



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0050557
(43) 공개일자 2011년05월13일

(51) Int. Cl.

D01D 5/00 (2006.01) D04H 3/16 (2006.01)

D01F 6/04 (2006.01) D01F 6/10 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7007758

(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년09월08일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2011년04월04일

(86) 국제출원번호 PCT/US2009/056157

(87) 국제공개번호 WO 2010/028326

국제공개일자 2010년03월11일

(30) 우선권주장

61/191,102 2008년09월05일 미국(US)

(71) 출원인

이 아이 듀폰 디 네모아 앤드 캠파니

미합중국 델라웨어주 (우편번호 19898) 월밍톤시
마아캣트 스트리트 1007

(72) 발명자

디, 그레고리, 티.

미국 19802-2652 델라웨어주 월밍톤 실바누스 드
라이버록우드 힐 4611

호바넥, 조셉, 브라이언

미국 23223 버지니아주 리치몬드 노쓰 29쓰 스트
리트 319

미어벨트, 안, 반

네덜란드 엔엘-엘-1137 호발트 튀 닐 암스트롱 9

(74) 대리인

양영준, 양영환, 김영

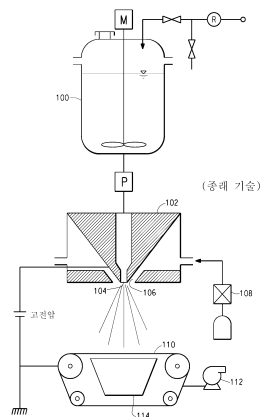
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 높은 처리량의 일렉트로블로잉 방법

(57) 요약

본 발명은 25℃에서 적어도 약 6 kPa의 증기압을 갖는 적어도 하나의 용매 중에 용해된 적어도 하나의 중합체를 포함하는 중합체 용액을 방사구에 제공하는 단계, 중합체 용액을 블로잉 기체와 조합하여 방사구의 적어도 하나의 방사 노즐로부터 멀어지는 방향으로 그리고 전기장의 존재 하에서 배출하는 단계 - 중합체 용액은 방사 노즐을 통해 약 6 내지 약 100 ml/분/구멍의 방출 속도로 방출됨 -, 섬유를 형성하는 단계 및 수집기 상에 섬유를 수집하는 단계를 포함하는 섬유 방사 방법이다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

25℃에서 적어도 약 6 kPa의 증기압을 갖는 적어도 하나의 용매 중에 용해된 적어도 하나의 중합체를 포함하는 중합체 용액을 방사구(spinneret)에 제공하는 단계;

중합체 용액을 블로잉 기체와 조합하여 방사구의 적어도 하나의 방사 노즐로부터 멀어지는 방향으로 그리고 전 기장의 존재 하에서 배출하는 단계 - 중합체 용액은 방사 노즐을 통해 약 6 내지 약 100 ml/분/구멍의 방출 속도로 방출됨 -;

섬유를 형성하는 단계; 및

수집기 상에 섬유를 수집하는 단계를 포함하는 섬유 방사 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 용매는 메탄올, 에탄올, 아세톤, 부탄올, 다이클로로메탄, 1,2-다이클로로에탄, 트라이플루오로아세트산, 에틸 아세테이트, 테트라하이드로푸란, 클로로포름, 사염화탄소 및 탄화수소로 이루어진 군으로부터 선택되는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 탄화수소는 펜탄, 헥산, 헵탄, 사이클로헥산, 메틸사이클로헥산, 및 벤젠으로 이루어진 군으로부터 선택되는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 증기압은 25℃에서 적어도 약 10 kPa인 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 증기압은 25℃에서 적어도 약 20 kPa인 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 중합체 용액은 약 10 내지 약 100 ml/분/구멍의 방출 속도로 방사 노즐을 통해 방출되는 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 중합체 용액은 약 20 내지 약 100 ml/분/구멍의 방출 속도로 방사 노즐을 통해 방출되는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 블로잉 기체는 공기, 질소, 아르곤, 헬륨, 이산화탄소, 탄화수소, 할로카본(halocarbon), 할로하이드로카본(halohydrocarbon) 및 이들의 혼합물의 군으로부터 선택되는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 블로잉 기체는 약 50 내지 약 340 m/초의 유동 속도 및 대략 주위 온도 내지 약 300℃의 온도에서 주입되는 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 섬유는 수평균 섬유 직경이 약 1000 나노미터 미만인 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 섬유는 수평균 섬유 직경이 약 800 나노미터 미만인 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 섬유는 수평균 섬유 직경이 약 500 나노미터 미만인 방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 전기장은 전압 전위가 약 10 kV 내지 약 100 kV인 방법.

청구항 14

제1항에 있어서, 전기장은 코로나 대전장(corona charging field)인 방법.

청구항 15

제1항에 있어서, 섬유는 본질적으로 원형인 단면 형상을 갖는 방법.

청구항 16

제1항에 있어서, 섬유를 방사구로부터 하류에 위치하는 2차 기체와 접촉시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 블로잉 기체는 공기, 질소, 아르곤, 헬륨, 이산화탄소, 탄화수소, 할로카본, 할로하이드로카본 및 이들의 혼합물의 군으로부터 선택되는 방법.

청구항 18

제16항에 있어서, 블로잉 기체는 약 50 내지 약 340 m/초의 유동 속도 및 대략 주위 온도 내지 약 300℃의 온도에서 주입되는 방법.

청구항 19

제1항에 있어서, 상기 중합체 용액 중의 상기 적어도 하나의 중합체는 폴리올레핀, 폴리아이덴, 폴리스티렌, 폴리설폰, 폴리카르보네이트, 폴리(메트)아크릴레이트, 셀룰로오스 에스테르, 폴리비닐클로라이드, 및 이들의 블렌드로 이루어진 군으로부터 선택되는 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 관련 출원과의 상호 참조

[0002] 본 명세서에 개시된 주제는 본 발명의 양수인에게 양도된 본 명세서와 동시에 함께 출원된 하기 출원에 개시 및 청구될 수 있다:

[0003] 디, 호바넥(Dee, Hovanec), 및 반미르벨트(VanMeerveld)의 명의로 출원된, 미국 특허 출원 제61/191,103호(문서 번호 TK4955 US PRV), "약하게 상호작용하는 중합체를 사용한 섬유 방사 방법(Fiber Spinning Process Using a Weakly Interacting Polymer)".

[0004] 본 발명은 높은 처리량의 일렉트로블로잉(electroblowing) 방법에 의해서 섬유질 웹을 형성하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 용액 방사 공정은 섬유 및 부직포 천을 제조하는 데 종종 이용되며, 몇몇 경우에는 처리량이 높은 이점을 가져 섬유 또는 천을 상업적으로 실행 가능한 많은 양으로 제조할 수 있도록 한다. 이러한 공정은 의료용 의복, 필터, 및 선택적인 장벽을 필요로 하는 기타 최종 용도에 유용한 섬유질 웹을 제조하는 데 사용될 수 있다. 이러한 유형의 섬유질 웹의 성능은 직경이 작은 섬유를 이용하여 향상될 수 있다.

[0006] 일렉트로블로잉이라고 불리는 용액 방사 유형은 블로잉 기체와 조합하여 그리고 전기장의 존재 하에 방사 노즐을 통해 중합체 용액을 방사하여 매우 미세한 섬유를 생성한다.

[0007] 그러나, 섬유 균일성 및 품질을 떨어뜨리지 않으면서 이러한 공정의 처리량을 증가시켜 공정 효율을 증가시키고 제조 비용을 감소시키는 것이 바람직할 것이다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은 25℃에서 적어도 약 6 kPa의 증기압을 갖는 적어도 하나의 용매 중에 용해된 적어도 하나의 중합체를 포함하는 중합체 용액을 방사구(spinneret)에 제공하는 단계, 중합체 용액을 블로잉 기체와 조합하여 방사구의 적어도 하나의 방사 노즐로부터 멀어지는 방향으로 그리고 전기장의 존재 하에서 배출하는 단계 - 중합체 용액은 방사 노즐을 통해 약 6 내지 약 100 ml/분/구멍의 방출 속도로 방출됨 -, 섬유를 형성하는 단계 및 수집기 상에 섬유를 수집하는 단계를 포함하는 섬유 방사 방법이다.

도면의 간단한 설명

[0009] 본 명세서에 포함되며 그의 일부를 구성하는 첨부 도면은, 발명의 내용과 함께, 본 발명의 원리를 설명하는 역할을 한다.

<도 1>

도 1은 본 발명에 따른 섬유질 웹을 제조하는 데 유용한 종래 기술의 일렉트로블로잉 장치의 개략도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 본 발명은 여과 매체, 에너지 저장 분리기(energy storage separator), 보호용 의류 등과 같은 다양한 고객 최종 용도의 응용을 위한 용매 방사된 웹 및 천에 관한 것이다.

[0011] 본 발명은 높은 증기압의 용매에 용해된 중합체를 일렉트로블로잉 공정을 사용하여 고비용의 처리량으로 섬유 및 웹으로 방사한다.

[0012] 섬유 층(들)을 제조하는 공정이 국제특허 W02003/080905호 (미국 특허 출원 제10/822,325호)에 개시되어 있는데, 이는 본 명세서에 참고로 포함된다. 도 1은 국제 특허 공개 W02003/080905호에 기재된 일렉트로블로잉 (또는 "일렉트로-블로운 방사(electro-blown spinning)")를 이용하여 본 발명의 공정을 수행하는 데 유용한 일렉트로블로잉 장치의 개략도이다. 이러한 종래 기술의 일렉트로블로잉 방법은, 용매 중의 중합체 용액을 저장 탱크(100)로부터 방사구(102)를 통해 고전압이 인가된 방사 노즐(104)로 공급하면서, 중합체 용액이 방사 노즐(104)을 빠져나올 때 압축 기체 또는 블로잉 기체를 블로잉 기체 노즐(106)을 통해 중합체 용액에 향하게 하여 섬유를 형성하는 단계와, 섬유를 진공 챔버(114) 및 송풍기(112)에 의해 생성된 진공 하에 접지된 수집기(110) 상에서 웹으로 수집하는 단계를 포함한다.

[0013] 수집 장치는 바람직하게는 방사구(102)와 수집기(110) 사이에서 정전기장 내에 위치되는 이동 수집 벨트이다. 수집된 후에, 섬유 층은 수집기(110)의 하류측의 권취 롤로 향하여 권취 롤 상에 권취된다. 선택적으로, 섬유질 웹은 스펀본디드 부직포, 펄트블로운 부직포, 니들 펀칭된 부직포, 직조 천, 편직 천, 개구 형성된 필름, 종이 및 그 조합과 같은, 이동 수집 벨트 상에 배열된 다양한 다공성 스크림(scrim) 재료들 중 임의의 재료 상에 침착될 수 있다.

[0014] 선택적으로, 2차 기체가 방사구로부터 하류의 섬유와 접촉하여 섬유로부터 용매를 제거하는 것을 도울 수 있다. 높은 처리율로 섬유를 일렉트로블로잉하는 경우, 섬유 형성 중합체 용액으로부터 다량의 용매가 제거되어야만 한다. 2차 기체는 섬유에 부딪히도록 위치될 수 있거나, 또는 청소 기체(sweeping gas)로서 사용되어 일반적인 방사 영역으로부터 용매를 제거하는 데 도움이 될 수 있다.

[0015] 높은 처리량 또는 방출 속도로 섬유를 방사하기 위하여, 높은 증기압을 갖는 용매가 사용될 수 있다. 본 발명에 따르면, 25℃에서 적어도 6 kPa의 증기압을 갖는 용매가 바람직하고, 25℃에서 적어도 10 kPa의 증기압을 갖는 용매가 더욱 바람직하고, 25℃에서 적어도 20 kPa의 증기압을 갖는 용매가 더 더욱 바람직하다. 높은 증기압을 갖는 적합한 용매에는 메탄올 (16.9), 에탄올 (7.9), 아세톤 (30.8), 부탄올 (12.1), 다이클로로메탄 (58.1), 1,2-다이클로로에탄 (10.6), 트라이플루오로아세트산 (14.7), 에틸 아세테이트 (12.4), 테트라하이드로푸란 (21.6), 클로로포름 (26), 사염화탄소 (15.4)와, 펜탄 (68.3), 헥산 (20.2), 헵탄 (6.1), 사이클로헥산 (13), 메틸사이클로헥산 (6.1), 및 벤젠 (12.3)을 포함하는 탄화수소가 포함되며, 여기서, 괄호 안의 숫자는 25℃에서

의 이들 용매의 증기압 (kPa 단위)이다. 증기압 데이터는 문헌 ["Organic Solvents". Volume 2, fourth edition, by John Riddick, William Bunger, and Theodore Sakano, John Wiley & Sons, 1986] 또는 용매의 물리적 특성에 대한 DIPPR(등록상표) 데이터베이스로부터 입수하였다.

- [0016] 본 발명에 따르면, 25℃에서 적어도 6 kPa의 증기압을 갖는 용매가 바람직하며, 25℃에서 적어도 10 kPa의 증기압을 갖는 용매가 더욱 바람직하며, 25℃에서 적어도 20 kPa의 증기압을 갖는 용매가 더 더욱 바람직하다.
- [0017] 중합체 용매는 약 0℃ 내지 용매의 비점의 온도에서 방사될 수 있다.
- [0018] 이러한 용매를 사용하여 약 6 내지 약 100 ml/분/구멍, 더욱 유리하게는 약 10 내지 약 100 ml/분/구멍, 및 가장 유리하게는 약 20 내지 약 100 ml/분/구멍의 방출 속도로 방사될 수 있는 중합체 용액을 제조할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 방법에 따라 섬유 층을 제조하는 데 사용될 수 있는 중합체(들)는 선택된 용매에 원하는 농도로 실질적으로 용해가능하고 본 명세서에 기재된 방법에 의해 섬유로 방사될 수 있지만 하다면 특별히 한정되지 않는다. 이러한 중합체의 예에는 일반적으로 탄화수소 중합체가 포함된다. 본 발명에 적합한 탄화수소 중합체의 예에는 폴리올레핀, 폴리아이렌, 폴리스티렌 및 이들의 블렌드가 포함된다. 폴리올레핀의 예에는 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리(1-부텐), 폴리(4-메틸-1-펜텐), 및 이들의 블렌드, 혼합물 및 공중합체가 포함된다.
- [0020] 상기한 중합체에 더하여, 다른 예로는 폴리설폰, 폴리카르보네이트, 폴리(메트)아크릴레이트, 셀룰로오스 에스테르, 폴리비닐클로라이드, 및 이들의 블렌드가 포함된다. 폴리(메트)아크릴레이트의 예로는 폴리메틸아크릴레이트 및 폴리메틸메타크릴레이트가 포함된다. 셀룰로오스 에스테르의 예로는 셀룰로오스 트리아세테이트가 포함된다. 폴리에스테르의 예로는 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 폴리프로필렌 테레프탈레이트, 폴리부틸렌 테레프탈레이트, 폴리(엠펙톤-카프로락톤), 폴리(DL-락트산) 및 폴리(L-락타이드)가 포함된다.
- [0021] 블로잉 기체는 공기, 질소, 아르곤, 헬륨, 이산화탄소, 탄화수소, 할로카본(halocarbon), 할로하이드로카본(halohydrocarbon) 및 이들의 혼합물의 군으로부터 선택될 수 있다. 블로잉 기체는 약 50 내지 약 340 m/초의 유동 속도 및 대략 주위 온도 내지 약 300℃의 온도에서 주입된다.
- [0022] 생성된 섬유는 수평균 섬유 직경이 바람직하게는 1,000 나노미터 미만, 더욱 바람직하게는 800 나노미터 미만, 그리고 가장 바람직하게는 500 나노미터 미만이다. 섬유는 연속 또는 불연속일 수 있다. 섬유는 본질적으로 원형인 단면 형상을 가질 수 있다.
- [0023] 전기장은 전압 전위가 약 10 내지 약 100 kV일 수 있다. 전기장을 사용하여 코로나 전하(corona charge)를 생성할 수 있다.
- [0024] 섬유는 수평균 섬유 직경이 약 1,000 나노미터 미만인, 원형 단면의, 약하게 상호작용하는 중합체 섬유를 포함하는 섬유질 웹으로 수집될 수 있다.
- [0025] 2차 기체는 공기, 질소, 아르곤, 헬륨, 이산화탄소, 탄화수소, 할로카본, 할로하이드로카본 및 이들의 혼합물의 군으로부터 선택될 수 있다. 2차 기체는 약 50 내지 약 340 m/초의 유동 속도 및 대략 주위 온도 내지 약 300℃의 온도에서 주입된다.
- [0026] 시험 방법
- [0027] 섬유 직경을 하기와 같이 측정하였다. 각각의 미세 섬유 층 샘플에 대해 2 내지 3매의 주사 전자 현미경(SEM) 이미지를 촬영하였다. 분명하게 구별가능한 미세 섬유들의 직경을 사진으로부터 측정하고 기록하였다. 결합(즉, 미세 섬유의 덩어리(lump), 중합체 소적(drop), 미세 섬유의 교차)은 포함시키지 않았다. 각각의 샘플에 대해 약 50 내지 300개의 수평균 섬유 직경을 계산하였다.
- [0028] 실시예
- [0029] 하기에 언급된 바와 같은 특정한 변화를 주면서 상기에 기재된 일반적인 공정 및 장치를 사용하여 하기 섬유 실시예들을 제조하였다.
- [0030] 실시예 1
- [0031] 폴리메틸메타크릴레이트 (PMMA)의 9 중량% 용액을 실온에서 아세톤 (25℃에서 증기압 24.2 kPa) 중에 용해하였다. 자석 교반기를 사용하여 용액을 교반하였다. 균질한 용액을 밀봉 유리 용기로 옮기고 방사 챔버로 이송하였다. 용액을 방사 챔버의 저장소 내로 옮기고 밀봉하였다. 0.254 mm 내경 단일 방사 노즐을 갖는 방사구를 사용하였다. 드럼 수집기를 사용하여 샘플을 수집하였다. 방사구는 100 kV의 음전위에 배치하였다.

수집기는 접지시켰다. 방사 노즐 출구로부터 수집기 표면까지의 거리는 51 cm였다. 공기를 블로잉 기체로 사용하였다. 질소를 2차 기체로 사용하여 방사 챔버 내의 상대 습도 및 온도를 제어하였다. 질소의 흐름은 방사 챔버 내의 용매 증기의 농도가 폭발 하한을 초과하는 것을 막는 데 충분하였다. 상대 습도를 11% 미만으로 제어하였다. 실험을 지속하는 동안 방사 챔버 온도는 23℃에 가까웠다. 0.2044 MPa의 질소 압력을 사용하여 6.7 ml/분/구멍의 용액 유량을 유지하였다. 블로잉 기체를 제어하여 출구 속도를 67 m/초 정도로 유지하였다. 블로잉 기체 온도는 23℃에 가까웠다. 용액 유동이 개시된 직후 섬유가 깃털 형상으로 보였다. 섬유가 드럼 상의 스와스(swath) 내에 침착하였다. 섬유의 수평균 섬유 직경을 측정하였는데, 393 나노미터였다.

[0032] 실시예 2

[0033] 폴리스티렌의 9 중량% 용액을 실온에서 다이클로로메탄 (25℃에서 증기압 58.1 kPa) 중에 용해하였다. 자석 교반기를 사용하여 용액을 교반하였다. 균질한 용액을 밀봉 유리 용기로 옮기고 방사 챔버로 이송하였다. 용액을 방사 챔버의 저장소 내로 옮기고 밀봉하였다. 0.406 mm 내경 단일 방사 노즐을 갖는 방사구를 사용하였다. 드럼 수집기를 사용하여 샘플을 수집하였다. 방사구는 100 kV의 음전위에 배치하였다. 수집기는 접지시켰다. 방사 노즐 출구로부터 수집기 표면까지의 거리는 95 cm였다. 공기를 블로잉 기체로 사용하였다. 공기를 2차 기체로 사용하여 방사 챔버 내의 상대 습도 및 온도를 제어하였다. 공기의 흐름은 방사 챔버 내의 용매 증기의 농도가 폭발 하한을 초과하는 것을 막는 데 충분하였다. 상대 습도를 11% 미만으로 제어하였다. 실험을 지속하는 동안 방사 챔버 온도는 32℃에 가까웠다. 0.515 MPa의 질소 압력을 사용하여 34.3 ml/분/구멍의 용액 유량을 유지하였다. 블로잉 기체를 제어하여 출구 속도를 150 m/초 정도로 유지하였다. 블로잉 기체 온도는 24℃에 가까웠다. 용액 유동이 개시된 직후 섬유가 깃털 형상으로 보였다. 섬유가 드럼 상의 스와스 내에 침착하였다. 섬유의 수평균 섬유 직경을 측정하였는데, 335 나노미터였다.

[0034] 실시예 3

[0035] 폴리스티렌의 9 중량% 용액을 실온에서 다이클로로메탄 (25℃에서 증기압 58.1 kPa) 중에 용해하였다. 자석 교반기를 사용하여 용액을 교반하였다. 균질한 용액을 밀봉 유리 용기로 옮기고 방사 챔버로 이송하였다. 용액을 방사 챔버의 저장소 내로 옮기고 밀봉하였다. 0.406 mm 내경 단일 방사 노즐을 갖는 방사구를 사용하였다. 드럼 수집기를 사용하여 샘플을 수집하였다. 방사구는 100 kV의 음전위에 배치하였다. 수집기는 접지시켰다. 방사 노즐 출구로부터 수집기 표면까지의 거리는 114 cm였다. 공기를 블로잉 기체로 사용하였다. 공기를 2차 기체로 사용하여 방사 챔버 내의 상대 습도 및 온도를 제어하였다. 공기의 흐름은 방사 챔버 내의 용매 증기의 농도가 폭발 하한을 초과하는 것을 막는 데 충분하였다. 상대 습도를 11% 미만으로 제어하였다. 실험을 지속하는 동안 방사 챔버 온도는 37℃에 가까웠다. 0.77 MPa의 질소 압력을 사용하여 57.1 ml/분/구멍의 용액 유량을 유지하였다. 블로잉 기체를 제어하여 출구 속도를 150 m/초 정도로 유지하였다. 블로잉 기체 온도는 24℃에 가까웠다. 용액 유동이 개시된 직후 섬유가 깃털 형상으로 보였다. 섬유가 드럼 상의 스와스 내에 침착하였다. 섬유의 수평균 섬유 직경을 측정하였는데, 630 나노미터였다.

[0036] 실시예 4

[0037] 듀폰(DuPont)으로부터 입수가 가능한 인게이지(Engage) 8400(에틸렌 옥텐 공중합체)의 11 중량% 용액을 환류 응축기를 사용하여 메틸사이클로헥산(25℃에서 증기압 6.1 kPa) 중에 용해하였다. 자석 교반기를 사용하여 뜨거운 용액을 교반하였다. 균질한 용액을 밀봉 유리 용기로 옮기고 방사 챔버로 이송하였다. 용액을 방사 챔버의 저장소 내로 옮기고 밀봉하였다. 0.4064 mm 내경 단일 방사 노즐을 갖는 방사구를 사용하였다. 드럼 수집기를 사용하여 샘플을 수집하였다. 방사구는 100 kV의 음전위에 배치하였다. 수집기는 접지시켰다. 방사 노즐 출구로부터 수집기 표면까지의 거리는 30 cm였다. 공기를 블로잉 기체로 사용하였다. 질소를 2차 기체로 사용하여 방사 챔버 내의 상대 습도 및 온도를 제어하였다. 질소의 흐름은 방사 챔버 내의 용매 증기의 농도가 폭발 하한을 초과하는 것을 막는 데 충분하였다. 상대 습도를 9% 미만으로 제어하였다. 실험을 지속하는 동안 방사 챔버 온도는 29℃에 가까웠다. 0.308 MPa의 질소 압력을 사용하여 12.6 ml/분/구멍의 용액 유량을 유지하였다. 블로잉 기체를 제어하여 출구 속도를 156 m/초 정도로 유지하였다. 블로잉 기체 온도는 28℃에 가까웠다. 일단 용액 유동이 시작되면, 섬유가 깃털 형상으로 보였다. 섬유가 드럼 상의 스와스 내에 침착하였다. 섬유의 수평균 섬유 직경을 측정하였는데, 502 나노미터였다.

도면

도면1

