



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년10월26일

(11) 등록번호 10-1563450

(24) 등록일자 2015년10월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B29B 7/18 (2006.01) B01F 15/06 (2006.01)
B01F 7/08 (2006.01) B29B 7/82 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-7021428

(22) 출원일자(국제) 2013년01월22일
심사청구일자 2014년07월30일

(85) 번역문제출일자 2014년07월30일

(65) 공개번호 10-2014-0111319

(43) 공개일자 2014년09월18일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2013/000271

(87) 국제공개번호 WO 2013/114810

국제공개일자 2013년08월08일

(30) 우선권주장

JP-P-2012-018556 2012년01월31일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP03258510 A

JP2000246731 A

KR1019940013767 A

JP2006026991 A

(73) 특허권자

가부시키가이샤 고베 세이코쇼

일본 효고켄 고베시 쥬오쿠 와키노하마 가이간도
오리 2초메 2방 4고

(72) 발명자

다나카 유스케

일본 6768670 효고켄 다카사고시 아라이초 신하마
2초메 3방 1고 가부시키가이샤 고베 세이코쇼 다
카사고 세이사쿠쇼 내

야마다 노리후미

일본 6768670 효고켄 다카사고시 아라이초 신하마
2초메 3방 1고 가부시키가이샤 고베 세이코쇼 다
카사고 세이사쿠쇼 내

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

장수길, 성재동

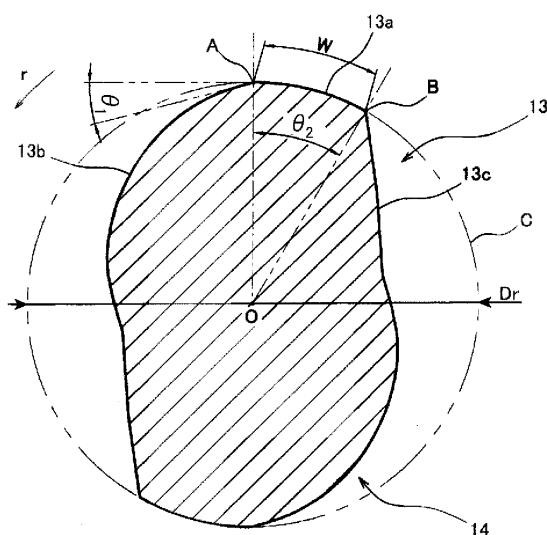
전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 박세영

(54) 발명의 명칭 혼련 로터 및 밀폐식 혼련기

(57) 요약

혼련 로터는, 냉각 유로가 내부에 형성된 로터 축부와, 상기 로터 축부의 외주부에 설치된 혼련 익부를 구비하고, 상기 혼련 익부의 각 장익은, 상기 혼련 로터의 직경 방향 외측을 향하는 당해 장익의 단부면인 랜드부를 갖고, 상기 축방향에 있어서의 상기 각 장익의 길이는, 상기 축방향에 있어서의 상기 혼련 익부의 길이의 0.6배 이상의 길이로 설정되고, 상기 각 장익의 바이트 각도는, 31도 이하의 각도로 설정되고, 상기 축방향에 직교하는 상기 각 장익의 단면에 있어서의 상기 랜드부의 폭인 랜드 폭에 대한 중심 각도는, 7도 이상의 각도로 설정되어 있다.

대 표 도 - 도4

(72) 발명자

야마네 야스아키

일본 6768670 효고켄 다카사고시 아라이초 신하마
2초메 3방 1고 가부시키가이샤 고베 세이코쇼 다카
사고 세이사쿠쇼 내

우에무라 마사아키

일본 6768670 효고켄 다카사고시 아라이초 신하마
2초메 3방 1고 가부시키가이샤 고베 세이코쇼 다카
사고 세이사쿠쇼 내

후쿠타니 가즈히사

일본 6512271 효고켄 고베시 니시쿠 다카츠카다이
1초메 5반 5고 가부시키가이샤 고베 세이코쇼 고베
소고 기쥬츠 젠큐죠 내

명세서

청구범위

청구항 1

밀폐식 혼련기에 사용되는 혼련 로터이며,

냉각 유로가 내부에 형성된 로터 축부와,

상기 로터 축부의 외주부에 설치된 혼련 익부를 구비하고,

상기 혼련 익부는, 상기 로터 축부의 축방향에 있어서 소정의 길이를 갖는 단익과, 상기 축방향에 있어서의 상기 단익의 길이보다도 큰 상기 축방향의 길이를 갖는 적어도 2개의 장익을 갖고, 상기 각 장익은, 상기 혼련 로터의 직경 방향 외측을 향하는 당해 장익의 단부면인 랜드부를 갖고,

상기 축방향에 있어서의 상기 각 장익의 길이는, 상기 축방향에 있어서의 상기 혼련 익부의 길이의 0.6배 이상의 길이로 설정되고,

상기 각 장익의 바이트 각도는, 31도 이하의 각도로 설정되고,

상기 축방향에 직교하는 상기 각 장익의 단면에 있어서의 상기 랜드부의 폭인 랜드 폭에 대한 중심 각도는, 7도 이상의 각도로 설정되어 있는, 혼련 로터.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 각 장익은, 당해 장익 중 상기 혼련 로터의 회전 방향의 전방측을 향하는 면인 작용면과, 상기 랜드부와 상기 작용면에 의해 형성되는 그들 사이의 경계부를 갖고,

상기 랜드부는, 상기 축방향에 직교하는 단면에 있어서 상기 혼련 로터의 회전 시에 원형의 궤적을 그리고, 상기 각 장익의 바이트 각도는, 상기 원형의 궤적의 상기 경계부에서의 접선과 상기 축방향에 직교하는 단면에 있어서의 상기 작용면의 상기 경계부에서의 접선 사이의 각도인, 혼련 로터.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 각 장익의 상기 랜드 폭에 대한 상기 중심 각도는, 40도 이하의 각도로 설정되어 있는, 혼련 로터.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 각 장익의 상기 바이트 각도는, 10도 이상 21도 이하의 각도로 설정되어 있는, 혼련 로터.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 각 장익은, 상기 로터 축부의 축선에 대해 40도 이상의 비틀림 각도를 갖는, 혼련 로터.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 각 장익의 상기 비틀림 각도는, 50도 이상 65도 이하의 각도로 설정되어 있는, 혼련 로터.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 혼련 로터가 사용되는 상기 밀폐식 혼련기에 의한 혼련물의 생산성을 나타내는 지표인 생산성 지수를 P 로 하고, 상기 혼련 로터에 의해 피혼련 재료가 혼련될 때에 그 혼련 로터에 의해 피혼련 재료에 부여되는 에너지의 크기를 나타내는 지표인 에너지 지수를 E 로 하고, 상기 바이트 각도를 x 로 하고, 상기 랜드 폭에 대한 상기 중심 각도를 y 로 한 경우에, 상기 바이트 각도 x 및 상기 중심 각도 y 는, 다음 수학식 2에 의해 구해지는 생산성 지수 P 및 다음 수학식 3에 의해 구해지는 에너지 지수 E 가 모두 1보다도 큰 값으로 된다고 하는 조건을 만족하도록 설정되어 있는, 혼련 로터.

[수학식 2]

$$P = 0.9227 + 0.006x + 0.0042y - 0.0001x^2 + 0.0002xy - 0.0002y^2$$

[수학식 3]

$$E = 1.6453 - 0.0342x + 0.033y + 0.0003x^2 - 7.8444 \times 10^{-18}xy - 3.1099 \times 10^{-5}y^2$$

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 혼련 로터에 의해 피혼련 재료가 혼련될 때의 그 피혼련 재료의 냉각성을 나타내는 지표인 냉각성 지수를 C 로 한 경우에, 상기 바이트 각도 x 및 상기 중심 각도 y 는, 다음 수학식 4에 의해 구해지는 냉각성 지수 C 가 1보다도 작은 값으로 된다고 하는 조건을 만족하도록 설정되어 있는, 혼련 로터.

[수학식 4]

$$C = 0.6304 + 0.0108x + 0.0092y + 3.6995 \times 10^{-5}x^2 - 2.8554 \times 10^{-5}xy - 0.0002y^2$$

청구항 9

제1항에 기재된 혼련 로터를 한 쌍 구비함과 함께, 그들 한 쌍의 혼련 로터의 회전 시에 그 각 혼련 로터의 직경 방향의 가장 외측의 부분이 그리는 궤적이 서로 교차하지 않는 상태에서 당해 한 쌍의 혼련 로터를 내부에 수용하는 챔버를 구비하는, 밀폐식 혼련기.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 각 혼련 로터의 상기 장익의 상기 랜드부와 상기 챔버 중 그 혼련 로터를 수용하는 부분의 내벽면 사이에는, 간극이 각각 형성되고,

상기 각 혼련 로터에 관한 상기 간극의 크기는, 상기 챔버 중 그 혼련 로터를 수용하는 부분의 내경에 대해 0.005 이상 0.05 이하의 비율로 되도록 설정되어 있는, 밀폐식 혼련기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 플라스틱이나 고무 등의 고분자 재료를 혼련하기 위한 혼련 로터 및 밀폐식 혼련기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 종래의 밀폐식 혼련기에서는, 혼련물의 생산성을 높이는 것을 도모하여 혼련 용량을 가능한 한 크게 유지하고자 하는 경우에는 접선식의 로터(혼련 로터)가 채용되고 있다(예를 들어, 특허문현 1 참조). 이 접선식의 로터를 채용한 종래의 밀폐식 혼련기에 있어서는, 큰 비에너지(피혼련 재료의 단위 중량당 혼련 에너지)를 피혼련 재료에 단시간에 부여하는 것이 곤란하기 때문에, 피혼련 재료를 원하는 혼련 상태의 혼련물로 하기 위해 혼련 시간을 길게 한다고 하는 방법이 채용되고 있었다.

[0003] 그러나, 혼련 시간을 길게 한다고 하는 방법에서는, 혼련 시간의 경과와 함께 피혼련 재료의 온도가 높아져 간다. 한편으로는, 피혼련 재료를 열화시키지 않는 온도나, 피혼련 재료의 소정의 반응 온도 등의 온도의 제한이 있다. 이와 같은 사정으로부터, 종래의 접선식 로터를 사용한 밀폐식 혼련기에 있어서는, 피혼련 재료의 온도가 온도 제한을 초과하는 것을 방지하기 위해, 혼련 시간이 어느 시간에 도달하면 그 후에는 로터 회전수를 저하시킬 필요가 발생하는 경우가 있었다. 이상과 같이, 종래에는, 혼련 시간의 연장 및 로터 회전수의 저하가 발생하고, 그 영향에 의해 생각만큼 생산성이 높아지지 않는다고 하는 문제가 있었다.

[0004] 날개의 형상이나 배치 등을 고안하여, 특허문현 1에 기재된 로터보다도 피혼련 재료의 저온 혼련 및 혼련 품질 향상을 가능하게 한 혼련 로터도 개발되어 있다(예를 들어, 특허문현 2 참조). 그러나, 이 혼련 로터에는, 혼련물의 생산성의 면에서 개선의 여지가 있다.

[0005] 구체적으로는, 종래의 접선식의 밀폐식 혼련기에 있어서, 피혼련 재료의 단위 중량당 피혼련 재료에 부여하는 혼련 에너지의 양을 증가시키기 위해, 챔버 내에 투입하는 피혼련 재료의 중량을 저감시켜 보다 큰 비에너지로 피혼련 재료에 단시간에 부여하려 해도, 챔버 내부의 피혼련 재료의 충전율이 낮아지는 것이 영향을 미쳐, 반대로, 피혼련 재료에 혼련 에너지가 가해지기 어려워진다. 이와 같은 점에서, 혼련 시간을 그다지 단축할 수 없을 뿐만 아니라, 1백치당 투입되는 피혼련 재료의 중량의 감소와 더불어, 생각만큼 혼련물의 생산성이 높아지지 않는다.

[0006] 또한, 이와 같은 접선식의 밀폐식 혼련기에 있어서는, 챔버 내의 피혼련 재료의 균질성을 빠르게 높여 혼련 시간을 단축하기 위해, 로터 축방향에 있어서의 피혼련 재료의 흐름을 활발하게 하려고 로터 축선에 대한 날개의 비틀림 각도를 크게 하는 방법도 채용되어 왔다. 그러나, 비틀림 각도를 크게 하면, 날개의 정상부(침부 또는 랜드부라고도 함)를 타고 넘어 날개의 배면측으로 흐르는 피혼련 재료가 증가하므로, 로터 축방향에 있어서의 피혼련 재료의 흐름을 개선시키는 효과는 보이지만, 그 효과는 적다. 즉, 로터 축방향에 있어서의 피혼련 재료의 흐름은 그다지 커지지 않는다. 그 결과, 이와 같은 방법에서는, 혼련 시간의 대폭적인 개선은 인지되지 않았다.

선행기술문현

특허문현

[0007] (특허문현 0001) 일본 특허 공고 소 58-4567호 공보

(특허문현 0002) 일본 특허 공개 제2002-11336호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은, 혼련물의 혼련 품질을 떨어뜨리지 않고 종래보다도 혼련물의 생산성을 높이는 것이 가능한 혼련 로터 및 밀폐식 혼련기를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 국면에 따르는 혼련 로터는, 밀폐식 혼련기에 사용되는 혼련 로터이며, 냉각 유로가 내부에 형성된 로터 축부와, 상기 로터 축부의 외주부에 설치된 혼련 익부를 구비하고, 상기 혼련 익부는, 상기 로터 축부의 축방향에 있어서 소정의 길이를 갖는 단익과, 상기 축방향에 있어서의 상기 단익의 길이보다도 큰 상기 축방향의 길이를 갖는 적어도 2개의 장익을 갖고, 상기 각 장익은, 상기 혼련 로터의 직경 방향 외측을 향하는 당해 장익의 단부면인 랜드부를 갖고, 상기 축방향에 있어서의 상기 각 장익의 길이는, 상기 축방향에 있어서의 상기 혼련 익부의 길이의 0.6배 이상의 길이로 설정되고, 상기 각 장익의 바이트 각도는, 31도 이하의 각도로 설정되고, 상기 축방향에 직교하는 상기 각 장익의 단면에 있어서의 상기 랜드부의 폭인 랜드 폭에 대한 중심 각도는, 7도 이상의 각도로 설정되어 있다.

[0010] 본 발명의 다른 국면에 따르는 밀폐식 혼련기는, 상기 일 국면에 따르는 혼련 로터를 한 쌍 구비함과 함께, 그들 한 쌍의 혼련 로터의 회전 시에 그 각 혼련 로터의 직경 방향의 가장 외측의 부분이 그리는 궤적이 서로 교차하지 않는 상태에서 당해 한 쌍의 혼련 로터를 내부에 수용하는 챔버를 구비한다.

도면의 간단한 설명

[0011]

도 1은 본 발명의 실시 형태에 관한 혼련 로터를 구비한 밀폐식 혼련기의 정면 단면도이다.

도 2는 본 발명의 실시 형태에 관한 혼련 로터의 설명도이다.

도 3은 도 2에 도시한 혼련 로터의 혼련 일부의 축심 둘레의 전개도이다.

도 4는 도 2에 도시한 혼련 로터의 혼련 일부 중 장익이 설치된 부분의 혼련 로터의 축방향에 직교하는 단면을 도시하는 단면도이다.

도 5는 날개의 배면측에의 피혼련 재료의 누액량과 랜드 중심 각도의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 6은 $\Delta G'$ 값과 혼련 시간의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 7은 CV값과 혼련 시간의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 8은 피혼련 재료가 과승온으로 되는 것을 방지하면서 피혼련 재료에 높은 비에너지를 부여할 수 있고, 또한, 보다 높은 생산성을 얻을 수 있는 혼련 로터의 형상을, 랜드 중심 각도 및 바이트 각도의 2개의 파라미터에 대해 종래 기술비로 통합한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012]

이하, 본 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용에 대해 도면을 참조하면서 설명한다.

[0013]

도 1에 도시되어 있는 본 발명의 실시 형태에 의한 밀폐식 혼련기는, 뱃치식 혼련기라고도 불리는 것이다. 도 1에서는, 본 실시 형태에 의한 혼련 로터가 모식적으로 도시되어 있다. 또한, 본 실시 형태에 의한 혼련 로터 및 밀폐식 혼련기는, 혼련 중에 반응이 발생하는 배합의 고무의 혼련에 적합하고, 특히, 실리카가 높은 비율로 배합된 고무의 혼련에 적합하다.

[0014]

(밀폐식 혼련기의 구성)

[0015]

도 1에 도시한 바와 같이, 밀폐식 혼련기(1)는 혼련실(2)을 내부에 갖는 챔버(3)와, 좌우 한 쌍의 혼련 로터(4, 5)와, 호퍼(6)가 설치된 재료 공급통(7)과, 플로팅 웨이트(8)를 구비하고 있다.

[0016]

혼련실(2)은 종단면이 눈썹형 형상으로 되도록 형성되어 있다. 챔버(3)는 그 상부에 설치된 상방 개구부를 갖고 있다. 이 상방 개구부 내의 공간은, 혼련실(2)과 연통하고 있다. 좌우 한 쌍의 혼련 로터(4, 5)는, 각각의 축 둘레로 회전 가능하게 되도록 혼련실(2) 내에 삽입 관통되어 있다. 이 한 쌍의 혼련 로터(4, 5)는, 대칭 형상으로 형성되어 있다. 재료 공급통(7)은 챔버(3)의 상방 개구부 상에 세워 설치되어 있다. 플로팅 웨이트(8)는 재료 공급통(7) 내에 상하 이동 가능하게 되도록 수용되어 있다.

[0017]

재료 공급통(7)의 상부에는, 공압 실린더(9)가 연결되어 있다. 또한, 공압 실린더(9) 대신에, 공기 이외의 유체의 압력을 이용한 유체압 실린더가 재료 공급통(7)의 상부에 연결되어 있어도 된다. 공압 실린더(9) 내에는, 피스톤(10)이 수용되어 있고, 그 피스톤(10)은 피스톤 로드(11)를 통해 플로팅 웨이트(8)에 연결되어 있다. 피스톤 로드(11)는 공압 실린더(9) 내의 기밀이 유지되도록 공압 실린더(9)의 하부 덮개를 관통하고 있다. 이와 같은 구성에 의해, 공압 실린더(9) 내의 상부의 공간에 가압하여 피스톤(10)을 하강시킴으로써 플로팅 웨이트(8)를 하강시킬 수 있고, 그에 의해, 그 하강하는 플로팅 웨이트(8)에 의해, 호퍼(6)로부터 공급된 재료 공급통(7) 내의 피혼련 재료를 챔버(3) 내에 압입할 수 있게 되어 있다.

[0018]

한편, 챔버(3)의 바닥부에는, 배출구가 형성되어 있고, 이 배출구는, 드롭 도어(12)에 의해 폐색되어 있다. 이 드롭 도어(12)는 로터리 액추에이터에 의해 배출구를 개폐하도록 작동 가능하게 되어 있다. 배출구를 폐색하고 있는 드롭 도어(12)를 작동시켜 그 배출구를 개방함으로써, 혼련실(2) 내에서 소정 시간만큼 혼련된 혼련물(혼련이 완료된 피혼련 재료)을 밀폐식 혼련기(1)의 외부로 배출할 수 있다.

[0019]

또한, 밀폐식 혼련기(1)는 좌우 한 쌍의 혼련 로터(4, 5)가 서로 맞물리지 않는 비맞물림형의 혼련기이다. 즉, 이 밀폐식 혼련기(1)의 한 쌍의 혼련 로터(4, 5)의 축심간의 거리 S(이하, 로터 축심간 거리 S라고 함)는 각 혼련 로터(4, 5)의 회전 외경 Dr(도 4 참조)보다도 크다. 바꾸어 말하면, 한 쌍의 혼련 로터(4, 5)의 회전 시에 각 혼련 로터(4, 5)의 직경 방향의 가장 외측의 부분이 그리는 회전 궤적은, 서로 교차하는 일이 없다.

[0020]

(제1 실시 형태의 혼련 로터)

[0021] 도 1~도 4를 참조하면서, 본 발명의 제1 실시 형태에 의한 혼련 로터(4, 5)에 대해 설명한다. 또한, 도 2는 혼련 로터(4)의 설명용의 평면도이다.

[0022] 각 혼련 로터(4, 5)는, 냉각 유로(22)가 내부에 형성된 로터 축부(20)와, 로터 축부(20)의 외주부에 설치된 혼련 익부(21)를 구비하고 있다. 각 혼련 로터(4, 5)의 혼련 익부(21)는 그 혼련 로터(4, 5)의 축방향 Z(이하, 로터 축방향 Z라고 함)에 있어서 소정의 길이 L을 갖고 있다. 각 혼련 로터(4, 5)에는, 그 혼련 로터(4, 5)에 형성된 냉각 유로(22)에 대해 냉각 매체를 공급 및 그 냉각 유로(22)로부터 냉각 매체를 배출하기 위한 로터리 조인트가 각각 접속되어 있다. 냉각 유로(22)는 바닥이 있고, 또한 단면 원형의 구멍이다. 각 혼련 로터(4, 5)의 냉각 유로(22)는 그 혼련 로터(4, 5)를 로터 축방향 Z로부터 보았을 때에 로터 축부(20)의 중심부에 위치하도록 설치되어 있다. 또한, 각 혼련 로터(4, 5)를 평면에서 본 경우에, 각 혼련 로터(4, 5)의 냉각 유로(22)는 본 실시 형태와 같이 로터 축방향 Z에 있어서의 혼련 익부(21)의 일단부로부터 타단부까지의 범위에는 적어도 설치되어 있는 것이 바람직하다. 냉각 유로(22)에는, 냉각 매체로서, 예를 들어 물이 공급된다. 냉각 유로(22)에 공급된 물은, 냉각 유로(22) 내를 흐른 후, 외부로 나간다. 냉각 유로(22)에 물 등의 냉각 매체가 흐름으로써, 혼련 익부(21)가 고온으로 되는 것을 방지할 수 있고, 그 결과, 혼련 익부(21)에 접촉하는 피혼련 재료가 열화되는 승온 상태가 발생하는 것을 방지할 수 있다.

[0023] 한 쌍의 혼련 로터(4, 5)는, 그들 혼련 로터(4, 5)의 서로 대향하는 부분이 하방으로 이동하도록 서로 역방향으로 회전하게 되어 있다(도 1 참조). 각 혼련 로터(4, 5)의 혼련 익부(21)는 복수의 혼련 날개(13~16)를 각각 구비하고 있다. 혼련 날개(13~16)는 챔버(3) 중 그 혼련 날개(13~16)가 설치된 혼련 로터(4 또는 5)를 내부에 수용하는 부분의 내벽면(내주면)과의 사이에 간극(칩 클리어런스)을 형성하고 있고, 혼련 로터(4, 5)의 회전 시에 그 간극을 통과하는 피혼련 재료에 전단력을 부여한다. 각 혼련 날개(13~16)는 그들이 설치된 혼련 로터(4 또는 5)의 축심을 중심으로 하여 나선 형상으로 비틀어진 형상을 갖는다. 이 혼련 날개(13~16)의 형상에 기인하여 혼련 로터(4, 5)의 회전 시에 피혼련 재료가 로터 축방향 Z의 일축으로 밀리고, 그에 의해, 로터 축방향 Z에 있어서의 피혼련 재료의 흐름이 발생한다. 또한, 피혼련 재료는, 소정의 간격을 두고 배치된 한 쌍의 혼련 로터(4, 5) 사이를 그들 혼련 로터(4, 5)의 회전 시에 이동하도록 되어 있다. 혼련 날개(13~16)는 당해 혼련 날개(13~16) 중 그 혼련 날개(13~16)가 설치된 혼련 로터(4 또는 5)의 직경 방향 외측을 향하는 선단면인 혼련 날개 정상부(칩부 또는 랜드부라고도 함)(13a~16a)를 갖는다. 상기 칩 클리어런스라 함은, 상세하게는, 혼련 날개(13~16)의 혼련 날개 정상부(13a~16a)와 챔버(3) 중 이 혼련 날개(13~16)가 설치된 혼련 로터(4 또는 5)를 내부에 수용하는 부분의 내벽면(내주면) 사이의 간극을 말한다.

[0024] 또한, 한 쌍의 혼련 로터의 회전 시에 각 혼련 로터의 직경 방향의 최외부가 그리는 회전 궤적이 서로 교차하는 일이 없는, 바꾸어 말하면, 각 혼련 로터의 로터 회전 외경 Dr보다도 로터 축심간 거리 S가 커지도록 구성된 혼련기 및 혼련 로터를, 접선식의 혼련기 및 접선식의 혼련 로터라고 한다.

[0025] 도 3에는, 각 혼련 로터(4, 5)의 혼련 익부(21)의 각각의 축심 둘레의 전개도가 도시되어 있다. 이 도 3으로부터 알 수 있는 바와 같이, 본 실시 형태의 혼련 로터(4, 5)의 각 혼련 날개(13~16)는 도 3 중의 점 0에 대해 서로 점대칭으로 되도록 배치되어 있다. 따라서, 이하의 설명에 있어서는, 양쪽 혼련 로터(4, 5)를 대표하여 한쪽의 혼련 로터(4)의 구조에 대해 설명한다.

[0026] 도 2 및 도 3에 도시되어 있는 바와 같이, 혼련 로터(4)의 혼련 익부(21)는 4매의 혼련 날개(13~16)를 구비하고 있다. 4매의 혼련 날개(13~16)는 제1 장익(13), 제2 장익(14), 제1 단익(15) 및 제2 단익(16)으로 이루어진다. 또한, 혼련 익부(21)라 함은, 혼련 로터(4) 중 혼련 날개(13~16)가 형성된 부분 전체를 말한다. 단익은, 일반적으로는, 로터 축방향에 있어서의 혼련 익부의 길이의 0.5배 미만의 로터 축방향의 길이를 갖는 것이다. 또한, 장익은, 일반적으로는, 로터 축방향에 있어서의 단익의 길이보다도 큰 로터 축방향의 길이를 갖는 것으로서 로터 축방향에 있어서의 혼련 익부의 길이의 0.5배의 길이를 초과하는 로터 축방향의 길이를 갖는 것이다.

[0027] (제1 장익)

[0028] 본 실시 형태에 있어서는, 제1 장익(13)은 로터 축방향 Z에 있어서의 혼련 익부(21)의 일단부로부터 로터 축방향 Z에 있어서의 혼련 익부(21)의 중간부에 걸친 영역에 형성되어 있다. 또한, 제1 장익(13)은 혼련 익부(21)가 그 축심 둘레에서 평면 상태로 전개된 경우에 당해 제1 장익(13)의 전개 형상이 선형으로 되는 형상으로 형성되어 있다. 본 실시 형태에서는, 제1 장익(13)은 혼련 로터(4)의 회전 시에 당해 제1 장익(13)에 의해 피혼련 재료가 로터 축방향 Z에 있어서의 혼련 익부(21)의 중앙축으로 흐르도록 혼련 로터(4)의 로터 축선[로터 축부(20)의 축선]에 대해 60도의 비틀림 각도를 갖는 나선 형상으로 형성되어 있다. 즉, 제1 장익(13)은 그 제1

장익(13)이 설치된 혼련 로터(4)의 로터 축방향 Z에 대해 60도의 비틀림 각도를 갖고 있다. 또한, 날개의 비틀림 각도라 함은, 혼련 익부를 축심 둘레에 평면 형상으로 전개한 경우의 전개 형상에 있어서 그 날개와 로터 축선 사이에 형성되는 각도를 말한다. 제1 장익(13)의 비틀림 각도가 40도 미만인 경우에는, 로터 축방향 Z에 있어서의 피혼련 재료의 흐름이 둔화되어, 혼련물의 균질성을 높이기 위해 필요한 혼련 시간이 길어진다. 이로 인해, 로터 축방향 Z에 대한 제1 장익의 비틀림 각도는, 40도 이상의 각도로 설정되어 있는 것이 바람직하다. 이것은, 후술하는 다른 날개에 대해서도 마찬가지이다.

[0029] 또한, 로터 축방향 Z에 대한 제1 장익의 비틀림 각도는, 50도 이상 65도 이하인 것이 보다 바람직하다. 이것은, 후술하는 다른 날개에 대해서도 마찬가지이다. 날개의 비틀림 각도가 50도 이상이면 랜드 중심 각도가, 예를 들어 7도 이상의 각도로 설정되는 것에 기인하는 피혼련 재료의 누액량 저감 효과(상세하게는 후술함)와 더불어, 로터 축방향 Z에 있어서의 피혼련 재료의 흐름을 한층 더, 활발화할 수 있다. 그 결과, 보다 단시간에 챔버(3) 내에 있어서의 피혼련 재료의 균질성을 높일 수 있다. 단, 날개의 비틀림 각도가 65도를 초과하면, 혼련 초기 단계에 있어서 챔버(3) 내[혼련실(2) 내]에의 피혼련 재료의 도입이 악화된다고 하는 다른 문제가 발생하기 쉬워진다. 이로 인해, 날개의 비틀림 각도는, 65도 이하인 것이 바람직하다.

[0030] 로터 축방향에 있어서의 장익의 길이는, 상기한 바와 같이, 일반적으로는 로터 축방향에 있어서의 혼련 익부의 길이의 0.5배의 길이를 초과하는 길이로 설정된다. 그러나, 로터 축방향 Z에 있어서의 피혼련 재료의 흐름을 활발화시키기 위해서는, 로터 축방향 Z에 있어서의 제1 장익(13)의 길이 L_w 는, 로터 축방향 Z에 있어서의 혼련 익부(21)의 길이 L의 0.6배 이상의 길이로 설정되어 있는 것이 바람직하다. 이것은, 후술하는 제2 장익에 대해서도 마찬가지이다. 본 실시 형태에서는, 로터 축방향 Z에 있어서의 제1 장익(13)의 길이 L_w 는, 로터 축방향 Z에 있어서의 혼련 익부(21)의 길이 L의 0.7배의 길이로 설정되어 있다. 로터 축방향 Z에 있어서의 장익의 길이 L_w 가 동일 방향에 있어서의 혼련 익부(21)의 길이 L의 0.6배 이상의 길이로 되어 있으면, 챔버(3) 내[혼련실(2) 내]에 있어서의 피혼련 재료의 충전율이 높아지고, 그 결과, 큰 비에너지로 피혼련 재료에 단시간에 부여하기 쉬워진다고 하는 효과가 얻어진다.

[0031] <바이트 각도>

[0032] 도 4에는, 혼련 로터(4)의 혼련 익부(21) 중 장익(13, 14)이 형성된 부분의 로터 축방향 Z에 직교하는 단면이 도시되어 있다. 이 도 4에 도시되어 있는 제1 장익(13)의 바이트 각도 θ_1 은, 15도로 설정되어 있다. 혼련 로터(4)의 회전 시에 제1 장익(13)의 랜드부(13a)(혼련 날개 정상부)가 그리는 궤적을 원 C로 하고, 그 원 C 상에 있어서의 제1 장익(13)의 랜드부(13a)와 제1 장익(13)의 작용면(13b) 사이의 경계부의 점을 점 A로 하면, 점 A에 있어서의 원 C의 접선과 점 A에 있어서의 작용면(13b)의 접선 사이의 각도가 「바이트 각도 θ_1 」이다. 또한, 작용면(13b)은 제1 장익(13) 중 혼련 로터(4)의 회전 방향 r의 전방축을 향하는 면이다.

[0033] 제1 장익(13)의 바이트 각도 θ_1 은, 31도 이하의 각도, 나아가, 10도 이상 21도 이하의 각도로 설정되어 있는 것이 바람직하다. 이것은, 후술하는 다른 날개에 대해서도 마찬가지이다. 장익의 바이트 각도 θ_1 이 31도보다도 큰 경우에는, 작용면(13b)의 표면적이 작아지고, 그 결과, 피혼련 재료가 과승온으로 되기 쉬워진다. 이에 대해, 피혼련 재료가 과승온으로 되는 것을 방지하기 위해 로터 회전수를 저하시키면, 피혼련 재료의 혼련 시간이 길어져, 혼련물의 생산성이 악화된다. 따라서, 장익의 바이트 각도 θ_1 은, 31도 이하인 것이 바람직하다. 단, 장익의 바이트 각도 θ_1 이 10도보다도 작으면, 로터 축방향 Z에 있어서의 피혼련 재료의 흐름이 둔화되기 쉬워지고, 그 결과, 혼련물의 균질성을 높이기 위해 필요한 혼련 시간이 길어져 버릴 우려가 나온다. 이로 인해, 장익의 바이트 각도 θ_1 은, 10도 이상의 각도로 설정되어 있는 것이 바람직하다.

[0034] 또한, 바이트 각도 θ_1 이 21도 이하인 경우에는, 랜드 중심 각도 θ_2 (상세하게는 후술함)가 7도 이상 40도 이하의 범위 내의 어느 각도로 설정되어 있어도, 피혼련 재료의 냉각성을 보다 높일 수 있다(도 8 참조). 피혼련 재료의 냉각성이 높아지면, 로터 회전수를 상승시킬 수 있으므로, 혼련물의 생산성을 보다 향상시킬 수 있다. 또한, 혼련 로터의 구조면에서, 바이트 각도 θ_1 의 상한은 약 54도이다.

[0035] <랜드 폭에 대한 중심 각도>

[0036] 장익의 랜드 폭 W 에 대한 중심 각도 θ_2 는, 7도 이상의 각도로 설정되어 있는 것이 바람직하다. 이것은, 후술하는 다른 날개에 대해서도 마찬가지이다. 본 실시 형태에서는, 제1 장익(13)의 랜드 폭 W 에 대한 중심 각도는, 30도이다. 또한, 랜드 폭 W 라 함은, 랜드부(13a)의 로터 축방향 Z에 직교하는 단면에 있어서의 당해

랜드부(13a)의 폭이며, 챔버(3)의 내벽면과 평행한 랜드부(13a)의 원호 부분의 그 원호를 따른 길이를 말한다. 이 랜드 폭 W 는, 도 3 및 도 4에 도시되어 있다. 그리고, 랜드 폭 W 에 대한 중심 각도 Θ_2 (이하, 랜드 중심 각도 Θ_2 라고 칭함)라 함은, 로터 축방향 Z 에 직교하는 단면에 있어서의 랜드부(13a)의 일단부(점 A)와 원 C의 중심 0[혼련 로터(4)의 회전 중심(축심)]를 연결하는 선과, 동일 단면에 있어서의 랜드부(13a)의 타단부(점 B)와 원 C의 중심 0[혼련 로터(4)의 회전 중심(축심)]를 연결하는 선 사이의 각도를 말한다. 또한, 점 B는, 랜드부(13a)와 제1 장익(13)의 날개 배면(13c)의 경계의 점에 상당한다. 날개 배면(13c)은 제1 장익(13)의 작용면(13b)과 반대측의 면, 즉 제1 장익(13) 중 혼련 로터(4)의 회전 방향 r 의 후방측을 향하는 면이다.

[0037] 제1 장익(13)(장익)의 랜드 중심 각도 Θ_2 가 7도 이상인 것에 의해, 피혼련 재료를 칩 클리어런스를 적극적으로 통과시켜 그 피혼련 재료를 혼련하는 종래의 접선식 로터에 있어서의 일반적인 장익, 구체적으로는 2도~3도 정도의 랜드 중심 각도를 갖는 장익과 비교하여, 칩 클리어런스를 통과하는 피혼련 재료의 양, 즉, 랜드부(13a)를 타고 넘어 제1 장익의 날개 배면(13c)측으로 흐르는 피혼련 재료의 양(누액량)을 적게 할 수 있다. 단, 이것은, 비교 대상의 장익끼리의 칩 클리어런스는 동일하다고 하여 비교한 경우에 말할 수 있다. 이상과 같이 칩 클리어런스를 통과하는 피혼련 재료의 양이 적어짐으로써, 로터 축방향 Z 에 있어서의 피혼련 재료의 흐름이 활발화함과 함께, 피혼련 재료의 칩 클리어런스의 통과에 기인하는 피혼련 재료의 발열량을 억제할 수 있다. 또한, 챔버(3) 내[혼련실(2) 내]의 혼련 용량이 종래보다도 작아지고, 그에 의해, 챔버(3) 내[혼련실(2) 내]에 있어서의 피혼련 재료의 충전율이 높아져, 큰 비에너지를 피혼련 재료에 단시간에 부여하기 쉬워진다.

[0038] 또한, 랜드 중심 각도 Θ_2 가 40도보다도 큰 경우에는, 피혼련 재료의 상기 누액량의 저감 효과의 가일충의 향상은 바랄 수 없음과 함께, 챔버(3) 내의 혼련 용량이 상대적으로 감소할 뿐이다. 이로 인해, 랜드 중심 각도 Θ_2 는 40도 이하인 것이 바람직하다. 이것은, 후술하는 다른 날개에 대해서도 마찬가지이다.

[0039] 또한, 제1 장익(13)(장익)의 랜드부(13a)와 챔버(3)의 내벽면 중 그 랜드부(13a)에 대향하는 부분 사이의 간극인 칩 클리어런스의 크기는, 챔버(3) 중 당해 제1 장익(13)이 설치된 혼련 로터(4)를 내부에 수용하는 부분의 내경에 대해 0.005 이상 0.05 이하의 비율로 되도록 설정되어 있다. 이것은, 후술하는 다른 날개에 대해서도 마찬가지이다. 또한, 상기 비율은, 칩 클리어런스비라고 한다. 칩 클리어런스비가 0.005 이상 0.05 이하로 되어 있음으로써, 피혼련 재료의 상기 누액량을 저감시킬 수 있고, 결과적으로, 로터 축방향 Z 에 있어서의 피혼련 재료의 흐름이 활발화한다.

[0040] 또한, 혼련 로터의 각 날개 중 적어도 장익(13, 14)은, 칩 클리어런스의 크기가 로터 축방향에 있어서의 날개의 일단부로부터 타단부까지 일정해지도록, 그 날개의 일단부로부터 타단부까지 랜드부(날개 정상부)의 높이가 일정해지고 있다. 랜드부의 높이라 함은, 혼련 로터의 축심으로부터 랜드부까지의 거리이며, 예를 들어 도 4에 있어서의 중심 0와 점 A 사이의 직선 거리에 상당한다. 또한, 칩 클리어런스비가 0.005~0.05의 범위 내에 들어가는 것이면, 랜드부(날개 정상부)의 높이를 날개의 일단부로부터 타단부까지의 사이에서 변화시켜도 된다. 이 경우, 랜드부 중 가장 높이가 큰 부분 이외의 부분은, 원호 형상의 면이 아닌 평탄면으로 형성해도 된다.

[0041] (제2 장익)

[0042] 본 실시 형태에서는, 제2 장익(14)의 전개 형상, 랜드 폭, 비틀림 각도, 길이, 바이트 각도 및 랜드 중심 각도 등은, 제1 장익(13)의 경우와 동일하다. 제2 장익(14)은 제1 장익(13)과, 배치만이 다르다. 구체적으로는, 제2 장익(14)은 로터 회전 방향 r 에 있어서 제1 장익(13)의 후방에 배치되어 있다. 상세하게는, 제2 장익(14)은 혼련 로터의 회전 위상에 있어서 제1 장익(13)에 대해 180도의 위상차를 갖도록 그 제1 장익(13)의 로터 회전 방향 r 에 있어서의 후방에 배치되어 있다.

[0043] 또한, 혼련 로터에 장익이 1개만 설치되어 있으면, 챔버(3) 내의 혼련 용량이 커져, 단시간에 큰 비에너지를 피혼련 재료에 부여할 수 없기 때문에, 혼련 로터는 적어도 2개의 장익을 구비하고 있는 것이 필요해진다.

[0044] (제1 단익)

[0045] 본 실시 형태에서는, 제1 단익(15)은 로터 축방향 Z 에 있어서의 혼련 익부(21)의 타단부[제1 장익(13)이 형성된 측과 반대측의 단부]로부터 로터 축방향 Z 에 있어서의 혼련 익부(21)의 중간부에 걸친 영역에 형성되어 있다. 또한, 제1 단익(15)은 혼련 익부(21)가 그 축심 둘레에서 평면 상태로 전개된 경우에 당해 제1 단익(15)의 전개 형상이 선형으로 되는 형상으로 형성되어 있다. 구체적으로는, 제1 단익(15)은 혼련 로터(4)의 회전 시에 당해 제1 단익(15)에 의해 피혼련 재료가 로터 축방향 Z 에 있어서의 제1 단익(15)의 중앙측으로 흐르도록 로터 축선(로터 축방향 Z)에 대해 50도의 비틀림 각도를 갖는 나선 형상으로 형성되어 있다. 즉, 제1 단익(15)은 장익과

는 역방향으로 비틀어진 형상을 갖고 있다.

[0046] 로터 축방향 Z에 있어서의 제1 단의(15)의 길이는, 동일 방향에 있어서의 장의(13, 14)의 길이보다도 작은 것이 바람직하다. 예를 들어, 로터 축방향 Z에 있어서의 제1 단의(15)의 길이는, 동일 방향에 있어서의 혼련 일부(21)의 길이 L의 0.4배 미만의 길이인 것이 바람직하다. 본 실시 형태에서는, 로터 축방향 Z에 있어서의 제1 단의(15)의 길이는, 로터 축방향 Z에 있어서의 혼련 일부(21)의 길이 L의 0.3배의 길이이다. 또한, 로터 축방향 Z에 있어서의 제1 장의(13)의 길이와 로터 축방향 Z에 있어서의 제1 단의(15)의 길이의 합 및 로터 축방향 Z에 있어서의 제2 장의(14)의 길이와 로터 축방향 Z에 있어서의 제2 단의(16)의 길이의 합은, 로터 축방향 Z에 있어서의 혼련 일부(21)의 길이 L과 동등하게 되어 있는 것이 바람직하다.

[0047] 또한, 제1 단의(15)의 시점, 즉 제1 단의(15) 중 로터 회전 방향 r에 있어서의 전방측의 단부 테두리는, 제1 장의(13)의 시점, 즉 제1 장의(13) 중 로터 회전 방향 r에 있어서의 전방측의 단부 테두리보다도 로터 회전 방향 r에 있어서 후방측에 위치한다. 또한, 본 실시 형태에 있어서의 제1 단의(15)의 랜드 폭, 바이트 각도 및 랜드 중심 각도 등은, 제1 장의(13)의 경우와 동일하다.

[0048] (제2 단의)

[0049] 본 실시 형태에서는, 제2 단의(16)의 전개 형상, 랜드 폭, 비틀림 각도, 길이, 바이트 각도 및 랜드 중심 각도 등은, 제1 단의(15)의 경우와 동일하다. 제2 단의(16)은 제1 단의(15)과, 배치만이 다르다. 구체적으로는, 제2 단의(16)은 로터 회전 방향 r에 있어서 제1 단의(15)의 후방에 배치되어 있다. 상세하게는, 제2 단의(16)은 혼련 로터의 회전 위상에 있어서 제1 단의(15)에 대해 180도의 위상차를 갖도록 그 제1 단의(15)의 로터 회전 방향 r에 있어서의 후방에 배치되어 있다.

[0050] (밀폐식 혼련기의 동작(재료 혼련 방법))

[0051] 도 1을 참조하면서 밀폐식 혼련기(1)의 동작에 대해 설명한다. 먼저, 챔버(3)에 드롭 도어(12)를 밀접시킨 상태에서, 플로팅 웨이트(8)를 챔버(3)로부터 이격시켜 챔버(3)의 상부 개구부를 개방시킨다. 그리고, 이 상부의 개구 및 재료 공급통(7) 내의 공간을 통하여 피혼련 재료를 챔버(3) 내[혼련실(2) 내]에 장전하고, 그 후, 플로팅 웨이트(8)를 챔버(3)에 밀접시켜 동일 재료를 챔버(3) 내[혼련실(2) 내]에 압입한다.

[0052] 이어서, 혼련 로터(4, 5)의 서로 역방향으로의 회전을 개시하고, 그들 혼련 로터(4, 5)에 의해 피혼련 재료를 혼련한다. 그리고, 피혼련 재료가 원하는 혼련 상태로 되면, 드롭 도어(12)를 챔버(3)로부터 이격시켜 챔버(3)의 바닥부의 배출구로부터 혼련실(2) 내의 혼련물(혼련이 완료된 재료)을 혼련기의 외부로 배출시킨다.

[0053] 종래의 접선식의 밀폐식 혼련기에서는, 피혼련 재료를 칩 클리어런스를 통과시킴으로써 그 피혼련 재료에 적극적으로 전단력을 부여하여 당해 피혼련 재료를 혼련(분산 혼합)하는 것에 중점이 놓여져 있었지만, 이에 의해 폐해도 발생하고 있었다. 본 발명은 본원 발명자가 이 폐해에 착안하여, 검토를 거듭하여 이룬 것이다. 구체적으로는, 본원 발명자는, 챔버 내의 혼련 용량을 종래보다도 작은 용량으로 제한함과 함께 피혼련 재료의 칩 클리어런스 통과량(누액량)을 저감시키면, 피혼련 재료에 종래만큼 적극적으로 전단력을 부여하여 혼련하지 않아도 피혼련 재료에 대해 큰 비에너지로 단시간에 부여할 수 있고, 그 결과, 피혼련 재료의 분산성이 나빠지지 않는다고 하는 지식을 얻었다. 그리고, 본원 발명자는, 챔버 내의 혼련 용량을 종래보다도 작은 용량으로 제한함과 함께 피혼련 재료의 칩 클리어런스 통과량(누액량)을 저감시키면, 피혼련 재료의 분산 혼합이 촉진되어 피혼련 재료의 혼련의 균일성이 향상되고, 결과적으로 단시간에 피혼련 재료의 혼련을 완료할 수 있는 것을 생각해 냈다. 본원 발명자는, 이 착상에 기초하여, 챔버 내의 혼련 용량을 종래보다도 작은 용량으로 제한함과 함께 피혼련 재료의 칩 클리어런스 통과량을 저감시키면, 피혼련 재료가 과승온으로 되어 열화되는 것을 방지할 수 있고, 또한 1밸치당 혼련물의 생산량의 저하를 혼련 시간의 단축에 의해 보충할 수 있다고 하는 결론에 이르고, 그 결론에 기초하여 본 발명을 완성하였다. 즉, 본 발명의 혼련 로터 및 그것을 구비하는 밀폐식 혼련기에 의하면, 혼련물의 혼련 품질을 떨어뜨리지 않고 종래보다도 혼련물의 생산성을 높일 수 있다.

[0054] (제2 실시 형태의 혼련 로터)

[0055] 이어서, 본 발명의 제2 실시 형태에 관한 혼련 로터에 대해 설명한다. 제1 실시 형태의 혼련 로터에 대한 제2 실시 형태의 혼련 로터의 상위점은, 랜드 중심 각도(랜드 폭 W)의 크기이다. 그 이외의 구성에 대해서는, 제2 실시 형태의 혼련 로터는, 제1 실시 형태의 혼련 로터와 마찬가지로 구성되어 있다. 제2 실시 형태의 혼련 로터의 각 날개의 랜드 중심 각도는, 모두 15도로 되어 있다.

[0056] (피혼련 재료의 날개 배면측에의 누액량의 계산 결과)

[0057] 피훈련 재료의 날개 배면측에의 누액량을, 랜드 중심 각도를 변화시켜 계산하였다. 그 계산 결과가 도 5에 나타내어져 있다. 또한, 도 5의 그래프에서는, 종축에 누액량(%)이 나타내어져 있고, 이 누액량은, 종래의 랜드 중심 각도가 2도인 경우의 누액량을 100%로 한 경우의 비율로 나타내어져 있다. 도 5로부터 알 수 있는 바와 같이, 랜드 중심 각도가 7도 이상이면, 누액량을 종래의 약 1/3 이하로 억제할 수 있다. 한편, 랜드 중심 각도가 40도보다도 커도, 누액량의 억제 효과의 가일층의 향상은 거의 바랄 수 없는 것도 알 수 있다.

[0058] (실험 결과 1)

[0059] 상기 각 실시 형태의 혼련 로터를 구비한 밀폐식 혼련기와 비교예의 혼련 로터를 구비한 밀폐식 혼련기를 동일 조건으로 동작시키고, 양자의 성능의 차를 조사하는 실험을 행하였다. 이 실험에서는, 실리카를 다량으로 첨가한 피훈련 재료를 사용하였다. 구체적으로는, PHR이 70~90 사이의 다른 값으로 되도록 실리카가 각각 배합된 복수 종류의 피훈련 재료의 각각에 대해, 실험을 행하였다. 또한, PHR(Parts per hundred rubber)이라 함은, 고무 중량을 100으로 한 경우의 각종 배합제의 중량부를 말한다. 이하의 표 1에는, 상기 복수 종류의 피훈련 재료 중 PHR이 80으로 되도록 실리카가 배합된 피훈련 재료의 배합 내용을 나타낸다.

표 1

Item	PHR
유전 SBR(용액 중합 스티렌 부타디엔 고무)	9.6
BR(부타디엔 고무)	3.0
실리카	8.0
산화아연	3
스테아린산	2
WAX	1
노화 방지제	1.5
커플링제	6.4
대체 아로마 오일	1.5

※) 상기 배합은, 실리카를 많이 포함하는 모델 배합이다

[0060]

[0061] 비교예의 혼련 로터 및 비교예의 밀폐식 혼련기로서는, 혼련 날개로서 1매의 비선형 날개와 3매의 선형 날개를 갖는 일본 특허 공개 제2002-11336호 공보에 기재된 혼련 로터(4) 및 그 혼련 로터(4)를 구비한 뱃치식 혼련기(1)(밀폐식 혼련기)를 사용하였다. 또한, 실시 형태의 밀폐식 혼련기에 의한 혼련과, 비교예의 밀폐식 혼련기에 의한 혼련에 있어서, 혼련 날개의 구성이 다른 것 외에는, 동일한 조건(구성)을 채용하여 그들의 혼련을 행하였다. 혼련 로터(밀폐식 혼련기)의 사이즈에 대해서도, 실시 형태와 비교예에서 당연히 동일 조건이다. 캠버의 내경에 대해서도, 실시 형태와 비교예에서 동일하다.

[0062] 도 6에는, 이 실험의 결과가 나타내어져 있다. 도 6 중에 있어서, 실선은, 제1 실시 형태의 혼련 로터를 사용한 경우의 실험 결과를 나타내고, 파선은, 제2 실시 형태의 혼련 로터를 사용한 경우의 실험 결과를 나타내고, 일점쇄선은, 비교예의 혼련 로터를 사용한 경우의 실험 결과를 나타내고 있다. 도 6에서는, $\Delta G'$ 값을 그래프의 종축에 취하고, 혼련 시간을 그래프의 횡축에 취하고 있다.

[0063] $\Delta G'$ 값이라 함은, 미가황 고무 조성물의 점탄성 특성으로부터 얻어지는 소변형 왜곡 시의 저장 탄성률과 동일 점탄성 특성으로부터 얻어지는 대변형 왜곡 시의 저장 탄성률의 차를 말하고, 혼련물의 품질을 판단하기 위한 지표(여기서는 혼련물 중의 실리카 분산의 평가 지표)이다. $\Delta G'$ 값이 작을수록, 혼련물의 품질이 좋은 것을 의미한다.

[0064] 또한, 도 6에 나타낸 결과는, $\Delta G'$ 값 측정 시의 혼련물의 온도가 100°C이고, 혼련물에 왜곡을 부여하는 주파수가 0.5Hz라고 하는 조건에 있어서, 저장 탄성률이 0.56%인 소변형 시의 상태로부터 저장 탄성률이 60%인 대변형 시의 상태까지의 혼련물의 저장 탄성률 G' 의 왜곡 의존성을, 알파 테크놀로지사(Alpha Technologies Co.)제의 러버 프로세싱 애널라이저(Rubber Processing Analyzer) RPA2000으로 측정한 것이다.

[0065] 도 6으로부터 알 수 있는 바와 같이, 상기 제1 및 제2 실시 형태에 의한 혼련 로터를 사용한 경우, 종래의 혼련 로터를 사용한 경우에 비해 혼련물의 품질이 크게 개선되어 있다.

[0066] (실험 결과 2)

[0067] 실리카가 배합된 피혼련 재료에는, 실리카와 고무를 결합시키기 위해 실란 커플링제가 배합되어 있다. 이 피혼련 재료의 혼련에서는, 피혼련 재료의 온도가, 예를 들어 140°C~160°C의 범위에서, 실란 커플링제가 실리카와 반응한다. 따라서, 그 반응을 양호하게 발생시키기 위해서는, 피혼련 재료의 온도를 140°C~160°C 정도의 범위 내로 유지하면서, 실리카와 실란 커플링제가 균일하게 혼합되도록 피혼련 재료를 충분히 혼련시킬 필요가 있다. 따라서, 피혼련 재료의 혼련의 균일성을 평가하기 위해 이하의 혼련 시험을 행하였다.

[0068] 이 혼련 시험에서는, 한 쌍의 혼련 로터를 수용하는 챔버의 좌우 부분의 내경이 동등한 시험 장치에, 제1 실시 형태의 혼련 로터와, 제2 실시 형태의 혼련 로터와, 비교예의 혼련 로터의 각각의 3차원 스케일 모델을 각각 내장하여 피혼련 재료의 혼련을 행한 각 경우에 대해, 피혼련 재료 중의 소정의 성분의 CV값이 어떻게 변화되는지를 조사하였다. 이 혼련 시험에서는, CMC(카르복시·메틸·셀룰로오스)의 30% 수용액에 0.4%의 글래스 비즈를 첨가하여 작성한 모의 재료를, 피혼련 재료로서 사용하였다. 모의 재료 중 글래스 비즈가, 상기 소정의 성분에 상당한다. 또한, 이 혼련 시험에 있어서도, 제1 실시 형태, 제2 실시 형태 및 비교예의 각 경우에 있어서, 혼련 날개의 구성이 상이한 것 외에는, 모두 동일 조건으로 하였다.

[0069] 도 7에는, 이 3차원 시험(혼련 시험)의 결과가 나타내어져 있다. 도 7 중에 있어서, 실선은, 제1 실시 형태의 혼련 로터를 사용한 경우의 실험 결과를 나타내고, 점선은, 제2 실시 형태의 혼련 로터를 사용한 경우의 실험 결과를 나타내고, 일점쇄선은, 비교예의 혼련 로터를 사용한 경우의 실험 결과를 나타내고 있다. 도 7에서는, CV값을 그래프의 종축에 취하고, 혼련 시간을 그래프의 횡축에 취하고 있다.

[0070] CV값이라 함은, 피혼련 재료 중에 있어서의 성분의 균일성, 즉 성분의 분산 정도를 나타내는 평가 지표로 되는 값이다. CV값이 작을수록, 피혼련 재료 중에 있어서의 성분의 분산이 진행되어 있는 것, 바꾸어 말하면, 피혼련 재료의 혼합이 촉진되어 있는 것을 의미하고, 혼련물의 품질이 좋은 것을 의미한다. 이 CV값은, 이하의 수학식 1에 의해 구해진다.

수학식 1

$$CV = \rho / M$$

[0072] 수학식 1에 있어서, M은, 챔버 내에 수용된 피혼련 재료 중에 있어서의 소정의 성분(글래스 비즈)의 평균 분율이다. 이 평균 분율 M은, 이하와 같이 하여 구해진다. 챔버 내에서 혼련된 1뱃치의 피혼련 재료 중의 9개소로부터 일정량씩의 피혼련 재료를 각각 채취하고, 각 채취 개소의 피혼련 재료에 포함되는 비즈의 개수를 각각 계측하고, 그 계측한 비즈의 개수에 기초하여 각 채취 개소의 피혼련 재료 중의 비즈의 분율을 산출함과 함께, 그 산출한 각 채취 개소의 피혼련 재료 중의 비즈의 분율로부터 각 채취 개소의 피혼련 재료 중의 비즈의 평균 분율을 산출한다. 또한, 수학식 1에 있어서, ρ 는, 챔버 내에 수용된 피혼련 재료 중에 있어서의 소정의 성분(글래스 비즈)의 분율의 표준 편차이다.

[0073] 도 6 및 도 7의 결과로부터, 제1 및 제2 실시 형태의 혼련 로터를 사용하면, 비교예(종래)의 혼련 로터를 사용하는 경우보다도, 혼련물의 분산성 및 균일성 모두가 향상되는 것을 알 수 있다. 또한, 각 경우에 관한 혼련 시간을 비교하면, 제1 및 제2 실시 형태의 혼련 로터를 사용한 경우에는, 비교예(종래)의 혼련 로터를 사용한 경우에 비해, 동일 정도의 분산성 또는 균일성의 혼련물을 단시간에 얻을 수 있는 것을 알 수 있다. 즉, 제1 및 제2 실시 형태의 혼련 로터를 사용한 경우에는, 생산성도 향상되는 것을 알 수 있다.

[0074] (랜드 중심 각도 및 바이트 각도에 대해)

[0075] 도 8은 피혼련 재료가 과승온으로 되는 것을 방지하면서 피혼련 재료에 높은 비에너지를 부여할 수 있고, 또한, 보다 높은 생산성을 얻을 수 있는 혼련 로터의 형상을, 랜드 중심 각도 및 바이트 각도의 2개의 파라미터에 대해 종래 기술비로 통합한 도면이다.

[0076] 여기서, 이하의 수학식 2에 의해, 혼련 로터가 사용되는 밀폐식 혼련기에 의한 혼련물의 생산성을 나타내는 지표인 생산성 지수 P가 구해지고, 이 생산성 지수 P가 「1」보다도 큰 값으로 되도록 날개의 바이트 각도 및 랜

드 중심 각도의 값이 결정되어 있으면, 혼련물의 생산성이 종래보다도 향상된다. 또한, 이하의 수학식 3에 의해 혼련 로터에 의해 피혼련 재료가 혼련될 때에 그 혼련 로터에 의해 피혼련 재료에 부여되는 비에너지의 크기를 나타내는 지표인 에너지 지수 E가 구해지고, 이 에너지 지수 E가 「1」보다도 큰 값으로 되도록 날개의 바이트 각도 및 랜드 중심 각도의 값이 결정되어 있으면, 피혼련 재료에 대해 종래보다도 높은 비에너지를 부여할 수 있다. 또한, 이하의 수학식 4에 의해 혼련 로터에 의해 피혼련 재료가 혼련될 때의 그 피혼련 재료의 냉각성을 나타내는 지표인 냉각성 지수 C가 구해지고, 이 냉각성 지수 C가 「1」보다도 작은 값으로 되도록 날개의 바이트 각도 및 랜드 중심 각도의 값이 결정되어 있으면, 종래 기술에 비해 피혼련 재료의 과승온의 방지 효과를 향상시킬 수 있다.

수학식 2

$$P = 0.9227 + 0.006x + 0.0042y - 0.0001x^2 + 0.0002xy - 0.0002y^2$$

[0077]

수학식 3

$$E = 1.6453 - 0.0342x + 0.033y + 0.0003x^2 - 7.8444 \times 10^{-18}xy - 3.1099 \times 10^{-5}y^2$$

[0078]

수학식 4

$$C = 0.6304 + 0.0108x + 0.0092y + 3.6995 \times 10^{-5}x^2 - 2.8554 \times 10^{-5}xy - 0.0002y^2$$

[0079]

또한, 상기 수학식 2~4에 있어서, x는 날개의 바이트 각도(도)이며, y는 날개의 랜드 중심 각도(도)이다.

도 8 중에 있어서의 실선은, 수학식 2에 의해 구해지는 생산성 지수 P가 「1」로 되는 경우의 날개의 바이트 각도 및 랜드 중심 각도를 나타내는 각 점을 통과하는 선이다. 또한, 도 8 중에 있어서의 일점쇄선은, 수학식 3에 의해 구해지는 에너지 지수 E가 「1」로 되는 경우의 날개의 바이트 각도 및 랜드 중심 각도를 나타내는 각 점을 통과하는 선이다. 또한, 도 8 중에 있어서의 파선은, 수학식 4에 의해 구해지는 냉각성 지수 C가 「1」로 되는 경우의 날개의 바이트 각도 및 랜드 중심 각도를 나타내는 각 점을 통과하는 선이다.

또한, 여기에서 비교 대상으로 한 종래 기술은, 상기한 일본 특허 공개 제2002-11336호 공보에 기재되어 있는 혼련 로터(4) 및 그것을 사용한 뱃치식 혼련기(1)이다.

수학식 2, 3, 4에 의해 구해지는 생산성 지수 P, 에너지 지수 E 및 냉각성 지수 C 모두에 대해 상기한 조건($P > 1$, $E > 1$, $C < 1$)을 만족하도록 날개의 바이트 각도와 랜드 중심 각도를 설정함으로써, 조건 변경되는 것을 바람직하지 않은 다른 조건을 동일 조건으로 한 경우에, 일본 특허 공개 제2002-11336호 공보에 기재되어 있는 종래 기술의 혼련 로터(4)와 비교하여, 피혼련 재료의 과승온을 방지하면서 피혼련 재료에 의해 높은 비에너지를 부여할 수 있고, 또한 보다 높은 생산성을 얻을 수 있는 혼련 로터의 형상을 간단하게 얻을 수 있다. 또한, 도 8 중에 있어서 해칭이 실시된 영역은, 생산성 지수 P, 에너지 지수 E 및 냉각성 지수 C 모두에 대해 상기한 조건($P > 1$, $E > 1$, $C < 1$)을 만족하는 동시에, 피혼련 재료의 누액량이 종래 기술에 의한 누액량의 $1/3$ 이하로 되는 영역이다.

이상, 본 발명의 실시 형태에 대해 설명하였지만, 본 발명은 상술한 실시 형태로 한정되는 것은 아니고, 특허 청구 범위에 기재된 한, 다양하게 변경하여 실시하는 것이 가능한 것이다.

예를 들어, 상기한 실시 형태에서는, 제1 장익과 제2 장익의 전개 형상, 랜드 폭, 비틀림 각도, 길이, 바이트 각도 및 랜드 중심 각도 등을 실질적으로 동일하게 되어 있지만, 본 발명은 이것으로 한정되지 않는다. 또한, 상기한 실시 형태에서는, 장익과 단익에서, 랜드 폭, 바이트 각도 및 랜드 중심 각도 등을 동일하게 되어 있지

만, 본 발명은 이것으로 한정되지 않는다.

[0086] 또한, 상기한 실시 형태에 있어서의 한 쌍의 혼련 로터의 혼련 날개는, 실질적으로 동일한 형상으로 형성되어 있지만, 한 쌍의 혼련 로터의 혼련 날개의 형상은 실질적으로 다른 형상이어도 된다. 또한, 상기한 실시 형태에 있어서의 혼련 날개는, 혼련 익부를 그 축심 둘레에서 평면 상태로 전개한 경우에 있어서의 그 혼련 날개의 전개 형상이 선형으로 되도록 형성되어 있지만, 본 발명의 혼련 날개(장익 및/또는 단익)의 전개 형상은 비선형이어도 된다.

[0087] [실시 형태의 개요]

[0088] 상기 실시 형태를 정리하면, 이하와 같다.

[0089] 상기 실시 형태에 의한 혼련 로터는, 밀폐식 혼련기에 사용되는 혼련 로터이며, 냉각 유로가 내부에 형성된 로터 축부와, 상기 로터 축부의 외주부에 설치된 혼련 익부를 구비하고, 상기 혼련 익부는, 상기 로터 축부의 축 방향에 있어서 소정의 길이를 갖는 단익과, 상기 축방향에 있어서의 상기 단익의 길이보다도 큰 상기 축방향의 길이를 갖는 적어도 2개의 장익을 갖고, 상기 각 장익은, 상기 혼련 로터의 직경 방향 외측을 향하는 당해 장익의 단부면인 랜드부를 갖고, 상기 축방향에 있어서의 상기 각 장익의 길이는, 상기 축방향에 있어서의 상기 혼련 익부의 길이의 0.6배 이상의 길이로 설정되고, 상기 각 장익의 바이트 각도는, 31도 이하의 각도로 설정되고, 상기 축방향에 직교하는 상기 각 장익의 단면에 있어서의 상기 랜드부의 폭인 랜드 폭에 대한 중심 각도는, 7도 이상의 각도로 설정되어 있다.

[0090] 상기 혼련 로터에 있어서, 상기 각 장익은, 당해 장익 중 상기 혼련 로터의 회전 방향의 전방측을 향하는 면인 작용면과, 상기 랜드부와 상기 작용면에 의해 형성되는 그들 사이의 경계부를 갖고, 상기 랜드부는, 상기 축방향에 직교하는 단면에 있어서 상기 혼련 로터의 회전 시에 원형의 궤적을 그리고, 상기 각 장익의 바이트 각도는, 상기 원형의 궤적의 상기 경계부에서의 접선과 상기 축방향에 직교하는 단면에 있어서의 상기 작용면의 상기 경계부에서의 접선 사이의 각도인 것이 바람직하다.

[0091] 상기 혼련 로터에 있어서, 상기 각 장익의 상기 랜드 폭에 대한 상기 중심 각도는, 40도 이하의 각도로 설정되어 있는 것이 바람직하다.

[0092] 상기 혼련 로터에 있어서, 상기 각 장익의 상기 바이트 각도는, 10도 이상 21도 이하의 각도로 설정되어 있는 것이 바람직하다.

[0093] 상기 혼련 로터에 있어서, 상기 각 장익은, 상기 로터 축부의 축선에 대해 40도 이상의 비틀림 각도를 갖는 것이 바람직하다. 이 경우에 있어서, 상기 각 장익의 상기 비틀림 각도는, 50도 이상 65도 이하의 각도로 설정되어 있는 것이 보다 바람직하다.

[0094] 상기 혼련 로터에 있어서, 상기 혼련 로터가 사용되는 상기 밀폐식 혼련기에 의한 혼련물의 생산성을 나타내는 지표인 생산성 지수를 P로 하고, 상기 혼련 로터에 의해 폐혼련 재료가 혼련될 때에 그 혼련 로터에 의해 폐혼련 재료에 부여되는 에너지의 크기를 나타내는 지표인 에너지 지수를 E로 하고, 상기 바이트 각도를 x로 하고, 상기 랜드 폭에 대한 상기 중심 각도를 y로 한 경우에, 상기 바이트 각도 x 및 상기 중심 각도 y는, 다음 수학식 2에 의해 구해지는 생산성 지수 P 및 다음 수학식 3에 의해 구해지는 에너지 지수 E가 모두 1보다도 큰 값으로 된다고 하는 조건을 만족하도록 설정되어 있는 것이 바람직하다.

[0095] [수학식 2]

$$P = 0.9227 + 0.006x + 0.0042y - 0.0001x^2 + 0.0002xy - 0.0002y^2$$

[0096] [수학식 3]

$$E = 1.6453 - 0.0342x + 0.033y + 0.0003x^2 - 7.8444 \times 10^{-18}xy - 3.1099 \times 10^{-5}y^2$$

[0097] 이 경우에 있어서, 상기 혼련 로터에 의해 폐혼련 재료가 혼련될 때의 그 폐혼련 재료의 냉각성을 나타내는 지표인 냉각성 지수를 C로 한 경우에, 상기 바이트 각도 x 및 상기 중심 각도 y는, 다음 수학식 4에 의해 구해지는 냉각성 지수 C가 1보다도 작은 값으로 된다고 하는 조건을 만족하도록 설정되어 있는 것이 바람직하다.

[0100]

[수학식 4]

$$C = 0.6304 + 0.0108x + 0.0092y + 3.6995 \times 1$$

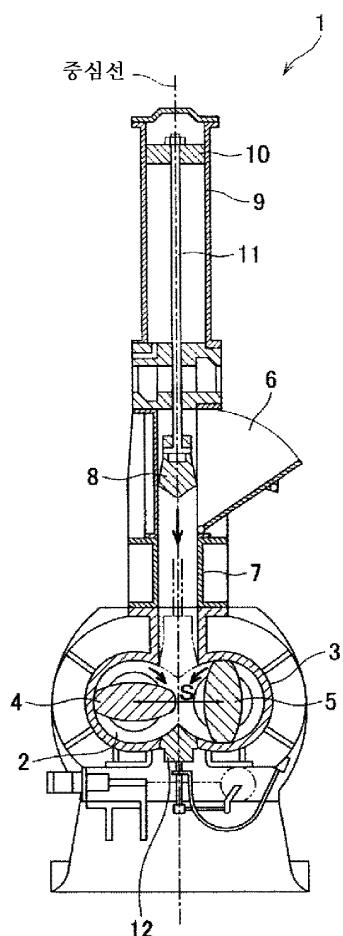
$$0^{-5}x^2 - 2.8554 \times 10^{-5}y - 0.0002y^2$$

[0102] 상기 실시 형태에 의한 밀폐식 혼련기는, 상기 혼련 로터를 한 쌍 구비함과 함께, 그들 한 쌍의 혼련 로터의 회전 시에 그 각 혼련 로터의 직경 방향의 가장 외측의 부분이 그리는 궤적이 서로 교차하지 않는 상태에서 당해 한 쌍의 혼련 로터를 내부에 수용하는 챔버를 구비한다.

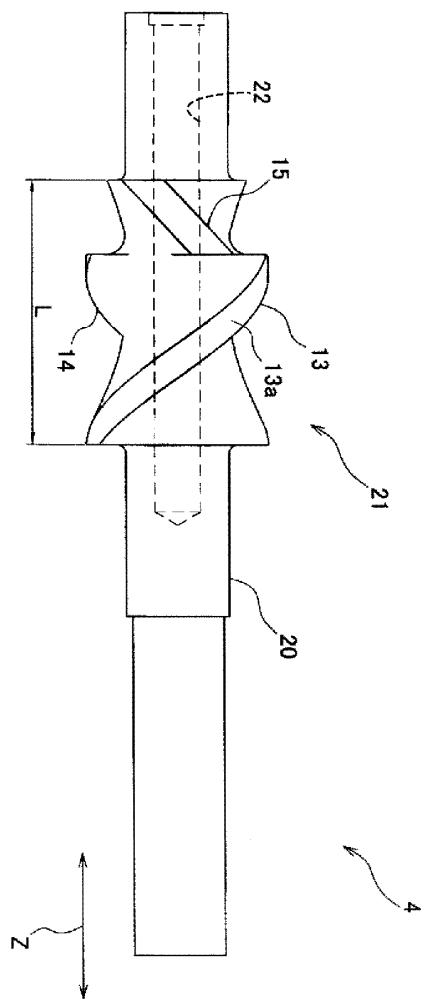
[0103] 이 밀폐식 혼련기에 있어서, 상기 각 혼련 로터의 상기 장익의 상기 랜드부와 상기 챔버 중 그 혼련 로터를 수용하는 부분의 내벽면 사이에는, 간극이 각각 형성되고, 상기 각 혼련 로터에 관한 상기 간극의 크기는, 상기 챔버 중 그 혼련 로터를 수용하는 부분의 내경에 대해 0.005 이상 0.05 이하의 비율이 되도록 설정되어 있는 것 이 바람직하다.

도면

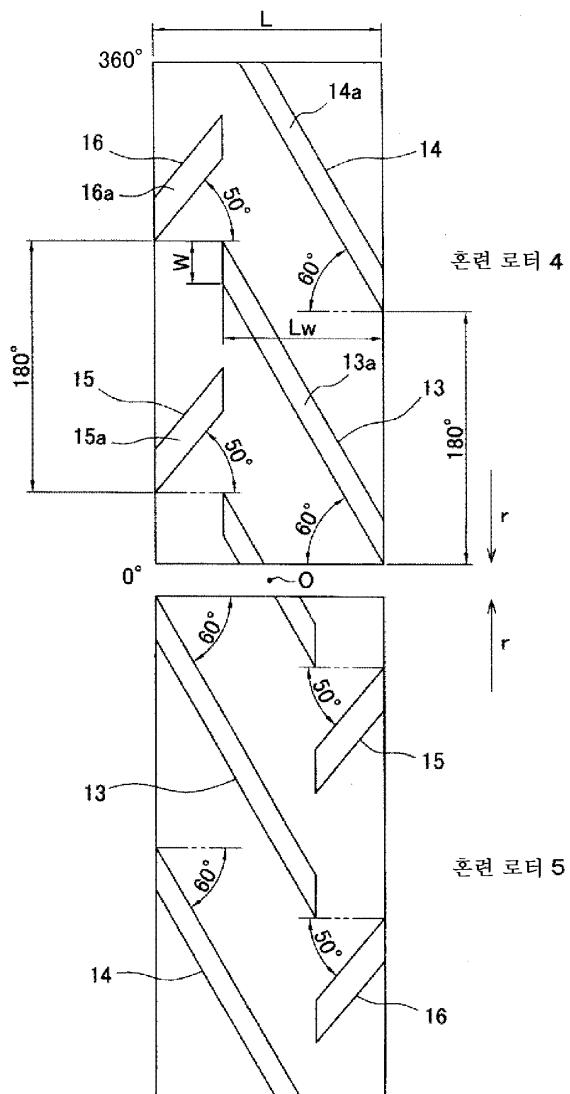
도면1



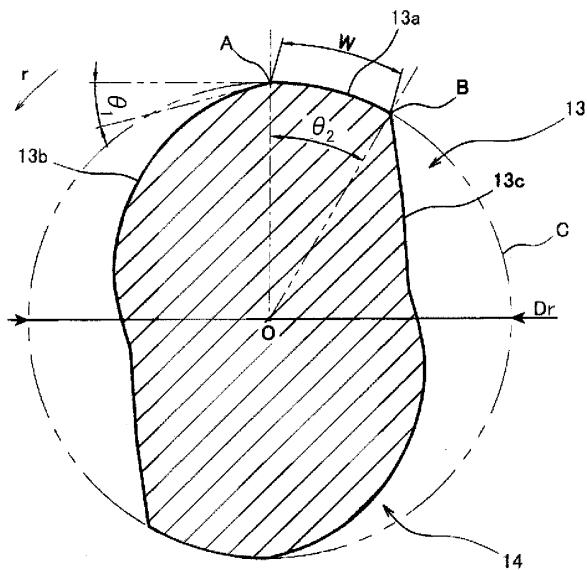
도면2



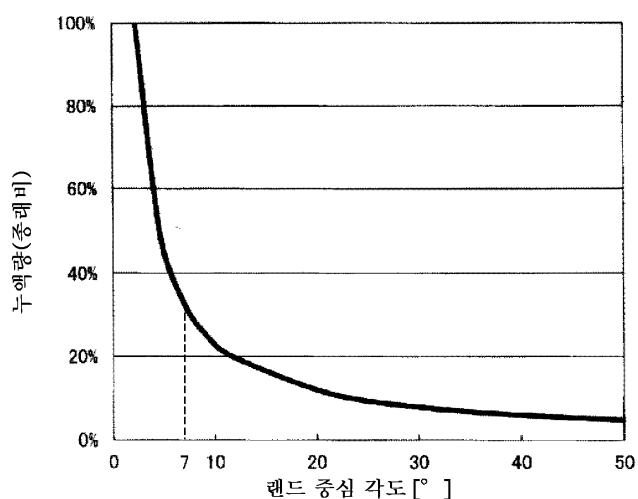
도면3



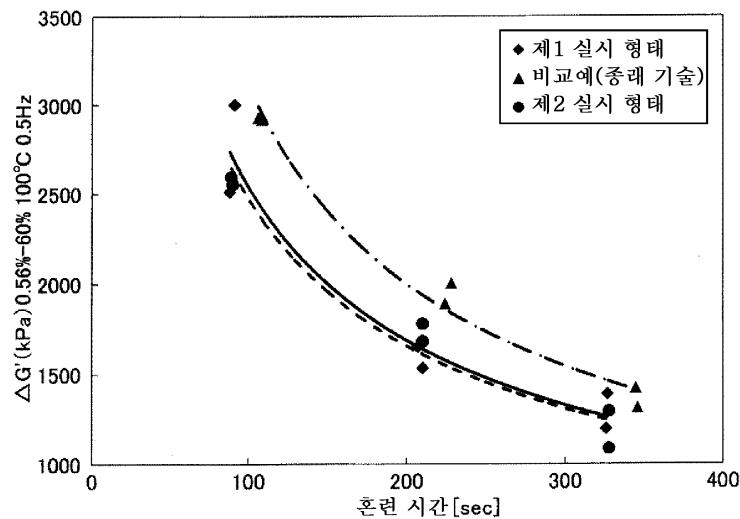
도면4



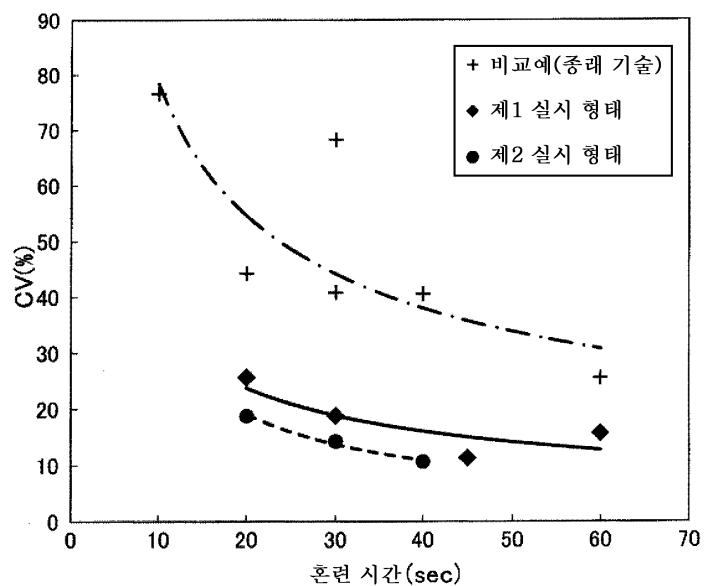
도면5



도면6



도면7



도면8

