáng chế. Một số ví dụ không làm giới hạn là các thuốc màu đã được thiết kế riêng để sử dụng cho các loại polyme nhiệt dẻo cụ thể, như nhiều loại được cung cấp bởi Treffert GmbH & Co. KG, Bingen am Rhein, Đức hoặc các loại được cung cấp bởi Holland Colours Americas Inc., Richmond, Indiana.

Các mô tả chi tiết của một hoặc nhiều phương án được trình bày trong phần mô tả kèm theo ở dưới. Các dấu hiệu kỹ thuật và ưu điểm khác sẽ được thấy rõ ràng qua phần mô tả và từ các điểm yêu cầu bảo hộ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các khía cạnh này và các khía cạnh khác bây giờ sẽ được mô tả chi tiết có tham chiếu đến đến các hình vẽ sau đây.

Fig.1 thể hiện bộ phận giày dép được tạo bột, cụ thể là đế giữa của giày theo sự triển khai của sáng chế;

Fig.2 minh họa dạng giản đồ tổng quan về hệ thống bột dẻo vi lỗ được đúc phun để sản xuất các bột dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp, phù hợp dùng cho giày dép;

Fig.3 là lưu đồ của phương pháp sản xuất các bột dẻo vi lỗ được đúc phun có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp;

Fig.4 thể hiện bột dẻo có thể tái chế theo sáng chế được đúc phun để tạo ra đế giữa cho giày chạy điền kinh;

Fig.5 thể hiện dạng giản đồ của máy đúc phun để sản xuất bột dẻo có thể tái chế được thể hiện trên Fig.4;

Fig.6 là lưu đồ của phương pháp sản xuất bột dẻo vi lỗ có thể tái chế của Fig.4; và

Fig.7 là lưu đồ thể hiện các bước tái chế bột dẻo liên quan đến phương án của phương pháp sản xuất bột dẻo vi lỗ có thể tái chế của Fig.6.

Các ký hiệu tham chiếu giống nhau trên các hình vẽ khác nhau chỉ ra các chi tiết giống nhau.

Mô tả chi tiết sáng chế

Bản mô tả này mô tả bọt dẻo vi lỗ có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp, bọt dẻo vi lỗ có thể tái chế và các phương pháp sản xuất chúng. Tốt hơn là, bọt là bọt lỗ kín nhưng cũng có thể có khả năng được tạo ra dưới dạng bọt lỗ hở. Theo các cách triển khai khác nhau, các bọt dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp và có thể tái chế có thể được tạo ra để có các đặc tính và các đặc điểm giống hệt với bọt etylen vinyl axetat (EVA) hóa dầu thông thường hoặc bọt tương tự, nhưng vẫn chứa tỷ lệ phần trăm cao của hàm lượng cacbon sinh khối.

Các bọt dẻo vi lỗ được đúc phun có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp và phương pháp tạo ra chúng

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất bọt dẻo vi lỗ có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp và phương pháp sản xuất chúng. Như được bàn luận ở trên, việc tạo bọt mô tả quy trình liên quan đến việc giữ lại các túi khí trong chất lỏng hoặc chất rắn. Nói chung, ngành công nghiệp sử dụng việc tạo bọt để tạo ra các vật liệu polyme trọng lượng nhẹ. Đây là giải pháp có ưu điểm cho nhiều loại sản phẩm vì các vật liệu được tạo bọt mang lại rất nhiều giá trị gia tăng như phần đệm mềm, sự thoải mái, và sự bảo vệ chống va đập, trong số các giá trị khác.

Trong nhiều trường hợp, vật liệu tạo bọt ở dạng bọt vi lỗ là hữu ích. Bọt vi lỗ là dạng chất dẻo được sản xuất, được chế tạo đặc biệt để chứa rất nhiều, rất nhiều, ví dụ, hàng tỷ bong bóng nhỏ, có thể có kích thước nhỏ hơn khoảng 50 micrômet. Loại bọt này được tạo ra bằng cách hòa tan khí dưới áp suất cao vào trong các loại polyme khác nhau để gây ra sự bố trí đồng nhất của các bong bóng khí, thường được gọi là sự tạo mầm. Chất dẫn động chính để kiểm soát và điều chỉnh mật độ của các bọt vi lỗ là khí được sử dụng để tạo ra chúng. Tùy thuộc vào khí được sử dụng, mật độ của bọt có thể nằm trong từ khoảng 5% đến khoảng 99% chất dẻo sinh học được xử lý sơ bộ.

Theo đó, trong nhiều trường hợp, là hữu ích khi bọt là bọt lỗ kín. Bọt lỗ kín thông thường được biết như là lỗ được bao bọc hoàn toàn bởi các thành của lỗ và do đó không kết nối với các lỗ khác. Loại vật liệu này là hữu ích vì nó làm giảm hiệu quả dòng chất lỏng và khí khỏi chảy qua các lỗ. Bọt lỗ kín, như được sản xuất theo các phương pháp được bộc lộ ở đây, là hữu ích cho các ngành công nghiệp trong đó khả năng chống chịu chất lỏng là

quan trọng, như phân đệm, giày dép, hàng hải, HVAC, và sử dụng cho ô tô.

Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, có thể là hữu ích khi bọt là bọt lỗ hở. Bọt lỗ hở thường được phân loại là “lỗ hở” khi hơn một nửa số lỗ của bọt này hở và kết nối với các lỗ khác. Loại bọt này, mà có thể được sản xuất và được sử dụng theo các phương pháp được bộc lộ ở đây, có thể là hữu ích ở chỗ nó hoạt động giống như lò xo hơn so với bọt lỗ kín, dễ dàng trở lại trạng thái ban đầu của bọt sau khi nén. “Tính đàn hồi” gây bởi sự chuyển động không khí không bị hạn chế và thành phần hóa học.

Trong các trường hợp cụ thể, bọt được tạo ra và các sản phẩm được sản xuất từ bọt đó, theo các phương pháp được mô tả, hoạt động theo cách tương tự như bọt etylen vinyl axetat (EVA) dẻo. Cụ thể, bọt EVA dẻo là vật liệu phổ biến được sử dụng trong ngành công nghiệp sản xuất ngày nay. Điều làm cho bọt EVA trở nên thông dụng là chi phí tương đối thấp và dễ xử lý trong khi vẫn duy trì các đặc tính hiệu suất kỹ thuật thông thường có thể chấp nhận được cho sản phẩm nhất định. Kết quả là, các bọt được sản xuất theo cách được bộc lộ ở đây, có thể được sản xuất với chi phí tương đối thấp, dễ sản xuất, trong khi vẫn duy trì không chỉ ở mức chấp nhận được, mà còn thường là các sản phẩm có hiệu suất kỹ thuật vượt trội nhiều lần, đồng thời thân thiện với môi trường.

Cụ thể hơn, như được chỉ ra ở trên, các khuyết điểm của việc sử dụng bọt EVA là nhiều. Vật liệu này được dẫn xuất từ các nguyên liệu cấp không thể tái tạo và được liên kết ngang hóa học với các chất thổi hóa học mà không dễ có thể phân hủy sinh học, có thể phân ủ, hoặc có thể tái chế. Tuy nhiên, không giống như các bọt EVA dẻo, các bọt dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp theo sáng chế không chứa các hóa chất hoặc các chất liên kết ngang, và chúng dễ dàng có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp khi các polyme có nguồn gốc sinh học thích hợp được sử dụng trong sản xuất của chúng.

Ví dụ, theo các cách triển khai khác nhau, được trình bày ở đây là bọt dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp mà có thể được tạo ra để có các đặc tính và các đặc điểm tương tự như bọt etylen vinyl axetat (EVA) hóa dầu thông thường hoặc bọt tương tự, nhưng vẫn chứa tỷ lệ phần trăm cao của hàm lượng cacbon sinh khối. Cụ thể, theo các phương án khác nhau, các tiền chất bọt có thể phân hủy sinh học, trung tính thuần, và có thể phân ủ công nghiệp được sử dụng để tạo ra các bọt dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp, như theo cách thân thiện với môi trường. Để đạt được các mục đích này, số lượng bất kỳ của các nguyên liệu cấp nhiệt dẻo có nguồn gốc sinh học phù hợp

có thể được lựa chọn để sử dụng, và có thể có nguồn gốc từ các nguyên liệu cấp có thể tái tạo nhanh chóng mà không thường cạnh tranh với thức ăn chăn nuôi hoặc thực phẩm của con người. Ưu điểm là, như được chỉ ra, các tiền chất bột nhiệt dẻo có nguồn gốc sinh học được lựa chọn cẩn thận có các đặc tính hiệu suất kỹ thuật gần tương đương hoặc tương đương với các đặc tính của EVA được sử dụng thông thường.

Ví dụ không làm giới hạn về nguyên liệu cấp nhiệt dẻo phù hợp như vậy để sử dụng trong việc tạo ra bột dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp theo sáng chế với các đặc tính hiệu suất kỹ thuật gần tương đương hoặc tương đương với các đặc tính của EVA không thể tái tạo thông thường là các copolyeste PBAT có nguồn gốc sinh học, như được mô tả ở dưới đây. Do đó, trong nhiều trường hợp, các thiết bị, các hệ thống theo sáng chế và các phương pháp sử dụng của chúng có thể được sử dụng để tạo ra bột dẻo vi lỗ có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp mà có thể được tạo ra từ các nhựa nhiệt dẻo có nguồn gốc sinh học có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp.

Cụ thể hơn, các tiền chất bột hữu ích theo các phương pháp được bộc lộ có thể là loại nhựa nhiệt dẻo phù hợp bất kỳ, như nhựa nhiệt dẻo có nguồn gốc sinh học hoặc hợp chất nhiệt dẻo có nguồn gốc sinh học được sản xuất từ các nguyên liệu cấp có thể tái tạo nhanh chóng. Các nhựa nhiệt dẻo như vậy là các polyme thô, chưa tạo hình mà được làm nóng chảy và chuyển sang dạng lỏng khi được làm nóng, và cứng lại và chuyển sang dạng rắn khi được làm nguội.

Việc tạo ra các chất nhiệt dẻo không phải là công việc đơn giản. Các quy trình hóa học và cơ học phức tạp được yêu cầu để tạo ra sản phẩm cuối cùng. Ở dạng đơn giản nhất của nó, các chất nhiệt dẻo được tạo ra từ các polyme và các polyme đó được tạo ra từ các hợp chất. Để tạo ra hợp chất cần thiết để tạo ra các polyme và sau đó tạo ra các chất nhiệt dẻo, các loại phân tử khác nhau phải được bẻ gãy và được phân tách. Thông thường, các tiền chất bột được sử dụng bằng cách nạp chúng vào trong máy đúc phun phù hợp ở dạng hạt. Các hạt được xử lý thông qua máy đúc phun trong đó chúng được hóa lỏng và được bắn vào trong khoang của khuôn được tạo sẵn. Ngay sau khi bắn xong, bộ phận đúc được làm nguội và được đẩy ra khỏi khuôn ở trạng thái rắn, quy trình này như được triển khai trong các phương án theo sáng chế được bàn luận chi tiết hơn ở dưới đây.

Các chất nhiệt dẻo có nguồn gốc sinh học có thể được mô tả theo lớp. Lớp thông dụng gồm các tiền chất và sinh khối nhiệt dẻo trên cơ sở sinh học. Có hai loại polyeste sinh học: axit polylactit (PLA) và polyhydroxyalkanoat (PHA). PLA là loại chất nhiệt dẻo được

tạo ra thông qua quá trình lên men của vi khuẩn. PLA thực chất là chuỗi dài gồm nhiều phân tử axit lactic. Có nhiều nguyên liệu cấp có nguồn gốc sinh học khác nhau để sản xuất PLA như mía, ngô, củ cải đường, và phế liệu gỗ linhlin, chỉ có thể kể tên một số loại. PHA thông thường được tạo ra bởi vi khuẩn xuất hiện tự nhiên và phế liệu thực phẩm. Có lớp phụ của PHA được gọi là polyhydroxybutyrat (polyhydroxybutyrate - PHB) là loại PHA cũng được bán rộng rãi.

Trong một số trường hợp, các chất độn tinh bột hoặc xenluloza, và chất tương tự có thể được tùy chọn đưa vào quá trình tạo ra các hỗn hợp polyeste sinh học vì việc đưa chúng vào làm cho hỗn hợp kinh tế hơn và, trong một số trường hợp, việc sử dụng chúng làm tăng cường tốc độ phân hủy. Loại chất nhiệt dẻo có nguồn gốc sinh học bổ sung được gọi là xenluloza axetat (CA). CA là sản phẩm tổng hợp được dẫn xuất từ xenluloza được tìm thấy trong mỗi bộ phận của thực vật. Các nguyên liệu cấp được sử dụng hiện nay để tạo ra CA là bông, gỗ, và phế liệu cây trồng, chỉ có thể kể tên một số loại. Vẫn hơn nữa, tinh bột là loại vật liệu nhiệt dẻo khác. Thông thường, tinh bột được xử lý bằng nhiệt, nước, và các chất hóa dẻo để tạo ra chất nhiệt dẻo. Để truyền đạt độ bền, tinh bột thường được kết hợp với các chất độn làm bằng các vật liệu khác. Các nguyên liệu cấp hiện có bán sẵn để sản xuất tinh bột là ngô, lúa mì, khoai tây, và sắn. Một số chất nhiệt dẻo được dẫn xuất từ dầu mỏ cũng được biết là có thể phân hủy sinh học. Các loại phổ biến là polybutylen succinat (polybutylene succinate - PBS), polycaprolacton (polycaprolactone - PCL), và polybutyrat adipat terephthalat (polybutyrate adipate terephthalate - PBAT), và rượu polyvinyl (polyvinyl alcohol - PVOH/PVA). Các chất nhiệt dẻo được dẫn xuất từ dầu mỏ được nêu trên có thể được sản xuất trong các loại có nguồn gốc sinh học. Các nguyên liệu cấp có nguồn gốc sinh học mới để sản xuất PBS, PCL, PBAT, và PVOH/PVA đang được sản xuất, và ngày càng có bán sẵn trên thị trường nhờ các tiến bộ và đột phá về công nghệ. Một hoặc nhiều trong số các tiền chất này có thể được tạo ra và được sử dụng theo các phương pháp được bộc lộ ở đây.

Ngay sau khi các tiền chất đã được tạo ra, chúng có thể được tạo bột và được sử dụng để tạo ra một hoặc nhiều sản phẩm cuối, như thông qua quy trình đúc phun, như được bộc lộ ở đây. Ví dụ, trong nhiều trường hợp, các tiền chất nhiệt dẻo có nguồn gốc sinh học có thể được tạo bột và được sử dụng trong quy trình sản xuất sản phẩm cuối, như bằng cách đúc phun. Trong quá trình đúc phun bột thông thường, còn được gọi là đúc bột được trương nở bằng sự phun trực tiếp, trước tiên các polyme nhiệt dẻo được làm nóng chảy. Khi các

polyme nhiệt dẻo được làm nóng chảy đều, chất thổi hóa học được phân tán vào trong phần nóng chảy polyme để làm cho hợp chất phun có thể tạo bọt.

Sau đó, hợp chất polyme đồng nhất được phun vào trong khuôn để tạo ra sản phẩm bọt. Thông thường, hợp chất polyme được phun không được phân loại là bọt cho đến khi phản ứng thu nhiệt trong khoang khuôn được làm nóng kích hoạt chất thổi hóa học, dẫn đến bộ phận bằng bọt được trương nở. Kết quả là, kích thước khoang khuôn phải nhỏ hơn kích thước bộ phận cuối cùng. Sự trương nở của bộ phận thực tế được tạo ra ở trong công thức polyme nhiệt dẻo, để khi bộ phận được đẩy ra khỏi khuôn, nó sẽ phát triển đến kích thước bộ phận yêu cầu.

Ngay sau khi kích thước bộ phận yêu cầu đạt được, bộ phận này cũng co rút hoặc co ngót khi nguội đi mà thường yêu cầu hoạt động đúc thứ cấp để thu được kích thước bộ phận được làm nguội chính xác. Kết quả, quy trình quản lý sự co rút-trương nở của các bọt đúc phun thông thường có thể được coi là dài dòng, tốn thời gian, và phức tạp. Công nghệ đúc phun như vậy có thể được sử dụng để sản xuất các tiền chất và các bọt, cũng như các sản phẩm được sản xuất bằng cách đó, như được bàn luận ở đây. Tuy nhiên, trong các trường hợp cụ thể, máy đúc phun thông thường có thể được cải biến, như được bộc lộ ở đây để có hiệu quả tốt hơn trong việc sử dụng các tiền chất bọt trung tính thuần, có thể phân hủy sinh học mà có thể được sử dụng trong quy trình được cải biến để tạo ra các bọt thân thiện với môi trường mà có thể được sử dụng trong sản xuất các sản phẩm bằng bọt, như phân đệm đồ nội thất, các bộ phận giày, thiết bị thể thao, và sản phẩm tương tự.

Theo đó, mặc dù phương pháp thông thường có thể hữu ích trong việc sản xuất các sản phẩm được tạo bọt, nhưng trong một số trường hợp, phương pháp này có thể gặp một số nhược điểm, đặc biệt là đối với việc sản xuất bọt dẻo vì lẽ có thể phân ủ. Ví dụ, trong nhiều trường hợp, quy trình đúc phun điển hình, khi sử dụng các nhựa nhiệt dẻo có nguồn gốc sinh học có thể phân ủ để tạo ra bọt dẻo có thể phân ủ có thể bị thiếu sót theo nhiều cách khác nhau. Ví dụ, quy trình đúc phun bọt thông thường không được cải biến được đề cập ở trên có thể bị thiếu sót và không phù hợp để sản xuất các bọt dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ. Lý do chính cho điều này xuất phát từ bản chất của việc đúc phun bọt không được cải biến thông thường trong đó các hợp chất polyme được liên kết ngang trong suốt quá trình sản xuất chúng.

Như được chỉ ra ở trên, liên kết ngang có thể được mô tả là sự tạo ra các liên kết cộng hóa trị mà giữ các phần của một số chuỗi polyme lại với nhau, xảy ra một cách ngẫu

nhiên. Kết quả là mạng lưới ba chiều ngẫu nhiên của các chuỗi được kết nối với nhau ở trong chất nền bột. Bột được liên kết ngang này không thể dễ dàng được tách ra khỏi liên kết ngang, và do đó, các thành phần tiền chất khác nhau không thể dễ dàng được phân tách trở lại các loại thành phần riêng lẻ của chúng và được phân hủy sinh học hoặc được phân ủ. Kết quả, các ưu điểm được bộc lộ theo sáng chế sẽ không thể dễ dàng đạt được nếu không thay đổi thiết bị tạo bột và các phương pháp sử dụng của thiết bị đó trong sản xuất. Theo đó, máy sản xuất và quy trình sử dụng máy để tạo ra các bột theo cách phù hợp để sử dụng các tiền chất không tạo liên kết ngang trong quy trình đúc phun được trình bày ở đây.

Kết quả là, theo một khía cạnh, được trình bày ở đây là máy đúc phun mới. Máy đúc có thể được tạo kết cấu để sử dụng nhiều loại chế phẩm bột dẻo, bao gồm các tiền chất nhiệt dẻo có nguồn gốc sinh học, mà có thể được tạo bột theo cách để tạo ra kết cấu bột dẻo vì lỗ có thể phân ủ, thông qua việc áp dụng các tiền chất vào trong máy đúc phun mới, mà sau đó có thể được sử dụng để sản xuất một hoặc nhiều sản phẩm được tạo bột dẻo. Do đó, theo một khía cạnh, được đề xuất ở đây là máy đúc phun mới.

Một số yếu tố làm cho máy móc sản xuất theo sáng chế trở nên khác biệt là việc sử dụng thiết bị phụ trợ chuyên dụng được ghép nối với hệ thống định lượng khí vi lỗ mà có thể được gắn vào và do đó cải biến và cải thiện máy đúc phun tiêu chuẩn. Về cơ bản, như được trình bày ở đây, máy đúc phun tiêu chuẩn đã được đại tu và trang bị lại để hoạt động theo cách phù hợp để sử dụng theo sáng chế. Phương pháp chung để cải biến bắt đầu bằng việc biến đổi trục vít đúc phun trên máy đúc phun để có thể xử lý khí trơ siêu tới hạn, như các khí nitơ, CO₂, và/hoặc các khí không phản ứng và/hoặc các khí khí trơ.

Sau đó, hệ thống định lượng khí có thể được trang bị cho máy đúc phun để định lượng khí thích hợp ở lượng thích hợp vào trong phần nóng chảy polyme ở trong trục vít, như trước khi phun vào trong khoang khuôn được điều khiển nhiệt độ. Ngoài ra, khoang khuôn chuyên dụng có thể được sử dụng trong đó việc tuần hoàn nhiệt độ nhiệt của khuôn có thể kiểm soát tốt hơn kết cấu lớp vỏ phía ngoài của các bột tạo ra và độ dày của lớp vỏ, cũng như làm giảm thời gian chu kỳ sản xuất bộ phận. Hơn nữa, hệ thống áp suất đối khí phụ trợ có thể được trang bị cho máy đúc phun để buộc khí trơ trở lại vào trong khuôn để chống lại phần nóng chảy polyme dạng lỏng đang được bắn vào trong khuôn.

Áp suất đối này là hữu ích để đảm bảo rằng phần bắn phun nóng chảy gần như, nếu không hoàn toàn, điền đầy khoang khuôn và ngăn ngừa sự cong vênh và co ngót của bộ phận, cũng như kiểm soát sự phân bố lỗ và mật độ lỗ. Hơn nữa, áp suất đối thích hợp có ảnh

hường có lợi đến kết cấu lớp vỏ và độ dày lớp vỏ của bộ phận. Kết quả là, khi bộ phận được đẩy ra khỏi khoang khuôn sẽ không có hiện tượng co ngót rõ rệt và không cần thực hiện các bước thứ cấp để sử dụng ngay bộ phận bột đúc. Có lợi là, bộ phận không được liên kết ngang và kết quả là, bộ phận này có thể phân hủy sinh học hoặc phân ủ với điều kiện là các hợp chất polyme có nguồn gốc sinh học phù hợp được sử dụng trong quá trình tạo các bột.

Xem xét vấn đề ở trên, theo một khía cạnh, sáng chế hướng đến việc tạo ra kết cấu bột dẻo vì lẽ có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ, ví dụ, trong công nghiệp. Cụ thể, theo một phương án, quy trình bắt đầu bằng polyme sinh học hoặc hỗn hợp polyme sinh học phù hợp. Ví dụ, trong nhiều trường hợp, polyme sinh học có thể là một hoặc nhiều polyme, như được sản xuất từ các nguồn tự nhiên, hoặc được tổng hợp hóa học từ vật liệu sinh học hoặc được sinh tổng hợp hoàn toàn bởi các sinh vật sống.

Chủ yếu có hai loại polyme sinh học, một loại thu được từ các sinh vật sống và loại kia được sản xuất từ các tài nguyên có thể tái tạo nhưng yêu cầu sự trùng hợp. Các loại được tạo ra bởi các sinh vật sống bao gồm các protein và các carbohydrat. Không giống như các polyme tổng hợp, các polyme sinh học có kết cấu rõ ràng. Loại polyme này được phân biệt dựa trên kết cấu hóa học của chúng. Điều làm cho các polyme sinh học theo sáng chế trở nên đặc biệt hữu ích là chúng bất tương thích với EVA không thể tái tạo về các đặc tính hiệu suất kỹ thuật.

Tương tự, trong các trường hợp cụ thể, hỗn hợp polyme sinh học có thể được sử dụng để tạo ra kết cấu bột, như là hỗn hợp polyme sinh học có thể là hợp chất tùy chỉnh của hai hoặc nhiều polyme sinh học. Một số loại không làm giới hạn về các polyme sinh học là các polyme sinh học dựa trên đường, các polyme sinh học dựa trên tinh bột, các polyme sinh học dựa trên các vật liệu tổng hợp, và các polyme sinh học dựa trên xenluloza. Tỷ lệ điển hình của các dạng kết hợp được trộn polyme sinh học sẽ phụ thuộc vào loại sản phẩm được sản xuất và các đặc tính kỹ thuật yêu cầu của bộ phận tạo ra.

Cụ thể hơn, theo phương án cụ thể, hỗn hợp polyme sinh học mà có thể được sử dụng làm tiền chất bột bao gồm nhiều loại nhựa, như một hoặc nhiều vật liệu rắn hoặc nhớt có thể được bổ sung vào phần nóng chảy thành polyme, như sau khi đóng rắn. Do đó, sau khi trùng hợp hoặc đóng rắn, các nhựa tạo ra các polyme. Ví dụ, nhựa phù hợp có thể là một hoặc nhiều trong số: Chất béo và chất béo-thơm có nguồn gốc copolyeste. Nói chung, các chất béo hoặc các hợp chất béo liên quan đến hoặc biểu thị các hợp chất hữu cơ trong đó các nguyên tử cacbon tạo ra các chuỗi hở thay vì các vòng thơm. Tương tự, các hợp chất

béo-thơm phù hợp thường là dạng kết hợp ngẫu nhiên của các chuỗi hở của các nguyên tử cacbon (phần béo) và vòng hoặc các vòng bền của các nguyên tử (phần thơm).

Thông thường, lượng axit thơm trong chuỗi thấp hơn 49%, mặc dù các tiến bộ công nghệ gần đây đã cho thấy nhiều hứa hẹn về việc tăng tỷ lệ này và hỗ trợ hơn nữa trong sự phân hủy sinh học. Ví dụ về chất béo-thơm là copolyeste béo-thơm (aliphatic-aromatic copolyester - AAPE) mà có thể được sản xuất từ số lượng bất kỳ của các nguyên liệu cấp không thể tái tạo và có thể tái tạo, mặc dù AAPE có nguồn gốc tái tạo là đặc biệt hữu ích. Theo đó, theo các phương án khác nhau, một hoặc nhiều trong số các chất béo và/hoặc các chất béo này có thể có nguồn gốc từ copolyeste. Các copolyeste như vậy được tạo ra khi polyeste được biến tính. Ví dụ, các copolyeste được tạo ra khi nhiều hơn một diacid hoặc diol được sử dụng trong quy trình trùng hợp. Trong trường hợp các copolyeste béo-thơm, dạng kết hợp của các thay đổi tiền chất được thực hiện để về cơ bản lai hoặc “tạo cầu nối” chuỗi béo-thơm và kết hợp nhiều hơn một tiền chất bổ sung trong quy trình trùng hợp.

Ví dụ không làm giới hạn về hỗn hợp polyme sinh học phù hợp là axit polylactic (PLA) và poly(butylene adipat-co-terephthalat) (PBAT). Axit polylactic (PLA) là polyeste béo nhiệt dẻo có thể phân hủy sinh học được dẫn xuất từ sinh khối có thể tái tạo. Các nguyên liệu cấp điển hình được sử dụng trong việc tạo ra PLA bao gồm tinh bột thực vật được lên men như ngô, sắn, mía, bột củ cải đường, và phế liệu gỗ linh kiện ở mức độ thấp hơn. Tương tự, polybutylene adipat terephthalat (PBAT) là chất đồng trùng hợp ngẫu nhiên có thể phân hủy sinh học, cụ thể là copolyeste mà thường được dẫn xuất từ axit adipic, 1,4-butandiol và axit terephthalic. Sẽ có lợi khi sử dụng PBAT có nguồn gốc tái tạo hơn là PBAT có nguồn gốc từ các nguồn dầu mỏ không thể tái tạo. Trong nhiều trường hợp, một hoặc nhiều trong số các thành phần này có thể được trộn.

Các hỗn hợp của hai hoặc nhiều polyme sinh học nhiệt dẻo tạo ra sự kết hợp của các đặc tính và giá cả mà không thể tìm thấy được ở một polyme hoặc chất đồng trùng hợp. Có một số cách để trộn thành công các polyme sinh học với nhau. Phương pháp phổ biến là sử dụng bộ ép đùn trực vít đôi để làm nóng chảy hai hoặc nhiều nhựa polyme sinh học với nhau và sau đó ép đùn hỗn hợp nhựa polyme sinh học nóng chảy thành dải mà được làm nguội và được nạp vào trong bộ tạo hạt để tạo ra dây chuỗi gồm các mẫu dạng viên được gọi là hạt nhựa màu. Phương pháp pha trộn nhựa polyme sinh học khác là sử dụng các chất tương hợp để liên kết các chất hóa học không giống nhau với nhau trong hỗn hợp polyme sinh học. Thông thường, điều này cũng sử dụng bộ ép đùn trực vít đôi hoặc công cụ tương

tự để làm nóng chảy chất tương hợp và hai hoặc nhiều polyme sinh học với nhau trong quy trình được mô tả ở trên.

Theo đó, ở đây đã xác định được rằng các nhựa polyme sinh học nhiệt dẻo được trộn được nêu trên thể hiện các đặc tính kỹ thuật ưu điểm trong việc tạo ra kết cấu bọt dẻo vì lỗ tối ưu theo sáng chế. Một số đặc tính kỹ thuật nâng cao bao gồm: các đặc tính lão hóa có thể chấp nhận được, độ giãn dài ưu việt, và biến dạng dư khi nén ngoại lệ, trong số các lợi ích khác. Ví dụ, ưu điểm của việc sử dụng các hỗn hợp polyme sinh học, như được bộc lộ ở đây, là các đặc tính hiệu suất kỹ thuật được nâng cao mà do sự tạo ra và sử dụng hỗn hợp polyme sinh học đã cho. Đặc biệt, các đặc tính được nâng cao như độ giãn dài, độ bền kéo, độ bền va đập, và độ chảy được cải thiện, chỉ có thể kể tên một số loại, đều có thể thu được khi dạng kết hợp đúng của các polyme sinh học, và/hoặc các hỗn hợp polyme sinh học-chất tương hợp được thực hiện.

Theo đó, các nhựa này có thể được sử dụng theo các phương pháp và các máy móc được bộc lộ ở đây để sản xuất chất tạo bọt. Do đó, theo một khía cạnh, sáng chế hướng đến quy trình tạo bọt. Như được mô tả ở trên, các máy móc và các quy trình được bộc lộ ở đây có thể được tạo kết cấu để thực hiện hoạt động tạo bọt nhờ đó các túi khí được giữ lại trong chất lỏng hoặc chất rắn, mà việc tạo bọt có thể được sử dụng để sản xuất các vật liệu polyme trọng lượng nhẹ. Đây là giải pháp có ưu điểm cho nhiều loại sản phẩm vì các vật liệu được tạo bọt mang lại rất nhiều giá trị gia tăng như phân đệm mềm, sự thoải mái, làm dụng cụ thể thao kỹ thuật, bao gồm các bộ phận của giày, và sự bảo vệ chống va đập trong số các giá trị khác. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, chỉ riêng các hỗn hợp polyme sinh học hoặc các polyme sinh học copolyeste béo-thơm và béo tối ưu được nêu trên là hữu ích để sản xuất bọt dẻo, trong nhiều trường hợp, việc sử dụng chúng trong sản xuất bọt dẻo có thể được tăng cường bằng cách bao gồm chất tạo bọt phù hợp ở trong quy trình tạo bọt.

Ví dụ, chất tạo bọt được biết đến rộng rãi đang được sử dụng ngày nay là hóa chất được gọi là azodicarbonamit (ADA). Azodicarbonamit thường được ngâm tẩm sơ bộ vào trong các nhựa hạt nhựa màu nhiệt dẻo hóa dầu để sử dụng trong các quy trình tạo bọt đúc phun thông thường. Cụ thể, việc ngâm tẩm sơ bộ chất thổi hóa học như ADA thường được bao gồm trong hỗn hợp chất dẻo sinh học trước khi tạo bọt. Lý do cho điều này là cần ngâm tẩm sơ bộ chất thổi hóa học, như ADA, vì việc tạo bọt đúc phun thông thường không cho phép tùy chỉnh sự thay đổi của quá trình đúc bọt. Nghĩa là, các chất thổi hóa học như ADA bị hạn chế về khả năng của chúng để biến đổi hoặc ảnh hưởng đến các khía cạnh vật lý của

quy trình tạo bột trong suốt thời điểm sản xuất.

Ngược lại, quy trình tạo bột chuyên dụng theo sáng chế được hưởng lợi từ việc tạo bột vật lý mà khí hiếm hoặc khí trơ, như nitơ, cung cấp. Trong quy trình này, khí, ví dụ, nitơ, việc định lượng có thể được điều chỉnh về nồng độ ở trong phần nóng chảy polyme sinh học và điều này có ảnh hưởng trực tiếp đến kết quả tạo bột, mà có thể được coi là ưu điểm chính để tùy chỉnh các khía cạnh cụ thể của bột tạo ra. Mặc dù tồn tại một số chất nhiệt dẻo có nguồn gốc hóa dầu mà đã biết là có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp, như copolyeste PBAT, nhưng việc sử dụng các nguyên liệu cấp có nguồn gốc tái tạo như dòng copolyeste PBAT mạch ngắn sẽ có lợi.

Ví dụ, trong việc tạo ra chất tạo bột, có thể hữu ích khi trước tiên là sản xuất hạt nhựa màu được tạo theo yêu cầu, như hỗn hợp chất dẻo sinh học được điều chỉnh để tạo ra loại bột dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp nhất định dùng cho loại sản phẩm nhất định. Ví dụ, các loại hợp chất hạt nhựa màu được tạo theo yêu cầu khác nhau có thể được sản xuất cho các loại ứng dụng sản phẩm khác nhau. Điều này có thể được giải thích bằng cách chỉ ra rằng thứ gì có hiệu quả để tạo ra loại bột cụ thể trong đôi giày, ví dụ, có thể khác với thứ cần thiết để tạo ra loại bột cụ thể, như để sử dụng trong việc tạo ra bộ phận đồ nội thất. Hơn nữa, các hạt nhựa màu được tạo theo yêu cầu mỗi chúng có thể chứa các chất màu khác nhau cho mục đích sử dụng sản phẩm nhất định. Ở đây một lần nữa, các loại sản phẩm khác nhau cần các khía cạnh tùy biến khác nhau, và khả năng sản xuất các hạt nhựa màu riêng biệt độc nhất là rất có lợi cho các mục đích sử dụng cụ thể này.

Không may là, ADA không thân thiện với môi trường và chất này bị nghi ngờ là chất gây ung thư đối với sức khỏe con người. Kết quả là, việc sử dụng chất này trong các phương pháp theo sáng chế và các sản phẩm được sản xuất theo đó bị hạn chế về các ưu điểm của nó. Ngoài ra, các nhựa hạt nhựa màu nhiệt dẻo hóa dầu thông thường không thể phân hủy sinh học cũng như không thể phân ủ công nghiệp, và do đó, các ưu điểm của chúng cũng bị hạn chế. Xem xét các thiếu sót này trong việc sử dụng ADA và các chất hóa dầu thông thường để sản xuất hạt nhựa màu, được trình bày ở đây là các nhựa polyme sinh học nhiệt dẻo có thể phân hủy sinh học, có thể phân ủ công nghiệp mà có thể được sử dụng để sản xuất hạt nhựa màu để tạo ra bột dẻo vì lẽ có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp.

Trong nhiều trường hợp, như được bàn luận ở trên, để đạt được bột dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp tối ưu hơn để sử dụng trong sản xuất các sản

phẩm cuối được đúc, ví dụ, theo cách trung hòa phát thải môi trường, hệ thống có thể phun chất lỏng siêu tới hạn vào trong quy trình đúc. Cụ thể, chất lỏng siêu tới hạn là chất (chất lỏng hoặc chất khí) ở trạng thái trên nhiệt độ tới hạn (critical temperature - T_c) và áp suất tới hạn (critical pressure - P_c). Tại điểm tới hạn này, các chất khí và các chất lỏng cùng tồn tại, và chất lỏng siêu tới hạn thể hiện các đặc tính độc đáo khác với các đặc tính của các chất lỏng hoặc các chất khí, ví dụ, trong các điều kiện tiêu chuẩn. Có ưu điểm khi sử dụng chất lỏng siêu tới hạn trơ, như nitơ, CO_2 , He, Ne, Ar, Xe, và các khí trơ như vậy khác, như ở trạng thái chất lỏng siêu tới hạn, mà các khí có thể được sử dụng theo các phương pháp được bộc lộ ở đây làm chất thổi trong quy trình tạo bọt.

Chất lỏng siêu tới hạn được nêu trên hoạt động bằng cách hòa tan trong chất nền polyme ở trong xylanh máy đúc phun. Khi quy trình đúc phun chuyên dụng phun hợp chất của chất dẻo sinh học dạng lỏng vào trong khoang khuôn phun dưới áp suất và nhiệt độ được kiểm soát, khí sẽ buộc phần nóng chảy polyme trương nở hoàn toàn đến giới hạn tối đa của khoang khuôn. Trong quy trình này, khí là hữu ích để tối đa hóa kết cấu lỗ của chất nền polyme ở trong quy trình tạo bọt. Việc tối đa hóa quy trình tạo bọt chuyên dụng này đảm bảo giảm thiểu các vết lõm hoặc cong vênh không mong muốn ở trong bộ phận được tạo bọt cuối cùng. Điều này rất khác so với các bọt dẻo được tạo ra từ chất thổi hóa học thông thường ở chỗ các chất thổi thông thường không chịu cùng loại trạng thái hoặc áp suất siêu tới hạn, và do đó, các bọt được tạo ra thông thường thiếu tính nhất quán trong bộ phận được tạo bọt cuối cùng, và chúng có thể chứa các vết lõm và cong vênh không mong muốn.

Cụ thể hơn, trong nhiều trường hợp, khí trơ, như nitơ hoặc cacbon dioxit, có thể được điều chế ở trạng thái chất lỏng siêu tới hạn, mà sau đó có thể được sử dụng làm chất tạo bọt vật lý, như trong các máy đúc phun mới và các quy trình được bàn luận ở đây. Trong trường hợp như vậy, quy trình tạo bọt vật lý được cải biến được bộc lộ có thể được sử dụng cùng với: polyme sinh học nhiệt dẻo phù hợp hoặc có thể là hạt nhựa màu polyme sinh học được trộn, sao cho polyme sinh học hoặc hỗn hợp polyme sinh học và chất tạo bọt hoạt động hài hòa để tạo ra các bọt dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp tối ưu nhất.

Các polyme sinh học, các chất dẻo sinh học, và các hỗn hợp chất dẻo sinh học phù hợp theo sáng chế có thể được dẫn xuất từ các tài nguyên có thể tái tạo, như các chất không cạnh tranh với thức ăn gia súc và thực phẩm của con người, và các chất được dẫn xuất từ các luồng phế liệu của các tài nguyên có thể tái tạo. Ví dụ không làm giới hạn về các

polyme sinh học phù hợp được tìm thấy để sử dụng trong việc tạo ra polyme sinh học hoặc hỗn hợp polyme sinh học bao gồm axit polylactic (PLA), poly(axit L-lactic) (poly(L-lactic acid) - PLLA), poly(butylene adipat-co-terephthalat) (PBAT), polycaprolacton (PCL), polyhydroxy alkanoat (PHA), polybutylen succinat (PBS), polycaprolacton (PCL), polybutylen succinat adipat (polybutylene succinate adipate - PBSA), polybutylen adipat (polybutylene adipate - PBA), và tinh bột nhiệt dẻo (thermoplastic starch - TPS). Các hỗn hợp polyme sinh học phù hợp theo sáng chế là dạng kết hợp bất kỳ của các loại polyme sinh học và chất dẻo sinh học được liệt kê ở trên, cũng như các hỗn hợp polyme sinh học lai bất kỳ bao gồm poly(butylene adipat-co-terephthalat) (PBAT) chứa sinh khối. Ví dụ không làm giới hạn về điều này là hỗn hợp PBAT chứa linhin trong đó linhin có nguồn gốc từ phế liệu gỗ và PBAT có nguồn gốc từ các tài nguyên có thể tái tạo.

Theo đó, theo các phương án khác nhau, các thiết bị đúc phun và các phương pháp sử dụng chúng được bộc lộ ở đây là hữu ích để sản xuất các bột có sự tạo mầm lỗ đồng nhất. Như được bàn luận, các thiết bị và các phương pháp sử dụng của chúng được bộc lộ ở đây có thể được sử dụng để tạo ra sự tạo mầm lỗ đồng nhất để tạo ra bột nhờ đó các hạt nhân bột được tạo ra một cách ngẫu nhiên và tự phát, và do đó phát triển không thể đảo ngược trong hệ dung dịch một pha mà có tối thiểu hoặc không có tạp chất. Ví dụ, như được trình bày ở dưới đây, theo một khía cạnh, đề xuất phương pháp sản xuất các bột dẻo và/hoặc bột cứng. Phương pháp có thể được triển khai để tạo ra bột lỗ hở hoặc bột lỗ kín, như là bột có các đặc tính có thể phân ủ, kháng vi trùng và/hoặc chống cháy vốn có.

Trong một số trường hợp, phương pháp có thể bao gồm một hoặc nhiều trong số các bước tạo ra hạt nhựa màu, như bao gồm bước trộn một hoặc nhiều nhựa, ví dụ, các nhựa mang chất đồng trùng hợp, và các thành phần tạo bột khác nhau. Trong bước tiếp theo, phương pháp có thể bao gồm bước bổ sung hợp chất kháng vi trùng sao cho vật liệu bột có thể được sử dụng trong sản xuất các bộ phận giày dép, các bộ phận đồ nội thất, thảm tập yoga, quần áo, các bộ phận đồ thể thao, các thiết bị y tế, và/hoặc các vật dụng sản xuất chịu lửa, và các vật dụng sử dụng bột phù hợp khác để có tính kháng vi trùng, kháng vi khuẩn và/hoặc kháng vi rút. Cụ thể, theo các phương pháp được bộc lộ ở đây, các sản phẩm được sản xuất có thể được sử dụng trong một loạt các ứng dụng, và nói chung, phương pháp sản xuất của chúng có thể được chia thành ba giai đoạn riêng biệt. Trước tiên, sản phẩm polyme dạng khối được tạo ra. Tiếp theo, polyme được tiếp xúc với các bước xử lý khác nhau. Cuối cùng, polyme được biến đổi thành sản phẩm cuối cùng của nó, như quần áo, các thảm

kháng vi trùng, đồ nội thất, các bộ phận xe hơi, các thảm tập yoga, các bộ phận giày, bao gồm, các đế giày, các đế giữa, các đế trong, và tương tự.

Cụ thể, dung dịch một pha này có thể được sử dụng để tạo ra các vị trí tạo mầm nơi các lỗ phát triển và được trương nở bởi sự khuếch tán của khí thành các bong bóng. Các máy móc và các quy trình được bộc lộ ở đây đặc biệt hữu ích để khởi tạo quy trình tạo bọt mà dẫn đến sự tạo ra của sự tạo mầm lỗ đồng nhất theo cách sao cho các bong bóng nhỏ được phân tán đồng đều ở trong chất nền bọt. Đặc biệt, không giống như sự tạo bọt thông thường, chất lỏng siêu tới hạn tạo ra các bọt dẻo theo sáng chế được hưởng lợi từ các đặc tính cơ học được cải thiện đáng kể mà có thể trực tiếp góp phần vào các kích thước bong bóng nhỏ. Đặc biệt hơn, các thiết bị và các phương pháp được bộc lộ ở đây được tạo kết cấu để tạo ra các đường kính bong bóng theo thứ tự từ 100 micrômet hoặc lớn hơn đến khoảng 1 micrômet hoặc nhỏ hơn, như khoảng 50 micrômet đến khoảng 10 micrômet, hoặc nhỏ hơn, như từ khoảng 20 đến khoảng 40 micrômet, bao gồm khoảng 30 micrômet và chúng được tạo ra bằng cách sử dụng các chất không ổn định nhiệt động lực học, và tất cả đều không sử dụng chất thổi hóa học thông thường trong quá trình tạo bọt.

Ví dụ, theo phương án cụ thể, hệ thống có thể được tạo kết cấu để sử dụng máy đúc phun mới theo sáng chế được bộc lộ ở đây để tạo ra bọt dẻo vi lỗ có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp mà có sự tạo mầm lỗ đồng nhất mà có thể xảy ra khi dung dịch một pha của polyme sinh học hoặc hỗn hợp polyme sinh học và chất lỏng siêu tới hạn (SCF) đi qua cổng phun vào trong khoang khuôn của máy đúc phun. Đặc biệt, như được giải thích chi tiết hơn ở dưới đây, các máy đúc phun theo sáng chế được tạo kết cấu để sản xuất vật liệu nóng chảy, như bằng cách phun tiền chất đúc vào trong khuôn để sản xuất bộ phận hoàn thiện hoặc bộ phận thành phần. Máy đúc phun có thể bao gồm phễu chứa vật liệu, con trượt phun hoặc pittông kiểu trục vít, và bộ làm nóng. Các máy đúc phun như vậy được đánh giá về trọng tải, mà thể hiện lượng lực kẹp mà máy có thể tác động.

Theo đó, phương pháp có thể bắt đầu với hợp chất của chất dẻo sinh học dạng hạt được nạp bằng con trượt cưỡng bức từ phễu vào trong xy lanh được làm nóng. Khi các hạt được chuyển động chậm về phía trước bằng pittông kiểu trục vít chuyển động qua lại chuyên dụng, chất lỏng siêu tới hạn được đưa vào qua bộ phun bằng máy phụ trợ đo siêu tới hạn riêng biệt mà có thể được nối trực tiếp với thiết bị đúc phun mà nạp vào trong trục vít. Kết quả là, chất lỏng siêu tới hạn bão hòa ở trong phần nóng chảy polyme sinh học trong suốt quá trình quay trục vít và điều này tạo ra dung dịch một pha.

Sau đó, hỗn hợp nóng chảy được ép buộc vào trong buồng được làm nóng với áp suất ngược cao nơi nó được làm nóng chảy ở nhiệt độ được điều khiển bằng giao diện máy tính. Khi pittông tiến lên, hợp chất của chất dẻo sinh học nóng chảy được ép buộc đi qua vòi phun mà tì vào khuôn, cho phép nó đi vào khoang khuôn qua cổng. Do đó, quy trình tạo bọt theo sáng chế có thể được tạo kết cấu để đưa các vật liệu polyme vào quy trình cơ học hoặc vật lý nhờ đó nhiệt và áp suất được áp dụng cho các vật liệu polyme khi có chất thổi. Chất thổi có thể có nguồn gốc hóa học, như trường hợp tạo bọt bằng EVA lỗ kín thông thường, hoặc có thể có nguồn gốc trơ, như trường hợp với các bọt dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp theo sáng chế. Theo đó, xem xét vấn đề trên, khi dung dịch đi vào khuôn, áp suất giảm xuống, khiến SCF thoát ra khỏi dung dịch mà tạo ra các hạt nhân lỗ.

Cụ thể, chất lỏng siêu tới hạn bão hòa ở trong phần nóng chảy polyme sinh học trong quá trình quay trục vít và điều này tạo ra dung dịch một pha ở nhiệt độ và áp suất nhất định. Hỗn hợp nóng chảy được ép buộc vào trong buồng khuôn được làm nóng với áp suất ngược cao và áp suất của dung dịch một pha được giảm từ áp suất quy trình vì lỗ xuống áp suất khí quyển, do đó xảy ra sự tụt áp nhanh chóng. Hiện tượng tạo mầm xảy ra do việc tách khí ra khỏi hỗn hợp. Tại thời điểm này, các hạt nhân phát triển thành các bong bóng ổn định. Kích thước bong bóng được xác định bởi độ bão hòa, áp suất quy trình vi lỗ, và nhiệt độ trộn, tất cả có thể được điều khiển bởi hệ thống và các phương pháp theo sáng chế. Kết quả là, khi hàng triệu các hạt nhân được tạo ra và các hạt nhân là ổn định, sự phát triển bong bóng bắt đầu.

Hình thái bong bóng được xác định bởi nồng độ SCF cũng như các tham số của quy trình đúc phun. Do đó, các tham số này có thể được hệ thống lựa chọn để kiểm soát để tạo ra hình thái bong bóng hữu ích và/hoặc được xác định. Khi kết thúc quá trình đúc bộ phận, khuôn được làm nguội và nhiệt độ nóng chảy giảm xuống, mà buộc phần nóng chảy đông lại và hóa rắn. Một lần nữa, các tham số này có thể được hệ thống kiểm soát sát sao, như tùy thuộc vào các sản phẩm cuối được sản xuất. Đặc biệt, tại thời điểm này các bong bóng ngừng phát triển và hình dạng của bộ phận tạo ra được cố định. Sau đó, các lỗ phát triển cho đến khi vật liệu điền đầy khuôn, và các khả năng trương nở của SCF được dùng hết.

Theo đó, trong phương pháp này, hỗn hợp polyme sinh học nóng chảy và SCF được bắn theo cách có kiểm soát vào trong khoang khuôn được làm nóng và xảy ra hiện tượng giảm áp suất đột ngột. Hàng triệu bong bóng nhỏ được tạo ra từ sự phát triển của các hạt

nhân và các bong bóng này ép buộc về mặt vật lý làm hỗn hợp nóng chảy phải trương nở đến các hạn mức tối đa của khoang khuôn. Khi hỗn hợp nóng chảy trương nở đến khả năng vật lý tối đa, vật liệu được làm nguội nhanh chóng ở trong khuôn và các bong bóng ngừng tạo ra, hỗn hợp nóng chảy ngừng trương nở, và bộ phận được hóa rắn cuối cùng được tạo ra. Tất cả điều này diễn ra trong vài giây ở trong hệ thống đúc phun.

Như được chỉ ra, phương pháp sản xuất này chạy trên các máy đúc phun được mô tả ở trên, được cải biến để điều khiển tinh chỉnh: việc đo lường, phân phối, trộn, nhiệt độ, áp suất, phun, tốc độ, và các yếu tố tương tự. Ví dụ, bộ đo phụ trợ có thể được sử dụng để kiểm soát việc đo để phân phối định lượng khí SCF chính xác vào trong phần nóng chảy polyme. Đặc biệt, máy phụ trợ định lượng khí phù hợp có thể được tạo kết cấu để chuyển đổi khí tro thành trạng thái chất lỏng siêu tới hạn, và để đo định lượng phân phối SCF vào trong máy đúc phun, như bằng cơ chế điều khiển bởi máy tính.

Ví dụ, người vận hành hoặc bộ vi điều khiển được cấu hình phù hợp có thể lập trình máy phụ trợ định lượng khí theo lượng định lượng khí SCF được xác định trước. Về cơ bản, máy phụ trợ định lượng khí là hệ thống phân phối SCF mà có thể được ghép nối theo cách điện tử và/hoặc vật lý với máy đúc phun. Cụ thể, máy phụ trợ định lượng khí SCF phù hợp để sử dụng trong sáng chế có thể được tạo kết cấu để tạo ra dây chuyền hệ thống định lượng khí mà được thiết kế để chuyển đổi khí nitơ hoặc các khí tro khác ở cấp độ công nghiệp thành chất lỏng siêu tới hạn. Thiết bị định lượng khí có thể được tạo kết cấu để định lượng chính xác và phun SCF vào trong máy đúc phun ở áp suất lên đến và thậm chí hơn 27,5 MPa (275 bar).

Để vận hành thiết bị định lượng khí, người vận hành có thể sử dụng thiết bị tính toán được kết hợp, như thiết bị tính toán loại máy tính để bàn hoặc máy tính xách tay, mà được cấu hình để tạo ra giao diện đồ họa người dùng (graphical user interface - GUI) để điều khiển các thiết bị hệ thống và các tham số điều khiển tương ứng, như thiết bị định lượng. Ví dụ, người vận hành có thể nhập các tham số được lựa chọn, ví dụ, các tham số bản định lượng khí SCF mong muốn vào trong GUI. Sau đó, phần tử xử lý của hệ thống sẽ tính toán tất cả các tham số phụ trong thời gian thực và tối ưu hóa việc phân phối SCF vào trong máy đúc phun. Kết quả là, bộ điều khiển của hệ thống đảm bảo rằng hệ thống định lượng khí và máy đúc phun hoạt động cộng sinh với nhau, như thông qua mạng điều khiển máy tính. Do đó, hệ thống định lượng khí này là thuộc tính độc nhất của sáng chế vì khí tro siêu tới hạn có thể được sử dụng dễ dàng như chất thổi vật lý để tạo ra các bọt dẻo có thể phân hủy sinh

học và có thể phân ủ công nghiệp theo sáng chế để thay thế các chất thải phản ứng hóa học được sử dụng trong các bột dẻo thông thường. Sự kiểm soát việc trộn SCF vào trong polyme sinh học này là hữu ích để tạo ra dung dịch một pha.

Hơn nữa, trong suốt phương pháp đúc phun theo sáng chế, SCF được phun vào trong phần nóng chảy polyme. Pha duy nhất của dung dịch hỗn hợp polyme-SCF thu được dưới nhiệt độ và áp suất xác định ở trong xy lanh và trục vít của máy đúc phun. Nhiệt độ và áp suất có thể được điều khiển thay đổi và liên quan trực tiếp đến loại bột dẻo được sản xuất và loại ứng dụng mà sản phẩm cuối sẽ được sử dụng cho ứng dụng đó. Trong giai đoạn này, nồng độ SCF được xác định bởi độ bão hòa, áp suất quy trình vi lỗ, và nhiệt độ trộn. Có thể đưa ra ví dụ để tạo ra bột dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp theo sáng chế để sử dụng trong việc tạo ra bộ phận đồ nội thất, bộ phận ô tô, bộ phận đồ điện kinh, và/hoặc bộ phận giày được tạo bột, cụ thể là đế giữa của giày. Ví dụ không làm giới hạn về hỗn hợp polyme sinh học phù hợp để sử dụng trong ví dụ không làm giới hạn này là polyeste sinh học PBAT có thể tái tạo nhanh chóng được tạo ra thành hợp chất polyme sinh học.

Theo đó, hợp chất polyme sinh học dạng hạt trước tiên được nạp vào trong máy đúc phun thông qua phễu. Tiếp theo, polyme sinh học được di chuyển chậm qua xy lanh và trục vít của máy đúc phun khi định lượng khí SCF cụ thể được đưa vào và được trộn đồng nhất vào trong hợp chất polyme sinh học hiện đang nóng chảy, làm bão hòa hoàn toàn nó. Hợp chất polyme sinh học nóng chảy và SCF bây giờ là dung dịch một pha. Ví dụ không làm giới hạn về nồng độ khí SCF ban đầu có thể là $Co = 0,25\%$ với phạm vi nhiệt độ nóng chảy là từ 176°C đến 250°C , và tốt hơn nữa là ở khoảng 180°C .

Ngoài ra, theo các phương án khác nhau, nhiệt độ ở trong khuôn có thể được điều khiển tinh chỉnh cùng với áp suất, như trong giao thức điều khiển nhiệt độ khuôn động (DMTC). Ví dụ, quy trình DMTC có thể được sử dụng để đảm bảo kết cấu lỗ nhất quán ở trong phần nóng chảy polyme sinh học trương nở. Cụ thể, DMTC có thể được cấu hình để bao gồm việc thay đổi và kiểm soát nhanh chóng nhiệt độ và/hoặc áp suất của khuôn trong suốt giai đoạn phun điền đầy. Điều này do đó điều khiển động nhiệt độ và/hoặc áp suất của khuôn trong cả chu kỳ nhiệt nóng và lạnh, có hoặc không có áp suất.

Ví dụ, mô đun điều khiển của hệ thống có thể được cấu hình để điều khiển nhiệt độ khuôn trong suốt giai đoạn phun điền đầy, ví dụ, trong các trường hợp như vậy, sự điều khiển nhiệt độ khuôn động có thể được sử dụng. Cụ thể hơn, so với các quy trình đúc phun

đã biết thông thường, đặc điểm quan trọng của sự điều khiển nhiệt độ khuôn động được sử dụng ở đây là chính nhiệt độ khuôn có thể được điều khiển động. Trước khi phun phần nóng chảy của dung dịch một pha, khuôn trước tiên có thể được làm nóng đến giới hạn trên cài đặt sẵn. Trong suốt giai đoạn điền đầy phần nóng chảy, nhiệt độ của bề mặt khoang khuôn có thể được giữ cao hơn giới hạn trên để ngăn phần nóng chảy khỏi hóa rắn sớm. Khi quy trình điền đầy phần nóng chảy kết thúc, khuôn được làm nguội nhanh chóng đến giới hạn dưới (nhiệt độ đẩy ra), và sau đó bộ phận bột được đúc được đẩy ra khỏi khoang khuôn.

Sự điều khiển nhiệt độ khuôn động (DMTC) như được triển khai ở đây dựa trên phương pháp điều khiển dựa trên việc làm nóng thanh điện nhanh chóng và làm nguội bằng nước nhanh chóng. Đặc biệt, DMTC được sử dụng theo sáng chế này bao gồm năm thành phần chính: bộ nén không khí, thiết bị trao đổi van, bộ điều khiển nhiệt độ khuôn được điều khiển bằng máy tính, khuôn được làm nóng bằng điện, và tháp làm nguội. Tháp làm nguội có thể được sử dụng để cung cấp đủ nước làm nguội đến khuôn. Bộ nén không khí được sử dụng để tạo ra không khí nén làm khí dẫn động của các van chạy bằng khí và loại bỏ nước làm nguội còn dư khỏi xâm nhập vào khuôn sau khi làm nguội. Thiết bị trao đổi van được sử dụng để chuyển đảo các van để truyền các môi trường khác nhau từ các đường ống đến khuôn, như chu kỳ nhiệt nóng và lạnh.

Theo đó, trong nhiều trường hợp, các máy móc và các quy trình ở đây có thể bao gồm các đường ống và các ống dẫn khác để truyền các vật liệu phản ứng, mà các ống dẫn này được kết hợp với một hoặc nhiều bộ trao đổi nhiệt, để làm nóng và/hoặc làm nguội các chất phản ứng khi chúng được bơm vào trong và/hoặc đi qua các ống dẫn và các đường ống. Trong trường hợp như vậy, bộ trao đổi có thể được điều khiển để điều chỉnh nhiệt độ đến mức phản ứng. Trên một đầu của đường ống có thể có đầu phân phối, mà có thể được kết hợp với một hoặc nhiều van. Hơn nữa, đầu phân phối có thể được nối với dây chuyền xử lý. Khuôn được làm nóng bằng điện được sử dụng để đúc hình dạng cuối cùng của các bộ phận được tạo bột. Chức năng của sự điều khiển nhiệt độ khuôn là điều khiển việc làm nóng và việc làm nguội khuôn; tất cả các điều này được điều phối với máy đúc phun bởi bộ điều khiển bằng máy tính.

Tương tự, như được chỉ ra, áp suất cũng có thể được điều khiển tinh chỉnh, như thông qua giao thức áp suất đối khí (GCP). Ví dụ, giao thức GCP có thể được sử dụng trong quy trình sản xuất để đảm bảo tốt hơn kết cấu bột tối ưu của sản phẩm cuối, và để làm như vậy theo cách mà có ít hoặc không có lớp vỏ trên bột dẻo tạo ra. Ví dụ, sử dụng quy trình

GCP này, khoang khuôn có áp suất có thể được phun với SCF, một mình và cùng nhau có thể hoạt động để chống lại sự trương nở của khí ở trong phần nóng chảy. Cụ thể, khi áp suất đối được giải phóng, các bong bóng khí mà thông thường phá thủng bề mặt sẽ bị giữ lại bên trong, tạo ra lớp vỏ trơn láng.

Quy trình áp suất đối khí này ngăn cản các bong bóng khí khỏi tiếp xúc và phá thủng bề mặt của vật liệu tạo bột khi bộ phận được tạo bột được tạo ra. Điều này đạt được nhờ áp suất đối được áp dụng bởi hệ thống GCP vào trong khoang khuôn tại hoặc quanh cùng thời điểm bắn phun dung dịch một pha nóng chảy và thời gian giữ. Các bong bóng khí trở chịu các lực lớn và do đó dung dịch một pha nóng chảy không có cơ hội giải phóng các bong bóng bị mắc kẹt ra bên ngoài kết cấu được tạo bột trong khi đang được tạo ra. Kết quả là bộ phận bột được đúc có lớp vỏ trơn láng về mặt thẩm mỹ được tạo ra ở bên ngoài của bộ phận.

Theo đó, như được triển khai ở đây, bộ điều khiển của hệ thống có thể triển khai quy trình áp suất đối khí (GCP) mà được cấu hình để cải thiện việc điều khiển quy trình tạo bột bằng cách áp dụng các áp suất khí khác nhau ở giai đoạn phun nóng chảy của quá trình đúc phun bột. Ví dụ, bằng cách điều khiển các thành phần khác nhau của hệ thống, hệ thống điều khiển có thể được cấu hình để áp dụng việc thay đổi trực tiếp chứa các áp suất dung dịch một pha SCF và áp suất GCP, như cùng với các kích cỡ bắn thích hợp, các thời gian giữ bắn, các nhiệt độ nóng chảy, và các nhiệt độ khuôn.

Theo cách này, toàn bộ hệ thống được tạo ra để nhờ đó các bộ phận bằng bột dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp, có thể chấp nhận về mặt thương mại và chất lượng cao có thể được sản xuất. Đặc biệt, các thay đổi nhỏ đối với các áp suất GCP ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt của bột. Ví dụ, nếu không sử dụng GCP, các bong bóng được tạo ra trong phần nóng chảy polyme được đặt ở trong khoang khuôn có thể giải phóng và về ngoài thẩm mỹ của bộ phận được tạo bột tạo ra có thể không thể chấp nhận. Ngoài ra, nếu không sử dụng GCP, độ dày của lớp vỏ có thể sẽ dày không mong muốn vì không có áp suất đối để chống lại sự làm nguội nhanh chóng của dung dịch một pha nóng chảy khi nó được trương nở vào trong khuôn. Cụ thể, dung dịch một pha sẽ chạm vào các biên khuôn thép trong suốt quá trình bắn phun và hóa rắn ngay lập tức với lớp vỏ dày không mong muốn, điều này sẽ không thể chấp nhận đối với hầu hết các ứng dụng thương mại. Tóm lại, các tham số của quy trình có tác động có thể chứng minh được đến chất lượng của các bộ phận cuối cùng. Theo đó, theo các cách này, quy trình GCP này có thể được triển khai theo

cách để điều khiển sự tạo bọt, như qua một hoặc nhiều chất lượng bề mặt, kết cấu bọt, độ dày của lớp vỏ, và tương tự.

Do đó, theo các phương án khác nhau, hệ thống có thể được cấu hình để tạo ra SCF theo cách để tạo ra dung dịch một pha. Cụ thể, theo các phương án khác nhau, dung dịch một pha được tạo ra, trong đó SCF có thể: được hòa tan hoàn toàn và được phân tán đồng đều trong polyme sinh học nóng chảy, mà diễn ra bên trong xylanh phun dưới các điều kiện quy trình được kiểm soát cẩn thận. Ví dụ, như được bàn luận, sự tạo ra dung dịch một pha là quan trọng để sản xuất các bộ phận bọt được đúc có thể sản xuất hàng loạt nhất quán theo sáng chế.

Kết quả là, quy trình hệ thống đúc phun phải được tạo cấu trúc để có thể điều khiển và có thể lặp lại theo cách rất nhất quán. Để đạt được điều này, dây chuyền bảo vệ thứ nhất là đảm bảo rằng các hợp chất polyme sinh học và SCF được trộn đồng nhất thành dung dịch một pha, như là dung dịch một pha được bão hòa hoàn toàn và được phân tán ở trong phần nóng chảy polyme sinh học ở trong xylanh máy đúc phun. Ngay sau khi đạt được dung dịch một pha, hệ thống có thể nhập trọng lượng bắn mong muốn, thời gian giữ bắn, và định lượng khí GCP một cách đáng tin cậy để tùy chỉnh bộ phận bọt được đúc có thể tái tạo liên tục theo cách tối ưu hóa thời gian và có thể sản xuất hàng loạt.

Vì vậy, SCF phải được đo chính xác dòng chất vào trong polyme sinh học trong khoảng thời gian cố định. Ví dụ, môđun điều khiển hệ thống có thể được cấu hình sao cho trong suốt khoảng thời gian định lượng, các điều kiện thích hợp về: nhiệt độ, áp suất và lực cắt được thiết lập ở trong xylanh. Tương tự, áp suất ngược, tốc độ trục vít và nhiệt độ xylanh có thể được điều khiển tinh chỉnh bởi một hoặc nhiều phần tử điều khiển của hệ thống. Ngoài ra, hệ thống phân phối SCF có thể được điều chỉnh để thiết lập các điều kiện quy trình mà tạo ra dung dịch một pha tối ưu.

Ví dụ, như được bàn luận ở trên, môđun điều khiển có thể được ghép nối giao tiếp với hệ thống được kết hợp với thiết bị đo dòng chất mà được cấu hình để đo tốc độ dòng chất của chất lỏng di chuyển qua một hoặc nhiều mạch dẫn, ví dụ, các ống, của hệ thống. Tốc độ dòng chất là khối lượng của chất lỏng di chuyển qua điểm cố định trong một đơn vị thời gian. Theo sáng chế, các nguyên lý của phép đo dòng chất được triển khai để đảm bảo tính lặp lại nhất quán trong quy trình đúc bọt. Đặc biệt, như được mô tả ở trên, bộ phun được thiết kế chuyên dụng được ghép nối với xylanh đúc phun mà có khả năng được điều khiển bằng chương trình được điều khiển bằng máy tính của bộ xử lý của hệ thống. Kết quả

là, hệ thống có thể được cấu hình để thực hiện phân phối định lượng khí SCF cụ thể vào trong phần nóng chảy polyme sinh học và chương trình được điều khiển bằng máy tính có thể tối ưu hóa việc phân phối dựa trên việc thu thập dữ liệu thời gian thực từ tốc độ dòng chất, như thông qua phản hồi từ một hoặc nhiều cảm biến hệ thống. Việc sử dụng phép đo dòng chất này đảm bảo các sự điều khiển quy trình tối ưu nhất cho dung dịch một pha theo sáng chế.

Theo đó, trong suốt khoảng thời gian định lượng, nhiệt độ khắp hệ thống, như ở trong xylanh, có thể được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 100°C đến 600°C, như từ 200°C đến 500°C, ví dụ, từ 300°C đến 400°C, và cụ thể hơn, trong phạm vi từ 320°C đến 380°C, bao gồm từ 360°C đến 380°C ở trong xylanh. Tương tự, áp suất phân phối SCF có thể được điều khiển tinh chỉnh để nằm trong phạm vi từ 6,895 MPa đến 55,158 MPa (1000 đến 8000 PSI), như từ 10,342 MPa đến 41,369 MPa (1500 đến 6000 PSI), ví dụ, từ 13,79 MPa đến 37,921 MPa (2000 đến 5500 PSI), cụ thể là từ 20,684 MPa đến 27,579 MPa (3000 đến 4000 PSI), và cụ thể hơn là trong phạm vi từ 17,926 MPa đến 19,305 MPa (2600 đến 2800 PSI).

Theo cách này, môđun điều khiển có thể được cấu hình sao cho nhiệt độ và áp suất hoạt động cùng nhau để tạo ra các hạt nhân tối ưu và các bong bóng tạo ra ở trong phần nóng chảy polyme sinh học và chất nền tạo bột thu được. Ngoài ra, đối với lực cắt, lực cắt được thiết lập ở trong xylanh khi các lớp polyme sinh học nóng chảy chảy tương đối với nhau. Do đó, trong suốt quá trình phun, hợp chất polyme sinh học nóng chảy có thể được chảy qua kênh phân phối phần nóng chảy của vòi phun xylanh, như trước khi đi vào khuôn giống như lỗ phun.

Quá trình cắt là sự kéo căng polyme sinh học giữa trục vít quay và xylanh đứng yên, khiến nhiệt phát triển ở trong vật liệu. Do đó, lực cắt nên được kiểm soát trong quy trình đúc phun. Kết quả là, một hoặc nhiều bộ điều khiển của hệ thống có thể được cấu hình như để điều khiển tốc độ phun, thời gian điền đầy, và dung sai trong đó để đạt được các điều kiện thích hợp để tạo ra hợp chất polyme sinh học nhất định, với kích thước máy đúc phun nhất định, và với kích thước xylanh và trục vít máy đúc phun nhất định.

Áp suất ngược cũng có thể được điều khiển. Ví dụ, áp suất ngược là áp suất trong máy đúc phun được gây ra bởi polyme sinh học khi chất này được phun vào trong khuôn. Đặc biệt, áp suất ngược là lực cản được áp đến trục vít phun khi trục vít thu hồi để tải polyme sinh học tiếp theo được bắn vào trong khuôn. Như được chỉ ra ở trên, các tham số

khác nhau của hệ thống có thể được cấu hình để điều khiển và/hoặc điều chỉnh áp suất ngược.

Hơn nữa, bộ điều khiển của hệ thống có thể được cấu hình để điều khiển và điều chỉnh tốc độ trục vít. Tốc độ trục vít có thể được điều khiển bằng bộ điều khiển bằng máy tính. Như được chỉ ra, trong suốt giai đoạn đầu của hoạt động đúc phun, trục vít quay ở trong xylanh để đồng nhất hỗn hợp hợp chất polyme sinh học đang nóng chảy cùng với khí SCF. Ví dụ không làm giới hạn về các tốc độ trục vít theo sáng chế có thể là từ 1 hoặc 5 hoặc 10 đến 75 hoặc 100 hoặc 200 vòng/phút, ví dụ, từ 20, 25, hoặc 30 đến 40, 50 hoặc 60 vòng/phút.

Hệ thống có thể bao gồm bộ điều khiển làm nóng và/hoặc làm nguội mà có thể được kết hợp với xylanh, để điều khiển nhiệt độ trong xylanh. Theo đó, môđun điều khiển có thể được cấu hình để điều khiển nhiệt độ xylanh. Do đó nhiệt độ xylanh có thể được điều khiển để làm cho nhiệt độ trong đó nóng hơn hoặc nguội hơn khi cần cho quy trình tạo bọt.

Theo đó, xem xét vấn đề ở trên, hệ thống phân phối SCF có thể bao gồm bộ điều khiển được cấu hình để điều khiển sự kết hợp giữa áp suất phân phối SCF và trọng lượng định lượng SCF, mà thường được đo bằng gam. Áp suất và định lượng SCF có thể được điều khiển theo cách để tác động đến dung dịch một pha. Nghĩa là, định lượng SCF càng nhỏ thì càng cần ít độ bão hòa SCF ở trong phần nóng chảy polyme sinh học, trong khi định lượng SCF càng lớn thì càng cần nhiều độ bão hòa SCF trong ở trong phần nóng chảy. Tương tự, áp suất phân phối SCF càng thấp, sự hấp thụ bão hòa càng thấp, và do đó sự phát triển của các hạt nhân mà có thể phát triển để tạo ra các bong bóng ở trong phần nóng chảy polyme sinh học nóng chảy càng thấp. Và áp suất phân phối SCF càng lớn, sự hấp thụ bão hòa càng lớn, và do đó, sự phát triển của các hạt nhân mà có thể phát triển để tạo ra các bong bóng ở trong phần nóng chảy polyme sinh học nóng chảy càng lớn.

Đối với độ bão hòa, hệ thống và thiết bị được tạo kết cấu để phân phối khí đến buồng làm nóng chảy dưới nhiệt độ và áp suất sao cho chất lỏng siêu tới hạn được tạo ra và bão hòa ở trong phần nóng chảy polyme sinh học, như trong suốt quá trình quay trục vít. Kết quả là, dung dịch một pha được tạo ra dưới nhiệt độ và áp suất được điều khiển. Đặc biệt, ở đây có thể thu được pha duy nhất của dung dịch hỗn hợp polyme-SCF dưới nhiệt độ và áp suất xác định ở trong xylanh và trục vít của máy đúc phun. Đặc biệt hơn, bộ điều khiển hệ thống có thể điều khiển nhiệt độ và áp suất thay đổi theo cách phụ thuộc vào loại bọt dẻo được sản xuất và loại sản phẩm cuối đang được sản xuất.

Trong giai đoạn này, nồng độ SCF có thể được xác định và được kiểm soát, như bằng vòng lặp phản hồi, nhờ đó lượng bão hòa được xác định, như thông qua cảm biến, mà đánh giá sự tiến triển của quy trình bão hòa và sau đó điều chỉnh áp suất của quy trình vi lỗ và nhiệt độ trộn dựa trên việc đạt được điểm thiết đặt xác định cho mức bão hòa. Trong trường hợp như vậy, chất lỏng siêu tới hạn (SCF) bão hòa theo cách kiểm soát ở trong phần nóng chảy polyme sinh học trong suốt quá trình quay trục vít và điều này tạo ra dung dịch một pha dưới nhiệt độ và áp suất xác định. SCF là một phần của hỗn hợp hợp chất polyme sinh học nóng chảy hai phần và nó được sử dụng làm chất thổi vật lý khi có áp suất và nhiệt độ xác định trong khuôn phun theo sáng chế.

Theo đó, xem xét vấn đề ở trên, theo một khía cạnh, được đề xuất ở đây là máy móc và phương pháp sử dụng máy móc để sản xuất bột dẻo vi lỗ có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp. Cụ thể, trong một trường hợp, bột được tạo ra và/hoặc được sử dụng trong sản xuất các sản phẩm được tạo bột, như thông qua quy trình đúc phun vi lỗ (MuCell), ví dụ, sản xuất MuCell. Việc sản xuất MuCell sử dụng chất lỏng siêu tới hạn, như được mô tả ở trên, mà chịu áp suất cực lớn và được hòa tan vào trong phần nóng chảy polyme ở trong xylanh trục vít của công cụ sản xuất, như được mô tả ở dưới, mà được tạo kết cấu để tối ưu hóa định lượng SCF nhằm mục đích tạo ra phần nóng chảy polyme sinh học nóng chảy mà được làm nóng đến trạng thái lỏng.

Do đó, ở tâm của máy đúc phun là xylanh máy đúc phun và trục vít được chứa trong xylanh, cả hai đều thường được làm từ thép công cụ. Xylanh là cổng phân phối chính cho dung dịch một pha theo sáng chế trước khi được đo lường và sau đó được ép hoặc “bắn” vào trong thành phần khuôn được điều khiển nhiệt độ động. Kết quả là, phần nóng chảy polyme sinh học được phân phối vào trong xylanh qua phễu máy đúc phun. Và bộ điều khiển hệ thống nạp lượng viên chất dẻo sinh học dạng hạt nhất định vào trong phễu làm một trong các bước đầu tiên trong vận hành máy đúc phun.

Đặc biệt, trong suốt quá trình phun, SCF bay hơi và trở thành các bong bóng khí, ví dụ, bột ở dạng các bộ phận đúc thành phẩm. Bởi vì các bong bóng đạt đến các kích thước micrômet, quy trình tạo ra bột vi lỗ. Quy trình được mô tả ở đây có ưu điểm hơn so với các công nghệ phun thông thường, vì quy trình này tạo ra sản phẩm kết quả mà chứng minh một hoặc nhiều trong số các điều sau: ít co ngót hơn, các sản phẩm có trọng lượng nhẹ, có ít vết lõm, và có thể được tạo ra bằng các tiền chất chi phí thấp. Đặc biệt hơn, đối với sự co ngót ít hơn, sự co ngót có thể được kiểm soát bằng cách hiểu rằng sự co ngót thể tích được

gây bởi sự co rút do nhiệt, mà ảnh hưởng đến tất cả các polyme, và do đó, có thể tránh được sự co ngót bằng cách theo dõi quá trình co ngót, thông qua cảm biến hệ thống, và điều khiển tinh chỉnh các điều kiện của xylan để điều chỉnh quá trình co ngót.

Về cơ bản, sự co ngót mô tả mức độ mà vật liệu thay đổi về thể tích đến mức độ đó khi vật liệu thay đổi từ dạng lỏng sang dạng rắn. Trong quá trình đúc phun thông thường, các khuôn không được điều khiển nhiệt độ với áp suất, do đó các polyme nóng chảy được sử dụng bằng các phương pháp thông thường sẽ co rút khi tiếp xúc với thép dụng cụ lạnh của khuôn phun, và điều này gây ra hiện tượng co ngót. Trong các máy móc và các hệ thống theo sáng chế, sự co ngót có thể được kiểm soát và thường không phải là vấn đề do khuôn có áp suất được điều khiển nhiệt độ mà đảm bảo polyme sinh học nóng chảy điền đầy diện tích bề mặt tối đa bên trong khuôn mà không làm nguội sớm, cũng như bản thân ứng suất đồng đều được áp dụng của khoang khuôn có áp suất hỗ trợ thêm về vấn đề này.

Về nguyên tắc chung, đối với việc sản xuất các sản phẩm có trọng lượng nhẹ, polyme càng trương nở nhiều thì trọng lượng càng giảm nhiều. Tuy nhiên, hệ thống theo sáng chế được cấu hình để tối ưu hóa dung dịch một pha bằng cách điều chỉnh các điều kiện thông qua việc áp dụng áp suất, nhiệt độ, và thời gian thích hợp, sao cho có thể đạt được chất lượng tối ưu của bột trọng lượng nhẹ. Điều này tốt cho các ứng dụng sản phẩm mà yêu cầu bột trọng lượng nhẹ, như trong phần đệm, các bột của giày dép, và các bột được sử dụng để sản xuất, ví dụ, thiết bị điện kinh. Tương tự, đối với việc kiểm soát các vết lõm trong sản xuất bột dẻo thông thường, các vết lõm và các khoảng trống được gây bởi sự co ngót cục bộ của vật liệu tại các phần dày mà không được bù đắp đủ khi bộ phận đó nguội đi.

Cụ thể, vết lõm thường xuất hiện trên bề mặt mà đối diện và/hoặc tiếp giáp với chân hoặc cạnh sườn. Điều này xảy ra do việc loại bỏ nhiệt không cân bằng và/hoặc các yếu tố tương tự. Sau khi vật liệu ở bên ngoài của bộ phận được tạo bột đã nguội và hóa rắn, vật liệu lõi bắt đầu nguội. Sự co ngót của lõi kéo bề mặt của thành chính vào trong, gây ra vết lõm. Nếu lớp vỏ đủ cứng, sự biến dạng của lớp vỏ có thể được thay thế bằng cách sự tạo ra khoảng trống trong lõi.

Không giống như các thách thức về vết lõm và khoảng trống phải đối mặt với quá trình đúc bột dẻo thông thường, cấu hình máy và các tham số hệ thống theo sáng chế có thể kiểm soát để tạo ra bột dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp theo sáng chế mà giúp giảm thiểu việc gặp phải các vấn đề này. Cụ thể, trong quy trình theo sáng chế, khí SCF được điều khiển theo cách để điều chỉnh, ví dụ, tối đa hóa, kết cấu lỗ của chất nền

polyme ở trong quy trình tạo bọt. Việc tối đa hóa quy trình tạo bọt chuyên dụng này đảm bảo tốt hơn rằng không có các vết lõm hoặc các khoảng trống không mong muốn ở trong bộ phận được tạo bọt cuối cùng.

Ngoài ra, như được chỉ ra, lợi ích hữu ích của hệ thống theo sáng chế là hệ thống này sử dụng các vật liệu chi phí thấp, và các sản phẩm cuối được sản xuất ít bị cong vênh hơn. Cụ thể, vì nhiều lý do được bàn luận ở trên, sáng chế được hưởng lợi từ quy trình trong đó khí SCF chịu trách nhiệm tối đa hóa kết cấu lỗ của chất nền polyme trong quy trình tạo bọt. Việc tối đa hóa quy trình tạo bọt chuyên dụng này đảm bảo rằng sự cong vênh ở mức tối thiểu ở trong bộ phận được tạo bọt cuối cùng.

Lợi ích khác của hệ thống theo sáng chế là hệ thống này có thể được cấu hình để kiểm soát dung sai. Ví dụ, hệ thống có thể được cấu hình để thực hiện quá trình đúc phun bọt dẻo có dung sai chặt chẽ. Cụ thể, có thể sử dụng phương pháp đúc phun bọt dẻo có dung sai chặt chẽ như được trình bày ở đây để sản xuất các bộ phận mà hoạt động trơn tru với nhau và góp phần giảm tỷ lệ hư hỏng tổng thể cho sản phẩm.

Để sản phẩm hoạt động đáng tin cậy và như mong muốn, tất cả các bộ phận của sản phẩm phải khớp với nhau một cách trơn tru. Theo đó, các thiết bị theo sáng chế và các bộ phận thành phần của chúng đã được thiết kế để kiểm soát chặt chẽ các dung sai. Thông thường, các bộ phận này được sản xuất với dung sai tốt nhất có thể. Có các phạm vi dung sai có thể chấp nhận được khác nhau; ví dụ, dung sai rất chặt chẽ là $\pm 0,00254$ cm (0,001"). Đôi khi, ngay cả vài phần nghìn inơ có thể tạo ý nghĩa khác biệt giữa bộ phận phù hợp và bộ phận không phù hợp.

Kết quả là, việc xác định các dung sai chặt chẽ sớm trong giai đoạn thiết kế là hữu ích. Điều này là do các kỹ sư thiết kế phải tính đến các yêu cầu về hình học của bộ phận được tạo bọt, kích thước tổng thể của bộ phận được tạo bọt, và độ dày của thành bộ phận được tạo bọt - tất cả đều có ảnh hưởng đến việc kiểm soát dung sai, và tất cả đều có thể làm trầm trọng thêm các vết lõm, cong vênh, và các dung sai bộ phận không nhất quán nếu không được quản lý cẩn thận. Các hệ thống và các thiết bị theo sáng chế vượt qua hầu hết các thách thức thiết kế này, trong khi vẫn sử dụng các phương pháp thiết kế tốt nhất, vì khí SCF chịu trách nhiệm tối đa hóa kết cấu lỗ của chất nền polyme trong quy trình tạo bọt. Tương tự, hệ thống có thể được cấu hình để làm nguội nhanh hơn ở trong các khuôn.

Kết quả của điều trên, các vết lõm, cong vênh, và sự không nhất quán về dung sai được giảm đáng kể. Điều này phần lớn là do các lỗ cực nhỏ có kích thước đồng đều và được

phân bố đều ở trong chất nền được tạo bọt. Theo đó, để đạt được các lợi ích này, quy trình tạo bọt vi lỗ cần được điều khiển tinh chỉnh. Ví dụ, như được chỉ ra, khi sự tạo bọt xảy ra dọc theo mặt trước phân nóng chảy, sự tiến triển có thể tạo ra các vết và các vết chảy trên bề mặt được đúc do đó gây ra các khuyết tật.

Ngoài các điều trên, các khuyết tật này có thể được giảm thiểu hơn nữa ở đây bằng cách sử dụng một hoặc nhiều công nghệ trang trí đồng phun và trong khuôn. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, điều này có thể tốn kém đến mức khó thực hiện. Tuy nhiên, hệ thống theo sáng chế khắc phục các trường hợp tốn kém đến mức khó thực hiện như vậy bằng cách lựa chọn các cơ hội sản phẩm cao cấp trong đó các giá trị gia tăng của sáng chế có thể được chấp nhận và đánh giá cao.

Cần lưu ý rằng trong nhiều trường hợp có thể có các nhược điểm đối với việc tạo bọt SCF, vì trong một số trường hợp, nó có thể gây ra các thay đổi về độ nhớt nóng chảy và các đặc tính vật lý khác. Cụ thể, khi khuếch tán đồng đều SCF vào trong phân nóng chảy polyme, dung dịch một pha, hoạt động như chất hóa dẻo thuận nghịch bằng cách làm giảm độ nhớt của polyme bằng cách tăng thể tích tự do. Hiệu ứng này cũng làm giảm nhiệt độ chuyển pha thủy tinh của các polyme cũng như độ bền kéo của chúng. Điều này có thể dẫn đến các kích thước bong bóng không đồng đều.

Các kích thước bong bóng không đồng đều có khả năng dẫn đến việc sản xuất bộ phận bọt được đúc có các đặc tính hiệu suất kỹ thuật không nhất quán khắp bộ phận và cũng có khả năng xảy ra các vấn đề thẩm mỹ không mong muốn. Đây là cả hai vấn đề khi cố gắng tạo ra bọt dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp có thể tái sản xuất một cách nhất quán mà chứa các đặc tính hiệu suất kỹ thuật giống nhau từ bộ phận này sang bộ phận khác trong suốt quá trình sản xuất hàng loạt. Hệ thống theo sáng chế được tạo kết cấu để khắc phục các khó khăn này.

Theo đó, như được bàn luận ở trên, để khắc phục các nhược điểm này, và để điều khiển tinh chỉnh hơn quy trình tạo bọt vi lỗ, áp suất đối khí (GCP) được bàn luận ở trên được sử dụng. Như được bàn luận ở trên, áp suất đối khí được điều khiển tinh chỉnh sao cho các bong bóng khí được điều chỉnh khỏi tiếp xúc và phá thủng bề mặt của vật liệu tạo bọt khi bộ phận được tạo bọt được tạo ra. Điều này đạt được nhờ áp suất đối được áp dụng bởi hệ thống GCP vào trong khoang khuôn, mà có thể ở tại hoặc quanh cùng thời điểm mà dung dịch một pha nóng chảy được phun, trong khi điều khiển thời gian giữ ở trong khuôn. Nhiệt độ và áp suất khuôn cũng có thể được điều khiển tinh chỉnh cho các mục đích này.

Ngay sau khi được phun, các bong bóng khí trở chịu các lực lớn và do đó dung dịch một pha nóng chảy không có cơ hội giải phóng các bong bóng bị mắc kẹt ra bên ngoài kết cấu được tạo bọt trong khi đang được tạo ra. Tương tự, các lực lớn được tác động lên dung dịch một pha giúp phân phối tốt hơn hàng triệu bong bóng nhỏ ở trong kết cấu tạo bọt bên trong khuôn, cũng như hỗ trợ sự nhất quán về kích thước bong bóng. Kết quả là bộ phận bọt được đúc với lớp vỏ trơn láng về mặt thẩm mỹ được tạo ra ở bên ngoài bộ phận, và kích thước bong bóng nhất quán cho các đặc tính hiệu suất kỹ thuật có thể lặp lại từ bộ phận này sang bộ phận khác trong suốt quá trình sản xuất hàng loạt.

Ví dụ, hệ thống có thể được cấu hình để cho phép đưa vào GCP để kiểm soát quy trình tạo bọt, như bằng cách áp dụng các áp suất khí và/hoặc các nhiệt độ khác nhau ở giai đoạn phun nóng chảy. Kết quả là, GCP được đưa vào trong quy trình tạo bọt ở trong khoang khuôn mà nằm trong máy đúc phun. Trước tiên, khí trơ, được bơm bởi bộ nén khí và bơm khí vào trong khoang khuôn thông qua van điều khiển khí. Cảm biến áp suất khí nạp dữ liệu thời gian thực từ giá trị điều khiển khí trở lại bộ điều khiển bằng máy tính

Hệ thống khởi tạo việc định lượng GCP vào trong khoang khuôn bằng cách thiết đặt các tham số định lượng và các thời gian giữ ở trong hệ thống máy tính. Sau đó, hệ thống máy tính khởi tạo việc định lượng GCP trở phù hợp được bắn vào trong khoang khuôn. Nếu không sử dụng GCP, phần nóng chảy polyme sinh học sẽ đi vào khoang khuôn và ngay lập tức bắt đầu tạo bọt, tạo ra các bong bóng khí không đồng đều phá thủng bề mặt và tạo ra các vết xoáy không mong muốn trên mặt ngoài của bọt, đây là vấn đề.

Tương tự, tốc độ phun cũng có thể được điều khiển tinh chỉnh, như là tốc độ phun có thể được xác định bằng sự chênh lệch giữa áp suất trực vít ($P_{\text{trực-vít}}$) và áp suất khí ($P_{\text{khí}}$). Đặc biệt, khi $P_{\text{trực-vít}}$ cao hơn một chút so với $P_{\text{khí}}$, và cả hai tham số đều đủ cao, phần nóng chảy hòa tan SCF chảy vào trong khoang khuôn mà không tạo bọt. Việc thiết đặt $P_{\text{trực-vít}}$ cao hơn $P_{\text{khí}}$ và $P_{\text{khí}}$ thấp hơn áp suất tới hạn, dẫn đến tạo bọt một phần. Cuối cùng, sự lựa chọn thích hợp của $P_{\text{trực-vít}}$, $P_{\text{khí}}$, và chênh lệch áp suất kết hợp với nhiệt độ khuôn động cho phép kiểm soát kích thước bong bóng chính xác hơn. Theo đó, bằng cách tinh chỉnh các tham số này, các vết do dòng chảy gây ra có thể được giảm thiểu nếu không được loại bỏ hoàn toàn.

Đặc biệt, các tham số này có thể được xác định một phần bằng cách xem xét hành vi của dòng chảy. Ví dụ, theo một phương án, chất lưu biến (dòng chảy) được tạo ra với hoạt động của phần nóng chảy polyme mà đã được hòa tan với 0,4% theo trọng lượng SCF của N_2 , ở các nhiệt độ khuôn khác nhau (185°C, 195°C và 205°C), các tốc độ phun (tốc độ trực

vít 5, 10 và 15mm/giây) và GCP (5, 10, 20 và 30 MPa (50, 100, 200, và 300 bar)). Trong trường hợp như vậy, tốc độ cắt đo được nằm trong khoảng 3000-11000 giây-1, và nhiệt độ chuyển pha thủy tinh, T_g , được giảm từ 96°C xuống 50°C, khi GCP là 30 MPa (300 bar). Tương tự, trong trường hợp này, so với phương pháp đúc phun thông thường, độ nhớt nóng chảy giảm xuống khoảng 30% khi GCP được tăng từ 5 đến 20 MPa (50 đến 200 bar).

Đặc biệt, khi GCP là 30 MPa (300 bar), độ nhớt của phần nóng chảy một pha được phun mà không có sự tạo bọt bất kỳ có thể giảm nhiều tới 50%, tùy thuộc vào các điều kiện phun. Điều này là hữu ích vì nó làm giảm các yêu cầu áp suất và yêu cầu nhiệt độ, do đó làm giảm chi phí sản xuất, đặc biệt là các chi phí năng lượng, và cũng giảm thời gian chu kỳ sản xuất các bộ phận tạo bọt. Kết quả là, tất cả các tham số hệ thống này đều giúp tiết kiệm năng lượng hơn do các yêu cầu về áp suất và nhiệt độ thấp hơn, và các thời gian chu kỳ ít hơn, dẫn đến nhiều bộ phận được sản xuất nhanh hơn và ít tốn kém hơn, như bằng cách chọn hợp chất polyme sinh học phù hợp và điều chỉnh các nhiệt độ, áp suất, và thời gian giữ của quy trình để phù hợp với các đặc tính cơ học của các vật liệu.

Ngoài ra, như được chỉ ra, dấu hiệu kỹ thuật quan trọng của các máy móc và các hệ thống theo sáng chế là chúng có thể được tạo kết cấu để kiểm soát kích thước bong bóng sao cho đồng đều hơn. Như được bàn luận ở trên, điều này có thể được thực hiện một phần bằng cách điều khiển nhiệt độ, áp suất, kiểm soát định lượng SCF, GCP, DMTC, và các tham số khác được bàn luận ở trên. Tất cả các thuộc tính này hoạt động cùng nhau để đảm bảo các kích thước bong bóng đồng đều, tối ưu nhất và sự phân tán đồng nhất tối ưu của chúng ở trong chất nền được tạo bọt. Hơn nữa, chất lượng bề mặt có thể được cải thiện bằng cách kiểm soát sự trôi của chất lỏng dọc theo phần phía trước nóng chảy.

Như tên gọi của nó, phần phía trước nóng chảy là điểm tại đó dung dịch một pha nóng chảy đi vào khoang đúc. Tốc độ phần phía trước nóng chảy là tốc độ tiến lên phía trước của phần phía trước nóng chảy. Đối với khuôn bất kỳ mà có dạng hình học khoang phức tạp, một phần của khoang có thể điền đầy nhanh hơn các khu vực khác. Bằng cách kiểm soát vận tốc phần phía trước nóng chảy, như bằng cách điều khiển nhiệt độ, áp suất, và kiểm soát định lượng SCF, cùng với việc điều khiển các tham số khác, có thể đạt được tốc độ điền đầy khoang khuôn đồng đều hơn, và điều này đảm bảo rằng chất lượng bề mặt của bộ phận bọt tạo ra có thể chấp nhận về mặt thẩm mỹ.

Theo đó, ngay sau khi dung dịch một pha đã được tạo ra, máy đúc phun được cải biến, như được mô tả ở trên, duy trì dung dịch ở trạng thái có áp suất cho đến khi bắt đầu

phun. Ví dụ, máy có thể được tạo kết cấu để đạt được điều này thông qua các nỗ lực kết hợp của vòi phun ngắt và điều khiển vị trí trục vít, như được chỉ ra ở trên. Cụ thể, vòi phun ngắt có thể được tạo kết cấu để hoạt động như sự kết nối giữa xylanh hóa dẻo (có trục vít chuyển động qua lại) và khuôn. Các vòi phun ngắt như vậy có thể được tự điều khiển hoặc được điều khiển từ bên ngoài, và chúng có thể được sử dụng để tránh làm chảy rơi rớt phần nóng chảy giữa các lần bắn phần nóng chảy và do đó ngăn ngừa sự giảm áp và tạo bọt sớm vào trong khuôn.

Kết quả là, vòi phun ngắt ngăn ngừa sự giảm áp và tạo bọt sớm vào trong khuôn. Ví dụ, nếu không có vòi phun ngắt, dung dịch một pha sẽ không có đủ áp suất ở trong khoang khuôn và bộ phận bột được đúc mong muốn sẽ không được tạo ra. Tương tự, sự điều khiển vị trí trục vít chủ động hoặc thụ động có thể được sử dụng để ngăn ngừa sự giảm áp thông qua chuyển động lùi của trục vít.

Cụ thể, hệ thống có thể được cấu hình để thực hiện điều khiển vị trí trục vít chủ động, như là vị trí của trục vít được giám sát liên tục, và áp lực được tác dụng lên phía sau của trục vít được điều chỉnh để duy trì điểm đặt vị trí xác định hoặc áp lực không đổi được giữ trên phía sau của trục vít. Ví dụ, trong điều khiển vị trí thụ động, dầu được sử dụng để điều chỉnh áp suất ngược được ngăn chặn không cho chảy vào trong bình chứa của nó khi kết thúc quá trình thu hồi trục vít. Dầu dư này giữ cho trục vít khỏi bị dịch chuyển ngược trở lại do áp suất của dung dịch một pha.

Ngoài ra, như được chỉ ra ở trên, thiết kế khuôn thích hợp giúp duy trì dung dịch một pha. Đặc biệt, trong các trường hợp đó, trong đó khuôn bao gồm hệ thống rãnh dẫn nóng, một hoặc nhiều cổng van có thể được bao gồm và được điều khiển để ngăn vật liệu khỏi chảy nhỏ giọt từ các vòi phun, như ngay sau khi khuôn mở. Cụ thể hơn, ở đây có thể sử dụng hệ thống rãnh dẫn nóng trong thiết bị đúc phun và có thể bao gồm hệ thống các bộ phận mà được làm nóng vật lý sao cho chúng có thể được sử dụng hiệu quả hơn để vận chuyển chất dẻo nóng chảy từ vòi phun của máy vào trong khoang dụng cụ khuôn. Ví dụ, có thể sử dụng “rãnh dẫn nguội” hoặc “rãnh dẫn nóng”, như là rãnh dẫn nguội là kênh vật lý, không được làm nóng mà được sử dụng để dẫn chất dẻo nóng chảy vào trong khoang khuôn sau khi nó ra khỏi vòi phun và các rãnh dẫn nóng được làm nóng trong khi các rãnh dẫn nguội thì không.

Tương tự, trong nhiều trường hợp, thiết bị có thể bao gồm chi tiết ngắt vòi phun mà được tạo kết cấu để ngắt tiếp xúc với bạc cuống phun trong suốt quá trình hoạt động bình

thường. Kết cấu này hữu ích trong các khuôn xếp chồng hoặc khuôn song song, mà sử dụng chức năng ngắt trên bạc cuống phun. Cụ thể, bạc cuống phun có thể được tạo kết cấu để chấp nhận vòi phun của máy và do đó cho phép các hợp chất polyme sinh học nóng chảy đi vào khuôn. Trong trường hợp phải ngắt vòi phun của máy để không tiếp xúc với bạc cuống phun, hợp chất polyme sinh học nóng chảy có thể chảy rơi rớt ngược ra khỏi bạc cuống phun và có thể xảy ra sự giảm áp của khuôn. Phần thải chảy rơi rớt nóng chảy bất kỳ làm tăng các chi phí sản xuất, ảnh hưởng xấu đến lần bắn phần nóng chảy tiếp theo, và thậm chí có thể ngăn cản việc đóng khuôn đúng cách mà có khả năng thậm chí gây ra nhiều vấn đề hơn.

Để khắc phục điều này, việc lựa chọn bạc cuống phun có chức năng ngắt có thể được áp dụng. Nếu không, áp suất từ rãnh dẫn nóng sẽ bị giảm thông qua bạc cuống phun. Cụ thể, khi bạc cuống phun cần phải ngắt, thì việc ngắt này sẽ ngăn cản áp suất tạo ra trong khuôn khỏi thoát ra, ngoài các lợi ích khác được đề cập ở trên. Sự giảm áp bất kỳ của khuôn có khả năng ngăn cản sự tạo bọt của bộ phận nóng chảy và kết quả là, bộ phận đúc mong muốn sẽ không được tạo ra.

Như được chỉ ra ở trên, nhiều chất tạo bọt khác nhau có thể được sử dụng cho việc đúc phun các bọt vi lỗ có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp. Trong các trường hợp cụ thể, các chất tạo bọt này có thể bao gồm các khí trơ và/hoặc khí hiếm, như khí nitơ trơ hoặc cacbon dioxid hoặc các khí khác có khả năng được chuyển đổi thành trạng thái chất lỏng siêu tới hạn (SCF). Theo các thiết bị, các hệ thống và các phương pháp sử dụng của chúng được bộc lộ ở đây, SCF có thể được đưa vào, ví dụ, được phun vào trong máy móc, ví dụ, đến xy lanh chứa phần nóng chảy như thông qua bộ phun được điều khiển bằng máy tính được thiết kế chuyên dụng mà có thể được ghép nối, ví dụ, được gắn, vào xy lanh máy đúc phun như để nạp chất tạo bọt vào trong phần nóng chảy polyme sinh học nóng chảy ở trong xy lanh. Bộ điều khiển máy đúc phun có thể được lập trình để phân phối lượng định lượng khí SCF cụ thể, dù là nitơ hoặc cacbon dioxid hoặc tương tự, vào trong phần nóng chảy polyme sinh học, quá trình phân phối có thể được tối ưu hóa bởi bộ điều khiển hệ thống.

Kết quả là, mỗi chất tạo bọt SCF được nêu trên đều có vai trò của nó, tùy thuộc vào các yêu cầu kỹ thuật của bộ phận cuối cùng được sản xuất. Cụ thể, như được chỉ ra, SCF hữu ích là cacbon dioxid ở trạng thái siêu tới hạn mà đậm đặc hơn nitơ ở cùng áp suất nhưng có nhiệt dung cao hơn nhiều. Các thí nghiệm đã thể hiện rằng cacbon dioxid ở trạng thái

siêu tới hạn tạo ra các bọt dày đặc mà có thể hữu ích trong một số ứng dụng phân đệm. Ngược lại, nito siêu tới hạn có thể được sử dụng để sản xuất bộ phận được tạo bọt có mật độ thấp với các lỗ nhỏ hơn mà hữu ích cho các ứng dụng giày dép và đồ thể thao theo sáng chế.

Theo đó, chất tạo bọt hữu ích để sản xuất các đồ điền kinh, như giày, là khí nito SCF vì chất này tạo ra sự giảm trọng lượng được cải thiện và kết cấu lỗ mịn ở tỷ lệ phần trăm trọng lượng thấp hơn nhiều so với cacbon dioxid SCF, nhưng đối với đồ nội thất và ô tô, chất tạo bọt hữu ích là cacbon dioxid mà tạo ra kết cấu lỗ lớn hơn nhiều, mặc dù ở kích thước và/hoặc trọng lượng lớn hơn. Đặc biệt, trong nhiều trường hợp, việc tăng cường sự giảm trọng lượng của các bộ phận được tạo bọt là đặc điểm hữu ích cho các ứng dụng sản phẩm yêu cầu trọng lượng ít nhất. Như ví dụ không làm giới hạn, nhu cầu liên tục đối với giày chạy bộ có chứa các bọt dẻo là có trọng lượng rất nhẹ và thể hiện được khả năng chịu được sự tác động mạnh lặp đi lặp lại.

Bằng cách tạo ra sự giảm trọng lượng được tăng cường với kết cấu lỗ mịn trong ví dụ được nêu trên, bộ phận bọt dẻo được đúc phun sẽ được tin tưởng vào khả năng làm tăng lên hiệu quả của người chạy bằng cách tạo ra đôi giày có trọng lượng nhẹ được chấp nhận. Ngoài ra, kết cấu lỗ mịn của bọt được nêu trên sẽ đảm bảo giày chạy bộ rất bền mà có các bộ phận thành phần có khả năng xử lý các lực va đập lặp đi lặp lại phát sinh từ việc người chạy liên tục tạo áp lực và tác động lên trên các bộ phận được tạo bọt của giày trong khi sự vận động được gia tốc.

Thực tế, các mức nito SCF thường sẽ thấp hơn ít nhất 75 phần trăm so với mức cacbon dioxid SCF cần thiết để đạt được các bộ phận tương đương. Vì vậy, các yêu cầu về mức nito SCF được giảm đáng kể khi so sánh với cacbon dioxid SCF đảm bảo tiết kiệm vật liệu tối ưu và tiết kiệm thời gian khi sản xuất hàng loạt các bọt dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp theo sáng chế như được sử dụng trong việc tạo ra các bộ phận của giày. Tuy nhiên, cacbon dioxid SCF là chất tạo bọt hữu ích trong nhiều trường hợp cụ thể, như khi việc giảm độ nhớt là mục tiêu xử lý chính, và/hoặc khi ứng dụng không thể chịu được hoạt động tạo bọt tích cực hơn của nito SCF.

Trong một số trường hợp, cacbon dioxid SCF là chất tạo bọt phù hợp, cụ thể là các bọt bán dẻo. Cả bọt dẻo và bọt bán dẻo có thể được bao gồm trong cùng hạng mục các bọt dẻo vì cả hai đều được dẫn xuất từ các polyme có nhiệt độ chuyển pha thủy tinh (T_g) thấp hơn nhiệt độ phục vụ của chúng, thường là ở nhiệt độ phòng. Trong suốt quy trình tạo bọt vật lý với chất thổi vật lý, sự suy giảm trong quá trình chuyển pha thủy tinh được nhìn thấy.

Các khác biệt về hiệu quả này của các chất tạo bọt nitơ và cacbon dioxit bắt nguồn từ hoạt động của chúng trong phần nóng chảy polyme sinh học.

Ví dụ, cacbon dioxit, mà trở thành chất lỏng SCF ở 31,1 độ C và 7,22 MPa (72,2 bar), hòa tan trong các polyme sinh học nhiều hơn 4 đến 5 lần so với nitơ, mà trở thành chất lỏng siêu tới hạn ở -147 độ C và 3,4 MPa (34 bar). Ví dụ, điểm bão hòa trong polyme sinh học chưa được điền đầy là khoảng 1,5 đến 2 phần trăm theo trọng lượng của nitơ, tùy thuộc vào các điều kiện nhiệt độ và áp suất, trong khi mức độ bão hòa của cacbon dioxit là gần 8 phần trăm theo trọng lượng. Cacbon dioxit cũng thể hiện tính linh động cao hơn trong polyme sinh học, cho phép nó di chuyển sâu hơn vào trong các bong bóng hiện có so với nitơ. Từ khía cạnh về sự tạo mầm lỗ, khả năng hòa tan và tính linh động cao hơn có nghĩa là sẽ có ít lỗ được tạo nhân hơn, và các lỗ có tạo nhân sẽ có xu hướng lớn hơn.

Tuy nhiên, khả năng hòa tan trở thành ưu điểm khi mục tiêu là giảm độ nhớt. SCF được hòa tan trong polyme sinh học hoạt động như chất tạo dẻo, làm giảm độ nhớt của polyme sinh học. Bởi vì sự giảm độ nhớt là một phần chức năng của lượng SCF được bổ sung vào polyme sinh học và vì cacbon dioxit có giới hạn hòa tan cao hơn nitơ, nên khả năng làm giảm độ nhớt bằng cacbon dioxit lớn hơn. Cacbon dioxit cũng hữu ích khi lượng nitơ cần thiết để sản xuất bộ phận quá thấp đến mức không thể xử lý các bộ phận một cách nhất quán.

Vì cacbon dioxit là chất tạo bọt kém tích cực hơn nhiều, nên có những lúc việc vận hành các mức cacbon dioxit thấp sẽ dễ dàng hơn. Ví dụ, 0,15 hoặc 0,2 phần trăm cacbon dioxit so với các mức nitơ rất thấp ở mức nhỏ hơn 0,05 phần trăm. Các trường hợp như được chỉ ra trong ví dụ trước đó chủ yếu xảy ra với các vật liệu mềm và các bộ phận có các mặt cắt ngang dày. Theo đó, chất tạo bọt vật lý, là nitơ SCF hoặc cacbon dioxit SCF hoặc SCF khác, đóng vai trò hữu ích trong các bộ phận được tạo bọt cuối cùng và các sản phẩm cuối mà chứa chúng.

Trước tiên, việc lựa chọn dạng kết hợp thích hợp của polyme sinh học hoặc hợp chất polyme sinh học tương thích và khí SCF được kết hợp là hữu ích. Thứ hai, việc sử dụng đúng cách khí SCF theo áp suất và trọng lượng định lượng tối ưu là quan trọng để đảm bảo độ bão hòa tối đa ở trong dung dịch một pha, và để đảm bảo sự tạo ra các hạt nhân tối ưu để tạo ra hàng triệu bong bóng đồng đều ở trong chất nền tạo bọt. Ngoài ra, kết quả cuối cùng, bộ phận được tạo bọt dẻo được đúc phun được tạo ra đồng nhất, dựa trên tất cả các khía cạnh của quy trình định lượng khí SCF và GCP hoạt động đồng bộ với nhiệt độ, áp suất, và

thời gian giữ của máy đúc phun để đạt được các bộ phận được tạo bọt được đúc có thể chấp nhận về mặt thương mại, như được giải thích ở trên.

Như được chỉ ra, theo một khía cạnh, đề xuất phương pháp sản xuất các bọt dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp, có lỗ hờ hoặc lỗ kín. Trong nhiều trường hợp, phương pháp sản xuất bao gồm một hoặc nhiều trong số các bước sau đây. Trước tiên, polyme sinh học nhiệt dẻo có thể được trộn vào trong hạt nhựa màu để tạo bọt. Như ví dụ không làm giới hạn, hạt nhựa màu tham khảo có thể được sản xuất bằng bộ ép đùn trực vít đôi trong đó hai hoặc nhiều polyme sinh học, các chất độn, và/hoặc các chất phụ gia có thể được trộn đồng nhất thành phần nóng chảy polyme duy nhất, như ở trong xylanh ép đùn. Hỗn hợp polyme sinh học nóng chảy sau đó được ép đùn thành dải, được làm nguội, và được tạo viên thành các hạt được gọi là hạt nhựa màu, sau đó có thể được xử lý như được mô tả ở trên. Dạng kết hợp bất kỳ của các polyme sinh học, các chất dẻo sinh học, các chất độn, các chất phụ gia, và các chất màu phù hợp có thể được đưa vào trong sản xuất hạt nhựa màu. Theo đó, ngay sau khi được sản xuất, hỗn hợp polyme sinh học nhiệt dẻo có thể được đúc phun thành hình dạng đúc phù hợp với SCF, như khí nitơ tro hoặc cacbon dioxit.

Như được mô tả ở trên, việc đúc phun theo sáng chế có thể được sử dụng trong phương pháp sản xuất để sản xuất các bộ phận bằng cách phun vật liệu nóng chảy vào trong khuôn sản phẩm. Theo sáng chế, polyme sinh học hoặc hợp chất được trộn polyme sinh học phù hợp được lựa chọn, như ở dạng hạt. Các hạt được nêu trên có thể được làm khô sơ bộ trong máy sấy viên phụ trợ để đảm bảo loại bỏ độ ẩm tiềm ẩn bất kỳ. Sau đó, các viên được làm khô sơ bộ có thể được đưa vào trong phễu của máy đúc phun. Sau đó, người vận hành sẽ lựa chọn nhiệt độ xylanh, nhiệt độ vòi phun, và các nhiệt độ khuôn tối ưu của máy đúc phun, và nhập các giá trị này bằng bộ điều khiển bằng máy tính.

Hơn nữa, tỷ lệ phần trăm định lượng khí SCF và áp suất tối ưu cũng như định lượng và áp suất khí GCP tối ưu có thể được chia tỷ lệ và các giá trị này có thể được nhập vào hoặc được xác định theo cách khác bởi bộ điều khiển hệ thống, ví dụ, theo cách động. Ngay sau khi hệ thống được cấu hình đúng cách, máy đúc phun sẵn sàng hoạt động. Các hạt có thể được giải phóng vào trong xylanh và trực vít của máy đúc phun ở lượng được quy định bởi bộ điều khiển máy tính, nơi chúng được làm nóng chảy ở nhiệt độ hoặc tập hợp nhiệt độ cụ thể.

Khí SCF được đưa vào trong xylanh máy đúc phun thông qua bộ phun SCF bằng bộ

điều khiển máy tính dưới áp suất và kích cỡ định lượng được kiểm soát. SCF bão hòa các hạt hiện đang nóng chảy và tạo ra dung dịch một pha. Sau đó, với áp suất ngược và việc định vị trực vít thích hợp, máy đúc phun đưa phần bắn dung dịch một pha được đo vào trong khoang khuôn được điều khiển nhiệt độ động. Sự phát triển của các hạt nhân được diễn qua ở trong phần nóng chảy và hàng triệu bong bóng vi lỗ được tạo ra ở trong phần nóng chảy polyme sinh học. Gần như đồng thời, hệ thống GCP đưa phần định lượng khí áp suất đối được đo sẵn vào trong khuôn bằng bộ điều khiển máy tính mà tối ưu hóa tính đồng nhất của các lỗ và tạo điều kiện cho kết cấu bề mặt để có vẻ ngoài thẩm mỹ tối ưu. Sau đó, nhiệt độ khuôn được điều khiển nhiệt độ động có thể được chuyển đảo sang làm nguội bằng nước và sự tạo ra các bong bóng và sự trương nở của phần nóng chảy dừng lại. Tại thời điểm này, bộ phận đúc bọt dẻo đã được tạo ra và được đẩy ra khỏi khuôn.

Cụ thể, như được chỉ ra ở trên, hệ thống có thể được cấu hình để thực hiện sự điều khiển nhiệt độ khuôn động, mà có thể được sử dụng để tạo ra kết cấu lỗ tối ưu. Ví dụ, như được mô tả, sự điều khiển nhiệt độ khuôn động (DMTC) thực hiện việc làm nóng thanh điện nhanh chóng và làm nguội bằng nước nhanh chóng. Cụ thể hơn, quy trình DMTC được sử dụng ở đây có thể bao gồm một hoặc nhiều trong số năm thành phần chính sau: bộ nén không khí, thiết bị trao đổi van, bộ điều khiển nhiệt độ khuôn được điều khiển bằng máy tính, khuôn được làm nóng bằng điện, và tháp làm nguội. Tháp làm nguội được tạo kết cấu để tạo ra việc làm nguội bằng nước đến khuôn, để thực hiện các hoạt động làm nguội, trong khi bộ nén không khí được tạo kết cấu phù hợp tạo ra không khí nén để dẫn động khí qua các van chạy bằng khí để loại bỏ nước làm nguội còn dư bất kỳ khỏi xâm nhập vào khuôn sau khi làm nguội. Một hoặc nhiều thiết bị trao đổi van có thể được tạo kết cấu và được sử dụng để chuyển đảo các van để truyền các môi trường khác nhau từ các đường ống máy khác nhau đến khuôn, như dùng trong chu kỳ nhiệt nóng và lạnh. Chi tiết làm nóng được điều khiển bằng điện có thể được bao gồm và được tạo kết cấu cho việc đúc hình dạng cuối cùng của các bộ phận được tạo bọt. Tháp nước và chi tiết làm nóng cùng với nhau có thể hoạt động để điều khiển tinh chỉnh nhiệt độ khuôn để việc làm nóng và làm nguội khuôn có thể được làm nóng và/hoặc làm nguội nhanh chóng khi thực hiện quy trình đúc.

Tất cả điều này được điều phối với máy đúc phun bằng bộ xử lý máy tính được cấu hình phù hợp. Chẳng hạn, ví dụ không làm giới hạn về việc điều khiển nhiệt độ nước làm nguội của hệ thống DMTC theo sáng chế có thể là 15°C đến 30°C, và ví dụ không làm giới hạn khác về phạm vi nhiệt độ chi tiết làm nóng của hệ thống DMTC có thể nằm trong phạm

vi từ 60°C đến 150°C, và có thể nằm trong phạm vi từ 90°C đến 130°C, và có thể là nhiệt độ bất kỳ ở giữa các khoảng đó. Theo các cách này, phần nóng chảy polyme sinh học, áp suất, và thời gian có thể được kiểm soát sao cho tạo ra bột dẻo mong muốn.

Cụ thể, trong suốt quy trình đúc phun theo sáng chế, SCF được phun vào trong phần nóng chảy polyme. Pha duy nhất của dung dịch hỗn hợp polyme-SCF thu được dưới nhiệt độ và áp suất xác định ở trong xylanh và trục vít của máy đúc phun. Nhiệt độ và áp suất có thể được điều khiển thay đổi bằng bộ điều khiển bằng máy tính và liên quan trực tiếp đến loại bột dẻo được sản xuất và loại ứng dụng sản phẩm cuối. Bằng cách áp dụng việc thay đổi trục vít chứa các áp suất dung dịch một pha SCF và các áp suất GCP, cùng với các kích cỡ bắn thích hợp, các thời gian giữ bắn, các nhiệt độ phần nóng chảy, và các nhiệt độ khuôn, toàn bộ hệ thống được tạo ra mà nhờ đó các bộ phận bột dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp, có thể chấp nhận về mặt thương mại và chất lượng cao có thể được sản xuất, như bằng cách sử dụng áp suất đôi khí trong quy trình đúc phun để đảm bảo kết cấu bột tối ưu với lượng khuyết tật thẩm mỹ ít nhất và có ít đến không có lớp vỏ chất dẻo ở bên ngoài bộ phận được tạo bột.

Như được chỉ ra, lợi ích hữu ích của các sản phẩm được sản xuất theo các thiết bị, các hệ thống, và các phương pháp của chúng được bộc lộ ở đây là các sản phẩm này có thể phân hủy sinh học và/hoặc có thể phân ủ, như trong quy trình phân ủ quy mô gia đình hoặc công nghiệp. Cụ thể, các hàng hóa sản xuất được tạo kết cấu để được phân hủy trong chế độ phân ủ công nghiệp đảm bảo rằng bột dẻo sẽ kéo dài tuổi thọ sử dụng của sản phẩm tạo ra, như bằng cách chức năng hóa bột dẻo theo cách để nó không bị hỏng hoặc rách trong thời gian sử dụng ở các hàng hóa thành phẩm. Ví dụ, sẽ là thiệt hại cho người mua đồ nội thất, đôi giày, hoặc thiết bị điện kinh khác mà được làm duy nhất từ bột dẻo theo sáng chế mà bị giảm chất lượng bột trong quá trình sử dụng thường xuyên trước khi hết tuổi thọ sử dụng của sản phẩm.

Cụ thể hơn, sáng chế được hưởng lợi từ việc sử dụng chất tạo bột vật lý trơ và các polyme sinh học hoặc các hợp chất polyme sinh học có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp. Hai khía cạnh này cùng với nhau để tạo ra dung dịch một pha mà được chức năng hóa ở trong hệ thống đúc phun bột dẻo chuyên dụng. Kết quả là tạo ra các bột dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp để sử dụng trong nhiều loại sản phẩm cuối; ví dụ không làm giới hạn về các bột đó là các bột giày dép để sử dụng trong sản xuất giày. Các bột dẻo tạo ra không được liên kết ngang, không có hóa chất, và lành tính

với môi trường.

Khi kết thúc vòng đời của các bọt dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp, các bọt này có thể được chuyển hướng thông qua việc phân loại rác thải đến các cơ sở phân ủ công nghiệp thích hợp, nhờ đó bọt được nghiền và được phân ủ công nghiệp thành sinh khối có thể sử dụng. Kết quả cuối cùng tạo ra hệ thống mà theo đó các khía cạnh được gọi là nền kinh tế tuần hoàn được tuân thủ. Bọt dẻo theo sáng chế bắt đầu và kết thúc là “từ bụi đến bụi” có nghĩa là quy trình sinh học tự nhiên được điều chỉnh để tạo ra các vật liệu và các sản phẩm cho con người sử dụng với lượng tác động môi trường ít nhất. Các bọt dẻo này không làm ảnh hưởng xấu đến các đặc tính hiệu suất kỹ thuật trong suốt tuổi thọ sử dụng của chúng, cũng như đến thiết kế mang nhận thức về môi trường của chúng.

Như được bàn luận ở trên đây, các thiết bị, các hệ thống, và các phương pháp sử dụng chúng ở đây có thể được sử dụng cho mục đích sản xuất một hoặc nhiều sản phẩm cuối được đúc, như dùng làm các bộ phận để sử dụng trong giày dép, ghế ngồi, ô tô, đồ bảo hộ, và/hoặc dụng cụ thể thao. Theo đó, theo các phương án khác nhau, được đề xuất ở đây là một hoặc nhiều bộ phận hữu ích trong việc chế tạo giày, như đế giày, đế giữa, và/hoặc đế trong của giày, như là đế giày tạo ra nền của giày, và được tạo kết cấu để tiếp xúc với mặt đất, đế giữa tạo ra chi tiết kết cấu và phần đệm trung gian, và đế trong được tạo kết cấu để được chèn vào trong giày và do đó tạo ra phần đệm và/hoặc phần đỡ cho giày.

Theo một số phương án, bộ phận giày có thể bao gồm vật liệu bọt được sản xuất ở đây mà có thể thân thiện với môi trường, có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ. Trong nhiều trường hợp, mỗi bộ phận riêng lẻ có thể bao gồm nhiều lớp bao gồm lớp nền và lớp đệm, như là lớp đệm. Ví dụ, theo các phương án cụ thể, có thể bao gồm chi tiết đỡ như chi tiết đỡ được ghép nối với lớp nền, và trong trường hợp bộ phận là đế trong, có thể bao gồm một hoặc nhiều trong số phần tiếp xúc vòm chân hoặc phần tiếp xúc gót chân.

Cụ thể, theo các phương án khác nhau, vật liệu được tạo bọt có thể được sản xuất, như là các vật liệu bọt có thể được sử dụng trong sản xuất các phần đệm, đồ nội thất có đệm, các bộ phận của giày, như các đế trong của giày, thảm, sợi, hàng dệt, và các loại tương tự. Các sản phẩm hữu ích khác có thể bao gồm chất trám, như chất trám silicon, găng tay y tế silicon, ống silicon dùng cho các hệ thống phân phối thuốc, các chất dính silicon, các chất bôi trơn silicon, các sơn silicon, và các sản phẩm silicon phù hợp khác, ví dụ, bao cao su. Theo các phương án khác nhau, các sản phẩm bọt có thể được sản xuất theo cách mà vật

liệu được tạo bọt có thể có một hoặc nhiều đặc tính kháng vi trùng, kháng vi khuẩn, chống nấm, kháng vi rút và/hoặc chống cháy.

Cụ thể hơn, theo một khía cạnh, sáng chế này nhìn chung có thể hướng đến phương pháp sản xuất đồ nội thất, như đồ nội thất được bọc đệm và/hoặc các phần đệm của chúng, như đồ nội thất có hoặc theo cách khác bao gồm bọt, ví dụ, mà có thể phân hủy sinh học và/hoặc có thể phân ủ. Do đó, các bọt theo sáng chế có ưu điểm để sử dụng trong sản xuất đồ nội thất bao gồm các phần lót bằng bọt được sản xuất như vậy. Các nhựa và các bọt được sản xuất và được sử dụng đã chứng minh là có các ưu điểm để sử dụng làm các vật liệu đệm dùng cho, như gối, ghế dài, giường, phần đệm ghế, hoặc dùng cho đồ nội thất được bọc đệm khác, và sản phẩm tương tự.

Ví dụ, theo các phương pháp được bộc lộ ở trên đây, có thể tạo ra khuôn của khối bọt từ nhỏ đến lớn, như để tạo ra phần lót bằng bọt, như để sử dụng trong đồ nội thất hoặc các bộ phận phụ kiện xe hơi. Sau đó, bọt khối có thể được cắt thành các khối nhỏ hơn có kích thước và hình dạng mong muốn, dựa trên loại và dạng của đồ nội thất được sản xuất. Đặc biệt, các khối được tạo kích cỡ và được cắt sau đó có thể được áp dụng hoặc theo cách khác lắp khớp ở trong đồ nội thất hoặc khung xe hơi hoặc vật liệu bao ngoài khác, chúng có thể được bao phủ cùng nhau để tạo ra sản phẩm đồ nội thất cuối cùng, dù là gối, sofa, đệm, ví dụ, phần đệm sofa hoặc xe hơi, hoặc vật dụng tương tự. Ngoài ra, nếu muốn, vật liệu bọc ngoài hoặc vật liệu bao ngoài có thể được gắn vào vật liệu khung, như bằng cách ghim, và/hoặc dán, hoặc theo cách khác được siết chặt vào khung của vật dụng cần được bọc đệm và được phủ bằng vải hoặc vật liệu khác.

Theo đó, theo các phương án khác nhau, khi sản xuất đồ nội thất được bọc đệm, như ghế dài hoặc ghế ô tô, khung có thể được sản xuất. Có thể lắp đặt các thành phần bên trong khác nhau, ví dụ, các thành phần kết cấu của đồ nội thất ở trong khung, như các lò xo hoặc các loại tương tự, và sau đó các tấm được tạo bọt, được sản xuất theo các phương pháp được bộc lộ ở trên đây, có thể được đặt trong, trên, và xung quanh các lò xo, như để làm phần đệm và/hoặc cách nhiệt. Tất nhiên, các vật liệu khác có thể được bao gồm, như các lớp bông, len, nỉ, các sản phẩm làm từ cao su, và vật liệu tương tự, và sau đó vật liệu phủ có thể được bổ sung để bao phủ khung và hoàn thiện quá trình sản xuất sản phẩm.

Đặc biệt, các bọt theo sáng chế cùng với các vật liệu khác được bộc lộ ở đây có thể hoạt động như phần đệm, hoặc phần nhồi, mà có thể được tạo hình, được điều chỉnh, và được nhồi bên dưới lớp phủ khi vật liệu phủ được kéo căng trên khung. Ngoài ra, như được

chỉ ra, trong nhiều trường hợp, các sản phẩm bọt được sản xuất ở đây là hữu ích bằng và cao hơn các sản phẩm đã biết trong tình trạng kỹ thuật do nhiều nguyên nhân, không kém phần quan trọng trong số đó là thực tế là các bọt PU và/hoặc EVA điển hình không bị phân hủy sinh học theo cách bất kỳ, trong khi thành phần của các bọt được tạo ra ở đây có thể phân hủy sinh học. Do đó, theo các phương án khác nhau, phương pháp chế tạo đồ nội thất trên khung mở được đề xuất. Ví dụ, trong một trường hợp, phương pháp có thể bao gồm một hoặc nhiều trong số các bước sau đây.

Cụ thể, phương pháp có thể bao gồm bước tạo ra khung, khung định ra phần lưng, nhiều thành bên, và các phần chỗ ngồi, như là phần khung lưng được mở rộng gần như theo chiều thẳng đứng và phần chỗ ngồi mở rộng gần như theo phương ngang, tương đối với nhau, theo cách sao cho phần chỗ ngồi giao cắt phần theo phương thẳng đứng. Phương pháp có thể còn bao gồm bước cắt tấm bọt phẳng theo kích thước và hình dạng thích hợp để tạo ra lớp đệm cho các phần lưng và phần chỗ ngồi và/hoặc phần thành bên, bước cắt vật liệu phủ phẳng theo kích thước và hình dạng thích hợp để hoàn thiện các phần lưng và phần chỗ ngồi và/hoặc phần thành bên, bước gắn các tấm bọt và vật liệu phủ lại với nhau ở các vị trí cách nhau và nén bọt để tạo ra thiết kế được xác định trước có đường viền ở bề mặt bên ngoài của nó, và để tạo ra cụm phụ gần như phẳng trong đó tấm bọt và vật liệu phủ là không có chuyển động tương đối giữa các vị trí gắn, và bước tạo hình và gắn cụm phụ vào khung. Lớp phủ cho phần đệm bọt hoặc vật dụng được bọc đệm có thể là vật liệu phủ phù hợp bất kỳ thường được sử dụng trong đồ nội thất được bọc đệm và để bọc các gối trang trí và các vật dụng tương tự, như các vải len dệt, các vải ni-lông dệt, hoặc các vải được dệt từ các loại sợi tổng hợp khác nhau khác cũng như các vật liệu như da và các vật liệu tương tự.

Hơn nữa, theo khía cạnh khác, sáng chế này nhìn chung hướng đến phương pháp sản xuất các bộ phận của giày, như các đế giày, các đế giữa, và/hoặc các đế trong của giày, như các bộ phận của giày mà chứa hoặc theo cách khác bao gồm bọt, ví dụ, bọt có thể phân hủy. Đặc biệt, theo các phương án cụ thể, các phương pháp sản xuất các đế giày, các đế giữa, các đế trong, và/hoặc các phần lót khác của giày được đề xuất. Ví dụ, phần lót giày theo sáng chế có thể ở dạng bộ phận đệm được làm phù hợp để được chèn vào hoặc theo cách khác lắp khớp ở trong giày, ví dụ, giày chạy bộ hoặc giày đế mềm, mà có thể được tạo kết cấu để làm giảm tác động của bàn chân vào bề mặt, ví dụ, mặt đất trong khi chạy hoặc đi bộ, do đó hấp thụ và/hoặc làm giảm chấn động đối với bàn chân.

Cụ thể, các bộ phận đế giày, bao gồm các đế giữa và các phần lót có thể bao gồm

một hoặc nhiều lớp. Ví dụ, trong một số trường hợp, lớp nền, lớp bọt, và/hoặc lớp vải có thể được bố trí. Đặc biệt, có thể bao gồm lớp nền bằng vật liệu đàn hồi tương đối và/hoặc lớp bọt, ví dụ, được bố trí trên lớp nền, và/hoặc lớp vải được bố trí trên lớp bọt. Theo đó, phương pháp có thể bao gồm bước tạo ra theo cách liên khối lớp nền, lớp bọt và lớp vải thành tám ba lớp. Trong nhiều trường hợp, lớp đỡ có thể được bố trí ít nhất là khu vực gót, lớp đỡ này có thể được chế tạo bằng vật liệu cứng, như có mật độ cao hơn so với mật độ của tám nhiều lớp. Có thể bố trí và sử dụng chất dính, keo, hoặc cơ chế gắn khác để gắn và tạo ra ba lớp với lớp đỡ.

Cụ thể hơn, trong các trường hợp khác, phương pháp sản xuất bộ phận giày, như phần lót, có thể bao gồm các bước: bước tạo ra lớp bọt và/hoặc tạo ra lớp vải; bước làm nóng lớp bọt; bước liên kết lớp bọt và lớp vải; bước tạo ra lớp nền, ví dụ, lớp nền có mật độ bằng, lớn hơn hoặc nhỏ hơn so với lớp bọt; và bước làm nóng ít nhất một trong số lớp nền và lớp bọt để liên kết lớp nền với lớp bọt để tạo ra tám hai lớp hoặc ba lớp.

Các phương pháp có thể còn bao gồm bước tạo ra chi tiết đỡ được tạo sẵn, như chi tiết đỡ phần vòm và/hoặc chi tiết gót, các chi tiết này có thể có mật độ gần như giống nhau, hoặc nhỏ hơn, hoặc lớn hơn so với mật độ của lớp bọt. Trong các trường hợp cụ thể, chi tiết đỡ có thể được tạo ra từ vật liệu bọt nén để thu được mật độ lớn hơn, và do đó có độ cứng lớn hơn so với độ cứng của lớp bọt. Ngoài ra, chất dính có thể hoạt động bằng nhiệt và/hoặc áp suất có thể được áp giữa chi tiết đỡ và/hoặc chi tiết gót và tám nhiều lớp. Sau đó, áp suất đúc có thể được áp cho chế phẩm để gây ra sự tạo ra và/hoặc tạo hình của tám ba lớp thành chi tiết đỡ và/hoặc chi tiết gót để tạo ra phần lót giày một mảnh liền khối, với chi tiết gót được tạo sẵn mà tạo ra phần phía sau và/hoặc chi tiết đỡ mà tạo ra phần giữa của bề mặt đáy của phần lót giày hoàn thiện, ví dụ, tại khu vực giữa và/hoặc gót của giày, và lớp nền tạo ra bề mặt đáy của phần lót giày hoàn thiện tại khu vực phía trước của giày.

Tuy nhiên, cần lưu ý rằng không cần phải bao gồm chi tiết đỡ và/hoặc chi tiết gót, và trong một số trường hợp, một hoặc nhiều trong số các thành phần tám nhiều lớp có thể được loại bỏ hoặc các lớp mỏng khác có thể được bổ sung. Cần lưu ý thêm rằng, theo một số phương án, lớp bọt có thể dẻo hơn và/hoặc phần đệm, ví dụ, có độ cứng đo lớn hơn, so với lớp nền, do đó lớp bọt này có thể dẻo hơn và/hoặc phần đệm, ví dụ, có độ cứng đo lớn hơn, so với chi tiết đỡ. Do đó, các lớp nền và bọt dẻo hơn có thể tương đối đàn hồi và có hình dạng phù hợp với kích thước và kết cấu giày mong muốn, trong khi (các) lớp đỡ có thể tương đối cứng hơn.

Cụ thể, như được chỉ ra, lớp bọt và/hoặc một hoặc nhiều trong số các lớp đỡ có thể được chế tạo bằng vật liệu bọt có thể phân hủy sinh học và/hoặc thân thiện với môi trường như được bộc lộ ở đây. Đặc biệt, lớp đỡ có thể là bọt dày đặc hơn, do đó làm cho lớp đỡ cứng hơn. Do đó, theo các phương án khác nhau, lớp bọt có thể có mật độ là khoảng $32,037 \text{ kg/m}^3$ (2 lb/ft^3) hoặc khoảng $48,055 \text{ kg/m}^3$ (3 lb/ft^3) hoặc khoảng $80,092 \text{ kg/m}^3$ (5 lb/ft^3) đến khoảng $160,185 \text{ kg/m}^3$ (10 lb/ft^3) hoặc lớn hơn, như mật độ nằm trong phạm vi giữa khoảng $64,074 - 96,111 \text{ kg/m}^3$ ($4-6 \text{ lb/ft}^3$). Ngoài ra, lớp bọt có thể có độ dày là $0,317 \text{ cm}$ ($1/8''$) +hoặc-5%, như nằm trong phạm vi độ dày là khoảng $0,238 - 0,397 \text{ cm}$ ($3/32''-5/32''$).

Tương tự, lớp nền cũng có thể có mật độ là khoảng $32,037 \text{ kg/m}^3$ (2 lb/ft^3) hoặc khoảng $48,055 \text{ kg/m}^3$ (3 lb/ft^3) hoặc khoảng $80,092 \text{ kg/m}^3$ (5 lb/ft^3) đến khoảng $160,185 \text{ kg/m}^3$ (10 lb/ft^3) hoặc lớn hơn, như mật độ nằm trong phạm vi giữa khoảng $64,074 - 96,111 \text{ kg/m}^3$ ($4-6 \text{ lb/ft}^3$). Độ dày của lớp nền có thể là khoảng $0,794 \text{ cm}$ ($5/16''$) +hoặc-10%. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, độ dày của lớp nền có thể nằm trong khoảng từ $0,635 \text{ cm}$ ($1/4''$) hoặc nhỏ hơn đến độ dày khoảng $1,111 \text{ cm}$ ($7/16''$). Đối với lớp đỡ, có thể được tạo ra chủ yếu ở các vùng vòm và/hoặc gót của phần lót, mà cũng có thể được làm bằng bọt có thể phân hủy sinh học và/hoặc có thể phân ủ được bộc lộ ở đây.

Tuy nhiên, lớp đỡ có thể được tạo ra bằng cách nén sao cho mật độ cuối cùng là khoảng $352,406 - 368,425 \text{ kg/m}^3$ ($22-23 \text{ lb/ft}^3$). Lớp vải có thể được chế tạo bằng vật liệu phù hợp bất kỳ, ví dụ, bông, polyester, hoặc sợi dệt kim polypropylen. Trong nhiều trường hợp, vật liệu và các lớp bọt có thể được tạo lớp với nhau bằng kỹ thuật tạo lớp bằng lửa mà sử dụng ngọn lửa trần hướng vào lớp bọt. Ngọn lửa trần tạo ra đủ nhiệt trên bề mặt để làm nóng chảy lớp bọt dạng tấm phẳng. Ngay sau khi được nóng chảy, lớp vải có thể được liên kết với chỗ đó và hai lớp được kẹp với nhau có thể được chạy giữa các trục cán lạnh, trong khi áp suất đủ được áp dụng giữa các trục cán để hai lớp được liên kết với nhau.

Tại thời điểm này trong quy trình, các lớp này vẫn được duy trì ở dạng tấm phẳng. Sau đó, các lớp tích hợp này có thể tiếp theo được liên kết, cũng bằng cách tạo lớp sử dụng lửa, vào lớp nền. Các lớp vật liệu và bọt được tích hợp trước đó có thể được liên kết với lớp đỡ và các lớp nhiều lớp này sau đó có thể được chạy giữa các trục cán lạnh. Ở giai đoạn này của quy trình, các lớp này vẫn ở dạng tấm phẳng. Do đó, các lớp được tạo lớp đến thời điểm này sau đó đã sẵn sàng để đúc. Điều này có thể được thực hiện bằng cách làm nóng các lớp được tạo lớp đến nhiệt độ đúc là xấp xỉ $121,111^\circ\text{C}$ (250°F), như trong khoảng thời gian là

khoảng 1 đến khoảng 5 phút hoặc hơn, ví dụ, khoảng 225 giây. Điều này làm nóng các lớp được tạo lớp trước đó đủ để cho phép chúng được chèn vào khuôn.

Sau đây là phần mô tả về các cách triển khai khác nhau của sáng chế mà có tham chiếu đến các hình vẽ kèm theo. Theo đó, theo một khía cạnh, đề xuất bộ phận giày dép. Cụ thể, như được minh họa trên Fig.1, phương án của sáng chế đề xuất bộ phận giày dép, cụ thể là đế giữa của giày bằng bột dẻo vi lỗ 100 mà được làm bằng hỗn hợp polyme sinh học nhiệt dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp 102.

Đặc biệt, đế giữa của giày bằng bột dẻo vi lỗ được đúc phun có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp được làm từ một hoặc nhiều trong số polyme sinh học và hỗn hợp polyme sinh học, như bao gồm polyme sinh học nhiệt dẻo. Cụ thể, polyme sinh học hoặc hỗn hợp polyme sinh học nhiệt dẻo được sử dụng để sản xuất các bột dẻo vi lỗ được đúc phun có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp có thể tùy chọn được tạo ra từ số lượng bất kỳ của copolyeste béo và béo-thơm, hoặc chất tương tự.

Ví dụ không làm giới hạn về các polyme sinh học phù hợp tìm thấy được sử dụng để sản xuất polyme sinh học hoặc hỗn hợp polyme sinh học bao gồm axit polylactic (PLA), poly(axit L-lactic) (PLLA), poly(butylen adipat-co-terephthalat) (PBAT), polycaprolacton (PCL), polyhydroxy alkanoat (PHA), polybutylen succinat (PBS), polycaprolacton (PCL), polybutylen succinat adipat (PBSA), polybutylen adipat (PBA), và tinh bột nhiệt dẻo (TPS). Ngoài ra, các hỗn hợp polyme sinh học lai có thể được sử dụng trong sản xuất các bột dẻo vi lỗ được đúc phun có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp. Ví dụ không làm giới hạn về hỗn hợp polyme sinh học lai bao gồm poly(butylen adipat-co-terephthalat) (PBAT) có chứa tảo.

Trong ví dụ đã cho, phần tảo của polyme sinh học lai bao gồm các loài tảo phù hợp bất kỳ ở dạng bột khô. Một số ví dụ không làm giới hạn về các loài tảo phù hợp bao gồm tảo lục lam, tảo lục, tảo đỏ, tảo nâu, và các tảo cát, và các dạng kết hợp của chúng. Bột tảo khô được nêu trên có thể được ép đùn trực vít đôi trên thiết bị tiêu chuẩn với polyme sinh học PBAT để bột tảo biến tính thành chuỗi polyme của PBAT. Do đó, điều này tạo ra polyme sinh học lai để sử dụng trong sản xuất các bột dẻo vi lỗ được đúc phun có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp theo sáng chế.

Các sản phẩm bột được sản xuất có thể bao gồm hoặc theo cách khác kết hợp một số thành phần sau: bột chất độn và/hoặc một hoặc nhiều chất phụ gia. Cụ thể, tùy thuộc vào ứng dụng, các chất phụ gia có thể cũng được sử dụng trong các chế phẩm phối chế polyme

sinh học. Ví dụ, oligomeric poly(axit aspartic-co-lactit) (PAL) có thể tùy chọn được tạo hợp chất thành hạt nhựa màu để đẩy nhanh sự phân hủy sinh học. Ngoài ra, các chất độn như canxi carbonat được kết tủa từ aragonit, tinh bột, hoặc chất tương tự có thể được sử dụng để làm giảm một phần chi phí trong khi vẫn duy trì tính toàn vẹn có thể tái tạo và có thể phân hủy sinh học của các bột dẻo thành phẩm.

Hơn nữa, các chất phụ gia bổ sung để sử dụng trong các chế phẩm phối chế polyme sinh học có thể bao gồm một hoặc nhiều trong số sau đây. Có thể bao gồm các chất tạo mầm, như đá tan vi phiến hoặc aragonit oolitic tỷ lệ phương diện cao. Các chất tạo mầm như vậy có thể cải thiện đáng kể các đặc tính chính của bột dẻo tạo ra bằng cách ngăn cản sự hợp lại của lỗ, giảm mật độ khối, và cải thiện khả năng đàn hồi bật lại, trong số các thuộc tính nâng cao có lợi khác. Một số ví dụ không làm giới hạn về các chất tạo mầm để sử dụng trong sản xuất các bột dẻo vi lỗ được đúc phun có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp là đá tan vi phiến được bán trên thị trường dưới tên Mistrocell® của Imerys Talc America Inc., Houston, Texas và aragonit oolitic tỷ lệ phương diện cao được bán trên thị trường dưới tên OceanCal® của Calcean Minerals & Materials LLC, Gadsden, Alabama.

Các chất màu, các thuốc nhuộm, và các thuốc màu cũng có thể được bao gồm. Ví dụ, các chất màu khác nhau như các thuốc nhuộm, các thuốc màu, hoặc các thuốc màu sinh học có thể tùy chọn được sử dụng trong các chế phẩm phối chế polyme sinh học theo sáng chế. Một số ví dụ không làm giới hạn là các thuốc màu tự nhiên có nguồn gốc thực vật được thiết kế riêng để sử dụng cho polyme sinh học, như nhiều loại được cung cấp bởi Treffert GmBH & Co. KG, Bingen am Rhein, Đức hoặc các loại được cung cấp bởi Holland Colours Americas Inc., Richmond, Indiana.

Có một số cấu trúc và phương án có thể được sử dụng tùy thuộc vào: các đặc tính vật lý mong muốn, và mục đích sử dụng cuối cùng của đế giữa của giày 100, có thể là dùng cho công việc, giải trí, sử dụng dưới nước hoặc tương tự, điều đó không nên bị giới hạn bởi các ví dụ này.

Thiết bị phù hợp của hệ thống có thể được minh họa trên Fig.2 và có thể được sử dụng trong sản xuất vật liệu bột như được bộc lộ ở trên đây. Ví dụ, khi sử dụng, hạt nhựa màu polyme sinh học 202 được nạp vào trong phễu 204 của máy đúc phun 206 phù hợp bất kỳ. Hạt nhựa màu polyme sinh học được hóa lỏng bằng cách làm nóng trong khi được vận chuyển qua trục vít của máy đúc phun 208. Khí nitơ hoặc CO₂ 210 được phun vào trong

phần nóng chảy polyme sinh học 212 và được trộn. Hơn nữa, hỗn hợp khí-polyme sinh học dưới áp suất và được phun vào trong dụng cụ đúc phun 214. Cùng với việc phun khí-polyme sinh học, hệ thống áp suất đối khí 216 gửi phần định lượng khí nitơ hoặc CO₂ đã đo 218 vào trong dụng cụ đúc có áp suất thông qua van điều khiển khí 220.

Ngay sau đó, hệ thống điều khiển nhiệt độ khuôn động (DMTC) 222 điều khiển và điều chỉnh nhiệt độ bên trong dụng cụ đúc 214. Sau đó, dụng cụ đúc 214 được làm nguội đủ và bộ phận được tạo bọt dẻo vi lỗ được đúc phun có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp tạo ra được đẩy ra khỏi máy đúc phun.

Fig.3 cung cấp lưu đồ để minh họa phương pháp 300 để sản xuất bọt dẻo vi lỗ được đúc phun có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp. Tại bước 302 hỗn hợp polyme sinh học được lựa chọn, và tại bước 304, hỗn hợp được hút vào trong máy đúc phun thông qua phễu chứa vật liệu. Tại bước 306, hỗn hợp polyme sinh học được hóa lỏng và được đồng nhất trong khi được vận chuyển qua trục vít của máy đúc phun. Tại bước 308, khí nitơ hoặc CO₂ được phun vào trong phần nóng chảy polyme sinh học. Tại bước 310, hỗn hợp khí-polyme sinh học dưới áp suất và được phun vào trong dụng cụ đúc phun. Tại bước 312, nhiệt độ của dụng cụ đúc phun được điều khiển động để đảm bảo kết cấu lỗ tối ưu. Tại bước 314, phần định lượng tối ưu của áp suất đối khí được áp dụng cho dụng cụ đúc phun trong khoảng thời gian đủ để đảm bảo kết cấu bọt lý tưởng với độ dày lớp vỏ tối thiểu. Tại bước 316, dụng cụ đúc phun được làm nguội đủ và bộ phận bọt được đúc tạo ra được đẩy ra khỏi máy đúc phun.

Trong một số cách triển khai, và không làm giới hạn đối với sáng chế ở đây, phương pháp sản xuất bọt dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp bao gồm các bước được chỉ ra ở dưới. Các quy trình thiết đặt xử lý xoay quanh việc thiết lập định lượng SCF được kiểm soát vào trong xylanh phun: dưới các điều kiện tốc độ trục vít, nhiệt độ, và áp suất mà dẫn đến dung dịch một pha.

Đảm bảo rằng các điều kiện cơ bản của việc định lượng SCF được đáp ứng, chủ yếu có bảy điểm thiết đặt quy trình để điều chỉnh: Áp suất phân phối SCF: Thiết đặt áp suất chất dẻo sinh học mà SCF đang định lượng chống lại áp suất này trong suốt quá trình quay trục vít. Điều này đề cập đến cả áp suất ngược polyme sinh học cụ thể trong suốt quá trình thu hồi trục vít và cả đối với việc điều khiển vị trí trục vít trong thời gian không tải của trục vít. Như ví dụ không làm giới hạn, các điểm thiết đặt áp suất để phân phối polyme sinh học có thể nằm trong phạm vi từ 13,79 MPa đến 20,684 MPa (2000 đến 3000 PSI), và tốt hơn nữa

là nằm trong phạm vi từ 18,616 MPa đến 19,305 MPa (2700 đến 2800 PSI). Điểm thiết đặt này thiết đặt vị trí trục vít mà tại đó bắt đầu định lượng SCF, sau đó có thể thiết đặt bộ phun SCF ở vị trí mở hoặc đóng. Vị trí nên được thiết đặt sao cho áp suất trong xylanh trong suốt quá trình thu hồi trục vít trở nên ổn định trước khi bắt đầu định lượng. Như ví dụ không làm giới hạn, vị trí mở có thể nằm trong phạm vi từ 0,76 cm (0,3 in) đến 1,016 cm (0,4 in).

Tỷ lệ phần trăm của kích cỡ phân bắn và SCF cũng có thể được điều khiển. Điều này kiểm soát khối lượng thực tế của SCF được định lượng trong suốt mỗi chu kỳ. Như ví dụ không làm giới hạn, kích cỡ phân bắn có thể nằm trong phạm vi từ 100 gam đến 300 gam, và tốt hơn nữa là 200 gam. Ví dụ không làm giới hạn về phần trăm SCF có thể nằm trong phạm vi từ 0,45% đến 0,75%, và tốt hơn nữa là 0,5%. Hệ thống cũng có thể được cấu hình để tối ưu hóa việc định lượng. Điều này được thực hiện bằng cách tối đa hóa thời gian định lượng và giảm thiểu tốc độ dòng chảy (sự chênh lệch áp suất giữa áp suất đo trước và áp suất phân phối). Ví dụ không làm giới hạn về thời gian định lượng là từ 1-2 giây, và tốt hơn nữa là 1,7 giây.

Sự điều khiển nhiệt độ khuôn động (DMTC) cũng có thể được thực hiện. Đây là quy trình liên quan đến sự thay đổi và điều khiển nhanh chóng nhiệt độ khuôn trong suốt giai đoạn phun điền đầy để từ đó điều khiển động nhiệt độ khuôn theo cả chu kỳ nhiệt nóng và lạnh. Trước khi phun phần nóng chảy, khuôn trước tiên được làm nóng đến giới hạn trên cài đặt sẵn. Trong suốt giai đoạn điền đầy phần nóng chảy, nhiệt độ của bề mặt khoang khuôn được giữ cao hơn giới hạn trên để ngăn phần nóng chảy khỏi hóa rắn sớm.

Khi quy trình điền đầy phần nóng chảy kết thúc, khuôn được làm nguội nhanh chóng đến giới hạn dưới được gọi là nhiệt độ đầy, là nhiệt độ mà bộ phận đó được đẩy ra khỏi khoang khuôn. Ví dụ không làm giới hạn về phạm vi nhiệt độ khuôn tối ưu theo sáng chế là từ 40°C đến 150°C với tốc độ làm nguội từ 1°C/giây đến 15°C/giây, và tốt hơn nữa là 11°C/giây. Ví dụ không làm giới hạn về thời gian làm nguội khuôn theo sáng chế là từ 80 giây đến 100 giây.

Tương tự, áp suất đối khí (GCP) cũng có thể được điều khiển. Đây là quy trình mà bao gồm khoang khuôn có áp suất được phun với khí nitơ vào để chống lại sự trương nở của khí ở trong phần nóng chảy. Khi áp suất đối được giải phóng, các bong bóng khí mà thông thường phá thủng bề mặt sẽ bị giữ lại bên trong, tạo ra lớp vỏ trơn láng. GCP kiểm soát việc tạo bọt thông qua chất lượng bề mặt, kết cấu bọt, và độ dày của lớp vỏ. Ví dụ không làm giới hạn về áp suất đối khí theo sáng chế là 0MPa/1MPa/3MPa/5MPa

(0bar/10bar/30bar/50bar) với thời gian giữ là từ 1 giây đến 25 giây, và tốt hơn nữa là 5 giây. Ví dụ không làm giới hạn về đường kính lỗ vi lỗ trung bình theo sáng chế có thể được đo bằng micrômet (μm) từ 1 micrômet đến 100 micrômet, và tốt hơn nữa là 40 micrômet.

Xem xét vấn đề ở trên, theo một số cách triển khai, hỗn hợp polyme sinh học nhiệt dẻo phù hợp được tạo ra. Ngay sau khi hỗn hợp nhiệt dẻo được tạo ra, hỗn hợp polyme sinh học nhiệt dẻo có thể được đúc phun thành hình dạng đúc phù hợp, như với việc bổ sung khí trợ, như khí nitơ. Ngoài ra, áp suất cũng có thể được điều khiển tinh chỉnh.

Ví dụ, việc sử dụng áp suất đối khí trong quy trình đúc phun có thể được triển khai. Điều này cũng hữu ích để đảm bảo hơn nữa kết cấu bọt tối ưu với lượng khuyết tật thẩm mỹ ít nhất, và có ít đến không có lớp vỏ chất dẻo ở bên ngoài bộ phận được tạo bọt, điều này quan trọng trong việc tạo ra sản phẩm được tạo bọt mà có thể có nhiều mục đích sử dụng cuối cùng, dựa trên hình dạng đúc. Quy trình đúc có thể bao gồm việc thực hiện sự điều khiển nhiệt độ khuôn động. Ví dụ, theo các phương án khác nhau, việc điều khiển động nhiệt độ của quy trình đúc là hữu ích để đạt được kết cấu lỗ tối ưu. Các yếu tố khác của quy trình đúc có thể được kiểm soát bao gồm việc kiểm soát: phần nóng chảy polyme sinh học, áp suất, và thời gian, sao cho tạo ra bọt dẻo mong muốn.

Theo đó, xem xét vấn đề ở trên, sáng chế đề cập đến quy trình tạo bọt vi lỗ được đúc phun cho các chế phẩm bọt dẻo khác nhau từ các nhựa nhiệt dẻo có nguồn gốc sinh học có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp để sử dụng trong, ví dụ, các bộ phận giày dép, các bộ phận ghế ngồi, các bộ phận đồ bảo hộ, và các phụ kiện thể thao dưới nước.

Việc tạo ra kết cấu bọt dẻo vi lỗ có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp bắt đầu bằng polyme sinh học hoặc hỗn hợp polyme sinh học phù hợp, như loại có nguồn gốc copolyeste béo và béo-thơm. Ví dụ không làm giới hạn về hỗn hợp polyme sinh học phù hợp là axit polylactic (PLA) và poly(butylen adipat-co-terephthalat) (PBAT). Các nhựa polyme sinh học nhiệt dẻo được trộn được nêu trên đã thể hiện các đặc tính kỹ thuật ưu điểm trong việc tạo ra kết cấu bọt dẻo vi lỗ tối ưu theo sáng chế. Một số đặc tính kỹ thuật nâng cao bao gồm các đặc tính lão hóa có thể chấp nhận được, độ giãn dài ưu việt, và biến dạng dư khi nén ngoại lệ, trong số các lợi ích khác.

Chỉ riêng các polyme sinh học hoặc các hỗn hợp polyme sinh học copolyeste béo và béo-thơm tối ưu không thể tạo ra bọt dẻo nếu không có chất tạo bọt và quy trình tạo bọt phù hợp. Chất tạo bọt được biết đến rộng rãi nhất đang được sử dụng ngày nay là hóa chất được gọi là azodicarbonamit (ADA). Azodicarbonamit thường được ngâm tẩm sơ bộ vào trong

các nhựa hạt nhựa màu nhiệt dẻo hóa dầu để sử dụng trong các quy trình tạo bột đúc phun thông thường. Không may là, ADA không thân thiện với môi trường, và chất này bị nghi ngờ là chất gây ung thư đối với sức khỏe con người. Ngoài ra, các nhựa hạt nhựa màu nhiệt dẻo hóa dầu thông thường không thể phân hủy sinh học cũng như không thể phân ủ công nghiệp. Để đạt được bột dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp tối ưu nhất cho sáng chế được nêu trên, khí nitơ tro hoặc cacbon dioxit ở trạng thái chất lỏng siêu tới hạn được sử dụng làm chất tạo bột vật lý trong quy trình đúc phun được cải biến. Quy trình tạo bột vật lý được cải biến được sử dụng cùng với hạt nhựa màu polyme sinh học được trộn hoặc polyme sinh học nhiệt dẻo phù hợp sao cho polyme sinh học hoặc hỗn hợp polyme sinh học và chất tạo bột hoạt động hài hòa để tạo ra các bột dẻo có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp tối ưu nhất.

Quy trình được đúc phun theo sáng chế dựa trên sự tạo mầm lỗ đồng nhất mà xảy ra khi dung dịch một pha của polyme sinh học hoặc hỗn hợp polyme sinh học và chất lỏng siêu tới hạn (SCF) đi qua cổng phun vào trong khoang khuôn. Khi dung dịch đi vào khuôn, áp suất giảm khiến SCF thoát ra khỏi dung dịch tạo ra các hạt nhân lỗ. Sau đó, các lỗ phát triển cho đến khi vật liệu điền đầy khuôn, và các khả năng trương nở của SCF được dùng hết. Quy trình sản xuất này chạy trên các máy đúc phun mà đã được cải biến để cho phép việc đo lường, phân phối, và trộn SCF vào trong polyme sinh học để tạo ra dung dịch một pha. Sự điều khiển nhiệt độ khuôn động (DMTC) được sử dụng để đảm bảo kết cấu lỗ nhất quán ở trong phần nóng chảy polyme sinh học trương nở. DMTC có thể được mô tả tốt nhất là sự thay đổi và điều khiển nhanh chóng nhiệt độ khuôn trong suốt giai đoạn phun điền đầy; điều này do đó điều khiển động nhiệt độ khuôn theo cả chu kỳ nhiệt nóng và lạnh. Áp suất đối khí (GCP) cũng được sử dụng trong quy trình sản xuất để đảm bảo kết cấu bột tối ưu có ít đến không có lớp vỏ trên bột dẻo tạo ra. GCP có thể được mô tả tốt nhất là quy trình bao gồm khoang khuôn có áp suất mà được phun với SCF vào để chống lại sự trương nở của khí ở trong phần nóng chảy. Khi áp suất đối được giải phóng, các bong bóng khí mà thông thường phá thủng bề mặt sẽ bị giữ lại bên trong, tạo ra lớp vỏ trơn láng. GCP kiểm soát việc tạo bột thông qua chất lượng bề mặt, kết cấu bột, và độ dày của lớp vỏ.

Việc tạo ra dung dịch một pha, trong đó SCF được hòa tan hoàn toàn và được phân tán đồng đều trong polyme sinh học nóng chảy, diễn ra bên trong xylanh phun dưới các điều kiện quy trình được kiểm soát cẩn thận: SCF phải được đo dòng chất chính xác vào trong polyme sinh học trong khoảng thời gian cố định. Và trong suốt khoảng thời gian định

lượng, các điều kiện thích hợp về nhiệt độ, áp suất và lực cắt có thể được thiết lập ở trong xylanh. Hệ thống điều khiển áp suất ngược, tốc độ trục vít và nhiệt độ xylanh, cũng như phân phối SCF đều đóng vai trò trong việc thiết lập các điều kiện quy trình mà tạo ra dung dịch một pha.

Ngay sau khi dung dịch một pha đã được tạo ra, máy đúc phun được cải biến duy trì dung dịch ở trạng thái có áp suất cho đến khi bắt đầu phun. Máy đạt được điều này thông qua các nỗ lực kết hợp của vòi phun ngắt và sự điều khiển vị trí trục vít. Vòi phun ngắt ngăn ngừa sự giảm áp và tạo bọt sớm vào trong khuôn. Sự điều khiển vị trí trục vít chủ động hoặc thụ động ngăn ngừa sự giảm áp thông qua chuyển động lùi của trục vít. Trong quá trình điều khiển vị trí trục vít chủ động, vị trí của trục vít được giám sát liên tục, và áp lực tác dụng lên phía sau của trục vít được điều chỉnh để duy trì điểm đặt vị trí hoặc áp lực không đổi được giữ ở phía sau của trục vít. Trong điều khiển vị trí thụ động, dầu mà được sử dụng để điều chỉnh áp suất ngược được ngăn không cho chảy vào trong bình chứa của nó khi kết thúc quá trình thu hồi trục vít. Dầu dư này giữ cho trục vít khỏi bị dịch chuyển ngược trở lại do áp suất của dung dịch một pha.

Thiết kế khuôn phù hợp cũng giúp duy trì dung dịch một pha. Các khuôn có hệ thống rãnh dẫn nóng cần có các cổng van để ngăn vật liệu khỏi chảy nhỏ giọt từ vòi phun khi khuôn mở. Các khuôn trong đó vòi phun của máy ngắt tiếp xúc với bạc cuống phun trong suốt quá trình hoạt động bình thường, như với các khuôn xếp chồng hoặc khuôn song song, yêu cầu chức năng ngắt trên bạc cuống phun. Nếu không, áp suất từ rãnh dẫn nóng sẽ bị giảm thông qua bạc cuống phun.

Chất tạo bọt được sử dụng để đúc phun các bọt vi lỗ có thể phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp là khí nitơ tro hoặc cacbon dioxit ở trạng thái chất lỏng siêu tới hạn (SCF). Mỗi chất tạo bọt được nêu trên có vai trò của nó, tùy thuộc vào các yêu cầu kỹ thuật của bộ phận cuối cùng được sản xuất.

Chất tạo bọt hữu ích cho sáng chế này là khí nitơ SCF vì chất này tạo ra sự giảm trọng lượng được cải thiện và kết cấu lỗ mịn với tỷ lệ phần trăm trọng lượng thấp hơn nhiều so với cacbon dioxit SCF. Thực tế, các mức nitơ SCF thường sẽ thấp hơn ít nhất 75 phần trăm so với mức cacbon dioxit SCF cần thiết để đạt được các bộ phận tương đương. Tuy nhiên, cacbon dioxit SCF là chất tạo bọt được ưu tiên trong hai trường hợp: khi sự giảm độ nhớt là mục tiêu xử lý chính hoặc khi ứng dụng không thể chịu được hoạt động tạo bọt tích cực hơn của nitơ SCF.

Sự khác biệt về hiệu quả của hai chất tạo bọt bắt nguồn từ hoạt động của chúng trong phần nóng chảy polyme sinh học. Cacbon dioxit, mà trở thành chất lỏng SCF ở 31,1 độ C và 7,22 MPa (72,2 bar), hòa tan trong các polyme sinh học nhiều hơn 4 đến 5 lần so với nitơ, mà trở thành chất lỏng siêu tới hạn ở -147 độ C và 3,4 MPa (34 bar). Ví dụ, điểm bão hòa trong polyme sinh học chưa được điền đầy là khoảng 1,5 đến 2 phần trăm theo trọng lượng của nitơ, tùy thuộc vào các điều kiện nhiệt độ và áp suất, trong khi mức độ bão hòa của cacbon dioxit là gần 8 phần trăm theo trọng lượng. Cacbon dioxit cũng thể hiện tính linh động cao hơn trong polyme sinh học, cho phép nó di chuyển sâu hơn vào trong các bong bóng hiện có so với nitơ. Từ khía cạnh về sự tạo mầm lỗ, khả năng hòa tan và tính linh động cao hơn có nghĩa là sẽ có ít lỗ được tạo nhân hơn, và các lỗ có tạo nhân sẽ có xu hướng lớn hơn.

Tuy nhiên, khả năng hòa tan trở thành ưu điểm khi mục tiêu là giảm độ nhớt. SCF được hòa tan trong polyme sinh học hoạt động như chất tạo dẻo, làm giảm độ nhớt của polyme sinh học. Bởi vì sự giảm độ nhớt là một phần chức năng của lượng SCF được bổ sung vào polyme sinh học và vì cacbon dioxit có giới hạn hòa tan cao hơn nitơ, nên khả năng làm giảm độ nhớt bằng cacbon dioxit lớn hơn.

Cacbon dioxit cũng được ưu tiên khi lượng nitơ cần thiết để sản xuất bộ phận quá thấp đến mức không thể xử lý các bộ phận một cách nhất quán. Vì cacbon dioxit là chất tạo bọt kém tích cực hơn nhiều, nên có những lúc việc vận hành các mức cacbon dioxit thấp sẽ dễ dàng hơn. Ví dụ, 0,15 hoặc 0,2 phần trăm cacbon dioxit so với các mức nitơ rất thấp ở mức nhỏ hơn 0,05 phần trăm. Các trường hợp như được chỉ ra trong ví dụ trước chủ yếu xảy ra với các vật liệu mềm và các bộ phận có các mặt cắt ngang dày.

Các bọt dẻo vi lỗ được đúc phun có thể tái chế và phương pháp sản xuất chúng

Các hình vẽ Fig.4 và Fig.6 minh họa bọt dẻo vi lỗ được đúc phun có thể tái chế 402 và phương pháp sản xuất chúng theo sáng chế. Tham chiếu đến Fig.4, bọt 402 tốt hơn là là bọt lỗ kín nhưng cũng có thể có khả năng được tạo ra dưới dạng bọt lỗ hở. Theo các cách triển khai khác nhau, bọt 402 có thể được tạo ra để có các đặc tính và các đặc điểm ít nhất là gần tương tự với bọt etylen vinyl axetat (EVA) không thể tái chế thông thường hoặc bọt tương tự.

Như được bàn luận chi tiết hơn ở dưới, bọt có thể tái chế 402 được tạo ra bằng cách xử lý polyme nhiệt dẻo sử dụng máy đúc phun được minh họa trên Fig.5. Polyme nhiệt dẻo được sử dụng để sản xuất bọt dẻo có thể tái chế 402 có thể tùy chọn được tạo ra từ số lượng

bất kỳ của các polyme nhiệt dẻo trên cơ sở polyamit, các chất đồng trùng hợp polyamit, hoặc chất tương tự. Ví dụ không làm giới hạn về các polyme phù hợp tìm thấy được sử dụng trong sáng chế này bao gồm polyamit 6, polyamit 6/6-6, polyamit 12. Theo cách khác, polyme nhiệt dẻo có thể bao gồm số lượng bất kỳ của các chất đồng trùng hợp khối polyamit như polyete-khối-amit (PEBA), PAE, TPA, TPE-A, COPA, hoặc tương tự. Các ví dụ không làm giới hạn khác về các polyme và các chất đồng trùng hợp phù hợp bao gồm chất đồng trùng hợp polyamit 66 được bán trên thị trường dưới tên thương mại là Vydyne của Ascend Performance Materials, LLC, Houston, TX. Nhựa polyme nhiệt dẻo được nêu trên đã thể hiện các đặc tính kỹ thuật ưu điểm trong việc tạo ra kết cấu bột dẻo vi lỗ tối ưu theo sáng chế. Một số đặc tính kỹ thuật nâng cao bao gồm các đặc tính lão hóa ngoại lệ, độ giãn dài ưu việt, độ bền kéo, và biến dạng dư khi nén, trong số các lợi ích khác.

Ngoài ra, các hỗn hợp của hai hoặc nhiều polyme nhiệt dẻo tạo ra sự kết hợp của các đặc tính và giá cả không tìm thấy được trong một polyme nhiệt dẻo. Có một số cách để trộn thành công các polyme nhiệt dẻo với nhau. Như được bàn luận chi tiết hơn ở dưới, bộ ép đùn trực vít đôi để làm nóng chảy hai hoặc nhiều polyme nhiệt dẻo với nhau và sau đó ép đùn hỗn hợp nhựa polyme nóng chảy thành dải mà được làm nguội và được nạp vào trong bộ tạo hạt để tạo ra dây chuỗi gồm các mẫu dạng viên được gọi là hạt nhựa màu. Phương pháp pha trộn nhựa polyme khác là sử dụng các chất tương hợp để liên kết các chất hóa học không giống nhau với nhau trong hỗn hợp polyme. Thông thường, phương pháp này cũng sử dụng bộ ép đùn trực vít đôi hoặc công cụ tương tự để làm nóng chảy chất tương hợp và hai hoặc nhiều polyme với nhau trong các loại polyme nhiệt dẻo không làm giới hạn được mô tả ở trên.

Theo một phương án, polyme nhiệt dẻo bao gồm ít nhất một monome hoặc polyme được dẫn xuất từ nguyên liệu cấp được tái chế sau tiêu dùng hoặc hậu công nghiệp. Ví dụ, polyme nhiệt dẻo có thể bao gồm caprolactam, polyme polyete khối amit được tái chế, hoặc tương tự. Bằng cách minh họa, caprolactam có thể được dẫn xuất từ các nguyên liệu cấp được tái chế bằng cách khử trùng hợp vật liệu hậu công nghiệp hoặc sau tiêu dùng có chứa polyamit như các lưới đánh cá, các sợi thảm, hoặc rác thải công nghiệp. Ví dụ không làm giới hạn về caprolactam được tái chế sau tiêu dùng hoặc hậu công nghiệp được khử trùng hợp bao gồm caprolactam ECONYL®, ở dạng vảy, dạng lỏng hoặc nóng chảy, được cung cấp bởi Aquafil USA Inc., Cartersville, Georgia. Ngoài ra hoặc theo cách khác, polyme nhiệt dẻo có thể bao gồm polyme polyamit được dẫn xuất từ sợi thảm polyamit hậu

công nghiệp hoặc sau tiêu dùng mà được thu gom, phân loại, nấu chảy, và xử lý lại. Một loại polyme polyamit được dẫn xuất từ sợi thảm hậu công nghiệp như vậy là Econyl được sản xuất bởi Aquafil USA Inc., Cartersville, Georgia. Ngoài ra, phế liệu polyamit, có thể được thu gom từ trong hoặc khắp các đại dương trên thế giới dưới dạng các lưới đánh cá, hoặc phế liệu tương tự như vậy sau đó có thể được phân loại, nấu chảy, và xử lý lại thành vật liệu polyamit có thể tái sử dụng sáng tạo. Polyme polyamit được dẫn xuất từ các lưới đánh cá hậu công nghiệp được thu gom làm ví dụ là Akulon Repurposed được sản xuất bởi Koninklijke DSM N.V., Heerlen, Hà Lan.

Tùy thuộc vào ứng dụng, các chất phụ gia cũng có thể được sử dụng trong các chế phẩm phối chế polyme. Ví dụ, các chất độn như canxi carbonat được kết tủa, aragonit oolitic, tinh bột, sinh khối, hoặc chất tương tự có thể được sử dụng để làm giảm một phần chi phí trong khi vẫn duy trì tính toàn vẹn có thể tái chế của các bột dẻo thành phẩm.

Hơn nữa, các chất phụ gia để sử dụng trong các chế phẩm phối chế polyme có thể bao gồm một hoặc nhiều trong số sau đây. Có thể bao gồm các chất tạo mầm, như đá tan vi phiến hoặc aragonit oolitic tỷ lệ phương diện cao. Các chất tạo mầm như vậy có thể cải thiện đáng kể các đặc tính chính của bột dẻo tạo ra bằng cách ngăn cản sự hợp lại của lỗ, giảm mật độ khối, và cải thiện khả năng đàn hồi bật lại, trong số các thuộc tính nâng cao có lợi khác. Một số ví dụ không làm giới hạn về các chất tạo mầm để sử dụng trong sản xuất các bột dẻo vi lỗ được đúc phun có thể tái chế là đá tan vi phiến được bán trên thị trường dưới tên Mistrocell® của Imerys Talc America Inc., Houston, Texas và aragonit oolitic tỷ lệ phương diện cao được bán trên thị trường dưới tên OceanCal® của Calcean Minerals & Materials LLC, Gadsden, Alabama.

Các chất màu, các thuốc nhuộm, và các thuốc màu cũng có thể được bao gồm. Ví dụ, các chất màu khác nhau như các thuốc nhuộm, các thuốc màu, hoặc các thuốc màu có thể tùy chọn được sử dụng trong các chế phẩm phối chế polyme theo sáng chế. Một số ví dụ không làm giới hạn là các thuốc màu được thiết kế riêng để sử dụng cho các loại polyme nhiệt dẻo cụ thể, như nhiều loại được cung cấp bởi Treffert GmbH & Co.KG, Bingen am Rhein, Đức hoặc các loại được cung cấp bởi Holland Colours Americas Inc., Richmond, Indiana.

Việc sử dụng các nguyên liệu cấp được tái chế để tạo ra bột dẻo vi lỗ làm giảm tác động môi trường mà thường liên quan đến việc tạo ra các bột polyme nhiệt dẻo thương mại bằng cách tìm nguồn cung ứng các vật liệu bền vững. Như được bàn luận chi tiết hơn ở

dưới, phương pháp sản xuất bột dẻo vi lỗ theo sáng chế làm tăng lợi ích môi trường bằng cách sử dụng các nguyên liệu cấp được tái chế vì các sản phẩm thu được có thể được tái chế tiếp thành các polyme nhiệt dẻo mà sau đó có thể được sử dụng để tạo ra sản phẩm mới từ bột dẻo vi lỗ hoặc theo cách khác các sản phẩm khác sử dụng các polyme nhiệt dẻo.

Phương pháp sản xuất bột dẻo

Các hình vẽ Fig.5 và Fig.6 minh họa máy đúc phun 506 và phương pháp 600 để sản xuất bột dẻo được tái chế 402 được thể hiện trên Fig.4. Do đó, theo một khía cạnh, sáng chế đề cập đến phương pháp tạo bột polyme nhiệt dẻo. Như được mô tả chi tiết hơn ở dưới, phương pháp này có thể được sử dụng để tạo ra sản phẩm bất kỳ trong số nhiều sản phẩm cuối từ bột 402 như thiết bị điện kinh kỹ thuật bao gồm các bộ phận của giày, và các sản phẩm khác có các tính năng như phần đệm, bảo vệ chống va đập, sự thoải mái, và các tính năng khác được mong muốn.

Như được thể hiện trên Fig.5, thiết bị đúc phun 506 bao gồm phễu 504 được tạo kết cấu để nhận và đưa nhiều polyme nhiệt dẻo 502 vào trong thiết bị đúc 506. Xylanh 507 được nối với phễu 504 và được tạo kết cấu để nhận polyme nhiệt dẻo 502 và bao gồm pittông kiểu trục vít chuyển động qua lại chuyên dụng 508. Xylanh 507 cũng bao gồm bộ điều khiển nhiệt độ (không được thể hiện) để làm nóng và làm nguội các vật liệu bên trong của xylanh 507. Như được thể hiện trên Fig.5, bộ điều khiển bằng máy tính 503 có thiết bị đo nhiệt độ và áp suất 505 được cấu hình để cảm biến nhiệt độ và áp suất ở trong xylanh 507. Hệ thống định lượng khí 509 được nối thông chất lỏng với xylanh 507 và bao gồm bộ đo 512 được cấu hình để nhận và đưa chất lỏng 510 vào trong xylanh 507. Hệ thống định lượng khí 509 duy trì chất lỏng 510 ở trên nhiệt độ và áp suất tới hạn (T_c và P_c , tương ứng) để tạo ra chất lỏng siêu tới hạn (SCF) 510. Trong phương pháp theo sáng chế, SCF 510 được sử dụng làm chất tạo bột vật lý mà thay thế các chất tạo bột hóa học được sử dụng trong các phương pháp sản xuất bột dẻo thông thường như azodicarbonamit (ADA). Lấy ví dụ, SCF 510 có thể bao gồm khí trơ hoặc khí hiếm như nitơ, cacbon dioxit, heli, neon, argon, hoặc xenon. Phương pháp theo sáng chế không chỉ cải thiện tác động môi trường so với các phương pháp đúc bột dẻo thông thường bằng cách loại bỏ ADA có hại cho môi trường và bị nghi ngờ gây ung thư khỏi quy trình và thay thế chất này bằng SCF trơ hoặc hiếm, mà như sẽ được bàn luận chi tiết hơn ở dưới, bột dẻo 402 theo sáng chế có thể được tái chế khi hết tuổi thọ sử dụng nhờ phương pháp được mô tả ở đây.

Tham chiếu đến Fig.6, phương pháp sản xuất bột dẻo có thể tái chế 102 có thể bắt

đầu với bước 602: bước lựa chọn polyme nhiệt dẻo 502 và cung cấp polyme nhiệt dẻo 502 vào phễu 504 của máy đúc phun 506. Sau đó, ở bước 604, polyme nhiệt dẻo 502 sau đó được nạp từ phễu 504 vào trong xylanh 507 và được làm nóng. Ở bước 606, xylanh được làm nóng 507 làm nóng chảy polyme nhiệt dẻo 502 khi pittông kiểu trục vít 508 di chuyển polyme nhiệt dẻo 502 qua máy đúc phun 506. Hơn nữa, bộ điều khiển 503 có thể được cấu hình để điều khiển và điều chỉnh tốc độ trục vít.

Ở bước 608, SCF 510 được đưa vào trong xylanh 507 thông qua bộ phun 511 qua bộ đo 512 được nối với thiết bị đúc phun 506, và SCF 510 hòa tan trong polyme nhiệt dẻo nóng chảy 502 để tạo ra dung dịch một pha. SCF 510 có thể được điều chỉnh nồng độ ở trong phần nóng chảy, mà ảnh hưởng đến mức độ tạo bọt đạt được. Tham chiếu đến Fig.5, hệ thống đo 512 được cấu hình để định lượng SCF ở lượng thích hợp vào trong polyme nhiệt dẻo nóng chảy 502. Ví dụ không làm giới hạn về nồng độ khí SCF ban đầu có thể là $Co = 0,25\%$ với phạm vi nhiệt độ nóng chảy từ 176°C đến 250°C , và tốt hơn nữa là khoảng 180°C . Hơn nữa, bộ điều khiển 503 điều khiển áp suất SCF 510 được đưa vào trong xylanh 507 thông qua bộ phun SCF. SCF 510 bão hòa polyme nhiệt dẻo nóng chảy 502 mà tạo ra dung dịch một pha được tạo ra. Hơn nữa, pittông kiểu trục vít 508 quay ở trong xylanh 507 ở tốc độ cần thiết để đồng nhất polyme nhiệt dẻo 502 và SCF 510 và tạo ra dung dịch một pha. Trục vít 508 có thể quay ở trong xylanh 507 từ 1 đến 200 vòng/phút, và tốt hơn là từ khoảng 20 vòng/phút đến khoảng 60 vòng/phút.

Đối với độ bão hòa, máy đúc phun 506 được tạo kết cấu để phân phối khí đến xylanh 507 dưới nhiệt độ và áp suất để bão hòa polyme nhiệt dẻo nóng chảy 502 trong suốt quá trình quay trục vít. Đặc biệt, bộ điều khiển 503 được cấu hình để kiểm soát sự kết hợp giữa áp suất phân phối SCF và trọng lượng định lượng SCF. Áp suất và định lượng SCF có thể được điều khiển theo cách để tác động đến dung dịch một pha. Nghĩa là, định lượng SCF càng nhỏ thì càng cần ít độ bão hòa SCF ở trong phần nóng chảy polyme sinh học, trong khi định lượng SCF càng lớn thì càng cần nhiều độ bão hòa SCF trong ở trong phần nóng chảy. Tương tự, áp suất phân phối SCF càng thấp, sự hấp thụ bão hòa càng thấp, và do đó sự phát triển của các hạt nhân mà có thể phát triển để tạo ra các bong bóng ở trong phần nóng chảy polyme sinh học nóng chảy càng thấp. Ngoài ra, áp suất phân phối SCF càng lớn, sự hấp thụ bão hòa càng lớn, và do đó, sự phát triển của các hạt nhân mà có thể phát triển để tạo ra các bong bóng ở trong phần nóng chảy polyme sinh học nóng chảy càng lớn.

Bộ điều khiển 503 điều khiển nhiệt độ và áp suất thay đổi theo cách phụ thuộc vào

loại bột dẻo được sản xuất và loại sản phẩm cuối được sản xuất. Đặc biệt, nhiệt độ khắp hệ thống, như ở trong xylanh 507, có thể được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 100°C đến 600°C, như từ 200°C đến 500°C, ví dụ, từ 300°C đến 400°C, và cụ thể hơn, trong phạm vi từ 320°C đến 380°C, bao gồm từ 360°C đến 380°C ở trong xylanh. Tương tự, áp suất phân phối SCF có thể được điều khiển tinh chỉnh để nằm trong phạm vi từ 6,895 MPa đến 55,158 MPa (1000 đến 8000 PSI), như từ 10,342 MPa đến 41,369 MPa (1500 đến 6000 PSI), ví dụ, từ 13,79 MPa đến 37,921 MPa (2000 đến 5500 PSI), cụ thể là từ 20,684 MPa đến 27,579 MPa (3000 đến 4000 PSI), và cụ thể hơn là trong phạm vi từ 17,926 MPa đến 19,305 MPa (2600 đến 2800 PSI).

Theo phương án được minh họa trên Fig.5, bộ điều khiển 503 xác định và điều khiển nồng độ SCF 510 bằng cách sử dụng cảm biến mà xác định lượng bão hòa và đánh giá sự tiến triển của quy trình bão hòa và điều chỉnh áp suất và nhiệt độ. SCF 510 bão hòa theo cách kiểm soát ở trong polyme nhiệt dẻo nóng chảy 502 trong suốt quá trình quay trục vít chuyển động qua lại 508 để tạo ra dung dịch một pha dưới nhiệt độ và áp suất xác định. SCF là một phần của hỗn hợp hợp chất polyme nhiệt dẻo nóng chảy gồm hai phần và nó được sử dụng làm chất thổi vật lý khi có áp suất và nhiệt độ xác định trong khuôn phun theo sáng chế.

Như được bàn luận chi tiết hơn ở dưới, chất tạo bột SCF 510 có thể được lựa chọn từ danh sách các chất lỏng trợ và hiếm được liệt kê ở trên dựa trên các yêu cầu kỹ thuật của sản phẩm bột dẻo 402 cuối cùng. Ví dụ, cacbon dioxit ở trạng thái siêu tới hạn của nó đậm đặc hơn nitơ ở cùng áp suất nhưng có nhiệt dung cao hơn. Cacbon dioxit ở trạng thái siêu tới hạn tạo ra các bột dày đặc mà có thể hữu ích trong một số ứng dụng phân đệm nhất định. Ngược lại, nitơ siêu tới hạn có thể được sử dụng để sản xuất bộ phận được tạo bột có mật độ thấp với các hạt nhân nhỏ hơn mà có thể được sử dụng khi tạo ra bột 402 cho giày dép và đồ thể thao.

Tuy nhiên, khả năng hòa tan trở thành ưu điểm khi mục tiêu là giảm độ nhớt. SCF được hòa tan trong polyme nhiệt dẻo có thể tái chế 502 hoạt động như chất hóa dẻo, làm giảm độ nhớt của polyme nhiệt dẻo 502. Bởi vì sự giảm độ nhớt là một phần chức năng của lượng SCF được bổ sung vào polyme nhiệt dẻo có thể tái chế 502 và vì cacbon dioxit có giới hạn hòa tan cao hơn nitơ, nên khả năng làm giảm độ nhớt bằng cacbon dioxit lớn hơn. Cacbon dioxit cũng hữu ích khi lượng nitơ cần thiết để sản xuất bộ phận quá thấp đến mức không thể xử lý sản phẩm cuối một cách nhất quán.

Vì cacbon dioxit là chất tạo bột kém tích cực hơn, nên có những lúc việc vận hành các mức cacbon dioxit thấp sẽ dễ dàng hơn. Ví dụ, 0,15 hoặc 0,2 phần trăm cacbon dioxit so với các mức nitơ rất thấp ở mức nhỏ hơn 0,05 phần trăm. Các trường hợp như được chỉ ra trong ví dụ trước đó chủ yếu xảy ra với các vật liệu mềm và các bộ phận có các mặt cắt ngang dày. Theo đó, cho dù đó là nitơ, cacbon dioxit, hoặc một trong các khí trơ và khí hiếm khác được liệt kê ở trên, chất tạo bột vật lý đóng vai trò hữu ích trong các bộ phận được tạo bột cuối cùng và các sản phẩm cuối mà chứa chúng.

Việc lựa chọn dạng kết hợp thích hợp của polyme nhiệt dẻo hoặc hợp chất polyme nhiệt dẻo tương thích và khí SCF được kết hợp là hữu ích. Thứ hai, việc sử dụng đúng cách khí SCF theo trọng lượng và áp suất định lượng tối ưu sẽ tạo ra mức bão hòa ưu tiên ở trong dung dịch một pha, và tác động đến sự tạo ra các hạt nhân (tạo ra nhiều bong bóng đồng đều ở trong chất nền tạo bột như sẽ được mô tả chi tiết hơn ở dưới). Ngoài ra, kết quả cuối cùng, bộ phận được tạo bột dẻo được đúc phun được tạo ra đồng nhất, dựa trên tất cả các khía cạnh của quy trình định lượng khí SCF và việc sử dụng áp suất đối khí hoạt động cộng sinh với nhiệt độ, áp suất, và thời gian giữ của máy đúc phun để đạt được các bộ phận được tạo bột được đúc có thể chấp nhận về mặt thương mại.

Tham chiếu đến Fig.5, trục vít chuyển động qua lại 508 còn được tạo kết cấu để nén và di chuyển polyme nhiệt dẻo nóng chảy 502 ở trong khoang của xy lanh 507. Hệ thống áp suất đối khí (GCP) 516 được cấu hình để phân phối áp suất đối khí đến xy lanh 507 để kiểm soát sự trương nở của polyme nhiệt dẻo nóng chảy 502. Theo phương án được minh họa trên Fig.5, hệ thống GCP 516 bao gồm bơm khí 515, bình chứa khí 518 bao gồm khí trơ như nitơ hoặc cacbon dioxit, bộ nén 517, cảm biến áp suất 519, và van điều khiển khí 520. Pittông kiểu trục vít chuyển động qua lại 508 và xy lanh 507 cũng được tạo kết cấu để tạo ra áp suất ngược và phân phối polyme nhiệt dẻo 502 vào trong khuôn 514 có khoang được bố trí nối thông chất lỏng với xy lanh 507, và được tạo kết cấu để nhận polyme nhiệt dẻo nóng chảy 502 (được mô tả chi tiết hơn ở dưới). Theo phương án được thể hiện trên Fig.5, pittông kiểu trục vít 508 và xy lanh 507 được tạo kết cấu để áp dụng từ khoảng 13,79 MPa đến khoảng 20,684 MPa (2000 PSI đến khoảng 3000 PSI), và tốt hơn nữa là nằm trong phạm vi từ khoảng 18,616 MPa đến khoảng 19,305 MPa (2700 PSI đến khoảng 2800 PSI). Kết cấu của pittông kiểu trục vít 508 và xy lanh 507 cũng thiết đặt vị trí mà tại đó bắt đầu định lượng SCF 510, sau đó có thể thiết đặt bộ phun SCF ở vị trí mở hoặc đóng. Vị trí nên được thiết đặt để áp suất trong xy lanh trong suốt quá trình thu hồi trục vít trở nên ổn định

trước khi bắt đầu định lượng SCF 510. Như ví dụ không làm giới hạn, vị trí mở có thể nằm trong phạm vi từ 0,76 cm (0,3 in) đến 1,016 cm (0,4 in).

Ngoài hệ thống GCP, máy đúc phun 506 được minh họa trên Fig.5 bao gồm bộ điều khiển nhiệt độ khuôn động (DMTC) 522 được cấu hình để điều khiển nhiệt độ ở trong khuôn 514. DMTC 522 có thể được sử dụng cùng với hệ thống GCP 516 để đảm bảo kết cấu lỗ nhất quán ở trong polyme nhiệt dẻo trương nở 502. DMTC 522 có thể được cấu hình để tác động đến sự thay đổi và điều khiển nhanh chóng nhiệt độ và/hoặc áp suất của khuôn trong suốt giai đoạn phun điền đầy, và điều khiển động nhiệt độ và/hoặc áp suất của khuôn thông qua việc sử dụng chu kỳ nhiệt nóng và lạnh, có hoặc không có áp suất đổi.

Tiếp tục tham chiếu đến Fig.5, bộ điều khiển 503 được cấu hình để điều khiển nhiệt độ khuôn 514 trong suốt giai đoạn phun 610 thông qua DMTC 522. Cụ thể hơn, so với các quy trình đúc phun đã biết thông thường, đặc điểm quan trọng của sự điều khiển nhiệt độ khuôn động được sử dụng ở đây là chính nhiệt độ khuôn có thể được điều khiển động. DMTC 522 được minh họa trên Fig.5 sử dụng việc làm nóng thanh điện nhanh chóng và làm nguội bằng nước nhanh chóng. Đặc biệt, DMTC 522 bao gồm năm thành phần chính: bộ nén không khí (không được thể hiện), thiết bị trao đổi van 526, bộ điều khiển nhiệt độ khuôn được điều khiển bằng máy tính (được bố trí ở trong bộ điều khiển 503), thanh làm nóng điện (được bố trí ở trong khuôn 514), và tháp làm nguội 532. Tháp làm nguội 532 có thể được sử dụng để cung cấp đủ nước làm nguội đến khuôn. Bộ nén không khí được sử dụng để tạo ra không khí nén làm khí dẫn động của các van chạy bằng khí và loại bỏ nước làm nguội còn dư khỏi xâm nhập vào khuôn sau khi làm nguội. Theo phương án được thể hiện trên Fig.5, bộ làm nóng bằng nước 534 cũng được bao gồm, và thiết bị trao đổi van 526 được sử dụng để chuyển đảo các van để truyền các môi trường khác nhau từ các đường ống đến khuôn 514, tạo ra chu kỳ nhiệt nóng và lạnh. Ví dụ, DMTC 522 có thể cung cấp nước làm nguội nằm trong phạm vi từ khoảng 15°C đến khoảng 30°C, và thanh làm nóng điện có thể làm nóng khuôn đến từ khoảng 60°C đến khoảng 150°C, và có thể làm nóng tối ưu khuôn nằm trong phạm vi từ 90°C đến 130°C.

Máy đúc phun 506 được thể hiện trên Fig.5 bao gồm các đường ống và các ống dẫn khác để các vật liệu phản ứng đi qua, các ống dẫn này được liên kết với một hoặc nhiều bộ trao đổi nhiệt, để làm nóng và/hoặc làm nguội các chất phản ứng khi chúng được bơm vào trong và/hoặc đi qua các ống dẫn và các đường ống. Trong trường hợp như vậy, bộ trao đổi có thể được điều khiển để điều chỉnh nhiệt độ đến mức phản ứng. Trên một đầu của đường

ống có thể có đầu phân phối, mà có thể được kết hợp với một hoặc nhiều van. Hơn nữa, đầu phân phối có thể được nối với dây chuyển xử lý. Khuôn được làm nóng bằng điện được sử dụng để đúc hình dạng cuối cùng của các bộ phận được tạo bọt. Chức năng của sự điều khiển nhiệt độ khuôn là điều khiển việc làm nóng và việc làm nguội khuôn; tất cả các điều này được điều phối với máy đúc phun bởi bộ điều khiển bằng máy tính.

Theo đó, như được triển khai ở đây, bộ điều khiển 503 thực hiện tạo áp suất đối khí để cải thiện việc kiểm soát quy trình tạo bọt bằng cách áp các áp suất khí khác nhau ở giai đoạn phun như được mô tả ở dưới. Bộ điều khiển 503 được cấu hình để thao tác với hệ thống GCP 516 và DMTC 522 để điều chỉnh nhiệt độ và áp suất và do đó kiểm soát sự tạo mầm và các bong bóng tạo ra ở trong polyme nhiệt dẻo nóng chảy 502 và chất nền tạo bọt tạo ra.

Như được minh họa trên Fig.6, trong bước 610 pittông nhiệt dẻo 508 tiến lên ép buộc polyme nhiệt dẻo nóng chảy 502 đi qua vòi phun (không được thể hiện) mà tì vào và phun polyme nhiệt dẻo 502 vào trong khuôn 514. Máy đúc phun 506 gửi phần bắn polyme nhiệt dẻo một pha được đo 502 vào trong khoang khuôn 514 được điều khiển nhiệt độ động. Trước bước phun 610, DMTC 522 làm nóng khuôn 514 đến giới hạn trên cài đặt sẵn. Trong suốt bước phun 610, DMTC 522 duy trì nhiệt độ của khoang khuôn 514 cao hơn giới hạn trên để ngăn chất đàn hồi nhiệt dẻo nóng chảy 502 khỏi hóa rắn sớm. Hệ thống GCP 516 phân phối áp suất đối khí ở trong khuôn 514 để kiểm soát sự phát triển của các hạt nhân, ngăn cản các bong bóng khí khỏi tiếp xúc và phá thủng bề mặt của polyme nhiệt dẻo 502 khi bộ phận được tạo bọt được tạo ra. Điều này đạt được nhờ áp suất đối được áp dụng bởi hệ thống GCP 516 vào trong khoang khuôn tại hoặc quanh thời điểm mà dung dịch một pha polyme nhiệt dẻo 502 được phun vào trong khoang khuôn 514. Các bong bóng khí trợ chịu các lực đủ để giữ SCF 510 ở trong polyme nhiệt dẻo 502 trong suốt bước phun 610.

Tham chiếu đến Fig.6, trong các bước 612 và 614, bộ điều khiển 503 điều khiển áp suất và nhiệt độ ở trong khuôn 514 để kiểm soát sự tạo bọt vật lý của polyme nhiệt dẻo 502. Mặc dù các bước điều khiển động nhiệt độ của khuôn 612 và bước sử dụng áp suất đối khí lên khuôn 614 được minh họa làm các bước riêng biệt trong lưu đồ của Fig.6, các bước 612 và 614 có thể được tiến hành đồng thời hoặc liên tiếp nhau sao cho bộ điều khiển 503 điều khiển nhiệt độ và áp suất ở trong khuôn. Ở bước 612 và 614, sự phát triển của các hạt nhân được diễn ra ở trong polyme nhiệt dẻo nóng chảy 502 và nhiều bong bóng vi lỗ được tạo ra. Khi bộ điều khiển 503 (Fig.5) tăng và giảm nhiệt độ ở bước 612, SCF 510 hóa hơi và trở

thành các bong bóng khí khiến polyme nhiệt dẻo 502 tạo bọt ở trong khuôn 514. Ở bước 614, hệ thống GCP 516 gửi phân định lượng khí áp suất đối được đo sẵn vào trong khuôn bằng bộ điều khiển máy tính để tạo ra các bong bóng gần như đồng đều và áp suất đối khí tạo điều kiện cho kết cấu bề mặt để có vẻ ngoài thẩm mỹ tối ưu. Các bong bóng khí phát triển cho đến khi polyme nhiệt dẻo 502 điền đầy khuôn 514, và các khả năng trương nở của SCF 510 được dùng hết. Bởi vì các bong bóng đạt đến các kích thước micrômet, quy trình tạo ra bọt vi lỗ. Nồng độ SCF 510 có thể ảnh hưởng đến kết cấu của các bong bóng khí. Do đó, bộ điều khiển 503 lựa chọn các tham số nhiệt độ và áp suất đối khí để tạo ra kết cấu bong bóng khí hữu ích và/hoặc xác định. Khi kết thúc quá trình đúc bộ phận, khuôn nguội đi và polyme nhiệt dẻo hóa rắn. Theo phương án được thể hiện trên Fig.6, trong bước 616, nhiệt độ khuôn được điều khiển nhiệt độ động được chuyển đảo sang làm nguội bằng nước và sự tạo ra các bong bóng khí và sự trương nở của polyme nhiệt dẻo 502 sẽ chậm lại và dừng lại. DMTC 522 làm nguội khuôn 514 nhanh chóng đến giới hạn dưới (nhiệt độ đẩy ra), bộ phận đúc bọt dẻo 402 bây giờ đã được tạo ra và được đẩy ra khỏi khuôn.

Các sản phẩm bọt dẻo vi lỗ được đúc phun có thể tái chế

Fig.4, thể hiện bộ phận giày dép theo sáng chế. Đặc biệt hơn, đế giữa giày bằng bọt dẻo vi lỗ có thể tái chế 400 mà được làm bằng bọt dẻo có thể tái chế 402.

Như được bàn luận ngắn gọn ở trên, phương pháp sản xuất vật liệu có thể tái chế được bàn luận ở trên làm tăng các ảnh hưởng có lợi cho môi trường bằng việc sử dụng các monome và các polyme được phát triển từ các nguyên liệu cấp có thể tái chế vì các sản phẩm tạo ra có thể được tái chế tiếp thành các monome mà có thể được trùng hợp lại thành các polyme nhiệt dẻo để sử dụng trong sản xuất các vật liệu chất dẻo mới khác. Cụ thể, các hàng hóa sản xuất được tạo kết cấu để được tái chế đảm bảo rằng bọt dẻo sẽ kéo dài tuổi thọ sử dụng của sản phẩm tạo ra, như bằng cách chức năng hóa bọt theo cách để bọt không bị hỏng hoặc rách trong thời gian sử dụng ở trong các hàng hóa thành phẩm. Ví dụ, sẽ là thiệt hại cho người mua đồ nội thất, đôi giày, hoặc thiết bị điện kinh khác mà được làm duy nhất từ bọt dẻo có thể tái chế theo sáng chế mà bị giảm chất lượng bọt trong quá trình sử dụng thường xuyên trước khi hết tuổi thọ sử dụng của các sản phẩm.

Cụ thể hơn, sáng chế được hưởng lợi từ việc sử dụng chất tạo bọt vật lý trơ và các hợp chất polyme nhiệt dẻo được liệt kê ở trên mà không được liên kết ngang trong suốt quy trình sản xuất. Các bọt dẻo có thể tái chế 402 tạo ra không được liên kết ngang, không chứa các chất tạo bọt hóa học có hại như ADA, và lành tính với môi trường. Hơn nữa, các bọt

đeo có thể tái chế 402 có thể được sử dụng trong nhiều loại sản phẩm cuối như các bọ giấy để sử dụng trong sản xuất giấy.

Bọt đeo có thể tái chế 402 có thể được chuyển hướng thông qua việc phân loại rác thải đến cơ sở tái chế thích hợp khi hết tuổi thọ sử dụng của các sản phẩm. Bởi vì bọt đeo có thể tái chế 402 không sử dụng các chất tạo bọt hóa học như ADA, và bởi vì phương pháp được mô tả ở đây không sử dụng các polyme nhiệt dẻo được liên kết ngang trong suốt quá trình sản xuất của chúng, nên bọt có thể tái chế 402 có thể được nghiền, được xử lý sơ bộ và được khử trùng hợp thành một hoặc nhiều monome. Một monome được khử trùng hợp như vậy là caprolactam như caprolactam ECONYL®, ở dạng vảy, dạng lỏng hoặc nóng chảy, được cung cấp bởi Aquafil USA Inc., Cartersville, Georgia, hoặc caprolactam được khử trùng hợp, ở dạng vảy, dạng lỏng hoặc nóng chảy, được cung cấp bởi DSM Engineering Plastics Americas, Troy Michigan.

Tham chiếu đến Fig.7, phương pháp theo sáng chế đề cập đến phương pháp 700 để tái chế bọt có thể tái chế 402 bằng cách sử dụng quy trình khử trùng hợp bằng nhiệt và hóa chất, theo đó nhiệt độ của polyme như PEBA được tăng lên vượt quá nhiệt độ trần, và chất bất kỳ trong số các chất phản ứng hoặc các chất xúc tác hóa học được sử dụng để khử trùng hợp thành các monome cấu thành của nó. Theo phương án được minh họa trên Fig.7, quy trình khử trùng hợp bắt đầu bằng bước 702 là bước tách cơ học polyme nhiệt dẻo của bọt có thể tái chế 402 khỏi rác thải bất kỳ. Ở bước 704 chất xúc tác khử trùng hợp được đưa vào polyme nhiệt dẻo được tách. Các ví dụ không làm giới hạn về các chất xúc tác khử trùng hợp bao gồm các axit như axit photphoric và axit boric. Ở bước 706 nhiệt được áp vào như thông qua hơi nước quá nhiệt mà có thể hoạt động để chưng cất caprolactam và các hợp chất dễ bay hơi bất kỳ khác và tạo ra phần chưng cất có chứa monome caprolactam. Các nhiệt độ được áp dụng có thể nằm trong khoảng từ 100°C đến khoảng 325°C. Ở bước 708, phần chưng cất được tách chiết để tách nước và caprolactam khỏi các sản phẩm phụ khác của phương pháp khử trùng hợp. Ở bước 710, chất oxy hóa được đưa vào caprolactam chứa nước được tách. Một số ví dụ không làm giới hạn về các chất oxy hóa bao gồm thuốc tím, hydro, oxy, kali dicromat, natri hoặc kali hypoclorit, perclorit, hoặc axit perboric. Ở bước 712 caprolactam chứa nước được oxy hóa được cô đặc như bằng cách bay hơi. Ở bước 714 monome caprolactam được cô đặc được tinh sạch như bằng cách chưng cất chân không.

Sau khi tinh chế monome caprolactam ở bước 714, các monome được khử trùng hợp có thể được trùng hợp lại thành các polyme nhiệt dẻo và được sử dụng để tạo ra nhiều

bọt dẻo có thể tái chế 402 hơn. Do đó, phương pháp theo sáng chế thiết lập quy trình tuần hoàn, nhờ đó các sản phẩm được sản xuất có thể được chia nhỏ, được sản xuất thành các sản phẩm mới, và được đưa lại vào dòng thương mại, trái ngược với việc sử dụng các nhiên liệu hóa thạch thô mới hoặc các nguyên liệu cấp không thể tái tạo khác. Ngoài ra, các bọt có thể tái chế 402 theo sáng chế không làm ảnh hưởng xấu đến các đặc tính hiệu suất kỹ thuật trong suốt tuổi thọ sử dụng của chúng, cũng như đến thiết kế mang nhận thức về môi trường của chúng.

Như được bàn luận ở trên đây, các thiết bị, các hệ thống, và các phương pháp sử dụng của chúng có thể được sử dụng cho mục đích sản xuất một hoặc nhiều sản phẩm cuối được đúc, như các bộ phận để sử dụng trong giày dép, ghế ngồi, ô tô, đồ bảo hộ, và/hoặc dụng cụ thể thao. Theo đó, theo các phương án khác nhau, được đề xuất ở đây là một hoặc nhiều bộ phận hữu ích trong việc chế tạo giày, như đế giày, đế giữa, và/hoặc đế trong của giày, như là đế giày tạo ra nền của giày, và được tạo kết cấu để tiếp xúc với mặt đất, đế giữa tạo ra chi tiết kết cấu và phần đệm trung gian, và đế trong được tạo kết cấu để được chèn vào trong giày và do đó tạo ra phần đệm và/hoặc phần đỡ cho giày.

Theo một số phương án, bộ phận của giày có thể bao gồm bọt có thể tái chế 402 được sản xuất theo phương pháp 600 được bộc lộ ở đây mà có thể thân thiện với môi trường và có thể tái chế. Trong nhiều trường hợp, mỗi bộ phận riêng lẻ có thể bao gồm nhiều lớp bao gồm lớp nền và lớp đệm. Ví dụ, theo các phương án cụ thể, có thể bao gồm chi tiết đỡ như chi tiết đỡ được ghép nối với lớp nền, và trong trường hợp bộ phận là đế trong, có một hoặc nhiều trong số phần tiếp xúc vòm chân hoặc phần tiếp xúc gót chân.

Cụ thể, theo các phương án khác nhau, vật liệu được tạo bọt có thể được sản xuất, như là các vật liệu bọt có thể được sử dụng trong sản xuất các phần đệm, đồ nội thất có đệm, các bộ phận của giày, như các đế trong của giày, thảm, sợi, hàng dệt, và các loại tương tự. Các sản phẩm hữu ích khác có thể bao gồm chất trám, như chất trám silicon, găng tay y tế silicon, ống silicon dùng cho các hệ thống phân phối thuốc, các chất dính silicon, các chất bôi trơn silicon, các sơn silicon, và các sản phẩm silicon phù hợp khác, ví dụ, bao cao su. Theo các phương án khác nhau, các sản phẩm bọt có thể được sản xuất theo cách mà vật liệu được tạo bọt có thể có một hoặc nhiều đặc tính kháng vi trùng, kháng vi khuẩn, chống nấm, kháng vi rút và/hoặc chống cháy.

Cụ thể hơn, theo một khía cạnh, sáng chế này nhìn chung có thể hướng đến phương pháp sản xuất đồ nội thất, như đồ nội thất được bọc đệm và/hoặc các phần đệm của chúng,

như đồ nội thất có hoặc theo cách khác bao gồm bọt, ví dụ, mà có thể phân hủy sinh học và/hoặc có thể phân ủ. Do đó, các bọt được tái chế theo sáng chế có ưu điểm để sử dụng trong sản xuất đồ nội thất mà bao gồm các phần lót bằng bọt được sản xuất như vậy. Bọt có thể tái chế được sản xuất theo phương pháp của sáng chế đã chứng minh là có ưu điểm để sử dụng làm các vật liệu đệm dùng cho, như gối, ghế dài, giường, phần đệm ghế, hoặc dùng cho đồ nội thất được bọc đệm khác, và sản phẩm tương tự.

Ví dụ, phương pháp 600 có thể được sử dụng để sản xuất khối bọt có thể tái chế 402 từ nhỏ đến lớn, như để tạo ra phần lót bằng bọt để sử dụng trong đồ nội thất hoặc các bộ phận phụ kiện xe hơi. Sau đó, bọt khối có thể được cắt thành các khối nhỏ hơn có kích thước và hình dạng mong muốn, dựa trên loại và dạng của đồ nội thất được sản xuất. Đặc biệt, các khối được tạo kích cỡ và được cắt sau đó có thể được áp dụng hoặc theo cách khác lắp khớp ở trong đồ nội thất hoặc khung xe hơi hoặc vật liệu bao ngoài khác, chúng có thể được bao phủ cùng nhau để tạo ra sản phẩm đồ nội thất cuối cùng, dù là gối, sofa, đệm, ví dụ, phần đệm sofa hoặc xe hơi, hoặc vật dụng tương tự. Ngoài ra, nếu muốn, vật liệu bọc ngoài hoặc vật liệu bao ngoài có thể được gắn vào vật liệu khung, như bằng cách ghim, và/hoặc dán, hoặc theo cách khác được siết chặt vào khung của vật dụng cần được bọc đệm và được phủ bằng vải hoặc vật liệu khác.

Theo đó, theo các phương án khác nhau, khi sản xuất đồ nội thất được bọc đệm, như ghế dài hoặc ghế ô tô, khung có thể được sản xuất. Có thể lắp đặt các thành phần bên trong khác nhau, ví dụ, các thành phần kết cấu ở trong khung, như các lò xo hoặc các loại tương tự, và sau đó các tấm bọt dẻo có thể tái chế 402 có thể được đặt trong, trên, và xung quanh các lò xo, như để làm phần đệm và/hoặc cách nhiệt. Tất nhiên, các vật liệu khác có thể được bao gồm, như các lớp bông, len, nỉ, các sản phẩm làm từ cao su, và các loại tương tự, và sau đó vật liệu phủ có thể được bổ sung để che phủ khung và hoàn thiện việc sản xuất sản phẩm.

Đặc biệt, các bọt có thể tái chế theo sáng chế cùng với các vật liệu khác được bọc lộ ở đây có thể hoạt động như phần đệm, hoặc phần nhồi, mà có thể được tạo hình, được điều chỉnh, và được nhồi bên dưới lớp phủ khi vật liệu phủ được kéo căng trên khung. Ngoài ra, như được chỉ ra, trong nhiều trường hợp, bọt có thể tái chế được sản xuất ở đây là hữu ích bằng và cao hơn các sản phẩm đã biết trong tình trạng kỹ thuật do nhiều nguyên nhân, không kém phần quan trọng trong số đó là thực tế là các bọt PU và/hoặc EVA điển hình không thể tái chế, trong khi thành phần của các bọt được tạo ra ở đây có thể tái chế. Do đó,

theo các phương án khác nhau, phương pháp chế tạo đồ nội thất trên khung mở được đề xuất.

Hơn nữa, theo khía cạnh khác, sáng chế này nhìn chung hướng đến phương pháp sản xuất các bộ phận của giày, như các đế giày, các đế giữa, và/hoặc các đế trong của giày, như các bộ phận của giày mà chứa hoặc theo cách khác bao gồm bọt, ví dụ, bọt thông thường. Đặc biệt, theo các phương án cụ thể, đề xuất các phương pháp sản xuất các đế giày, các đế giữa, các đế trong, và/hoặc các phần lót khác có thể tái chế của giày. Ví dụ, phần lót giày theo sáng chế có thể ở dạng bộ phận đệm được làm phù hợp để được chèn vào hoặc theo cách khác lắp khớp ở trong giày, ví dụ, giày chạy bộ hoặc giày đế mềm, mà có thể được tạo kết cấu để làm giảm tác động của bàn chân va vào bề mặt, ví dụ, mặt đất trong khi chạy hoặc đi bộ, do đó hấp thụ và/hoặc làm giảm chấn động đối với bàn chân.

Cụ thể, các bộ phận đế giày, bao gồm các đế giữa và các phần lót có thể bao gồm một hoặc nhiều lớp. Ví dụ, trong một số trường hợp, lớp nền, lớp bọt có thể tái chế, và/hoặc lớp vải có thể được bố trí. Đặc biệt, có thể bao gồm lớp nền bằng vật liệu đàn hồi tương đối và/hoặc lớp bọt có thể tái chế được bố trí trên lớp nền, và/hoặc lớp vải được bố trí trên lớp bọt có thể tái chế. Theo đó, phương pháp có thể bao gồm bước tạo ra theo cách liền khối lớp nền, lớp bọt có thể tái chế, và lớp vải thành tám ba lớp. Trong nhiều trường hợp, lớp đỡ có thể được bố trí ở khu vực gót, lớp đỡ này có thể được chế tạo bằng vật liệu cứng, như có mật độ cao hơn so với mật độ của các thành phần khác của tám nhiều lớp. Có thể bố trí và sử dụng chất dính, keo, hoặc cơ chế gắn khác để gắn và tạo ra ba lớp với lớp đỡ.

Cụ thể hơn, trong các trường hợp khác, phương pháp sản xuất bộ phận giày, như đế trong, có thể bao gồm các bước: bước tạo ra lớp bọt có thể tái chế, bước tạo ra lớp vải, bước làm nóng lớp bọt có thể tái chế; bước liên kết các lớp bọt có thể tái chế và lớp vải; bước tạo ra lớp nền, ví dụ, lớp nền có mật độ bằng, lớn hơn, hoặc nhỏ hơn so với mật độ của lớp bọt có thể tái chế; và bước làm nóng ít nhất một trong số lớp nền và lớp bọt để liên kết lớp nền với lớp bọt có thể tái chế để tạo ra tám hai lớp hoặc ba lớp.

Các phương pháp có thể còn bao gồm bước tạo ra chi tiết đỡ được tạo sẵn, như chi tiết đỡ phần vòm và/hoặc chi tiết gót, các chi tiết này có thể có mật độ gần như giống nhau, hoặc nhỏ hơn, hoặc lớn hơn so với mật độ của lớp bọt. Trong các trường hợp cụ thể, chi tiết đỡ có thể được tạo ra từ vật liệu bọt được nén để thu được mật độ lớn hơn, và do đó có độ cứng lớn hơn so với độ cứng của lớp bọt có thể tái chế. Ngoài ra, chất dính có thể hoạt động bằng nhiệt và/hoặc áp suất có thể được áp giữa chi tiết đỡ và/hoặc chi tiết gót và tám nhiều

lớp. Sau đó, áp suất đúc có thể được áp cho chế phẩm để gây ra sự tạo ra và/hoặc tạo hình của tấm ba lớp thành chi tiết đỡ và/hoặc chi tiết gót để tạo ra phần lót giày một mảnh liền khối, với chi tiết gót được tạo sẵn mà tạo ra phần phía sau và/hoặc chi tiết đỡ mà tạo ra phần giữa của bề mặt đáy của phần lót giày hoàn thiện, ví dụ, tại khu vực giữa và/hoặc gót của giày, và lớp nền tạo ra bề mặt đáy của phần lót giày hoàn thiện tại khu vực phía trước của giày.

Tuy nhiên, cần lưu ý rằng không cần phải bao gồm chi tiết đỡ và/hoặc chi tiết gót, và trong một số trường hợp, một hoặc nhiều trong số các thành phần tấm nhiều lớp có thể được loại bỏ hoặc các lớp mỏng khác có thể được bổ sung. Cần lưu ý thêm rằng, theo một số phương án, lớp bọt có thể tái chế có thể dẻo hơn và/hoặc phần đệm, ví dụ, có độ cứng đo lớn hơn, so với lớp nền, do đó lớp bọt này có thể dẻo hơn và/hoặc phần đệm, ví dụ, có độ cứng đo lớn hơn, so với chi tiết đỡ. Do đó, các lớp nền và bọt dẻo hơn có thể tương đối đàn hồi và có hình dạng phù hợp với kích thước và kết cấu giày mong muốn, trong khi (các) lớp đỡ có thể tương đối cứng hơn.

Đặc biệt, lớp đỡ có thể là bọt có thể tái chế dày đặc hơn, do đó làm cho lớp đỡ cứng hơn. Do đó, theo các phương án khác nhau, lớp bọt có thể tái chế có thể có mật độ là khoảng $32,037 \text{ kg/m}^3$ (2 lb/ft^3) hoặc khoảng $48,055 \text{ kg/m}^3$ (3 lb/ft^3) hoặc khoảng $80,092 \text{ kg/m}^3$ (5 lb/ft^3) đến khoảng $160,185 \text{ kg/m}^3$ (10 lb/ft^3) hoặc lớn hơn, như mật độ nằm trong phạm vi giữa khoảng $64,074 - 96,111 \text{ kg/m}^3$ ($4-6 \text{ lb/ft}^3$). Ngoài ra, lớp bọt có thể tái chế có thể có độ dày xấp xỉ là $0,317 \text{ cm}$ ($1/8''$), như nằm trong phạm vi độ dày là khoảng $0,238 - 0,397 \text{ cm}$ ($3/32''-5/32''$).

Tương tự, lớp nền cũng có thể có mật độ là khoảng $32,037 \text{ kg/m}^3$ (2 lb/ft^3) hoặc khoảng $48,055 \text{ kg/m}^3$ (3 lb/ft^3) hoặc khoảng $80,092 \text{ kg/m}^3$ (5 lb/ft^3) đến khoảng $160,185 \text{ kg/m}^3$ (10 lb/ft^3) hoặc lớn hơn, như mật độ nằm trong phạm vi giữa khoảng $64,074 - 96,111 \text{ kg/m}^3$ ($4-6 \text{ lb/ft}^3$). Độ dày của lớp nền có thể là khoảng $0,794 \text{ cm}$ ($5/16''$) + hoặc -10%. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, độ dày của lớp nền có thể nằm trong khoảng từ $0,635 \text{ cm}$ ($1/4''$) hoặc nhỏ hơn đến độ dày khoảng $1,111 \text{ cm}$ ($7/16''$). Đối với lớp đỡ, có thể được tạo ra chủ yếu ở các vùng vòm và/hoặc gót của phần lót, mà cũng có thể được làm bằng bọt có thể tái chế được bộc lộ ở đây.

Tuy nhiên, lớp đỡ có thể được tạo ra bằng cách nén bọt có thể tái chế 402 sao cho mật độ cuối cùng là khoảng $352,406 - 368,425 \text{ kg/m}^3$ ($22-23 \text{ lb/ft}^3$). Lớp vải có thể được chế tạo bằng vật liệu phù hợp bất kỳ, ví dụ, bông, polyeste, hoặc sợi dệt kim polypropylen.

Trong nhiều trường hợp, vật liệu và các lớp bột có thể tái chế có thể được tạo lớp với nhau bằng kỹ thuật tạo lớp bằng lửa mà sử dụng ngọn lửa trần mà tạo ra đủ nhiệt để khiến bề mặt của lớp bột có thể tái chế nóng chảy. Ngay sau khi được nóng chảy, lớp vải được liên kết với lớp bột được tái chế và được chạy giữa các trục cán lạnh để hai lớp được liên kết với nhau.

Tại thời điểm này trong quy trình, các lớp này vẫn được duy trì ở dạng tấm phẳng. Sau đó, các lớp tích hợp này có thể tiếp theo được liên kết, cũng bằng cách tạo lớp sử dụng lửa, vào lớp nền. Các lớp vật liệu và bột được tích hợp trước đó có thể được liên kết với lớp đỡ và các lớp nhiều lớp này sau đó có thể được chạy giữa các trục cán lạnh. Ở giai đoạn này của quy trình, các lớp này vẫn ở dạng tấm phẳng. Do đó, các lớp được tạo lớp đến thời điểm này sau đó đã sẵn sàng để đúc. Điều này có thể được thực hiện bằng cách làm nóng các lớp được tạo lớp đến nhiệt độ đúc là xấp xỉ $121,111^{\circ}\text{C}$ (250°F), như trong khoảng thời gian là khoảng 1 đến khoảng 5 phút hoặc hơn, ví dụ, khoảng 225 giây. Điều này làm nóng các lớp được tạo lớp trước đó đủ để cho phép chúng được chèn vào khuôn.

Như được đề cập ở trên, chất tạo bột vật lý SCF có thể được lựa chọn tùy thuộc vào các đặc điểm mong muốn của sản phẩm cuối. Cacbon dioxit, mà trở thành chất lỏng SCF ở $31,1^{\circ}\text{C}$ và $7,22\text{ MPa}$ ($72,2\text{ bar}$), hòa tan trong các polyme nhiệt dẻo 502 nhiều hơn 4 đến 5 lần so với nitơ, mà trở thành chất lỏng siêu tới hạn ở -147°C và $3,4\text{ MPa}$ (34 bar). Điểm bão hòa trong polyme nhiệt dẻo có thể tái chế chưa được điền đầy là khoảng 1,5 đến 2 phần trăm trọng lượng của nitơ, tùy thuộc vào các điều kiện nhiệt độ và áp suất, trong khi mức độ bão hòa của cacbon dioxit là gần 8 phần trăm trọng lượng. Cacbon dioxit cũng thể hiện tính linh động cao hơn trong polyme sinh học, cho phép nó di chuyển sâu hơn vào trong các bong bóng hiện có so với nitơ. Từ khía cạnh về sự tạo mầm lỗ, khả năng hòa tan và tính linh động cao hơn có nghĩa là sẽ có ít lỗ được tạo nhân hơn, và các lỗ có tạo nhân sẽ có xu hướng lớn hơn.

Theo các phương án được bàn luận ở trên, trong đó phương pháp 600 được sử dụng để sản xuất các đồ điện kinh như giấy, SCF 510 bao gồm nitơ ở trạng thái tới hạn. Nitơ tạo ra sự giảm trọng lượng được cải thiện và các hạt nhân mịn ở tỷ lệ phần trăm trọng lượng thấp hơn nhiều so với cacbon dioxit SCF. Các mức nitơ SCF 510 thấp hơn ít nhất 75 phần trăm so với mức cacbon dioxit SCF cần thiết để đạt được các bộ phận tương đương. Vì vậy, các yêu cầu về mức nitơ SCF được giảm đáng kể khi so sánh với cacbon dioxit SCF đảm bảo tiết kiệm vật liệu tối ưu và tiết kiệm thời gian khi sản xuất hàng loạt các bột dẻo có thể

phân hủy sinh học và có thể phân ủ công nghiệp theo sáng chế như được sử dụng trong việc tạo ra các bộ phận của giấy.

Trong khi cacbon dioxit nặng hơn, nó có thể là chất tạo bọt phù hợp trong một số ứng dụng, như khi sự giảm độ nhớt là mục tiêu của quy trình, và/hoặc khi sản phẩm cuối không thể chịu được hoạt động tạo bọt tích cực hơn của nitơ SCF, hoặc các bọt bán dẻo. Ví dụ, khi phương pháp 600 được sử dụng để sản xuất đồ nội thất và các sản phẩm ô tô, SCF 510 bao gồm cacbon dioxit ở trạng thái tới hạn bởi vì cacbon dioxit tạo ra kết cấu lỗ lớn hơn nhiều, mặc dù ở kích thước và/hoặc trọng lượng lớn hơn. Trong suốt quy trình tạo bọt vật lý với chất thổi vật lý, sự suy giảm trong quá trình chuyển pha thủy tinh được nhìn thấy.

Như được bàn luận ngắn gọn ở trên, cacbon dioxit ở trạng thái siêu tới hạn có thể được sử dụng làm chất tạo bọt vật lý khi lượng nitơ cần thiết để tạo ra bộ phận quá thấp đến mức không thể xử lý các bộ phận một cách nhất quán. Vì cacbon dioxit là chất tạo bọt kém tích cực hơn, trong một số ứng dụng việc vận hành các mức cacbon dioxit thấp sẽ dễ dàng hơn. Ví dụ, 0,15 hoặc 0,2 phần trăm cacbon dioxit (khi so với các mức nitơ ở mức nhỏ hơn 0,05 phần trăm) có thể được sử dụng để sản xuất các vật liệu mềm và các bộ phận có các mặt cắt ngang dày.

Mặc dù một vài phương án đã được mô tả chi tiết ở trên, nhưng có thể có các cải biến khác. Các phương án khác có thể nằm trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ sau đây.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất sản phẩm đúc bột dẻo có thể tái chế bao gồm:
bước tạo ra tiền chất polyme nhiệt dẻo bao gồm ít nhất một monome được dẫn xuất từ chất dẻo sau tiêu dùng được khử trùng hợp;
bước đưa chất lỏng vào trong xylanh của thiết bị đúc dưới các điều kiện nhiệt độ và áp suất để tạo ra chất lỏng siêu tới hạn;
bước trộn polyme nhiệt dẻo và chất lỏng siêu tới hạn để tạo ra dung dịch một pha;
bước phun dung dịch một pha vào trong khuôn của máy đúc phun trong đó khuôn chịu áp suất đối khí;
bước tạo bột dung dịch một pha được thẩm chất lỏng siêu tới hạn bằng cách điều khiển các điều kiện nhiệt và nhiệt độ ở trong khuôn.
2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó polyme nhiệt dẻo bao gồm ít nhất 40% monome được dẫn xuất từ chất dẻo sau tiêu dùng được khử trùng hợp.
3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó polyme nhiệt dẻo bao gồm ít nhất 60% monome được dẫn xuất từ chất dẻo sau tiêu dùng được khử trùng hợp.
4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó polyme nhiệt dẻo bao gồm 90% hoặc lớn hơn monome được dẫn xuất từ chất dẻo sau tiêu dùng được khử trùng hợp.
5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó monome bao gồm caprolactam.
6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó polyme nhiệt dẻo bao gồm chất đàn hồi nhiệt dẻo gốc polyamit.
7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó polyme nhiệt dẻo bao gồm chất đồng trùng hợp bao gồm ít nhất một monome caprolactam.
8. Phương pháp theo điểm 1, còn bao gồm bước tái chế bột dẻo bằng cách khử trùng hợp bột dẻo thành một hoặc nhiều monome.

9. Phương pháp theo điểm 8, trong đó bột dẻo được khử trùng hợp thành caprolactam.

1/7

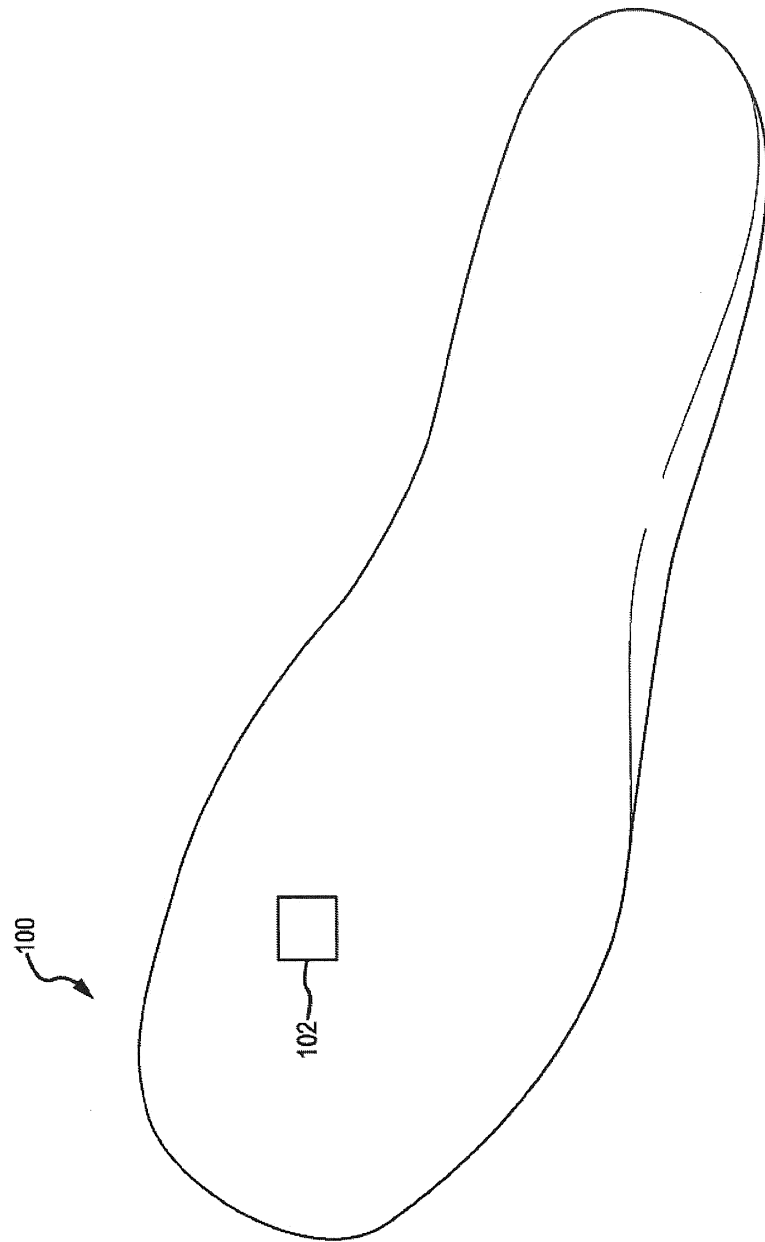


FIG. 1

2/7

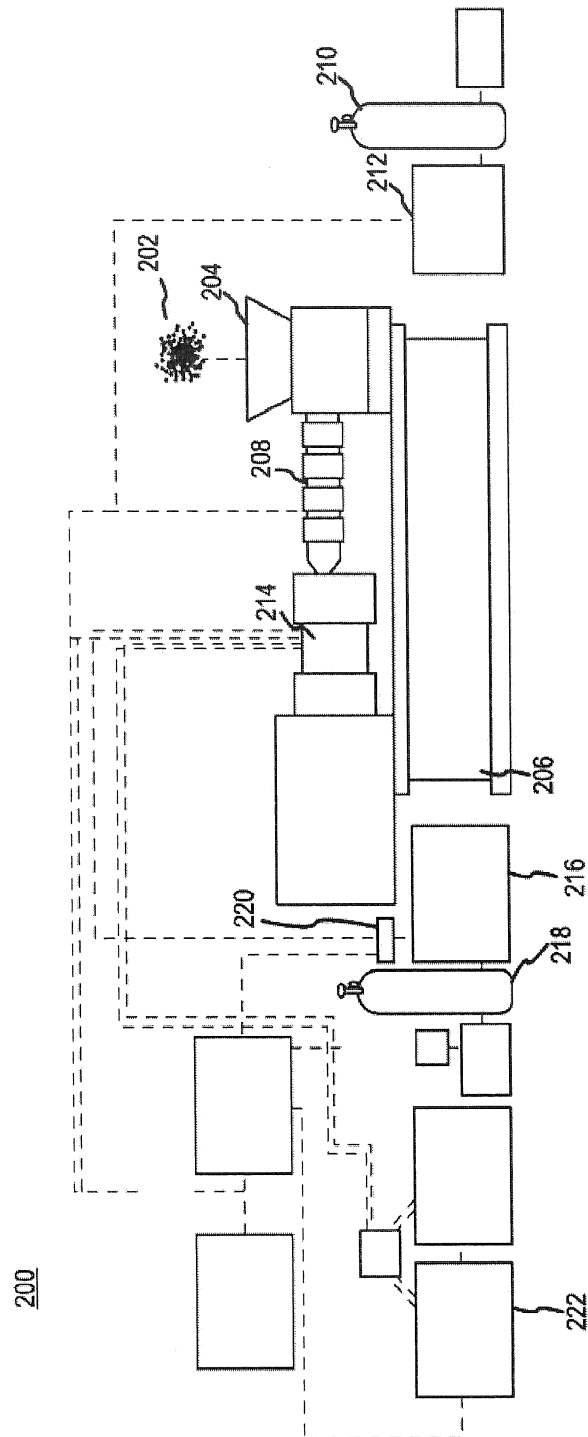


FIG. 2

3/7

300

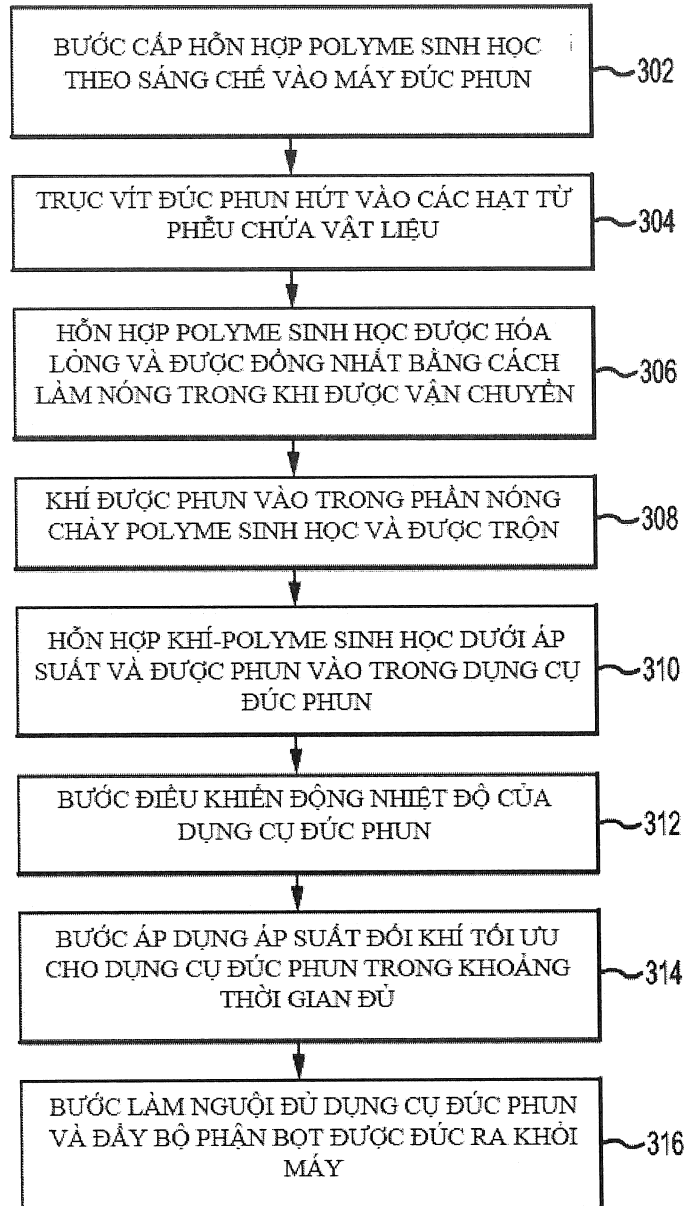


FIG.3

4/7

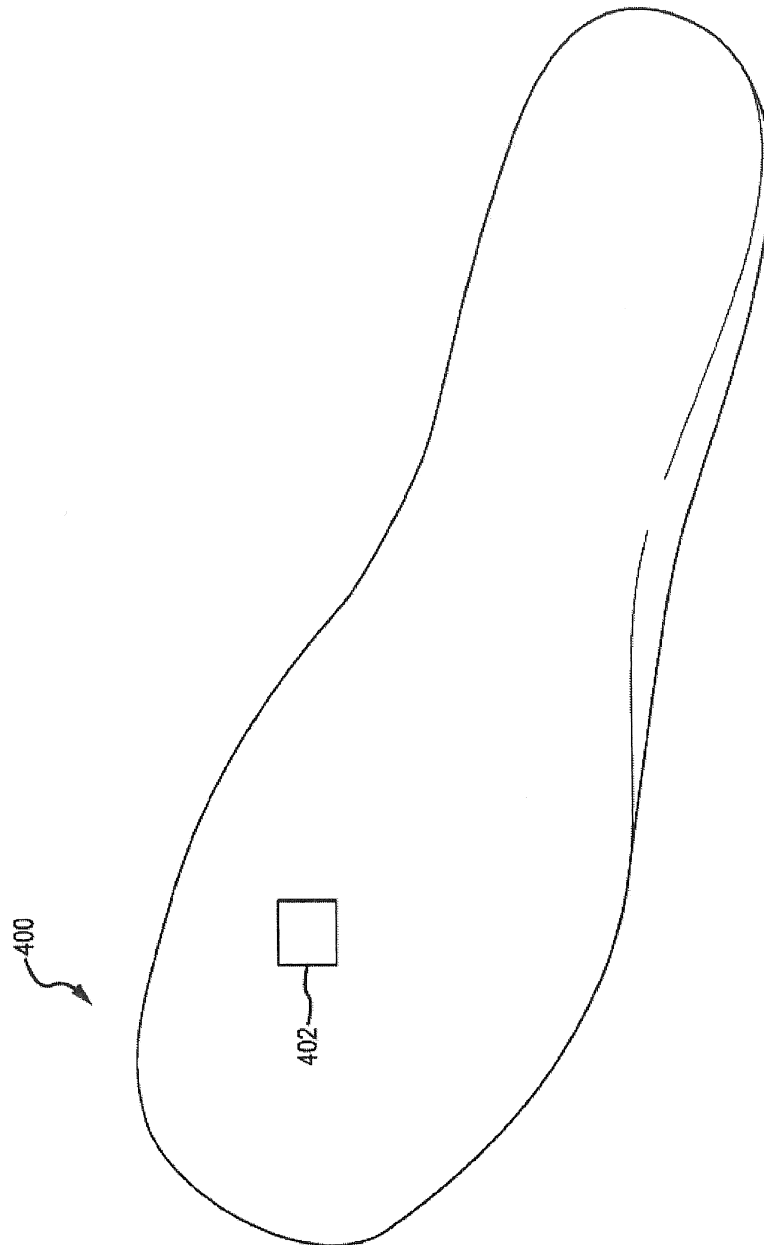


FIG. 4

5/7

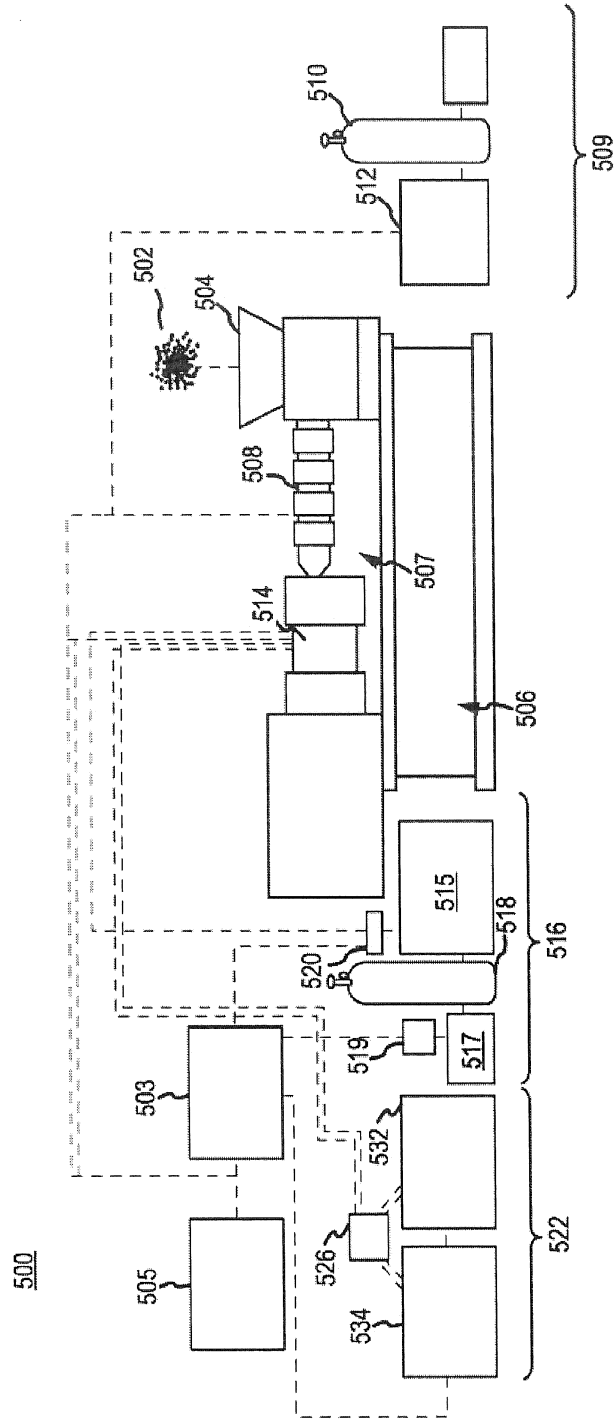


FIG. 5

6/7

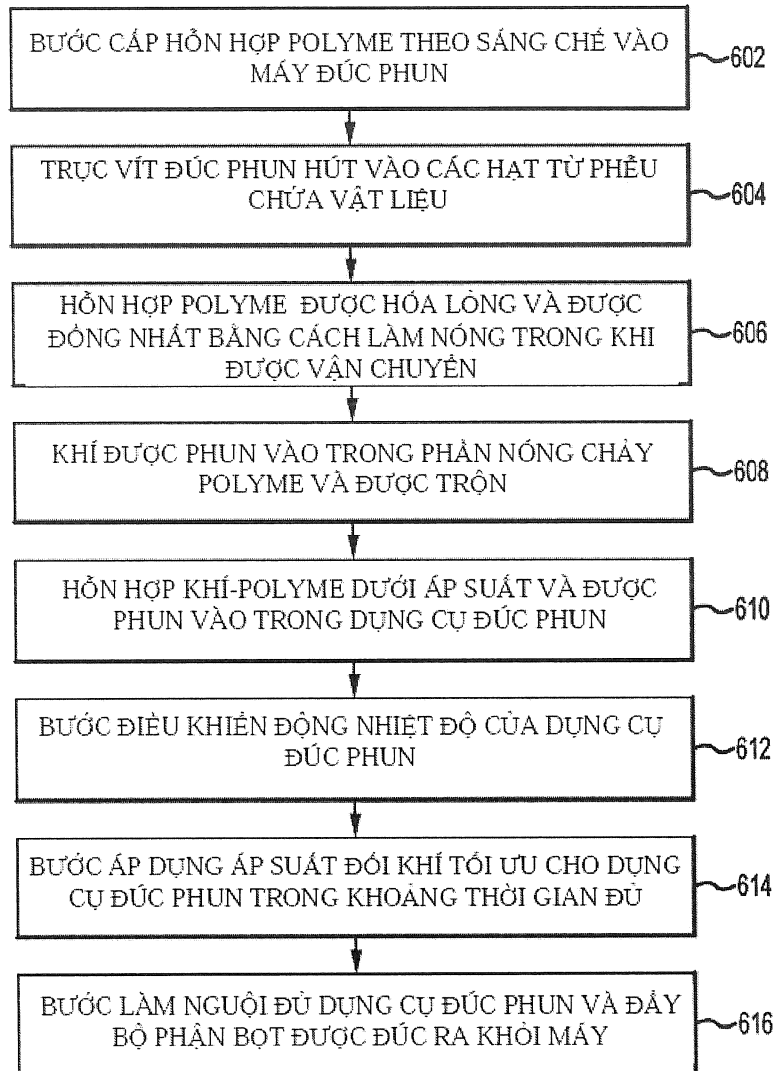
600

FIG.6

7/7

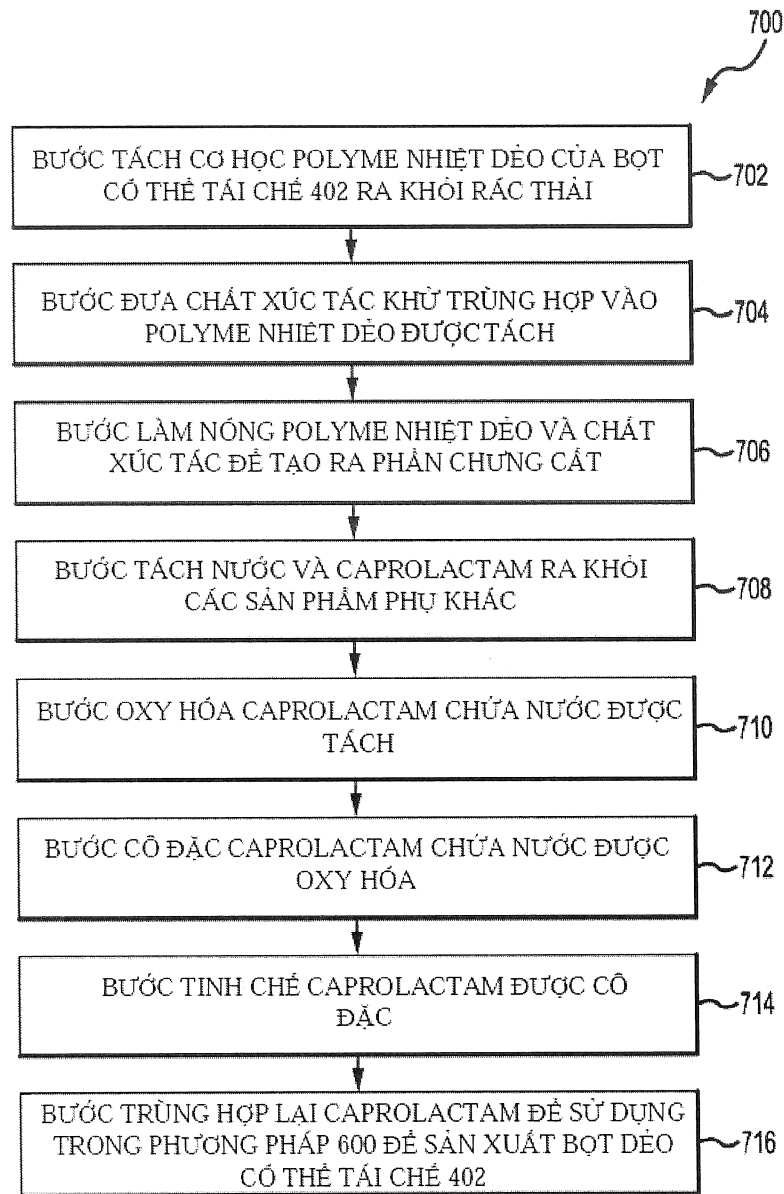


FIG.7