(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.
G02B 6/00 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2006-0027339
(43) 공개일자 2006년03월27일

(21) 출원번호 10-2005-7023964
(22) 출원일자 2005년12월13일
번역문 제출일자 2005년12월13일
(86) 국제출원번호 PCT/US2004/019228
국제출원일자 2004년06월10일
(87) 국제공개번호 WO 2004/113960
국제공개일자 2004년12월29일

(30) 우선권주장 10/461,122 2003년06월13일 미국(US)

(71) 출원인 퍼스트 퀄리티 파이버스, 엘엘씨
미국 뉴욕 그레이트 네크 커터밀 로드 80 스위트 500 (우:11021)

(72) 발명자 카페리니, 피에르루이기
미국 17740 펜실베니아 저지 쇼어 오크 레인 1043
보다히, 하산
미국 30022 조지아 알파레타 웨스트보른 웨이 2004
피터슨, 제임스, 에프., 2세
미국 16801 펜실베니아 스테이트 칼리지 놀레 스트리트 424

(74) 대리인 남상선

심사청구 : 없음

(54) 플라스틱 광섬유 제조 방법 및 시스템

요약

방법 및 시스템은 연속 생산 플라스틱 광섬유에 대해 기술된다. 방법은 폴리머 출발 재료를 연속 스크류 압출기에 용융시킨 후 용융된 폴리머를 수직 상방(즉, 중력과 반대방향)으로 압출하여 균일 코어 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유를 성형하는 것을 포함한다.

대표도

도 1

명세서

기술분야

본 발명은 플라스틱 광섬유에 관한 것이다. 더 구체적으로, 본 발명은 균일 코어 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유를 연속 생산하는 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경기술

플라스틱 광섬유(POF)는 근거리 고속 네트워크에서, 전송 매체로서 많은 잠재적인 장점을 제공한다. 전형적인 동선(copper wiring)에 비해, POF는 더 높은 데이터 비율로 처리하며 전자기 간섭에 취약하지 않다. 유리 광섬유에 비해, POF는 더 가요적이고 더 큰 코어 크기를 가지기 때문에 설치, 연결, 및 유지가 더 용이하다. 또한, POF는 잠재적으로 가장 저렴한 전송 매체이다.

따라서, 낮은 전송 손실로 POF를 제조하는 저비용 방법 및 시스템을 발전시키는데 상당한 노력이 이루어져 왔다. 예를 들면, 미국 특허 제 5,827,611호는 다음과 같이 POF를 제조하는 공정을 개시한다:

(a) 예비 성형품으로부터 중공관을 압출하는(즉, 개구를 통해 집속하여 가공 또는 성형하는) 단계;

(b) 코어 혼화제로 중공관을 충전하는 단계; 및

(c) 충전된 관을 적합한 크기로 동시에 가열하고 뽑아내는(즉, 신장시키는) 단계.

미국 특허 제 5,827,611호에 개시된 공정의 단점 중 하나는 배치공정(batch process)이다. 미국 특허 제 5,827,611호는 공정을 "연속적"으로 하는 것을 특징으로 하지만, 예비 성형품-기초 처리가 본래 배치공정이기 때문에 이것은 틀린 이름이며, 즉 예비 성형품이 소모되면, 처리가 중지되고 새로운 예비 성형품이 설치되어야 한다. 지금까지 발전된 대부분의 POF 처리 방법은 예비 성형품-기초이기 때문에 이러한 결점을 공유한다. 비용을 감소시키고 POF 균일성을 증가시키기 위해, POF를 제공하는 정밀하게 연속적인 공정을 발전시키는 것이 바람직할 것이다.(물론, 연속적인 공정조차 가끔, 예를 들면 세정 및 유지를 위해 정지될 필요가 있을 수 있다.)

미국 특허 5,827,611호를 포함한 수많은 종래 기술은 POF에서 전송 손실을 감소시키기 위해 시도하는 처리 방법 및 시스템을 개시한다. 이러한 손실은 내부적 및 외부적 요소에 의해 야기된다. 내부적 요소는 C-H 진동 및 레일리 산란(Rayleigh scattering)에 의한 흡수를 포함한다. 외부 요소는 먼지 및 미세공간에 의한 산란 뿐만 아니라 전이 금속 및 유기 오염 물질에 의한 흡수, 코어 직경의 변동, 방향성 복굴절, 및 코어-클래딩 경계 불완전성을 포함한다. 하나 이상의 이러한 다양한 손실 요소를 감소시키는 방법 및 시스템을 발전시키는 요구가 계속 되고 있다.

종래 기술에 인식되지 않거나 제어되지 않았던 하나의 주요한 처리 변수는 POF 코어가 압출되는 방향이었다. 공지된 바에 의하면, 모든 종래 POF 처리 방법은 POF 코어를 수직 하방(즉, 중력 방향) 또는 수평으로 압출되었다. 놀랍게도, 우리는 POF의 수직 상방(즉, 중력과 반대 방향)으로 압출하는 것이 코어 직경에서 더 작은 변동을 갖는 POF가 생산될 수 있다는 것을 발견하였다.

POF에 대한 코어 직경 균일성에 있어서 이러한 개선은 "상방 스피닝(upward spinning)"을 이용하여 직물 응용분야에 대한 "섬유 조립체"를 생산하는 미국 특허 제 4,399,084호의 관점에서 훨씬 더 놀랍다. 컬럼 16, 20줄 내지 24줄에서 언급한 대로, 이러한 특허는 수직 상방 압출을 이용하여 불균일, 불규칙 방직 섬유를 생산하는 것을 개시한다:

"이러한 발명의 다른 특징은 필라멘트가 길이 방향을 따라 불규칙한 간격으로 크기가 불규칙하게 변하는 비-원형 횡단면을 갖으며, 부수적으로, 이러한 횡단면의 형태 또한 변한다는 것이다."

따라서, 불규직한 방직 섬유를 제조하는 수직 상방의 종래 이용은 균일한 POF 코어를 제조하기 위해 수직 상방 압출의 이용을 공지하거나 시사하지 않는다.

추가적으로, 스크류 압출과 같은, 연속 처리 방법으로 수직 상방 압출을 결합하여, 본 발명은 균일한 코어 횡단면을 갖는 POF의 연속적인 생산을 가능하게 한다.

발명의 상세한 설명

본 발명은 균일한 코어 횡단면을 갖는 POF를 연속적으로 제조하는 방법 및 시스템을 제공하여 종래 기술의 제한 및 단점을 극복한다.

본 발명의 일 양태는 출발 재료(starting material)가 연속적인 스크류 압출기에서 용융되어 균일한 횡단면을 갖는 POF 코어를 형성하도록 수직 상방(즉, 중력과 반대 방향)으로 압출되는 방법을 포함한다.

본 발명의 또 다른 양태는 하나 이상의 스크류 압출기 및 하나 이상의 압출 블럭을 포함한다. 하나 이상의 스크류 압출기는 출발 재료를 연속적으로 용융시키는데 이용된다. 그 후 하나 이상의 압출 블럭은 용융된 출발 물질을 수직 상방 방향으로 압출하여 균일한 횡단면을 갖는 POF 코어를 성형하는데 이용된다.

연속 압출 방법 및 수직 상방 압출이 직물 섬유 생산 영역에서 공지되었다 하여도, 균일 코어 횡단면을 갖는 POF를 생산하는 이들 두개의 부분의 결합은 공지되지 않았거나 방직 섬유 종래 기술에 의해 시사되지 않았다. 실제로, 직물 섬유 종래 기술은 본 발명에서 이용되는 수직 상방 압출과 관련없이 개시한다.

예를 들면, 배경 기술에서 설명된 바와 같이, 종래의 직물 기술은 "길이 방향을 따라 불규칙한 간격으로 크기가 불규칙하게 변하는 비-원형 횡단면을 갖는 필라멘트"를 생산하기 위해 "상방 스피닝"을 이용하여 본 발명과 관련없이 개시된다. 직물과 관련한 이러한 종래 기술는 균일 코어 횡단면을 갖는 POF를 생산하는 수직 상방 압출을 이용하는 법을 개시하는 본 발명과 정반대이다. 균일 코어 횡단면은 전형적으로 원형 횡단면이나, 다른 형태가(예를 들면, 타원형, 삼각형, 사각형, 또는 육각형 횡단면) 또한 제조될 수 있다.

본 발명의 전술된 또는 다른 실시예 및 양태는 첨부된 청구항 및 도면을 포함하는 본 발명의 상세한 설명에 의해 당업자에게 명백하게 될 것이다.

도면의 간단한 설명

도 1은 균일 코어 횡단면을 갖는 POF를 연속 생산하는 실시예 시스템을 도시하는 다이어그램의 개략도이다.

도 2는 POF 클래딩 층을 도포하고, POF 균일성을 측정하며, POF를 스풀에 권선하는 추가적인 부품을 갖는 도 1의 시스템을 도시한 다이어그램의 개략도이다.

도 3은 코어 및 클래딩을 갖는 POF를 연속 생산하는 선택적인 시스템을 도시한 다이어그램의 개략도이다.

도 4는 스핀 팩 조립체(spin pack assembly; 950)를 더 상세하게 도시한 다이어그램 개략도이다.

도 5는 다중 목적 블럭(350) 및 전달/가열 블럭(400)의 절반을 더 상세하게 도시한 다이어그램의 개략도이다.

도 6은 수직 상방 압출을 이용한 균일 코어 횡단면을 갖는 POF를 연속 생산하는 실시예 공정의 순서도이다.

실시예

균일 코어 횡단면을 갖는 POF를 연속 생산하는 방법 및 시스템에 관해 기술된다. 다음의 설명에서, 다수의 특별한 세부 사항이 설명되어 본 발명의 전체적인 이해를 제공한다. 그러나, 본 발명이 이러한 특별한 세부 사항 없이 실행될 수 있다는 것이 당업자에게 명백할 것이다.

도 1은 균일 코어 횡단면을 갖는 POF를 연속 생산하는 시스템 실시예를 도시한다. 이러한 실시예 시스템은 압출기 구동 조립체(100), 이송 호퍼/건조기 시스템(200), 스크류/실린더 조립체(300), 다중-목적 블럭(350), 전달/가열 블럭(400), 펌프/구동 조립체(500), 유성 기어 펌프(planetary gear pump; 600), 면판(700), 방적돌기 팁(또는 "핀"; 800), 방적돌기 팁 히터(900), 1단계 급랭 유닛(1000), 2단계 급랭 유닛(1100), 및 제 1 구동 롤(1200)을 포함한다.

도 2는 POF 클래딩 층을 도포하며, POF 균일성을 측정하며, POF를 스풀상에 권선하는 추가적인 부품을 갖는 도 1의 시스템을 도시한다. 추가적인 부품은 그루브 롤(1400), 크로스헤드 압출기(1500), 급랭 유닛(1700), 터닝 롤(1800), 레이저 마이크로미터(1900), 및 권선 유닛(2000)을 포함한다. 권선 유닛(2000)은 전기 구동 롤(2100), 텐션 암(2200), 이송 장치(2300), 및 POF 스풀(2400)을 포함한다.

도 3은 코어 및 클래딩을 갖는 POF를 연속 생산하는 선택적인 시스템을 도시한다. POF 코어 압출기 및 개별적인 POF 클래딩 압출기(1500)를 이용하는 대신, 두 압출기가 다중섹션 블럭(3200)을 갖는 다중층 압출기 시스템으로 더 정밀하게 통

합될 수 있다. 제 1 압출기(3000)는 POF 코어용 수지를 공급한다. 제 2 압출기(3100)는 클래딩용 수지를 공급한다. 각각의 압출기는 독립적으로 POF 재료에 대한 압력 및 온도를 제어한다. 따라서, POF 클래딩 재료의 온도 및 압력은 클래딩 재료가 다중섹션 블럭(3200)의 코어에 도포될 때까지 POF 코어 재료로부터 별개의 온도 및 압력으로 유지될 수 있다. 이러한 시스템은 하나의 압출 블럭에서 POF 코어 및 POF 클래딩의 연속 인라인 생산(continuous in-line production)을 제공한다.

단순화를 위해, 도 3은 POF 코어용 하나의 압출기 및 POF 클래딩용 다른 압출기를 갖는 다중섹션 블럭(3200)을 도시한다. 그러나, 다중섹션 블럭이 추가 압출기에 연결되어 다중층 POF 코어 및/또는 다중층 POF 클래딩을 생산할 수 있다는 것이 당업자에게 이해될 수 있을 것이다. 예를 들면, 집속형(graded-index) POF를 제조하기 위해, 다중섹션 블럭(3200)은 추가적인 압출기에 연결되어 방사상으로 변하는 성질(예를 들면, 굴절률)을 갖는 다중층 POF 코어를 생산할 수 있다.

도 4는 스핀 팩 조립체(950)를 더 상세하게 도시한다. 스핀 팩 조립체(950)는 다중-목적 블럭(350), 전달/가열 블럭(400), 방적돌기 면판(spinneret face plate; 700), 히터 밴드(750), 방적돌기 팁(또는 "핀"; 800), 및 방적돌기 팁 히터(900)를 포함한다.

도 5는 다중-목적 블럭(350) 및 전달/가열 블럭(400)의 절반을 더 상세하게 도시한다. 다중-목적 블럭(350)은 버스트 플러그(351; 압력 안전 밸브), 온도 프로브(352), 및 압력 변환기(353)를 포함한다. 블럭(350 및 400)의 설계는 폴리머 흐름에 대한 저항을 최소화하며 처리 파라미터(즉, 온도 및 압력)에 피드백을 제공한다. 도 5에 도시된 바와 같이, 블럭(400)은 더 용이한 세정을 위해 두개의 절반으로 분리될 수 있다. 전달 블럭(400)은 또한 용융되는 폴리머의 혼합을 개선하도록 브레이커 판(breaker plate; 미도시)을 포함한다.

본 발명에 기술된 방법은 사실상 모든 POF 코어 및 클래딩 재료에 적용될 수 있다.

일 실시예의 POF 코어 재료는 폴리메틸메타아크릴레이트(PMMA)이다. 아토피나 화학(주)(ATOFINA Chemicals, Inc.; 미국 펜실베니아 19406 킹 오브 프러시아 퍼스트 애비뉴 900 (900 First Avenue, King of Prussia, PA 19406))는 높은 굴절률(1.49)을 갖고 가시광선영역에서 작은 전송 손실을 보이기 때문에 선호되는 코어 출발 재료인 PMMA 수지로 설계된 "V825NA"를 제조하였다. 아토피나(ATOFINA) 수지 VLD-100과 같은, 더 높은 용융 유량을 갖는 수지가 또한 이용될 수 있다.

다른 실시예의 POF 코어 재료는 폴리스틸렌, 폴리카보네이트, 폴리에스테르 및 폴리 카보네이트의 혼성중합체, 및 다른 무정형 폴리머를 포함한다. 추가적으로, 높은 분자량 폴리프로필렌 및 높은 밀도, 높은 분자량 폴리에틸렌과 같은 반-결정성 폴리올레핀이 이용될 수 있다.

실시예의 POF 클래딩 재료는 폴리비닐리덴 플루오라이드, 폴리테트라플루오에틸렌 헥사플루오로 프로필렌 비닐리덴 플루오라이드, 및 다른 플루오로알킬 메타크릴레이트 단량체계(monomer based) 수지와 같은 플루오르화 폴리머를 포함한다. 클래딩 재료는 코어 폴리머의 굴절률보다 더 낮은 굴절률을 가져야한다. 디네온사(Dyneon LLC; 미국 미네소타 55128 오클데일 스트리트 노스 33번가 6744 (6744 33rd Street North, Oakdale, MN 55128))의 플루오르열가소성 THV220G 및 THV220A 및 아토피나 키날 수퍼플렉스2500(등록상표)(ATOFINA KYNAR Superflex)은 아토피나 수지 V825NA의 굴절률보다 더 낮은 1.35 내지 1.41의 굴절률을 갖는다.

도 6은 균일 코어 횡단면을 갖는 POF를 연속 생산하는 실시예 공정의 순서도이다.

단계 10에서, 세정 및 순화된 POF 코어 폴리머 수지(폴리머 출발 재료, 상업적 수지 제조자에 의해 통상적으로 공급됨)의 펠릿(pellet)이 이송 호퍼/건조기 시스템(200) 내로 공급된다. 건조기 시스템(200)은 연속적으로 압축 공기를 이용하여 코어 폴리머 수지를 건조시킨다. 건조기 시스템(200)에 이용되는 온도는 통상적으로 80℃ 내지 100℃이며, 90℃가 선호된다. 습기는 -40℃의 이슬점에서 건조기 시스템(200)을 작동하여 수지로부터 제거된다. 건조기 시스템(200)은 또한 두개의 유수분리필터(coalescing filter)를 연속으로 가지고 있어 아래로부터 0.01 마이크론에 이르는 크기의 기름 방울 입자 및 액체 물을 제거한다. 실시예의 건조기 시스템(200)은 노바텍tm 컴프레스드 에어 드라이어(Novatectm Compressed Air Dryer; 미국 21225 메릴랜드 볼티모어 토마스 애비뉴 222 이 노바텍(주)(Novatec, Inc. 222 E. Thomas Ave., Baltimore Md. 21225), www.novatec.com)이다.

단계 20에서, 압출기 구동 조립체(100)는 건조된 폴리머를 스크류/실린더 조립체(300) 내로 공급하며, 여기서 건조된 폴리머가 융용된다. 압출기 구동 조립체(100)는 일정한 작동 RPM을 유지하여 연속 압출 공정 동안 안정된 압력을 공급하는 전용 구동 시스템이다.

압출기 구동 조립체(100)에서 풀리의 기어비는 구동 조립체 모터가 모터 속도 비율의 90% 내지 100%의 양호한 비율로 작동할 수 있게 변화될 수 있다. 안전된 모터 속도는 차례로, 일정한 압출물 압력을 발생시키는 안정된 스크류 속도를 발생시킨다. 측정되는 압력 변동은 다양한 작업 압력으로 작동하는 동안 2%미만이다. 따라서, 압출기 구동 조립체(100)의 정확한 구동은 더 큰 압출기 제어를 가능하게 하여 압출물의 균일성을 제공한다.

스크류/실린더 조립체(300)는 용융 수지로부터 휘발성 오염 물질을 제거하기 위해 벤팅될(vented) 수 있다.

단계 30에서, 스크류/실린더 조립체(300)의 공급 스크류는 용융된 폴리머를 다중목적 블럭(350) 및 전달/가열 블럭(400)을 통해 유성 기어 펌프(600) 내로 연속, 균일 방식으로 이동시킨다. 유성 기어 펌프(600)는 전용 구동 조립체(500)에 의해 구동된다. 펌프(600)는 다중 출구를 갖는 단일 입구 펌프이다.

단계 40에서, 용융 폴리머는 연속, 균일 방식으로 전달/가열 블럭(400) 내로 되돌려진다. 펌프(600)는 분리되어 흐름을 전달 블럭(400)의 독립적인 채널 내로 분산하도록 용융 폴리머를 가압한다. 명료하게, 전달 블럭(400)의 독립적 채널 중 하나(즉, 채널 450)만이 도 4에 도시된다.

블럭(400)에서 채널(450)은 저제한(low restriction)으로 빠른 폴리머 유속을 허용하여, 용융된 폴리머에서 전단 가열(및 동시 온도 불균일성(concurrent temperature nonuniformities))을 감소시킨다. 스핀 팩 조립체(950)에서 폴리머 흐름의 방향은 90°증분으로 변화될 수 있다. 따라서, 스핀 팩 조립체(950)를 통한 압출은 수직 상방, 수직 하방 또는 수평일 수 있다. 히팅 밴드(750)는 스핀 팩 조립체(950)를 통과하는 동안 용융 폴리머의 온도제어(및 이에 따른 점성도 제어)를 촉진시킨다.

단계 50에서, 용융 폴리머의 가압된 스트림은 나사 가공된 방적 돌기 핀(800) 세트를 갖춘 방적돌기 면판(700)으로 유입된다. 방적돌기 핀(800)은 용이한 제거를 위해 나사 가공되어, 핀 길이 대 직경 비율 및 방적돌기 구멍 직경에서 빠른 변환이 가능하게 한다. 방적돌기 팁 히터(900)는 방적돌기 핀(800)에서 압출물의 온도를 제어한다. 이러한 제어는 방적돌기 핀(800)을 유출하여 POF 코어(1300)를 성형함으로써 압출물의 표면 균일성을 강화시킨다. 방적돌기 핀(800)의 온도는 바람직하게는 225℃ 내지 300℃이다. 다른 실시예에서, 방적돌기 면판(700)은 나사 가공된 것보다는 오히려 고정된 방적돌기 핀(800)을 포함할 수 있다.

단계 60에서, 용융 폴리머는 실질적으로 수직 상방 방향으로 방적돌기 핀(800)을 통해 압출된다. 방적돌기 핀(800)의 원형 개구를 통과하도록 용융 폴리머에 힘을 가하여 균일 코어 횡단면을 갖는 POF 코어(1300)를 성형한다. 방적돌기 핀(800) 개구의 형태 변경은 다른 타입의 균일 횡단면을 갖는 POF를 성형할 수 있다. 예를 들면, 방적돌기 핀(800)의 타원형 개구를 통과하도록 용융 폴리머에 힘을 가하여 균일한 타원형 횡단면을 갖는 POF 코어(1300)를 성형한다. POF 코어 횡단면의 균일성을 증가시키기 위해, 단계 60에서 압출은 완전한 수직 방향으로, 중력에 완전히 반대방향으로 양호하게 수행된다.

수직 상방 압출 공정의 시작에서, 금속 막대 또는 다른 불활성 표면은 방적돌기 핀(800)을 나가는 POF 코어(1300)와 접촉하게 되며, POF 코어(1300)를 위로 및 제 1 구동 롤(1200)의 그루브 내로 상승시킨다. 그 후 POF 코어(1300)는 수평 또는 수직 하방 압출 공정에 대해 통상 행해지는 동일한 방식으로 시스템의 나머지 부분을 통과한다.

단계 70에서, POF 코어(1300)는 제어 방식으로 냉각된다. 일 실시예에서, POF 코어(1300)는 이중 냉각부 시스템으로 냉각된다.

1 단계 급랭 유닛(1000)은 방적돌기 핀(800)에 평행하게 그리고 방적돌기 핀(800)을 나가는 POF 코어(1300)로부터 통상 0.1인치 내지 2인치 떨어져 위치된다. 1 단계 급랭 유닛(1000)은 섬유 위에 공기를 분출하여 POF 코어(1300)를 서서히 냉각시킨다. 1 단계 급랭 유닛(1000)은 일반적으로 0℃ 내지 130℃, 바람직하게는 100℃에서 작동된다. 1 단계 급랭 유닛(1000)의 팬은 일반적으로 0 내지 1750 RPM(0.058 PSI)로, 바람직하게는 1200 RPM(0.027 PSI)으로 작동한다. 2 단계 급랭 유닛(100)은 또한 0℃ 내지 130℃에서 작동할 수 있으나, 일반적으로 1 단계 급랭 유닛(1000)보다 더 낮은 온도로, 바람직하게는 0℃ 내지 20℃의 온도로, 작동한다. 2 단계 급랭 유닛(100)의 팬은 일반적으로 0 내지 1750 RPM, 바람직하게는 1000 RPM(0.018 PSI)으로 작동한다.

단계 80에서, 클래딩은 POF 코어(1300)에 도포된다. POF 클래딩 층을 도포하는 예시적인 부품이 도 2에 도시된다. 압출기 스크류 및 실린더 조립체(도2에 미도시)는 크로스헤드(1500)에 접속된다. 클래딩용 압출기 스크류 및 실리더 조립체는 압출기 스크류/실린더 조립체(300)용의 것과 동일한 설계를 이용할 수 있다. 바람직한 클래딩 재료는 디네온사에 의해 공급된 THV-220G로서 설계된 플루오로 폴리머이다.

표 1은 도 2에서 도시된 부품을 이용하여 미리 압출된 POF 코어(1300)에 예시적인 클래딩용 공정 파라미터를 제공한다. 표 1에서, 1 내지 4 존(Zone)은 압출기 실린더의 길이 방향을 따른 4개의 개별 가열부에 관한 것이다. 이러한 4개 존은 클래딩 폴리머 펠릿을 활발하게 가열하며 크로스헤드(1500)에서 균일하게 분산된 클래딩 압출물을 생산한다.

[표 1]

클래딩 압출 조건 및 결과

압출기 존 온도	존 1(210℃), 존 2(241℃), 존 3(245℃), 존 4(250℃)
압출기 압력	868PSI
제 1 급랭	2.7℃; 1.22 H_20 공기 흐름 압력
터닝 롤	4.3 MPM
상단 S 랩(Upper S Wrap)	4.9 MPM
제 2 급랭	23.5℃; 0.32 H_20 공기 흐름 압력
POF 전체 직경	평균: 1,116.5마이크론, 표준편차:15.9
원형도(Roundness)	평균: 10.4마이크론 표준편차:2.6
클래딩 두께	162마이크론

크로스헤드 압출기(1500)는 제 2 인라인 단계와 같은 발생하는 연속 공정으로서 POF 코어(1300)에 클래딩의 도포를 허용하는 흐름 제어를 갖는 조정 가능한 노즐 시스템으로 구성된다. 이러한 공정에서 이용되는 노즐 시스템은 내부적으로 제조되나, 다수의 상업적 응용 제품 크로스헤드가 이용될 수 있다. 통상 상업적으로 이용되는 압출 크로스헤드의 실례는 플로리다의 젠카 코퍼레이션 오브 클리어워터사(Genca Corporation of Clearwater; www.genca.com)에 의해 제공되는 것이다.

클래딩이 도포된 후, 클래드 POF(1600)는 급랭 유닛(1700)을 이용하여 제 1 급랭(예를 들면, 2.7℃에서)에 의해 급속히 냉각된다. 제 1 급랭은 POF 코어(1300)의 열을 최소화하기 위해 클래딩 재료에서 빠르게 열을 분산시켜서, POF 코어-클래딩 공유영역에서 광학적 성질의 변화를 최소화한다. 그 후 급랭 유닛(1700)은 제 2 급랭(예를 들면, 23.5℃에서)을 수행한다.

단계 90에서, POF 횡단면의 균일성이 측정된다. 일 실시예에서, 측정은 레이저 마이크로미터(1900)를 이용하여 행해진다. 일예의 레이저 마이크로미터(1900)는 베타 레이저마이크 직경 게이지(미국 오하이오 데이튼 테크날러지 블리버드 8001 베타 레이저마이크 (Beta LaserMike, 8001 Technology Blvd., Dayton, Ohio 45424), www.betalasermike.com)이다. 당업자에게 잘 공지된 바와 같이, POF 횡단면의 균일성을 증가시키기 위해, 레이저 마이크로미터(1900)는 광학적으로 온라인 자동 피드백 제어 시스템의 일부분일 수 있다.

도 2에 도시된 바와 같이, 단계 95에서, 클래드 POF(1600)는 (1800)을 통해 권선 유닛(2000)의 S 랩 시스템에 공급되며 POF 스풀(2400) 상으로 권선된다.

전술된 단계에 추가하여, 수직 상방 압출 후에, POF는 (1) 스핀 인출(spin drawing) 플러스(plus) 클래딩, (2) 스핀 인출 플러스 고체-상태 인출, (3) 코어 및 클래딩의 공압출 플러스 스핀 인출, (4) 스핀 인출 공압출 POF 플러스 고체-상태 인출, (5) 단일 단계(one-step) 코어 및 클래딩의 공압출 플러스 연속 증분 인출을 포함한 제한 없는 다양한 다른 방법으로 인출 수 있다.

스핀 인출 플러스 클래딩에서, POF 코어(1300)는 방적돌기 핀(800)으로부터 압출 후 즉시 인출 되며 POF 코어(1300)가 고체화될 양립가능한 클래딩이 도포된다. 이러한 인출 방법은 일반적으로 클래딩과 POF 코어(1300) 사이에 어떠한 상 분리 없이 POF 코어(1300)와 클래딩 재료 사이에 뛰어난 공유영역 접착을 제공한다. 이러한 인출 방법은 또한 일반적으로 POF에서 낮은 분자 배향, 적합한 섬유 강도, 및 적합한 클래딩 균일성을 만든다.

스핀 인출 플러스 고체-상태 인출에서, POF 코어(1300)는 방적돌기 핀(800)으로부터 압출된 후 즉시 인출되며 스풀 상에 권선된다. 그 후 이러한 POF 코어(1300)는 제 2 공정에서 스풀로부터 풀려지며 큰 연신비(drawing ratio)로 고체 상태에서 인출된다. 그 후 클래딩 재료는 고체-상태 인출 후에 도포된다. 이러한 인출 방법은 클래딩과 POF 코어(1300) 사이에 상 분리없이, 일반적으로 POF 코어(1300)에 매우 높은 분자 배향 및 POF 코어(1300)와 클래딩 재료 사이의 뛰어난 공유영역 접착을 제공한다. 다중 단계 인출 공정은 일반적으로 적합한 클래딩 균일성을 발생시킨다.

코어 및 클래딩의 공압출 플러스 스핀 인출에서, POF 코어(1300)는 클래딩 재료와 함께 공압출 되어 공압출된 직후 인출되며 스풀 상에 권선 된다. 이러한 인출 방법은 일반적으로 클래딩과 POF 코어(1300) 사이에 어떤 상 분리 없이 뛰어난 클래딩 균일성을 제공한다. 이러한 인출 방법은 일반적으로 낮은 분자 배향 및 적절한 강도를 갖는 POF를 생산한다.

스핀 인출 공압출 POF 플러스 고체-상태 인출에서, POF 코어(1300)는 클래딩 재료와 함께 공압출되어 공압출 직후 인출되며 스풀 상으로 권선 된다. 그 후 POF는 제 2 공정에서 스풀로부터 풀리며 큰 연신비로 고체 상태에서 인출된다. 이러한 인출 방법은 일반적으로 고강도 및 뛰어난 클래딩 균일성을 갖는 높게 배향되는 POF를 생산한다. 그러나, 고체-상태 인출 단계 동안 코어와 클래딩 사이의 상 분리가 POF에 결점을 발생시킬 수 있다.

단일 단계 코어 및 클래딩 공압출 플러스 연속 증분 인출에서, 스핀 인출 공압출 POF는 POF가 통과하는 각각 롤의 선속도를 증가시키는 것에 의해 연속적으로 인출된다. 예를 들면, 롤(2100) 선속도가 롤(1800)보다 더 커서, 롤(2100)과 롤(1800) 사이에서 POF를 인출할 것이다. 이러한 증분 인출 공정은 추가적인 롤 사이 및 상이한 인출 온도 하에서 반복될 수 있다. 이러한 인출 절차는 별개의 고체-상태 인출 단계 없이 큰 연신비 및 높은 분자 배향을 가져온다. 이러한 인출 방법은 뛰어난 물리적 및 환경적 안정성, 뛰어난 횡단면 균일성을 가지며, 클래딩 및 POF 코어(1300) 사이에 어떤 상 분리도 없이 일반적으로 고강도 POF를 생산한다.

넓은 범위의 타깃 직경(예를 들면, 250, 500, 750, 1000, 1500 및 2000 마이크론)을 갖는 균일한, 원형 POF 코어는 수직 상방 압출을 이용하여 생산된다. 각각의 POF 코어(1300)는 클래딩 없이 연속 압출되며 아토피나 수지 V825NA를 이용하여 전술된 방법(단계 80이 생략됨)에 따라 생산된다.

표 2는 각각의 타깃 직경에 대한 코어 직경 및 원형도 데이터를 제공한다. 원형도는 주어진 POF 코어 횡단면에서 두개의 직교 방향으로 레이저 마이크로미터(1900)에 의해 측정되는 코어 직경에서의 차이에 관한 것이다. 표 2는 또한 수직 하방 압출을 이용하여 생산되는 대응하는 샘플에 대한 코어 직경 및 원형도를 제공한다. 표 2에 도시된 바와 같이, 수직 상방 압출로 제조된 샘플은 코어 직경에서 훨씬 더 적은 변동(즉, 코어 직경에서 더 작은 표준 편차)을 가지며 수직 하방 압출로 제조된 대응하는 샘플보다 더 양호한 원형도 값(즉, 더 작은 평균 원형도)를 갖는다.

수직 상방 압출을 이용하여 생산된 샘플에 대해, 코어 직경의 표준 편차는 (1.4%였던 250마이크론 직경 샘플을 제외하고) 평균 코어 직경의 1 퍼센트보다 더 적다. 한편, 수직 하방 압출을 이용하여 생산된 대응 샘플에서, 코어 직경의 표준 편차는 평균 코어 직경의 2.4% 내지 10.4%이다.

[표 2]

	수직 상방 압출		수직 하방 압출	
타깃 코어 직경	코어 직경 (micron)	원형도 (micron)	코어 직경 (micron)	원형도 (micron)
250 micron	평균: 249.75 표준편차: 3.4 N=8,520 샘플	평균: 2.05 표준편차:0.63 N= 8,520 샘플	평균: 248.15 표준편차:25.93 N= 8,504 샘플	평균: 4.38 표준편차:2.05 N= 8,504 샘플
500 micron	평균: 499.78 표준편차:3.53 N= 9,004 샘플	평균: 2.3 표준편차:0.65 N= 9,004 샘플	평균: 499.48 표준편차:30.48 N= 8,509 샘플	평균: 3.12 표준편차: 1.55 N= 8,509 샘플
750 micron	평균: 749.18 표준편차:3.88 N= 9,385 샘플	평균: 1.73 표준편차:0.60 N= 9,385 샘플	평균: 748.95 표준편차: 27.08 N= 9,005 샘플	평균: 3.32 표준편차:1.02 N= 9,005 샘플
1,000 micron	평균: 999.28 표준편차:3.63 N= 9,484 샘플	평균: 3.10 표준편차: 0.78 N= 9,484 샘플	평균: 1,000.92 표준편차: 24.18 N= 8,686 샘플	평균: 3.50 표준편차:0.95 N= 8,686 샘플
1,500 micron	평균:1,498.85 표준편차:3.80 N= 9,329 샘플	평균: 5.43 표준편차: 1.98 N= 9,329 샘플	평균: 1,494.85 표준편차:38.85 N= 8,752 샘플	평균: 5.95 표준편차:1.85 N= 8,752 샘플
2,000 micron	평균:1,999.53 표준편차:4.18 N= 9,139 샘플	평균: 1.33 표준편차: 1.90 N= 9,139 샘플	평균: 1,906.32 표준편차:55.48 N= 8,053 샘플	평균:1.38 표준편차:3.80 N= 8,053 샘플

전술된 다양한 실시예는 단지 본 발명의 설명으로서 고려되어야 한다. 실시예들은 개시된 형태에 완전하게 또는 본 발명을 제한하기 위해 의도된 것이 아니다. 당업자는 본 발명에서 설명된 일반적인 사상에서 벗어나지 않는 범위에서 여전히 다른 변화물 및 변형물이 실시될 수 있다는 것을 용이하게 이해할 수 있다. 따라서, 본 발명은 다음의 청구 범위에 의해 한정된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

폴리머 출발 재료를 건조시키는 단계와;

상기 폴리머 출발 재료를 연속 스크류 압출기에 용융시키는 단계와;

상기 압출기의 스크류 속도를 안정화시키는 단계와;

상기 용융된 폴리머 출발 재료를 빠른 속도, 저제한 채널을 통해 통과시키는 단계와;

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어를 형성하도록 상기 용융된 폴리머 출발 재료를 실질적으로 수직 상방 방향으로 압출하는 단계와;

압출하는 동안 상기 용융된 폴리머 출발 재료의 온도를 제어하는 단계와; 그리고

제어 방식으로 상기 플라스틱 광섬유 코어를 냉각시키는 단계를 포함하는,

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어 연속 제조 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 균일 횡단면이 원형 횡단면인,

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어 연속 제조 방법.

청구항 3.

폴리머 출발 재료를 연속 스크류 압출기에 용융시키는 단계, 및

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어를 형성하도록 상기 용융된 폴리머 출발 재료를 실질적으로 수직 상방 방향으로 압출하는 단계를 포함하는,

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어 연속 제조 방법.

청구항 4.

제 3 항에 있어서,

상기 균일 횡단면이 원형 횡단면인,

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어 연속 제조 방법.

청구항 5.

제 4 항에 있어서,

플라스틱 광섬유 코어 직경의 표준편차가 평균 플라스틱 광섬유 코어 직경의 2 퍼센트 미만인,

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어 연속 제조 방법.

청구항 6.

제 3 항에 있어서,

상기 폴리머 출발 재료를 건조시키는 단계를 더 포함하는,

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어 연속 제조 방법.

청구항 7.

제 3 항에 있어서,

상기 스크류 압출기를 벤팅하는 단계를 더 포함하는,

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어 연속 제조 방법.

청구항 8.

제 3 항에 있어서,

상기 압출기의 스크류 속도를 안정화시키는 단계를 더 포함하는,

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어 연속 제조 방법.

청구항 9.

제 3 항에 있어서,

상기 압출기에서 상기 용융된 폴리머 출발 재료의 압력을 안정화시키는 단계를 더 포함하는,

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어 연속 제조 방법.

청구항 10.

제 3 항에 있어서,

압출하는 동안 상기 용융된 폴리머 재료의 온도를 제어하는 단계를 더 포함하는,

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어 연속 제조 방법.

청구항 11.

제 3 항에 있어서,

상기 용융된 폴리머 출발 재료를 빠른 속도, 저제한 채널을 통해 통과시키는 단계를 더 포함하는,

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어 연속 제조 방법.

청구항 12.

제 3 항에 있어서,

상기 플라스틱 광섬유를 제어 방식으로 냉각시키는 단계를 더 포함하는,

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어 연속 제조 방법.

청구항 13.

제 3 항에 있어서,

상기 플라스틱 광섬유 코어를 인출하는 단계를 더 포함하는,

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어 연속 제조 방법.

청구항 14.

폴리머 출발 재료를 연속 스크류 압출기에 용융시키는 단계와;

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어를 형성하도록 상기 용융된 폴리머 출발 재료를 실질적으로 수직 상방 방향으로 압출하는 단계와; 그리고

상기 플라스틱 광섬유 코어에 클래딩 층을 도포하는 단계를 포함하는,

균일 코어 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 연속 제조 방법.

청구항 15.

제 14 항에 있어서,

상기 도포하는 단계는 상기 압출하는 단계와 동시에 발생하는,

균일 코어 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 연속 제조 방법.

청구항 16.

제 14 항에 있어서,

상기 도포하는 단계는 상기 압출하는 단계 후에 일어나는,

균일 코어 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 연속 제조 방법.

청구항 17.

하나 이상의 스크류 압출기, 및

하나 이상의 압출 블럭을 포함하며,

상기 하나 이상의 스크류 압출기가 폴리머 출발 재료를 연속적으로 용융시키는데 이용되며,

상기 하나 이상의 압출 블럭이 균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어를 형성하도록 상기 용융된 폴리머 출발 재료를 실질적으로 수직 상방 방향으로 압출하는,

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어 연속 제조 방법.

청구항 18.

제 17 항에 있어서,

상기 균일 횡단면이 원형 횡단면인,

균일 횡단면을 갖는 플라스틱 광섬유 코어 연속 제조 방법.

도면

도면1

도4 참조
1200
1300
200
100
1100
1000
900
800
350
300
700
400
600
500

도면2

도면3

도면4

섬유
1300
900
800
700
히터 밴드
750
350
압출기
실린더내의
폴리어 흐름
블럭내의
폴리머 흐름
450
400
펌프로부터
블럭 내로의
폴리머 흐름
600
히터 밴드
750
실린더 상의
다중 히터 밴드

도면5

도면6

단계 10
폴리머 출발 재료를 건조시키는 단계
단계 20
연속 스크류 압출기로 출발 재료를 용융시키는 단계
단계 30
용융된 폴리머를 가열/전달 블럭을 통해
유성 기어 펌프 내로 이동시키는 단계
단계 40
용융된 폴리머를 가열/전달 블럭 내로 돌려보내는 단계
단계 50
용융된 폴리머를 방적돌기 면판 내로 이동시키는 단계
단계 60
균일한 단면을 갖는 POF코어를 성형하도록 실질적으로
수직 상방방향으로 폴리머를 압출하는 단계
단계 70
POF 코어를 냉각시키는 단계
단계 80
클래딩을 붙이는 단계
단계 90
POF단면 균일성을 측정하는 단계
단계 95
구동 스풀 상으로 POF를 권선하는 단계