



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년07월03일
(11) 등록번호 10-1410652
(24) 등록일자 2014년06월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B29C 47/86 (2006.01) B29C 47/14 (2006.01)
B29C 47/54 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7003598
(22) 출원일자(국제) 2007년07월19일
심사청구일자 2012년07월04일
(85) 번역문제출일자 2009년02월20일
(65) 공개번호 10-2009-0033276
(43) 공개일자 2009년04월01일
(86) 국제출원번호 PCT/CH2007/000352
(87) 국제공개번호 WO 2008/009150
국제공개일자 2008년01월24일
(30) 우선권주장
06020690.1 2006년10월02일
유럽특허청(EPO)(EP)
(뒷면에 계속)
(56) 선행기술조사문헌
US03883631 A*
W02006041969 A1
US4145175 A
US4240997 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
콰드란트 이퍼피 에이지
스위스, 렌즈부르크, 하드스트라쎄 5 (우: 5600)
(72) 발명자
그리그, 조셉 브이.
미국, 인디애나 46815, 포트 웨인, 메이스빌 로드 6920
콜러, 웨슬리 알렌
미국, 인디애나 46777, 오시안, 노스 950 이스트 2161
베르닝, 라일 디.
미국, 인디애나 46773, 먼로빌, 호우크 로드 14202
(74) 대리인
조현석

전체 청구항 수 : 총 22 항

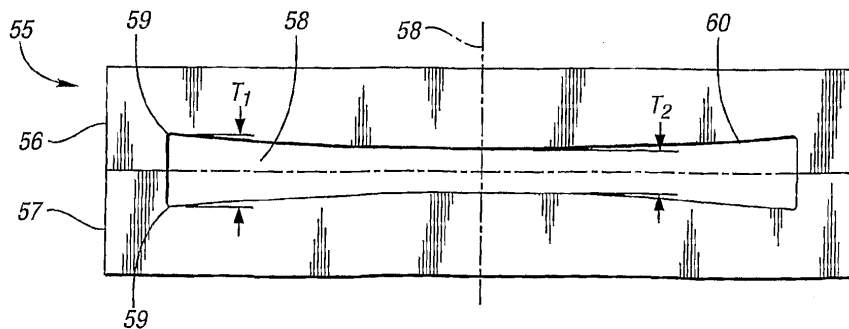
심사관 : 신귀임

(54) 발명의 명칭 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패널의 생산

(57) 요약

폭이 0.6m 이상이고 두께가 실질적으로 일정한 편평한 UHMWPE 패널이 부분적 결정질인 고체상태에서 다이의 출구에 근접한 상단과 바닥 양쪽에 횡으로 배치된 다수의 쿨링 존을 구비하는 슬릿 다이를 통과하는 램 압출에 의하여 생산될 수 있다는 것을 알았다. 지지구조물 사이에 끼워지고, 압력하에 있지 않을 때 불균일한 높이의 슬릿을 가지지만, 램 압출 압력하에서 다이와 지지구조물의 변형에 협력하여 실질적으로 편평한 제품을 제공하도록 변형되는 다이가 구비된다면, 품질이 더 높고 더 편평한 제품이 얻어지는 것을 알았다. 바람직하게는, 위에서 설명한 다이는 안정되고 강인한 공정을 제공하도록 복수의 쿨링 존과 함께 사용된다.

대표도 - 도5



(30) 우선권주장

11/491,356 2006년07월21일 미국(US)

11/491,361 2006년07월21일 미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

상부, 하부, 입구면 및 출구면을 가지고 있는 슬릿 다이를 제공하는 공정;

램으로부터의 압력하에 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 수지 입자들을 점점 증가시키면서 다이 내에 유입시키는 공정;

실질적으로 연속적인 용융된 열가소성을 형성하도록 초고분자량폴리에틸렌 입자들을 초고분자량폴리에틸렌의 결정 용융 온도까지 가열하는 공정;

다이 내에 머무는 동안 및 다이 벽과 접촉을 유지하는 동안 결정 용융 온도 아래의 온도까지 초고분자량폴리에틸렌을 냉각시키는 공정; 및

다이를 떠난 고화된 초고분자량폴리에틸렌 패널 제품을 얻는 공정; 을 포함하는 폭이 0.6m 보다 큰 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패널을 마련하기 위한 램 압출 공정에 있어서,

상기 슬릿 다이를 제공하는 공정은

상부와 하부 각각에 적어도 세 개의 독립적으로 제어가능한 냉각 존을 가지고, 상기 냉각 존이 다이의 출구면에 인접하여 위치하면서 다이의 폭을 가로질러 배치되어, 램 압출 작동 압력하에서 실질적으로 직사각형 단면을 갖는 상기 슬릿 다이를 제공하는 것을 특징으로 하는 램 압출 공정.

청구항 2

제1항에 있어서,

다이의 외부 하류에 배치된 배압 장치는 다이를 떠나는 초고분자량폴리에틸렌 패널에 대해 압력을 가하고, 다이 벽과 초고분자량폴리에틸렌의 접촉을 증가시키는 것을 특징으로 하는 폭이 0.6m 보다 큰 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패널을 마련하기 위한 램 압출 공정.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 다이는 초고분자량폴리에틸렌 파우더를 수용하여 고화된 초고분자량폴리에틸렌 패널로 처리하는 실질적으로 직사각형의 캐비티를 가지며, 상기 실질적으로 직사각형의 캐비티는:

a) 입구 캐비티;

b) 출구 슬릿; 을 포함하고,

상기 입구 캐비티의 높이는 출구 슬릿의 평균 높이보다 크며;

c) 입구 캐비티와 출구 슬릿 사이에 배치되고, 입구 캐비티의 하류에 가열 존을 가지며, 출구 슬릿에 인접하여 냉각 존을 가지는 통합 캐비티; 및

d) 입구 캐비티와 통합 캐비티 사이에서 변이되며, 선택적으로 가열되는 수직 테이퍼; 를 갖는 것을 특징으로 하는 폭이 0.6m 보다 큰 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패널을 마련하기 위한 램 압출 공정.

청구항 4

제3항에 있어서,

출구 슬릿 중앙에서의 다이의 높이는 출구 슬릿 가장자리에서의 높이보다 낮은 것을 특징으로 하는 폭이 0.6m 보다 큰 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패널을 마련하기 위한 램 압출 공정.

청구항 5

제4항에 있어서,

다이의 반쪽 중 적어도 하나의 출구 슬릿의 단면 형상은 하나의 원뿔 부분, 둘 이상의 원뿔 부분의 조합, 또는

하나 이상의 원뿔 부분과 하나 이상의 직선 부분의 조합인 것을 특징으로 하는 폭이 0.6m 보다 큰 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패넬을 마련하기 위한 램 압출 공정.

청구항 6

제4항에 있어서,

출구 슬릿은 슬릿을 마주 볼 때 왼쪽과 오른쪽 가장자리에 근접하여 왼쪽 및 오른쪽 부분을 포함하고, 각 다이에서 상기 왼쪽과 오른쪽 부분은 테이퍼 존을 형성하도록 출구 슬릿의 중앙선을 향하여 내향으로 기울어 연장되고, 중앙선에 가장 가까운 테이퍼 존의 단부에서의 높이는 출구 슬릿의 가장자리에서의 높이보다 작으며, 상기 중앙 표면의 곡률은 테이퍼 존의 곡률과 다른 것을 특징으로 하는 폭이 0.6m 보다 큰 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패넬을 마련하기 위한 램 압출 공정.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 테이퍼 존은 1000m보다 큰 반경을 가진 곡률을 가지고, 상기 중앙 표면은 약 1000m/2W보다 큰 반경을 가지며, 상기 W는 미터로 나타낸 출구 슬릿의 폭이고, 상기 중앙 표면의 곡률은 테이퍼 존의 곡률보다 큰 것을 특징으로 하는 폭이 0.6m 보다 큰 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패넬을 마련하기 위한 램 압출 공정.

청구항 8

램이 지지구조물 내에 포함된 슬릿 다이를 통해 초고분자량폴리에틸렌을 압출하고, 슬릿 다이의 출구 슬릿은 생산하는 것과 같은 실질적으로 직사각형 형상을 갖지 않지만, 램 압출 압력하에서 실질적으로 직사각형 형상으로 변형되도록 지지구조물과 상호작용하는 것을 특징으로 하는 폭이 0.6m 보다 큰 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패넬 생산 공정.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 지지구조물은 적어도 하나의 윈도우 프레임 지지구조물을 포함하는 것을 특징으로 하는 폭이 0.6m 보다 큰 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패넬 생산 공정.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 슬릿 다이의 출구 슬릿은 중앙부분의 높이가 가장자리의 높이보다 낮은 것을 특징으로 하는 폭이 0.6m 보다 큰 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패넬 생산 공정.

청구항 11

제10항에 있어서,

출구 슬릿의 상부면과 하부면은 볼록한 표면인 것을 특징으로 하는 폭이 0.6m 보다 큰 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패넬 생산 공정.

청구항 12

제10항에 있어서, 슬릿 다이는 각각 가장자리 지역과 중앙 지역을 갖는 상부면과 하부면을 가지고, 상기 가장자리 지역과 중앙 지역의 형상은 다른 것을 특징으로 하는 폭이 0.6m 보다 큰 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패넬 생산 공정.

청구항 13

제9항에 있어서,

슬릿 다이의 출구 슬릿의 상부면과 하부면은 편평하게 평행하고, 윈도우 프레임 지지구조물은 두께 변화가 $\pm 1.27\text{mm}$ 보다 작지 않은 패넬이 압출되도록 하는 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 폭이 0.6m 보다 큰 초고분자

량폴리에틸렌(UHMWPE) 패널 생산 공정.

청구항 14

제8항에 있어서,

슬릿 다이를 떠나는 패널에 대해 배압을 작용시키는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폭이 0.6m 보다 큰 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패널 생산 공정.

청구항 15

초고분자량폴리에틸렌의 결정 용융 온도보다 높은 온도에서 슬릿 다이를 통해 초고분자량폴리에틸렌을 압출하고 슬릿 다이 내에 머무르는 동안 결정 용융 온도 아래의 온도까지 초고분자량폴리에틸렌을 냉각하는 램을 포함하고, 상기 냉각은 슬릿의 위와 아래 및 슬릿 다이의 출구면에 인접하여 배치된 독립적으로 제어할 수 있는 복수의 냉각 존에 의해 수행되는 폭이 0.4m 보다 큰 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패널 압출 공정.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 압출하는 동안 생산 특성을 보수 또는 개선하기 위하여 상기 냉각 존의 하나 이상의 온도를 조절하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폭이 0.4m 보다 큰 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패널 압출공정.

청구항 17

제15항에 있어서,

다이의 하부 반쪽 내에서의 냉각 존의 평균온도는 다이의 상부 반쪽 내의 냉각 존의 온도보다 낮은 것을 특징으로 하는 폭이 0.4m 보다 큰 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패널 압출 공정.

청구항 18

제15항에 있어서,

패널의 두께를 가로지르는 위치에서 그 두께를 감시하는 공정;

상기 위치 중 어느 곳에서의 두께가 다른 곳보다 작은 지를 결정하는 공정; 및

그 위치에서의 두께를 증가시키기 위하여 작은 두께의 위치에 상응하는 온도 존을 조절하는 공정; 을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폭이 0.4m 보다 큰 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패널 압출 공정.

청구항 19

0.6m 이상의 폭과, 1.27mm 보다 작은 두께 변화를 가지는 상하부면을 가지며, 상기 상하부면에는 평균 높이가 약 70 μ m 이하이고 평행한 복수의 샷 마크(shot marks)를 구비한 램 압출 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패널.

청구항 20

제19항에 있어서,

패널의 평균 두께는 4mm와 2cm 사이인 것을 특징으로 하는 램 압출 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패널.

청구항 21

제19항에 있어서,

상기 패널은 폭이 1.0m 내지 3.0m인 것을 특징으로 하는 램 압출 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패널.

청구항 22

제19항에 있어서,

상기 패널은 ASTM D2457에 따라 측정할 때 평균 60° 광택도가 35 또는 그 이상인 것을 특징으로 하는 램 압출 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE) 패널.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 램 사출에 의해 바람직하게는 약 60cm 이상의 폭을 가진 초고분자량폴리에틸렌(Ultra High Molecular Weight Polyethylene, UHMWPE) 시트를 생산하는 것에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 대부분이 통상의 저밀도 및 고밀도인 일반적인 폴리에틸렌 중합체는 뛰어난 강도 특성이 알려지지 않은 유연한 고체이다. 또한, 그것들은 상대적으로 유연하기 때문에 일반적으로 미끄러운 반면 쉽게 마모된다. 한편, 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE)은 열등한 친척들과 달리 예외적으로 강하고 내구성이 있다.

[0003] UHMWPE는 폴리에틸렌 체인이 극히 높은 분자량을 얻기 위한 특별한 중합공정에 의해 제공되며, 전형적으로 1.5×10^6 내지 1×10^7 달톤(Dalton)의 평균 분자량 수를 가진 tnl 파우더로 공급된다. 또한, UHMWPE는 ASTM D4020-05, D6712-01 및 ISO 11542-2에 규정된 공중합체들을 포함한다. 일반적으로 자연에서 단독 중합체인 반면, UHMWPE는 다른 공중합 가능한 공단량체들의 한정된 양을 갖는 공중합체를 포함한다. 공중합체 UHMWPE의 경우, 상기 ASTM과 ISO 조건이 만족되어야 한다. 이 공중합체를 특별하게 만드는 것은 매우 긴 중합체 체인이다. 그러나, 이와 같은 특성은 또한 주요한 공정 문제의 원인이다. 보통의 폴리에틸렌은 매우 높은 분자량의 폴리에틸렌 조차도 용융압출될 수 있지만, UHMWPE를 용융압출하는 것은 이 분야의 많은 연구에도 불구하고 성공하지 못했으며, 실제로 모든 UHMWPE 제품은 미국특허 5,286,576에 기재된 바와 같이 가압성형 또는 램 사출로 생산되는데, 연속압출, 캘린더링(Calendaring) 및 사출성형과 같이 일반적인 열가소성 물질에 적용할 수 있는 처리방법들은 보통 UHMWPE에 적용할 수 없다.

[0004] 그래서, 예컨대 미국특허 5,422,061은 UHMWPE를 용융물로부터의 나선압출에 의한 슬라이딩 부재의 생산에 대하여 개시하고 있다. 그러나, 작업처리를 위해서는 UHMWPE, 저분자량 폴리에틸렌(PE) 및 윤활제의 혼합물의 이용되어야 한다. 이 경우, UHMWPE를 저분자량 물질로 희석시키기 때문에 기계적 특성에 상당한 손실이 초래된다. 더구나 압출기 내에서의 전단응력 감소에 의해 특성의 손실이 심화된다.

[0005] 미국특허 5,399,308은 최종 단면이 압출기 직경과 비교하여 상당히 감소되며, 내부에서 매우 낮은 종방향 속도 구배가 유지되는 다이를 통한 용융압출을 개시하고 있다. 그러나, 이러한 조건에도 불구하고 매우 높은 분자량의 PE와 가장 낮은 분자량 범위가 약 1.5×10^6 인 UHMWPE만 이용할 수 있다. 미국특허 5,449,484는 1×10^6 보다 큰 분자량을 가진 PE수지를 이용할 수 있다는 단일 나선 압출기에 대한 나선의 기하학적 구조를 개시하고 있다. 그러나, 그러한 용융압출공정을 이용하는 큰 프로파일은 만들어질 수 없다.

[0006] HMWPE의 처리와 관련된 문제는 부분적으로 중합체의 결정체 용융온도 위의 약 135℃ 내지 150℃에서의 겔형 특성 때문이다. 일반적인 폴리에틸렌은 그 온도에서 점성이 있는 당밀정합성 액체(molasses-consistency liquid)인 반면, UHMWPE는 초고점성을 가지며 추출기 등의 벽에 심한 마찰응력을 가하는 팽창된 겔이다. UHMWPE에 관련된 문제는 미국특허 3,883,631과 3,887,319에 아주 명확하게 설명되어 있다. 여기에 논의된 이유는 지금까지 램 압출과 압축 성형이 널리 사용되는 UHMWPE 제품의 생산공정에만 있어 왔다는 것이다.

[0007] 압축성형에서, UHMWPE 파우더는 매우 두꺼운 단면의 판형태의 주형에 도입된다. 다음에, 주형 공동 내에 끼워지는 두꺼운 커버가 파우더의 상부에 놓여지고, 전체 조립체는 매우 높은 압력으로 압축되는 동안 결정체 용융온도 위까지 가열된다. 다음으로, 주형이 천천히 균일하게 냉각되어, 일반적으로 두꺼운 판자형태의 제품이 탈형된다. 얇은 제품, 예컨대 1cm 내지 3cm인 경우, 두꺼운 판을 절삭하거나 플래닝하여 얇은 판을 생산한다. 절삭 공정은 별도의 공정단계를 필요로 하며, 엔드커얼(end curl)을 가진 제품으로 생산될 수 있다. 주지된 바와 같이, 압축성형은 UHMWPE 제품을 생산하는 고비용 및 노동집약적인 방법이다. 그러나, 그것은 본질적으로 큰 폭의 패널이나 시트를 만드는 데 사용될 수 있는 유일한 공정이며, 여전히 많이 사용되는 공정이다.

[0008] 얇은 폭의 UHMWPE 시트를 생산하기 위한 연속공정은 미국 오하이오주 해리슨시의 크라운 플라스틱사(Crown Plastics, Harrison, OH, U.S.A)에 의해 이용되어 왔다. 이 공정에서는 후버 볼 앤 베어링사(Hoover Ball and Bearing Co.)에서 이전에 Lam-N-Hard 적층기로 생산되었으며 포리스트 프로덕츠 저널(Tarkow, et al., "Surface Densification of Wood", FOREST PRODUCTS JOURNAL, 18(a): 104 - 107)에 나무적층에 사용되는 것으로 설명된 바 있는 롤러 벨트 프레스가 UHMWPE 파우더를 경화시키는데 사용된다. 그러나, 지금까지 상기 공정은 3 내지 4mm의 최대 두께와 비교적 좁은 폭을 가진 얇은 시트로 제한되어 왔다. 최근에 이 방법으로 24인치 폭

(0.6m)의 시트가 생산된 적이 있지만, 고압이 포함되기 때문에 더 넓은 시트를 생산하는 것은 불가능하다.

- [0009] 램 압출은 용융압출과 매우 다른 특이한 공정이다. 램 압출은 참고로 미국특허 3,883,631, 3,887,319 및 4,145,175에 설명되어 있다. 상기 참고문헌들에 개시되어 있는 램 압출 기술이 25년 이상 되었음에도 불구하고, 그 시대 이래로 램 압출 공정에는 극히 작은 변화만이 있어왔다.
- [0010] 도 1을 참조하여 전체 공정을 설명할 수 있는데, 도 1은 UHMWPE 로드를 생산하기 위한 단순한 램 압출 기계의 단면을 개략적으로 도시하고 있다. 램 압출 기계는 한 쪽 단부에 램(4)이 수용된 관통채널(3)을 가진 매우 두꺼운 단면의 스틸부재(2)로 구성된다. UHMWPE 파우더(5)는 호퍼(6)로부터 채널(3) 내로 중력에 의해 유입된다. 그 다음에, 현재 다이채널(7)인 채널 내의 파우더를 압축하도록 램이 왼쪽으로 이동한다. 이 과정은 몇 분마다 반복된다. 다이채널(7)은 다이를 둘러싸는 히터(8)에 의해 가열되며, 수지입자들은 비교적 높은 온도, 예컨대 350°F와 500°F(177°C와 260°C) 사이의 온도까지 가열된다. 500°F(260°C)를 초과하는 온도는 중합체가 이 온도 위에서 급격히 산화되기 때문에 보통 피한다. 산화된 중합체는 다이에 의해 아직도 더 마찰을 받으며, 제품은 산화 때문에 물리적 특성이 감소되어있다. 램은 제곱인치당 수 천 파운드(lb/in²)까지 압력을 받으며, 가열된 겔형의 UHMWPE 입자들을 경화시킨다. UHMWPE 로드(9)는 다이에 불연속 간격으로 존재하며, 이 단계에서 로드는 결정체의 용융온도보다 뜨거우며 상대적으로 반투명이다. 그러나, 다이면에서 약간 떨어진 곳에서는 중합체가 불투명한 고체로 결정화된다.
- [0011] 램 압출은 비교적 큰 직경, 예컨대 300mm의 둥근 프로파일과 관류, 복잡한 형상의 작은 프로파일, 그리고 약 660mm까지의 폭과 예를 들어 100mm의 두께를 가진 보드를 생산하는데 이용되어왔다. 그러나, 그와 같이 생산된 보드는 편평한 것과는 거리가 멀다. 편평한 보드 또는 얇은 제품이 필요하다면 보드를 절삭가공한다. 다이 내의 큰 마찰력과 매우 높은 압력이 포함되기 때문에, 램은 매우 큰 강도의 스틸로 제조되더라도 좌굴(buckling)될 수 있다. 이것은 특히 단면이 아주 비대칭인 부분과 실제로 큰 중형비의 직사각형 단면을 가진 부분에서 그러하다. 예컨대, 1cm×30cm인 직사각형 단면을 가진 보드를 생산하는 램은 좌굴현상을 보일 수 있는 반면, 예컨대 10cm×30cm인 더 두꺼운 보드를 생산하는 램은 이런 점이 실제로 전혀 문제되지 않을 것이다. 좌굴은 램을 파괴시킬 수 있을 뿐만 아니라, 뒤틀린 램은 제품 내에 금속입자들을 유입시키고 다이의 기하학적 구조를 변형시키도록 다이의 벽에 상처를 낼 수 있다.
- [0012] 큰 폭 예컨대 1 내지 3미터 폭과 다양한 두께, 특히 절삭가공 없이 그대로 판매될 수 있는 표준 두께의 시트와 패널을 생산하는 램 압출을 이용하는 것이 매우 바람직하다. 그러나, 필요한 제품 규격을 만족시키는 그러한 시트와 패널을 제공하기 위하여 램 압출 공정을 이용하려는 시도는 극히 헛된 것으로 되어왔다. 과거의 다른 실패들은 많은 인자들의 탓으로 돌려질 수 있다. 첫 째로, UHMWPE의 특성은 냉각과 결정화 모두 상당한 체적 축소가 발생한다는 것이다. 차이나는 냉각 또는 결정화는 중합체 결정이 다른 정도로 뒹에 따라 내부응력을 발생시킨다. 작은 프로파일 또는 비교적 대칭형의 큰 제품조차도 이러한 문제는 사소한 것이거나 얼마간 스스로 해소되는 것이다. 그러나, 큰 폭의 경우 이 문제는 그 자체가 두께변화(thickness variations), 구부러짐(bowing), 뒤틀림(warping), 표면파손(surface fracture), 표면불규칙(surface irregularities), 워킹(walking), 에지 웨이비니스(edge waviness) 등과 같은 바람직하지 않은 제품특성으로 나타난다. 제품의 폭이 클수록 그러한 결점의 통제는 더 어렵다.
- [0013] 더구나, 램 압출장치 자체도 심각한 결점들을 가진다. 슬릿 다이와 연관되고 높은 내압으로 연결된 큰 상하부면적은 극히 제어하기 어려운 힘을 발생시킨다. 높이 1cm, 폭 1m 및 길이 0.5m의 슬릿 다이는 항상 높은 내압에 의해 다이의 각 절반에 2.1×10^6 N 이상의 힘을 받을 수 있다. 이 경우 고정볼트는 거의 4.4×10^6 N의 힘을 견딜 수 있어야 한다. 그러한 다이가 예컨대 각 측면의 두께가 10cm인 고강도 스테인레스 스틸로 형성될 때조차도, 내압 때문에 다이가 너무 많이 변형되어 에지에 이어지는 중간부분의 두께가 현저히 더 두꺼운 보드를 생성시킨다. 또한, 이러한 크기의 다이와 구조물은 다이 외부에 육중한 지지구조물을 배치하여 지지하지 않는 한 파열될 것이다.
- [0014] 로드, 튜브, 사각제품, 또는 작은 불규칙 프로파일과 같은 대칭적 프로파일과 달리, 시트와 패널의 큰 표면적 및 높은 중형비는 다이와 무관하게 결정체 용융온도 이하로 냉각될 때 제품을 뒤틀리도록 한다. 냉각 및 결정화율의 차이는 뒤틀림(warping), 구부러짐(bowing), 두께 및 표면의 불규칙 등을 일으킬 수 있다. 그러한 결점들을 최소화하고, 표면의 가공과 크기의 규격화하는 것이 필요할 것이다. 그러나, 어떤 결점들, 예컨대 뒤틀림(warping)과 구부러짐(bowing)은 제거가 불가능할 수도 있다.
- [0015] 상기 모든 이유들로 인하여 램 압출에 의해 상업적으로 허용될 수 있는 품질의 넓은 시트와 패널을 생산하는 것

은 불가능한 것으로 고려되어 왔다.

발명의 상세한 설명

- [0016] 본 발명에 이용되는 램 압출 공정은 여기에 참고문헌으로 포함된 미국특허 3,887,319, 3,883,631 및 4,145,175에 실질적으로 설명되어 있다.
- [0017] 이하에서 설명하는 바와 같이, 본 발명은 큰 폭과 중형비를 가진 패널의 램 압출에 관한 것이다. "패널"이란 단어는 실질적으로 편평한 압출을 언급하고 있다. 공칭상 직사각형 단면의 예리한 코너들은 라운드 처리될 수 있으며, 전체의 가장자리 부분들은 실제로 원형, 타원형 등이 될 수 있다. 예리한 코너를 가진 완전한 직사각형 단면은 각 코너가 다이의 응력점이 되기 때문에 일반적으로 바람직하지 않다. 본 발명의 주요 용도는 가장자리 또는 그에 근접한 위치까지 연장되는 일정한 두께와 큰 폭의 시트를 생산하는 것이다. 그러므로, 여기에서 사용되는 "패널"의 정의에 의해 전체 패널 폭의 적어도 약 80%, 바람직하게는 패널 폭의 적어도 90%, 그리고 가장 바람직하게는 전체 패널 폭의 95% 이상을 포함하는 패널의 중앙부분에 걸쳐 두께변화가 ± 0.050 인치(± 1.27 mm)보다 작은 일반적으로 편평한 시트를 의미한다. 따라서, 패널의 대부분보다 가장자리 부분이 상당히 더 두껍거나 얇은 아령 또는 다른 단면을 가진 시트를 생산하는 것은 본 발명의 정신에서 벗어나지 않을 것이다. 이러한 부분들은 바람직하게는 생산자에 의해 또는 엔드유저에 의해 일반적인 소잉(sawing) 또는 슬라이싱(slicing) 단계에 의해 쉽게 제거될 수 있다.
- [0018] 큰 폭 및 두께에 비해 큰 폭의 중형비로 인한 불균형 때문에, 실질적으로 직사각형인 다이, 즉 그 폭을 가로질러 실질적으로 평행한 표면을 가진 다이로부터 넓은 패널을 생산하는 것은 매우 해결하기 어려우며, 따라서 수많은 시도들이 실패해 왔다.
- [0019] 결정체 용융온도 이상의 출구온도에서 램이 가압되는 대부분의 작은 제품들과 달리, 결정화의 초기에 근접한 큰 폭의 패널은 생성된 내부응력뿐만 아니라 결정화 과정 동안 발생하는 체적수축 때문에 예상치 못하게 변형될 것이다. 그러나, 다이에서 배출되기 전에 완전히 응결되도록 하는 것은 다이벽과의 접촉에 의한 손실 때문에 일반적으로 실행되지 못한다.
- [0020] 다이 벽이 출구쪽으로 점차적으로 좁아진다면, 접촉은 유지될 수 있지만, 압력의 상승은 때때로 다이를 반으로 분리시킬 만큼 또는 다이나 그 지지물을 파열시킬 만큼 높아질 수 있다.
- [0021] 본 발명의 UHMWPE 패널은 결정 용융 온도 아래의 온도에서 램 압출 장치의 슬릿 다이로부터 유출됨에 따라 부분적으로 결정상태를 이루고 있다. 얇은 표준 패널, 즉 1.5 내지 2cm 이하의 두께를 가진 것에 대해 전체 패널 온도(예컨대, 그 두께 전체에 걸친)가 결정 용융 온도보다 낮을 수 있는 반면, 특히 더 두꺼운 패널에 대해 패널 내부는 더 높은 온도에 있을 수 있다. 그래서, 패널표면 및 바람직하게는 약 3mm 깊이까지의 패널 내부가 결정 용융 온도 아래에 있는 조건이면, 전체패널이 그렇게 낮은 온도에 있을 필요는 없다. 두꺼운 패널의 내부온도를 더 줄이기 위해서는 압출속도를 늦춤으로써 냉각 존에서 더 많은 시간을 보내게 하거나, 냉각 존을 연장시키거나, 혹은 냉매온도를 낮출 수 있다. 이러한 방법들은 단일로 혹은 임의의 조합으로 이용될 수 있다.
- [0022] 출원인은 놀랍게도 압력의 편위(pressure excursions)를 최소화하는 반면, 다이 접촉에 의한 손실 없이 응고된 제품을 제공하는 수단을 알아내었다. 과정은 배압장치를 이용하며, 이와 함께 같은 날 제출되어 계속 중인 "UHMWPE 시트 제품의 램 압출방법"이라는 출원의 주제이다. 그러나, 출원인은 배압장치를 사용함에도 불구하고, 공정을 안정적인 방법, 즉 낮은 배출속도에서 편평하고 상업적으로 허용될 수 있는 제품을 생산하도록 계속 가동시킨다는 것은 극히 어렵다는 것을 알았다.
- [0023] 출원인은 그러한 과정에서의 비강인 특성이 냉각 및 결정화 동안에 비결정질 패널의 제품 균일성을 파괴시키는 인자들과 같은 것에 의하지만, 이 경우의 불규칙성은 다이 외부가 아니라 다이 내부에 존재한다고 믿고 있다. 출원인은 놀랍게도 세 개 이상인 다수의 냉각 존이 다이 반쪽들 또는 단일체 다이 내에서 다이 슬릿의 위와 아래의 상하부 양쪽에 포방향으로 분포된 다이의 출구면에 근접하여 설치된다면, 강인 공정이 제공될 수 있다는 것을 알아내었다. 바람직하게는 다수의 냉각 존이 다이의 중앙선을 중심으로 상부 반쪽과 하부 반쪽 또는 양쪽 모두 중 하나에 대칭으로 배열된다. 더욱 바람직하게는 증가하는 패널 폭에 유리하게 더 많은 수인 5 내지 10개 이상의 냉각 존이 상부와 하부 양쪽에 이용된다. 지금까지 폭이 약 1 내지 1.2m인 시트에 대하여, 도 2에 도시된 바와 같이 실질적으로 같은 크기의 5 내지 7개의 존을 이용하는 것이 바람직하다. 상부와 하부의 다이 반쪽들은 같은 수의 냉각 존을 가질 필요가 없으나, 이것이 바람직하다.
- [0024] 다수의 냉각 존은 독립적으로 제어된다. 각 냉각 존은 주어진 장치에서 두 개 이상의 존이 함께 제어될 수 있다

하더라도 독립적으로 제어되는 것이 바람직하다. 그러나, 경험을 통해 독립적 제어가 매우 바람직하고 대부분의 경우 필요하다는 것을 알 수 있었다. 각 냉각 존은 출구가 적절한 디자인으로 인접한 존과 나란히 공유될 수 있다 하더라도 그 자체가 입구와 출구를 가지는 것이 바람직하다. 모든 존은 직렬로 연결되지 않는다. 존에는 냉매가 공급되는데, 상기 냉매는 기체 또는 액체가 될 수 있지만, 고열 제거가 필요하기 때문에 액체인 것이 더욱 바람직하다. 글리콜 또는 다른 열전달 유체를 냉매로 사용할 수 있지만, 냉매는 물이 될 수 있다. 물은 바람직한 냉매이며, 균일한 물 온도를 보장하는 냉각 수단을 가진 폐쇄 시스템이 바람직하다. 주어진 존의 온도는 적절한 측정 수단, 바람직하게는 존에 근접한 다이 내에 설치된 열전대(thermocouple)에 의해 측정되며, 냉매의 유동 및/또는 온도는 일반적인 공정 제어에 의해 조절된다. 온/오프 밸브장치보다는 비례 밸브장치를 이용하는 것이 바람직하며, 온도조절은 냉매온도를 조절하기보다는 냉매의 유동속도를 변화시킴으로써 조절하는 것이 바람직하다. 또한, 온도는, 요구되는 온도보다 낮은 온도로 제공한 후 전기가열로 요구되는 온도까지 높이도록, 충분한 냉각을 제공함으로써 조절될 수도 있다. 이것은 바람직하지 않다. 각 냉각 존의 온도는 설정치의 $\pm 3^{\circ}\text{F}$ (1.7°C) 내, 특히 $\pm 1^{\circ}\text{F}$ (0.6°C)로 조절되는 것이 바람직하다.

[0025] 각 존의 온도는 편평한 제품을 제공하기 위하여 조절된다. 하나의 장치 실시예에서, 다이의 반쪽들 중 하나를 가로질러 설치된 냉각 존들은 장치 작동의 대부분동안 같은 온도에 있을 것이며, 다이의 하부 반쪽에 있는 냉각 존들은 서로에 대해서는 균일한 온도이지만 다이의 상부 반쪽에 있는 냉각 존들의 온도와는 다른 온도에 있을 것이다. 냉각 존의 기계방향으로의 길이에 부분적으로 의존하므로, 각 존의 온도는 80°F (27°C) 내지 200°F (93°C), 바람직하게는 90°F (32°C) 내지 180°F (82°C)의 범위에 있을 수 있다. 하부 냉각 존들은 일반적으로 상부보다 낮은 온도, 즉 약 1°F 내지 25°F (0.6°C 내지 14°C), 일반적으로는 3°F 내지 15°F (1.7°C 내지 8.3°C) 만큼의 낮은 온도로 유지된다. 놀랍게도 낮은 온도에서 상대적으로 낮은 높이의 샷 마크(shot mark)를 가지는 시트가 생산된다는 것을 알았다. 또한, 복수의 횡방향 냉각 존들은 더 좁은, 예컨대 폭이 0.4m인 패넌을 압출하도록 설계된 다이에 사용될 수 있다.

[0026] 기계에 존재하는 패넌을 관측하기 위하여 기계 작업자는 휨 또는 표면 결함이 인지되면 냉각 존 온도를 개별적으로 조절할 것이다. 예컨대, 패넌이 먼 오른 쪽에서 상방으로 휘거나 비틀린다면, 휨 위치에 상응하는 상하부 존들은 상부 존을 더 차게 또는 하부 존을 더 뜨겁게, 혹은 양자 모두를 수행함으로써 조절될 것이다. 일반적으로, 불균일 냉각을 최소화하기 위해서는 주어진 존의 온도를 인접한 존들과 가능한 한 가깝게 하는 것이 바람직하다. 마찬가지로, 전체 시트가 균일하게 구부러진다면(즉, 비틀려진다면), 상부와 하부 존 사이의 온도차이가 굽힘을 제거하기 위하여 조절된다. 단지 작업자의 최소한의 훈련 정도만이 안정된 작동을 유지하는데 요구된다.

[0027] 공정은 하드웨어 및/또는 소프트웨어에 자동공정으로 쉽게 이식될 수 있다. 예컨대, 패넌의 길이를 따라 하나 이상의 위치에서 광학측정기 등을 이용하여 횡방향으로 스캐닝함으로써 휨 또는 구부러짐을 감지하여 자동으로 보정한다. 큰 중형비 패넌의 램 압출과 관련된 문제들의 특성 때문에, 무수한 인자들, 예컨대 냉매온도의 변동, 원료의 일괄적인 변경 등, 그리고 작동환경 옆의 도어개폐 조차도 불안정성의 원인이 된다. 냉각 존에 관한 더 많은 정보는 실시예들에 제시되어 있다.

[0028] 본 발명의 패넌은 편평해야 한다. 즉, 비틀림과 굽힘이 없어야 하고 또한 균일한 두께, 바람직하게는 ± 0.030 인치 (0.76 mm)의 두께를 가져야 한다. 그리고, 단면은 실질적으로 직사각형이다. 그러나, 일반적으로 패넌의 측면은 적어도 코너에서 곡면을 이루어야 한다. 왜냐하면 그러한 라운딩은 다이 내의 압력을 낮추고, 또한 고압에서 갈라질 수 있는 응력점이 되는 예리한 다이 코너를 제거시키기 때문이다. "실질적으로 직사각형"이므로, 단부에서 볼 때 수직, 만곡, 또는 반경처리된 측면, 그리고 평행하거나 실질적으로 평행한 주 표면을 가진 일반적으로 편평한 시트를 의미한다. 게다가, 직사각형의 다이 슬릿은 생산되는 패넌 폭과 같은 길이를 가진 두 면을 구비하고 있고, 그 면들은 편평하여 압출 압력 하에서 서로 평행하며, 바람직하게 만곡 또는 반경처리된 측면들에 의해 연결되어 있다. 그것은 패넌의 편평하고, 실질적으로 편평한 패넌을 생산하는 다이 면이며, 여기에서의 "실질적으로 직사각형"의 정의를 만족시킨다.

[0029] 그러나, 작동압력에 있지 않을 때 실질적으로 직사각형의 기하학적 구조를 가진 다이가 넓은 폭 패넌의 압출에 이용된다면, 결과물인 패넌은 균일한 두께를 가지지 않고, 무수한 표면 불규칙성을 가지며, 일반적으로 상업적으로 열등하고 허용될 수 없는 제품을 생산하게 된다. 그러한 제품은 대부분의 경우 편평한 표면을 만들기 위하여 표면을 기계가공하거나 절삭하여야 한다. 이러한 공정은 비싼 중합체를 낭비하고 다른 공정단계를 추가하여 단가를 상승시킨다.

[0030] 실질적으로 직사각형이 아닌 형태, 특히 다이 슬릿의 상부 및 하부 표면의 가장자리 지역이 서로 편평하거나 평행하지 않은 형태로 제조되는 다이를 이용하는 것이 유리하다는 것을 알았다. 다이와 같이 응력하에 뒤틀리는

지지구조물과 연관되어 다이와 지지구조물이 작동압력하에서 비직사각형 다이의 뒤틀림에 의해 다이의 개구를 편평한 제품이 생산되는 개구로 변형시키도록 협력한다. 다른 실시예에서, 다이와 지지구조물은 육중한 다이의 상부와 하부 반쪽들을 이용하여 하나로 병합된다. 그와 같은 육중한 다이는 비용때문에 선호되지 않는다.

[0031] 바람직한 다이 기하학은 다이의 가장 중앙부분이 다이의 가장자리 부분보다 낮은 높이로 이루어진 것이다. 이 경우 다이가 지지구조물에 대하여 팽창될 때 다이 벽의 가장자리 지역은 최소한으로 뒤틀리며 중앙지역과 그 상하의 지지구조물이 다이 면들을 실질적으로 평행한 기하학으로 가져오도록 더 뒤틀릴 것이다.

[0032] 본 발명의 목적을 달성하기 위한 다이는, 작동하는 동안 0.050인치 (1.27mm)보다 적은 3σ 값의 폭에 걸치는 두께 변화를 갖는 패널이 생산된다면, 실질적으로 평행한 기하학을 가질 것이다.

[0033] 출원인은 넓은 폭의 고품질 패널이 특히 이중 테이퍼를 가진 다이를 이용함에 의해 생산될 수 있다는 것을 알았으며, 이 경우 다이는 패널이 결정 용융 온도하에서 다이로부터 유출되도록 출구 근처에서 냉각된다. 본 발명 다이의 바람직한 실시예로서의 이중 테이퍼는 개념상으로 수직 및 횡방향 테이퍼로 나누어질 수 있다. 수직 테이퍼는 측면에서 볼 때 입구측 단부 근처의 좁은 부분, 즉 수직방향에서의 좁은 부분이다. 수평부분 테이퍼는 기계방향에 횡방향, 즉 연속으로 생산되는 패널 제품의 폭을 가로지르는 다이 슬릿의 좁은 부분이다.

[0034] 도 4를 참조하면 수직 테이퍼가 더욱 명확하게 나타난다. 다이(40)는 스테인레스 스틸을 이용하여 두 부분(41,42)으로 제작되는 것이 바람직하다. 다이 슬릿(43)은 다이의 핫 존에서 추가적인 좁은 테이퍼가 제공될 수 있지만 기계방향에서 수직 테이퍼까지 실질적으로 일정한 높이이다. 그러므로, 필요한 단일 수직 테이퍼 대신에 복수의 수직 테이퍼 또는 점진적으로 변하는 기울기를 가진 테이퍼로 될 수 있다. 이 경우 다이 벽들은 다이 출구면(44) 앞에서 및 냉각 존 또는 인접부분 앞에서 실질적으로 평행하게 된다. 지역(45)은 램 입구 지역이고, 램(46)을 수용하기 위하여 실질적으로 일정한 높이를 가진다. 개구(47)는 UHMWPE 파우더(48)를 캐비티(46)로 도입시키도록 한다. 램은 다이 출구면(44)을 향해 진행하고 지점(50)에서 멈춤으로써 길이 L2에 걸쳐 수지파우더를 압축한다. 수직 테이퍼는 지점(50) 또는 그 뒤의 지점에서 출발하여 다이 출구면(44)을 향한다. 선행기술에서 언급한 작은 프로파일을 제조하는데 사용되는 것과 달리, 테이퍼는 각(θ)이 매우 작으며, 모두 10도보다 작은 것이 바람직하고, 5도보다 작은 것이 더욱 바람직하며, 1도 내지 3도 사이가 가장 바람직하다. 테이퍼는 다이의 센터라인에 대칭이거나 테이퍼 모두가 다이 반쪽 내에 포함되는 비대칭으로 될 수 있다. 테이퍼는 다이 반쪽들 사이에 평탄하게 분배되면서 총 3도 이하인 것이 바람직하다. 테이퍼는 길이 L1에 걸쳐 연장된다. 이 길이는 테이퍼의 각도 및 다이 입구측 램 채널 높이와 출구 슬릿의 공칭 높이의 비에 의해 결정된다. 공칭 0.375인치 또는 약 1cm의 패널 제품을 생산하기 위한 다이의 경우 수직 테이퍼의 길이는 약 3인치(7.5 cm)인 것이 바람직하다. 이 테이퍼의 길이가 너무 길거나 다이의 냉각 존 내로 연장된다면, 공치된 UHMWPE의 비압축성이 다이의 양쪽을 정상적인 내부 압력에 의한 것 보다 훨씬 큰 범위로 분리시킬 것이다.

[0035] 도 5는 본 발명 다이의 출구면에 대한 일 실시예를 보여준다. 이 실시예에서 다이슬릿은 센터라인(58)을 향하여 점차적으로 좁아진다. 다이(55)는 다시 두 피스(56,57)로 이루어지는 것으로 도시되어 있다. 다이 슬릿(58)의 가장자리 높이(T1)는 실질적으로 생산되는 패널의 공칭 두께와 같지만, 일반적으로 패널이 다이에서 유출되는 것보다는 약간 더 크다. 코너(59)는 응력을 해소시키고 마찰을 최소화하기 위하여 모따기나 반경처리하는 것이 바람직하다. 다이의 센터라인 높이(T2)는 T1보다 작다. 공칭적으로 1.2m 폭의 패널에 대하여, 차이(t_1-t_2)는 다이와 지지구조물의 변형에 따라 약 0.5mm 내지 0.5mm이며, 더욱 바람직하게는 약 0.3mm이다. UHMWPE와 접촉하는 다이 표면의 형태는 적어도 일 부분에서 적절한 원뿔곡선으로 형성될 수 있다. 그러한 원뿔곡선의 예로는 포물선(parabola), 쌍곡선(hyperbolae), 오블레이트와 프롤레이트 구면(oblate and prolate ellipses), 원(circles) 등이다. 위에 기재되지는 않았으나, 상기에서의 곡률에는 무한반경의 커브, 즉 직선도 포함한다는 것을 알아야 한다.

[0036] T가 다이 출구 슬릿의 가장자리 높이라면, 다이의 다른 부분 높이는 대략 T_e 와 T_m 으로 설정될 수 있다. 여기서, T_e 는 캐비티로부터 거리 D_e 에서의 높이인데, D_e 는 9인치(22.5cm)보다 작다. 그리고, T_m 은 D_m 이 9인치(22.5cm)보다 큰 캐비티 가장자리로부터 거리 D_m 에서의 캐비티의 높이이다. 공칭 폭이 1.2m인 다이에 대한 T_e 와 T_m 값을 하기 수학적 식 1에서 얻어진다.

수학적 식 1

[0037] $T_e = T_1 - 0.00275 D_e$ and

[0038] $T_m = T_1 - [0.00275 D_e - (0.00175(D_m - D_e))]$

- [0039] 여기서, 상수 0.00275와 0.00175는 다이의 두께(캐비티 높이가 아님), 지지구조물의 두께, 다이의 폭 등과 관련된 것이다. 복잡한 공정 특성과 다이의 복잡함 등 그 자체, 예컨대 냉각통로들, 다이의 길이, 다이의 변이 존 등으로 인하여, 인지할 수 있는 정도로 다른 크기의 다이에 대해서는 D_e 와 D_m 에 대해 다른 상수들 및 다른 제한 값들이 결정되어야 한다. 유한요소 해석과 같은 기술, 예컨대 쉽게 이용할 수 있는 소프트웨어를 이용할 수도 있다. 그러나, 시행착오법으로 재료를 신중하게 제거하면서 다이를 제작하는 것이 적절할 수도 있으며, 이 경우 제작공정을 다시 시작할 필요없이 계속적인 정련으로 최종 형상에 도달하게 된다.
- [0040] 상기 차이 $T_1 - T_2$ 는, 시험적으로 램 압출을 수행하고 기계의 횡방향으로 생산되는 패널의 두께 차이를 측정 하면서, $T_1 - T_2$ 의 작고 불충분한 값을 가진 다이를 제조해 봄으로써 실험적으로 결정될 수 있다. 상당한 두께 차이 또는 표면 불규칙성이 인식된다면, 슬릿이 더 큰 높이 변화를 생성시키도록 다이를 가공할 수 있다. 다이 표면(60)의 가장 유리한 형태는 반드시 원형으로 된 것이 아니라 실제로는 포물선, 쌍곡선, 타원형 등이 될 수 있으며, 후술하는 바와 같이 복수로 테이퍼질 수 있다.
- [0041] 많은 노력을 통하여, 다이 슬릿의 형상과 $T_2 - T_1$ 의 값은 필수적 기하학 구조를 함께 형성하는 몇 가지 인자들에 의존한다는 것을 발견하였다. 후자는, 기계의 작동 매개변수들, 예를 들면 수지 타입, 온도, 내압, 다이의 길이(기계방향), 다이의 폭(횡방향)과 관련하여, 바람직하게는 패널의 폭을 가로질러 0.050인치(1.27mm)보다 적은, 더욱 바람직하게는 0.030인치(0.76mm)보다 적은, 가장 바람직하게는 0.020인치(0.51mm)보다 적은 두께변화를 가진 패널 제품을 생산하는 다이 슬릿 형태를 의미한다. 이 값들은 총 두께 변화량이기 때문에, 표면 높이의 변동은 일반적으로 이 값들의 절반, 즉 바람직하게는 ± 0.010 인치(0.25mm) 이하이다.
- [0042] 횡방향 슬릿 테이퍼를 결정하는데 가장 중요한 매개변수들은 내압, 패널 폭, 그리고 선호되는 지지구조물 역제수단의 변형율이다. 패널 폭이 증가함에 따라 어떤 주어진 압력하에서 두 개의 성형 반쪽들에 작용하는 힘도 역시 증가한다. 이 압력은 성형 반쪽들을 분리시킬 것이며, 상기 기계에 대해 사실상 그와 같이 작용한다. 본 발명 기계의 바람직한 실시예에 의한 다이 반쪽들은 두께가 약 11 내지 12cm이다. 이 다이 반쪽들이 외부에서 지지되지 않는다면, 그것들은 1cm 두께의 패널 1.2m를 생산하는데도 좌굴되고 부러져서 매우 많이 구부러질 것이다. 물론, 다이 반쪽들을 훨씬 더 두꺼운 재료로 만드는 것도 가능하다. 그러나, 스테인레스 스틸은 비싸며, 다이 반쪽을 25cm 두께로 만들 때조차도 여전히 심하게 구부러질 것이다. 다이의 바람직한 재료는 T420 스테인레스 스틸이고, 바람직하게는 마모저항재와 윤활제로 피복된 것이다. 전환코팅 및 바람직하게는 경질크롬 또는 니켈과 같은 금속코팅이 이용될 수 있다.
- [0043] 유리하게는, Diamonex Products사(Allentown, PA)가 Diamonex[®] DLC로 공급하는 것과 같은 DLC(Diamond-Like Carbon) 또는 여기에 참고문헌으로 포함된 미국특허 6,103,305에 개시된 바와 같은 비결정질 다이아몬드 코팅이 이용된다. 그러한 다이아몬드 코팅은 낮은 마찰계수를 가지는 것으로 알려져 있다. 외면의 다이부품들은 경화 스틸, 예컨대 PHS 4140 예경화 스틸로 제조될 수 있다.
- [0044] 기계에 대해 횡방향을 따른 다이의 뒤틀림 정도는 생산된 패널의 폭에 의존한다. 패널 폭이 클수록 다이의 내부 표면적은 더 커지고 다이 반쪽들에 작용하는 힘도 더 커진다. 더구나, 기계에 대해 횡방향으로 뒤틀린다는 것은 다이 반쪽들을 결합하는 고정장치들로부터 멀어지는 순간 힘으로 간주될 수 있다. 예컨대, 측면이 일련의 볼트나 유사한 장치들로 고정된 두 조각의 경우에 고정장치에서 먼 곳에서의 뒤틀림이 더 크다. 그래서, 다이는 가장자리보다 중간에서 덜 뒤틀릴 것이다. 더구나, 고정볼트에 작용하는 힘은 다이의 가장자리에서보다 다이의 중앙지역에서 훨씬 더 많이 받을 것이다.
- [0045] 다이의 뒤틀림을 줄이기 위하여 "윈도우 프레임" 지지구조물을 본 발명의 다이와 함께 사용하는 것이 바람직하다. "윈도우 프레임"은 다이 상하의 육중한 고강도 지지물로 이루어진다. 지지물은 탄소강, 예컨대 Viscount[®]-44 강으로 제조되는 것이 바람직하다. 지지물은 도 2에서 다이 상하의 21과 22로 도시되어 있다. 이들은 구조물 양쪽에 배치된 연결볼트(23)와 함께 다이 반쪽들(20a, 20b)을 압축시키기 위한 "프레임"을 형성한다. 바람직한 기계에서, 상부 및 하부지지물(21, 22)은 두께가 40cm 또는 그 이상이고, 길이가 기계방향으로 다이의 약 3/4이다. 그것들은 거대한 볼트들이 모두 함께 인장력을 받도록 각 측면에서 다이 반쪽들 보다 약 10 내지 15cm 만큼 더 넓다. 지지물이 육중함(각 3톤의 스틸)에도 불구하고 여전히 변형이 관찰된다. 그러나, 지지물이 육중할수록 변형은 작다. 단일 지지물보다 복수의 각각의 지지물도 사용될 수 있다.
- [0046] 그래서, 0.6 내지 1m의 상대적으로 "좁은" 패널에 대하여, 매우 무거운 예컨대 두께가 1m인 지지물을 사용하거나 또는 지지물이 뒤틀릴 때 역경사지게 함으로써, 다이 슬릿의 횡방향 테이퍼를 최소화하거나 없앨 수도 있다. 그러나, 고려한 거대한 지지물은 기계의 가격을 상승시킬 뿐만 아니라 심각한 무게약점을 발생시켜서, 무게를

지지하기 위해 더 강하고 더 육중한 베이스, 즉 플로어를 필요로 하기 때문에 일반적으로는 바람직하지 않다.

[0047] 도 6은 폭이 1.2m보다 작은 패널에 대하여 특히 유용한 대체적인 실시예이다. 도 6에서 명확하게 표현하기 위하여 테이퍼를 과장하였으며, 다이(60)는 다시 두 부분(61,62)로 이루어진다. 슬릿(63)은 각 다이 반쪽에서 편평한 부분(64)을 가지며, 매우 작은 각 θ_2 로 테이퍼져 있다. 이 각은 일반적으로 0.5도 보다 훨씬 작으며, 약 0.1도인 것이 바람직하다. 예컨대, 각 반쪽에서 0.05도의 테이퍼가 만족스러울 수 있다. 편평한 부분과 테이퍼 사이의 접합점(66)은 부드럽게 되거나 반경처리될 수 있다. 테이퍼, 테이퍼부와 편평부 사이의 변이, 그리고 편평부의 길이는 편평한 패널이 생산되도록 조정된다.

[0048] 도 7은 도 5와 도 6 두 가지의 특징을 조합한 본 발명의 바람직한 실시예를 나타내고 있다. 도 7에 도시된 바와 같이, 대략 폭이 1.2m이고 두께가 1cm의 패널에 대한 다이(70)는, 슬릿이 도 6과 같이 측면 테이퍼(71)를 가지고, 다이의 가장자리에서 약 10 내지 40cm, 바람직하게는 20 내지 30cm 내측까지 뻗어 있으며, 0.02도와 0.1도 사이, 가장 바람직하게는 약 0.06도의 각도 θ_2 를 가진다. 다이 정면의 중앙부분(72)은 직선이라기 보다는 다이의 수평중심선을 향하여 내향으로 만곡(볼록함)되어 있는데, 상기 곡률반경 L은 예컨대 200m 내지 1000m, 바람직하게는 250m 내지 500m이다. 다이의 중앙부분은 서로 볼록하고, 1000/2W의 반경을 가지는 것이 바람직하며, W는 출구 슬릿의 미터 폭이다. 약 40cm 두께의 윈도우 프레임 지지물과 결합되어, 놀랍게도 이와 같이 이중 테이퍼(측면 테이퍼와 중앙 곡률)를 가진 상대적으로 편평하지 않은 다이 표면은 테이퍼진 두께의 제품을 생산하지 않고 매우 균일한 두께와 뛰어난 표면특성의 편평한 패널 제품을 생산한다는 것을 알았다.

[0049] 다른 실시예에서, 슬릿 다이는 메인 부분이 직선으로 테이퍼지지 않거나 역으로 테이퍼진 것, 즉 가장자리에서 보다 중간에서 더 높은 것까지도 제작되지만, 도 9에 도시되어 있는 바와 같이 윤곽진 윈도우 프레임 지지물과 함께 사용된다. 상기 윤곽 부분은 명확하게 나타내기 위해 과장되었다.

[0050] 지지물(91,92)은 내향으로 테이퍼진 표면(93,94)을 가지는데, 상기 표면들은 베어링이 다이 반쪽들(93,94)에 조립될 때 슬릿을 실제로 직사각형이 아닌 도 5와 도 6의 형상과 더 유사하게 변형시킨다. 그래서, 다이는 조립될 때 실질적으로 직사각형이 아닐 것이다. 그러나, 작동할 경우, 주형 내의 압력은 다이 반쪽들을 분리시키려고 할 것이며, 다이와 접하는 지지구조물 표면은 지지물의 중앙을 중심으로 상방으로 구부러질 것이며, 슬릿은 바깥쪽으로 구부러져 거의 그물 형태, 즉 실질적으로 직사각형 단면의 패널 제품을 생산하는 형태로 뒤틀릴 것이다.

[0051] 따라서, 슬릿의 형상이 그러한 기하학적 구조를 가짐에 따라 하중, 즉 램 압출 공정의 높은 작동 압력 하에 있을 때 실질적으로 편평한 상부와 하부 표면을 가진 패널을 생산하도록 한다. 이러한 성취는 하중 하에서 요구되는 형상으로 변형되는 윤곽을 가진 주형, 즉 윤곽지고 변형가능한 윈도우 프레임을 가진 비윤곽의 주형, 또는 육중하고 실질적으로 변형되지 않는 윈도우 프레임을 가진 비윤곽의 주형을 제공함으로써 달성된다. 폭이 1.2m이고 출구 슬릿의 높이가 1cm인 다이에 대하여, 다이 상하의 지지물은 후자의 실시예에 대해 약 0.75m의 두께를 가져야 한다. 또한, 바람직한 다이는 전술한 바와 같이 수직 테이퍼를 가진다.

[0052] 본 발명의 패널을 생산하는데 사용되는 램은 도 8에 도시된 바와 같이 층이 진 램이며, Viscount[®]-44 강과 같은 고강도강으로 제조되는 것이 바람직하다. 도 4의 캐비티(45)로 침투하는 램(70)의 단부(71)는 캐비티의 두께보다 약간 작은 두께와 거의 L2의 길이(도 4를 보라)를 가진다. 램은 하나 이상의 유압실린더에 의해 유압으로 작동되는 것이 바람직하며, 예컨대 폴리아미드로 만들어진 씰(seal)을 통해 다이로 들어간다. 앞에서의 램의 특성은 일반적인 형태의 램 압출에 사용되는 전형적인 램이다. 램의 두께는 좁은 단부(71)에서 훨씬 두꺼운 부분(72)까지 유압장치(오른쪽, 미도시) 쪽을 향하여 상당히 증가한다. 이 두꺼운 부분은 만곡이 줄어들며 없으면 발생할지도 모르는 좌굴의 경향을 줄인다. 예컨대, 텅(tongue)(71)이 1cm라면, 램 부분(72)의 두께는 7cm가 될 수 있다. 바람직한 실시예에 있어서 램의 텅은 다이의 수직 테이퍼에 따른 요소에 의해 출구 단부에서의 다이 두께보다 단지 약간 두껍다는 것을 인식해야 한다. 또한, 다이 출구와 같은 두께의 텅을 가진 램을 이용하는 것도 가능하지만, 이것은 아마도 더 큰 두께, 예컨대 4cm, 바람직하게는 10cm 이상의 패널을 제외하고는 바람직하지 않다.

[0053] 다이는 적어도 기계방향으로 하나의 가열부 및 하나의 냉각부를 포함한다. 하나의 가열부는, 램 입구 지점 또는 도 4의 캐비티(45)와 가열 존 사이에 냉각 존을 설치하는 것이 유리하다 하더라도, 파우더 입구 근처에서의 수지 파우더의 소결을 최소화하기 위하여, 램이 다이에 들어가는 부분에 근접해 있다. 가열 존은 수직 테이퍼 시작점의 약 6인치(15cm) 앞에서 시작하며, UHMWPE가 완전히 경화되도록 기계방향 길이로 연속된다. 이 길이는 가열 존(핫 존)에 설정된 온도에 반비례하고 패널의 두께에 정비례하여 변할 것이다. 반비례 및 정비례 변수 모두는 반드시 선형이 아니다. 더 두꺼운 패널은 패널의 내부를 경화시키기 위해 주어진 온도에 더 오랫동안 있는

것이 필요하다. 핫 존의 온도는 260°F(127℃) 내지 500°F(260℃)인 것이 바람직하고, 400 내지 450°F(204 내지 232℃)가 더욱 바람직하며, 420°F(216℃)가 가장 바람직하다. 500°F(260℃) 이상의 온도는 수지의 산화분해를 일으키는 경향이 있어서 바람직하지 않다. 핫 존은 온도 변화에 따라 몇몇 서브존으로 나누어질 수 있다. 온도는 일반적인 장치로 감지되며, 자동온도제어장치와 인터페이스되는 열전대(thermocouples)가 바람직하다. 가열은 다이에 횡으로 삽입되는 카트리지 히터로 수행되는 것이 가장 바람직하다.

[0054] 그와 같은 복수의 가열 존은 도 3의 슬릿 다이 사시도에 도시되어 있다. 다이 반쪽(30,31)들 모두는 기계방향에 횡방향으로 다이를 통하여 뚫린 복수의 통로(32)를 구비한다. 이 통로들은 카트리지 타입의 저항 히터를 포함하거나 가열유체로서 핫 오일 등을 사용할 수 있다.

[0055] 냉각부는 다이 출구에 인접하게 배치되는 것이 바람직하며, 각각 입구와 출구를 가진 복수의 냉각 통로(33)로 구성된다. 냉각 존의 다른 배열, 예컨대 기계방향과 나란하게 형성되고 횡방향으로 형성된 하나 이상의 공통 출구와 연통되는 복수의 입구를 가진 배열도 가능하다. 배열 자체는 중요하지 않다. 그러나, 어떤 배열이든간에, 냉각 존은 온도변화가 다이슬릿에 대해 횡단으로 설정되도록, 예를 들어 슬릿의 중앙지역이 가장자리 지역 또는 중간 지역보다 높거나 낮은 온도로 유지되도록 해야 한다.

[0056] 다이 내의 압력 증가를 최소화하는 것은 본 램 압출 공정의 작동에 매우 유익하다. 양호한 온도 제어는 일관된 제품을 생산하기 위한 필수 조건이지만, UHMWPE가 점성유체라기 보다는 겔 형태이고 탄성이 있기 때문에, 증가하는 온도는 낮은 작동압력에서 큰 영향을 미치지 못한다. 스테아르산, 팔미트산, 리놀렌산, 그리고 그 염들, 특히 그 칼슘 및 아연염과 같은 긴 사슬 지방산과 지방산염을 소량 추가하면, 생각컨대 겔 입자들과 다이 벽의 마찰력을 줄임으로써 내압을 낮추는데 도움이 된다는 것을 발견하였다. 또한, 몬탄 에스테르, 아미드, 폴리에틸렌 왁스, 실리콘 오일 등과 같은 다른 윤활제들도 적절하다. 그러한 윤활제들은 일반적으로 0.1 내지 3중량%, 더욱 바람직하게는 0.2 내지 2중량%, 가장 바람직하게는 0.5 내지 1.5중량% 사용된다. 그러나, 기계적 특성의 손실을 피하기 위해서는 윤활제의 양을 최소화하는 것이 중요하다. 그래서, 1.5중량% 이하로 이용하는 것이 바람직하다.

[0057] 또한, 공정동안 수지 파우더의 산소 함유량을 최소화함으로써 작동 압력이 크게 낮아진다는 것을 발견하였다. 일반적으로 램 압출에서 수지 파우더는 공기압에 의해 램 압출 기계 위의 공급 호퍼로 안내된다. 공기가 호퍼밖으로 일소 또는 살포되도록 산소 없는 기체가 호퍼, 바람직하게는 바닥이나 근처로 분사되면, 다이 압력이 놀라운 량인 150 내지 200 lb/in² 만큼 낮아지는 것을 발견하였다. 이러한 압력 감소는 다이 반쪽들에 작용하는 힘을 다이 1m×0.5m에 1.5×10⁴ lbs 만큼 씩 낮추는 결과를 초래할 수 있다. 헬륨, 아르곤, 이산화탄소, 질소 등 산소 없는 또는 산소가 고갈된 임의의 기체를 사용할 수 있다.

[0058] 공정에 이용되는 UHMWPE는 예컨대 Ticona사, Braskem사 및 DSM사에 의해 공급되는 것과 같은 일반적인 파우더형 수지이다. 바람직한 평균분자량은 2×10⁶ Da와 10 x 10⁶ Da 사이, 더욱 바람직하게는 4×10⁶ Da와 8 x 10⁶ Da이다. 본 발명에 사용되는 바람직한 UHMWPE가 단중합체 또는 실질적으로 단중합체, 즉 공중합체화가 가능한 공단량체의 적은 함유량을 가진 것이라 하더라도, 합성물은 다른 곳에서도 설명한 바와 같이 일반적인 가공보조제 또는 특성-변경 첨가제를 포함할 수 있다. 후자 그룹의 성분들에 대한 예에는 다음과 같은 성분들이 포함되지만, 거기에 제한되지는 않는다. 상기 성분들은 열적 안정제; UV 안정제; 응집 및 정화제; 염료 및 안료; 금속 파우더, 탄소 파우더, 그래파이트 등과 같은 전기전도성 재료; 필터, 예컨대 50m²/g 보다 작은 BET 표면적을 가지는 비강화 필터와 50m²/g 보다 큰 표면적을 가진 훈증된 실리카와 같은 강화 필터; 미카(mica), 팽창혈암(expanded shale) 등과 같은 라멜라 강화재(lamellar reinforcements); chop(chop) 형상이나 그렇지 않으며 가늘게 한 섬유형태의 섬유강화재, 예컨대 유리 섬유, 세라믹 섬유, 아라미드 섬유, 금속 섬유, 탄소 섬유, 폴리이미드, 폴리에테르이미드, 폴리술폰, 폴리에테르술폰, 폴리에테르 케톤(PEK) 및 그 변형체들(PEKK, PEEK 등)과 같은 열경화성 및 열가소성 섬유; 미립자 엘라스토머(particulate elastomers)와 같은 강성체; non-UHMWPE와 같은 다른 열가소성 수지; 가소제이다. 그와 같은 첨가제의 양은 일반적으로 적다.

[0059] 본 발명의 세부적인 각 성분들을 설명하면, 바람직한 실시예는 폭이 0.6m보다 크며 바람직하게는 폭에 대한 높이의 종횡비가 10:1 보다 큰, 더욱 바람직하게는 20:1보다 큰, 더더욱 바람직하게는 40:1보다 큰 슬릿 다이를 이용한 램 압출 공정이다. 상기 다이는 상부와 하부로 이루어지고, 각각은 다이의 폭을 가로질러 설치된 세 개 및 바람직하게는 적어도 다섯 개로 이루어진 복수의 냉각 존을 포함하며, 복수의 냉각 존들의 각 세트에 대한 온도는 독립적으로 조절된다. 냉각 존의 기계방향 길이와 존의 온도는 다이를 떠나는 UHMWPE 패널이 결정 용융

온도 아래에서 냉각되고 적어도 부분적으로 결정화되도록 형성된다.

- [0060] 바람직한 또 다른 실시예에서, 그 출구가 압력하에 있지 않을 경우 램 압출 제품에 요구되는 단면적 형상이 아닌 2 피스 다이는, 램 압출 공정의 작동압력에서 다이 반쪽들을 견뎌내고 그들의 변형을 바깥쪽으로 제한하는 고강도 및 계수를 가진 지지구조물 내에 포함된다. 그러나, 압력하에서의 변형은 지지구조물로 완전히 제한할 수 없어서, 다이 출구가 적어도 0.6mm의 폭 및 바람직하게는 적어도 전술한 중형비의 패널을 램 압출할 수 있는 형태를 취하도록 다이와 지지구조물을 변형시킨다. 여기서, 상기 패널은 0.050인치(1.27mm)보다 작은, 바람직하게는 0.030인치(0.76mm)보다 작은, 더욱 바람직하게는 0.015인치(0.38mm)보다 작은 두께변화를 가진다. 다이는, 다이에 존재하는 UHMWPE 패널이 결정 용융 온도 아래의 온도, 바람직하게는 137℃, 더욱 바람직하게는 250°F (121℃), 더욱 바람직하게는 120℃, 더더욱 바람직하게는 110℃, 여전히 더욱 바람직하게는 40 내지 100℃, 그리고 가장 바람직하게는 75℃와 85℃ 사이에 있도록, 각 다이 반쪽 내에 다이 출구에 근접하여 적어도 하나의 냉각 존을 가진다.
- [0061] 더욱 더 바람직한 실시예에서, 전술한 실시예의 다이는 램이 들어가는 다이의 높이에서부터 다이의 출구를 향하는 기계방향을 따라 다소 균일하고 좁아지는 높이까지 작은 수직 테이퍼 또는 "좁은 부분"을 가진다. 또한, 이 바람직한 실시예에서, 기계방향에 대해 횡방향으로의 다이 형태는 다이 슬릿의 높이가 슬릿의 가장자리보다 슬릿의 중앙에서 더 작아지게 형성되어 있으며, 지지구조물은 각 다이 반쪽들을 지지하는 실질적으로 편평한 면들을 갖도록 가공된 무거운 강판들로 구성된다. 강판들은 다수의 나사가 형성된 컨벡터들에 의해, 가장 바람직하게는 Superbolt사(Carnegie, PA)에 의해 제공되며 미국특허 6,263,764, 6,112,396, 6,381,827, 6,199,453, 5,083,889 및 4,846,614에 설명된 바와 같은 다중 잭볼트에 의해 인장된다.
- [0062] 더욱 더 바람직한 실시예에서, 전술한 실시예의 다이가 이용되며, 또한 앞서 언급한 바와 같이 각 다이 반쪽에 적어도 세 개의 냉각 존들을 복수로 구비하고 있다. 다양한 냉각 존들의 온도는 패널 제품의 안정된 압출을 제공하도록 설정되어 있으며, 뒤틀림(warp), 구부러짐(bow), 표면 불규칙 및 두께 변화를 생성시키는 역 공정 변경에 필요할 경우 개별적으로 조정되며, 이러한 조정은 기계를 작동시키는 동안에 행해지는 것이 바람직하다.
- [0063] 본 발명에 의해 생산된 제품은 본 발명에 앞서서는 그 제조가 불가능한 신규한 제품이다. 앞서 언급한 바와 같이, 램 압출의 어려움 때문에 큰 폭과 높이의 중형비를 가진 일정한 두께의 패널, 즉 얇은 패널을 램 압출하는 것은 불가능하다. 그래서, 얇은 패널을 생산하기 위하여 두껍고 압축성형된 패널을 깎아 얇은 시트를 제조했다. 그러나, 이 시트는 외관 뿐만 아니라 두께 변화에 관해서도 불규칙한 표면을 가진다.
- [0064] 본 발명 공정으로 생산된 패널은 스무스하고 윤이 나며 균일한 표면으로 특징지워진다. 평탄성은 만져 봄으로써 쉽게 평가될 수 있으며, 표면의 광택은 시각적으로 또는 바람직하게는 60도의 각도에서 표준 ASTM D2457-03 및 D523-89 테스트 방법과 같은 광학검사기술에 의해 평가되었다. 이 테스트 방법을 사용하여, BYK Gardner사(미국, Columbia, MD)에 의해 공급된 BYK Gardner Color Guide Glass Meter와 60도 테스트각을 이용하면, 평균 광택 측정치는 35 내지 45의 범위에 있는 대부분의 패널과 함께 35 이상에 이른다. 이것은, 스무스하기는 하지만 상당히 낮은 광택, 즉 같은 테스트 방법을 사용하여 평균 약 24를 갖는 깎은 패널과 대조된다.
- [0065] 균일한 표면은 ± 0.050 인치(± 1.25 mm)보다 적은, 더 바람직하게는 ± 0.030 인치(± 0.76 mm) 이내, 그리고 더욱 더 바람직하게는 ± 0.020 인치(± 0.50 mm) 이내의 3σ 두께변화를 가진다. 표면이 매끄럽고 윤이 나면서도, 시트의 길이에 실질적으로 수직이고(기계방향에서) 실질적으로 서로 평행한 샷 마크(shot marks)가 존재함에 의해, 깎은 패널과 더욱 구별될 수 있다.
- [0066] 이 샷 마크는 램 압출 사이클 사이의 휴지에 의해 발생한다고 믿어지며, 샷 마크의 형상과 높이는 표준 형상측정 기술(standard profilometry techniques)에 의해 측정될 수 있다. 샷 마크는 단지 몇 마이크로, 즉 $70\mu\text{m}$ 보다 작은, 더 바람직하게는 $25\mu\text{m}$ 보다 작은 최대 높이(상부에서 하부까지)를 가지며, 공지된 얇은 패널 제품의 사용에 저촉되지 않는다. 제품은 약 5 내지 $10\mu\text{m}$ 높이의 샷 마크를 가지고 장기간에 걸친 시도로 생산되었다. 샷 마크는 경사각에서 패널을 관찰함으로써 쉽게 알 수 있다.
- [0067] 도 10a 내지 도 10c는 몇가지 샷 마크 패턴을 보여준다. 도 10a에서, 이상적인 샷 마크 패턴이 보여지며, 여기서 샷 마크의 가장자리 경계(101)는 정확히 서로 평행하며 패널(100)의 기계방향에 수직이다.
- [0068] 이 타입의 패턴은 다이 내의 UHMWPE가 정확히 같은 속도, 같은 배압으로 유동한다면 초래되며, 이러한 매개변수들은 패널의 길이에 걸쳐 변하지 않았다.
- [0069] 그러나, UHMWPE의 유동은 일반적으로 다이의 가장자리에서 다소 늦추어지며, 다이 중앙에서 덜 늦추어진다. 두

가장자리에서의 늦추어짐이 동일하게 되지 않을 수도 있다.

- [0070] 결과적으로 샷 마크가 도 10b의 102에 도식된 바와 같이 패널 표면(샷 마크들이 전후면에 모두 있음)을 가로질러 전형적인 "물결모양(wavy)" 또는 "파동모양(undulating)"을 이루고 있다. 일반적으로 기계방향에 수직인 방위인 것이 명확하고, 또한 근접한 샷 마크에 대해 일반적으로 평행한 방위인 것이 명확하다. 도 10c에 유사한 패널이 도식되어 있지만, 샷 마크는 패널을 따라가면서, 초기에 102에서 도 10b에서와 같고, 103 부분에서 다소 다르며, 104 부분에서 다시 유사하게 됨으로써, 그 각각의 방위를 바꾸고 있다. 샷 마크는 여전히 기계방향에 실제로 수직이며 서로 나란하다.
- [0071] 그래서, 본 발명은 또한 0.6m 보다 큰 폭을 가진 UHMWPE 패널에 관련되며, 상하부 표면 모두에 일반적으로 평행한 샷 마크를 가진 것으로서 특징지워진다.
- [0072] 길이방향이 기계방향에 상응하는 패널에 있어서, 이 샷 마크는 패널의 기계방향에 대해 횡단방향이다. 패널의 표면은 매끄럽고 윤이 나며, 전술한 바와 같이 두께 공차를 가진다. 바람직한 패널은 두께가 4mm 내지 10cm, 더 바람직하게는 2cm 이하이다. 바람직한 패널은 ± 0.030 인치(0.8mm; 3σ)의 공차를 가진 0.150인치(3.8mm; 3σ) 보다 작은, 바람직하게는 ± 0.024 인치(0.6mm; 3σ) 보다 작은 공차를 가진 0.100인치(2.5mm) 보다 작은 전체 편평도 변화를 가진다.
- [0073] 패널의 옆으로 굽은 정도(만곡)는 다듬지 않은 상태에서 전체 편평도와 거의 같은 값 내에 있다. 압출에 따라 패널이 옆으로 굽은 정도는 가장자리에 대해 일반적인 톱질로 얻어질 수 있는 것보다 뛰어나다는 것을 알아야 한다. 그래서, 본 발명의 패널을 생산된 대로 유지하는 것이 바람직하며, 도시하지는 않는다.
- [0074] 본 발명을 일반적으로 설명하였지만, 더 깊은 이해는 여기서 단지 예시의 목적으로 제공되며 거기에 제한되는 것으로 의도하지 않은 어떤 특정한 실시예를 참조함으로써 얻어질 수 있다.

실시예

- [0085] 실시예 1
- [0086] 램 압출 기계는 실질적으로 여기에서 설명하고 도 2, 도 3 및 도 4로 예시한 바와 같이, 두 개의 반쪽으로 구성된 스테인레스강 다이를 구비한다. 다이는 기계방향 길이가 81.25cm 이고, 폭이 172cm 이며, 높이가 96.5cm 이다. 다이의 하부 반쪽은 상부 반쪽과 유사하지만, UHMWPE 파우더의 입구인 통로(47)는 포함하지 않으며, 상부 반쪽과 일치하도록 형성된 가장자리를 가지고 있다. 다이는 램 입구에서 기계방향으로 약 3도 만큼 수직으로 테이퍼져 있으며, 슬릿의 기하학적 구조는 일반적으로 매우 긴, 대략 375m 정도의 반경을 가진 원형이다. 다이의 핫 존은 $440^{\circ}\text{F} \pm 200^{\circ}\text{F}$ ($227^{\circ}\text{C} \pm 11^{\circ}\text{C}$)로 유지되며, 다이의 출구 단부는 각 다이 반쪽에 다섯 개의 냉각 존을 구비하고 있고, 다이 내에 기계방향으로 약 3인치(7.6cm) 정도 연장되어 있다.
- [0087] 다이는 두 개의 편평한 면을 가진 68인치(1.7m) \times 15인치(0.38m) \times 22.5인치(0.58m) 크기의 강판들로 이루어진 지지구조물 내에 포함되고, 직경이 2인치(5cm)인 5 개의 다중 잭볼트에 의해 인장된다. 강판은 도 2에 도식된 바와 같이 출구 단부로부터 약 1인치 정도 다이위에 위치하며, 다이의 램 입구 단부를 향하는 지점으로부터 연장되어 있다.
- [0088] 용융온도가 133°C , 평균입자 크기(D50)가 $190\mu\text{m}$, 그리고 평균분자량이 $8 \times 10^6 \text{ g/mol}$ 인 Braskem사(Sao Paulo, Brazil)가 공급하는 UHMWPE 수지 파우더 6540이 다이의 상부 반쪽에 있는 UHMWPE 입구위의 호퍼에 공기압적으로 유입된다. 질소유동이 수지 파우더로부터 공기를 제거하기 위하여 호퍼에서 바닥 근처로 유입된다. 램이 후퇴하고 수지 파우더가 호퍼 아래의 다이 캐비티를 채운다.
- [0089] 다음으로, 램이 다이로 들어가서 수지 파우더를 압축하고 그것을 다이의 수직으로 테이퍼진 부분으로 밀어내며, 이 수지는 차례로 앞부분의 수지 파우더를 다이 출구쪽으로 밀다. 상기 앞의 수지 파우더는 지금 젤 형태로 가열되어 있다. 램은 약 1초동안 이 위치에 머무르며, 그 다음에 사이클이 반복된다. 각 사이클의 초기에서, 다이가 차게 되면, 두께가 0.375인치(9.5mm)이고 폭이 4피트(1.22m)인 UHMWPE 패널의 길이 0.5인치(12.5mm)가 다이에서 유출된다. 패널은 천으로 덮인 배압장치에 의해 움직임이 부분적으로 제한된다. 상기 배압장치는 찬(250°F) 패널을 다이 벽과 지속적으로 접촉하도록 촉진한다. 배압장치는 패널 폭을 가로질러 배압이 변화될 수 있도록 구성된다. 패널은 편평한 컨베이어 위에 실리고, 작업자는 패널로부터 뒤틀림(warp)과 구부러짐(bow)을 제거하기 위하여 냉각 존 온도를 조절한다. 편평한 패널 생산을 위한 상하부 냉각 존의 안정된 온도는 각각 $[42^{\circ}\text{C}, 56^{\circ}\text{C}, 60^{\circ}\text{C}, 49^{\circ}\text{C}, 43^{\circ}\text{C}]$ 와 $[42^{\circ}\text{C}, 49^{\circ}\text{C}, 53^{\circ}\text{C}, 44^{\circ}\text{C}, 41^{\circ}\text{C}]$ 이다. 패널은 결정 용융 온도보다 훨씬

낮은 100℃ 이하의 온도에서 다이를 떠난다. 생산된 편평한 패널은 일정길이로 잘라지며, 0.030인치보다 작은 두께변화를 가진 광택있는 편평한 표면을 가진다. 일정각도로 주의깊게 관찰하면 각 램 스트로크와 같은 길이의 "샷 마크"를 볼 수 있지만, 위에서 볼 때에는 실제로 보이지 않는다. 패널은 패널에서 패널까지 균일하며 약간 만곡된 가장자리를 가지며, 상업적인 품질이다.

[0090] 실시예 2

[0091] 실시예 1에서 사용된 것과 동일한 기계와 공정이지만, 도 7에 도시된 바와 같이 다이는 수직 테이퍼에 부가하여 이중의 측면 테이퍼와 곡선을 이루는 평면부를 가진 평행하지 않은 출구면을 가진다. 상부 냉각 존은 모두 76.7℃로 설정되어 있고 하부 냉각 존은 모두 73.9℃로 설정되어 있다. 작동하는 동안에는 매우 적은 조정만 요구된다. 압출된 패널은 약 79℃에서 다이를 떠난다. 두께 변화와 가장자리 일치에 있어서는 실시예 1보다 품질이 높은 편평한 패널이 생산된다. 생산속도는 5.8m/hour(19 feet/hr 또는 71.4kg/hour(160 lb/hr)이다.

[0092] 비교예 1

[0093] 크고 두꺼우며 단면이 관형인 주형을 이용하는 상업적인 가압 성형 작업을 이용한다. UHMWPE 수지 파우더가 주형 캐비티 내로 도입되고 거의 확기는 헤드가 주형 내로 삽입된다. 주형 및 유사한 크기의 세 개의 다른 주형이 1000Ib/in²(6.9MPa)의 압력하에 있는 스택 내에 적재되며, 결정 용융 온도 위로 가열되고 90분 동안 이 온도로 유지된 다음 천천히 냉각된다.

[0094] 두꺼운 판이 얻어지며, 별도의 단계에서 절삭하여 두께가 0.375인치(0.95cm)인 패널이 얻어진다. 절삭 전의 생산속도는 75 lbs/hour(33.5 Kg/hr)이다. 절삭 후에 단부 말림과 가장자리 말림 및 내부 응력을 줄이기 위하여 상승된 온도에서 장시간의 풀림 공정이 필요하다.

[0095] 본 발명의 실시예들이 예시되고 설명되었지만, 이 실시예들이 본 발명의 모든 가능한 형태를 예시 및 설명하는 것으로 의도되지 않는다. 오히려, 명세서에 사용된 언어는 설명을 다소 제한하며, 본 발명의 기술사상 및 범위에서 벗어나지 않고 다양한 변화가 수행될 수 있다는 것을 알 수 있다.

산업상 이용 가능성

[0096] 본 발명은 램 사출에 의해 약 60cm 이상의 폭을 가진 초고분자량폴리에틸렌 시트를 생산하는 것으로서 산업상 이용가능성이 있다.

도면의 간단한 설명

[0075] 도 1은 램 압출 공정을 개략적으로 예시한 개략도이다.

[0076] 도 2는 폭이 넓은 패널을 생산하는데 적절한 램 압출 기계의 일 실시예에 대한 다이와 지지구조물의 사시도이다.

[0077] 도 3은 본 발명의 슬릿 다이의 일 실시예에서 히팅 및 쿨링 존을 나타낸 사시도이다.

[0078] 도 4는 다이의 일 실시예의 측면에서 수직테이퍼를 확대된 형태로 보여주는 단면도이다.

[0079] 도 5는 다이의 일 실시예를 하류방향에서 본 정면도이다.

[0080] 도 6은 본 발명에 의한 다이의 다른 실시예를 하류방향에서 본 정면도이다.

[0081] 도 7은 본 발명에 의한 다이의 다른 실시예를 하류방향에서 본 정면도이다.

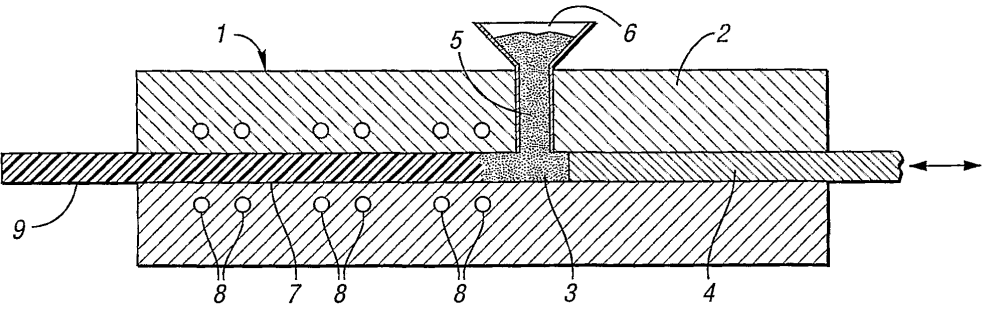
[0082] 도 8은 본 발명에 사용되는데 적절한 램의 일 실시예를 예시하는 도면이다.

[0083] 도 9는 본 발명에 사용되는데 적절한 슬릿 다이와 윈도우 프레임 구속부재의 다른 실시예를 예시하는 도면이다.

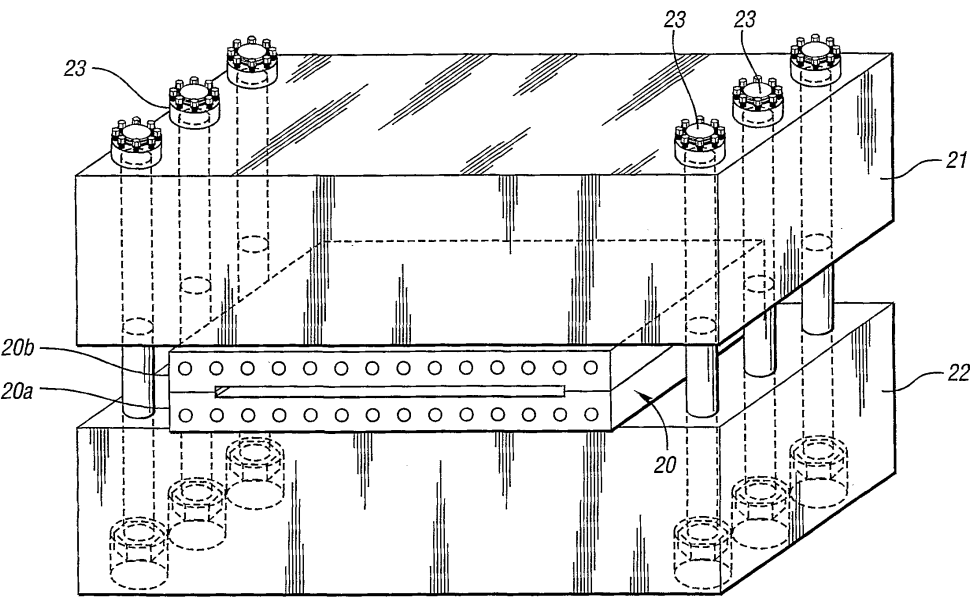
[0084] 도 10a 내지 도 10c는 본 발명의 UHMWPE 패널에 형성된 세 가지 실시예의 샷 마크(shot marks)를 예시하는 도면이다.

도면

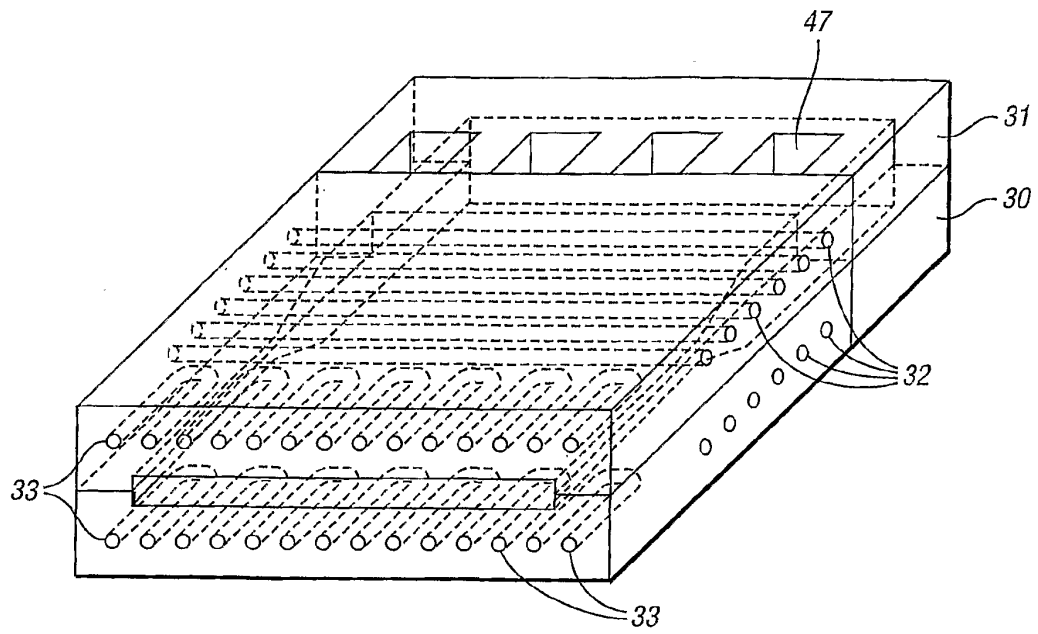
도면1



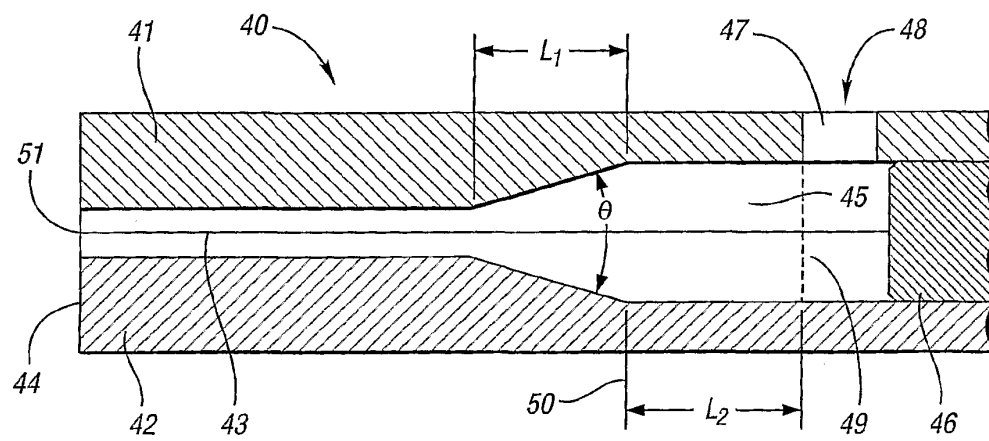
도면2



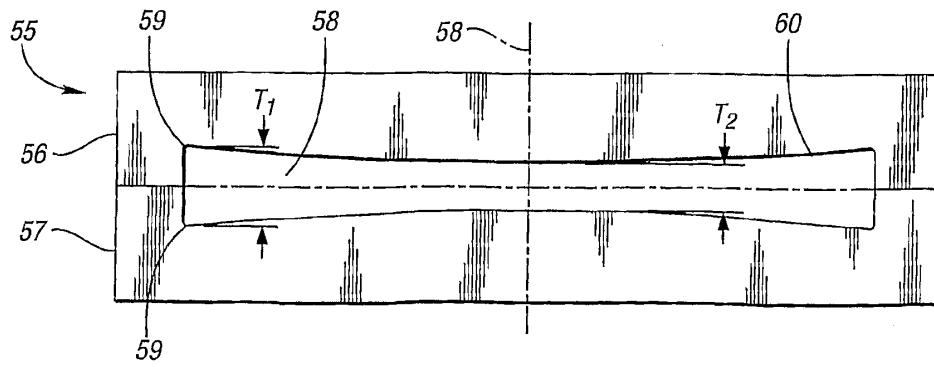
도면3



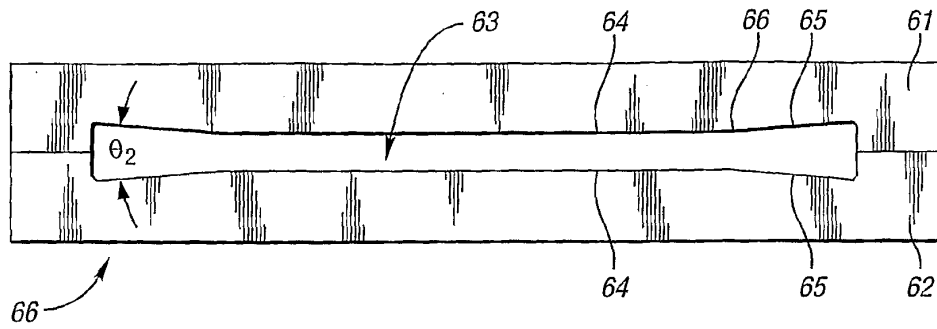
도면4



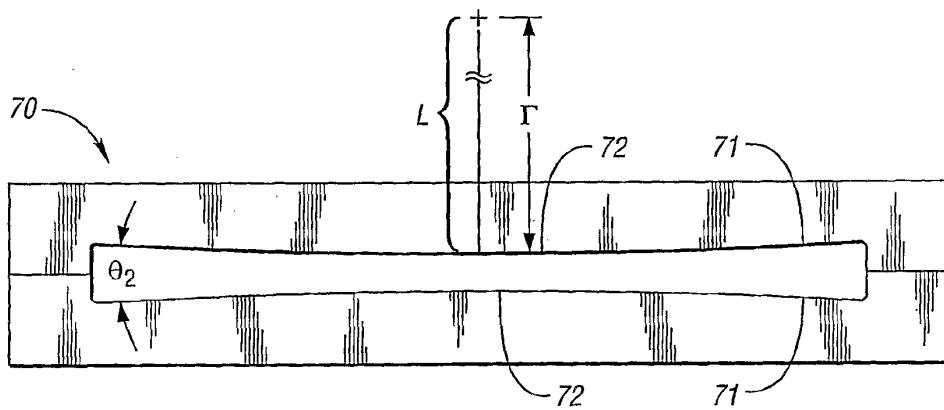
도면5



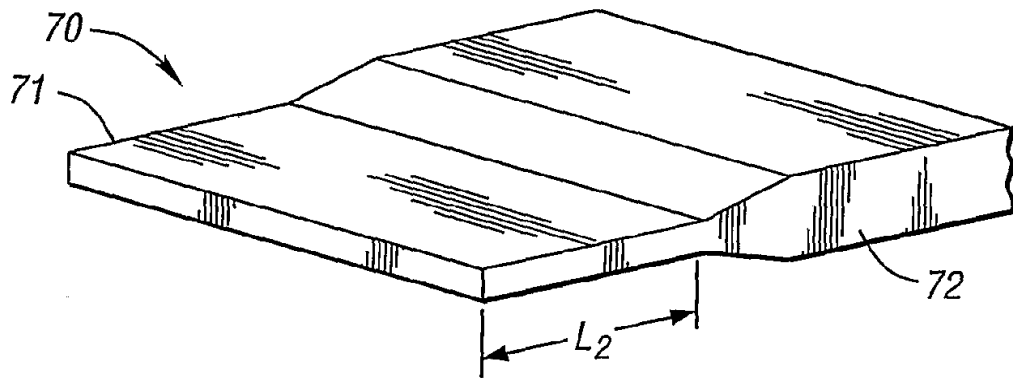
도면6



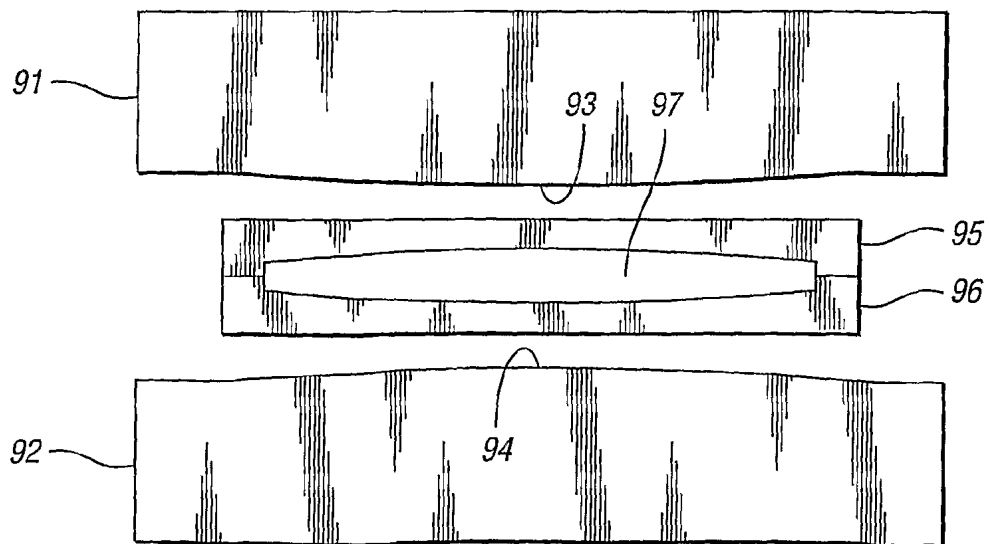
도면7



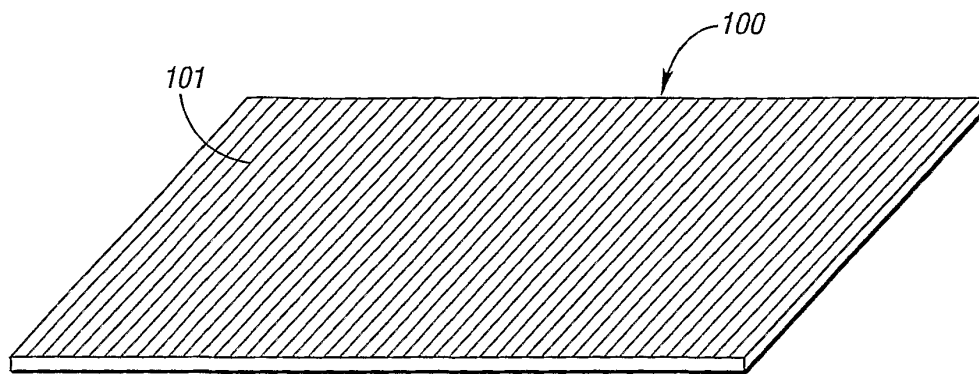
도면8



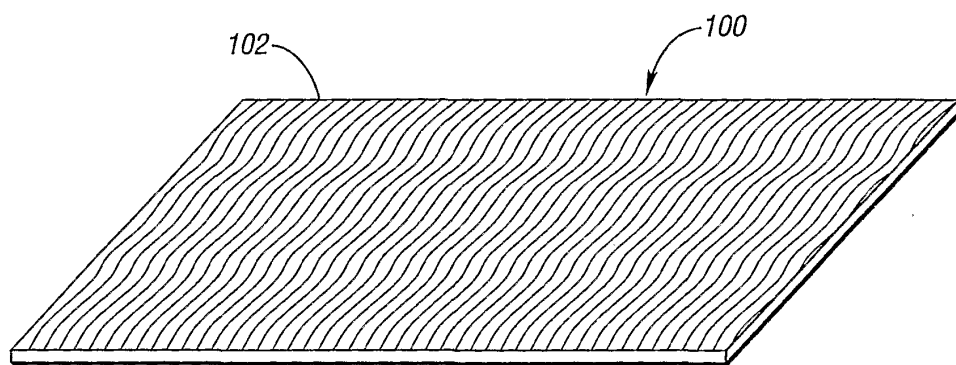
도면9



도면10a



도면10b



도면10c

