



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2012년10월11일  
 (11) 등록번호 10-1188619  
 (24) 등록일자 2012년09월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**B21D 53/88** (2006.01) **B60G 9/04** (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2011-7023939  
 (22) 출원일자(국제) 2010년03월31일  
 심사청구일자 2011년10월12일  
 (85) 번역문제출일자 2011년10월12일  
 (65) 공개번호 10-2011-0136848  
 (43) 공개일자 2011년12월21일  
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2010/056286  
 (87) 국제공개번호 WO 2010/114173  
 국제공개일자 2010년10월07일  
 (30) 우선권주장  
 JP-P-2009-088907 2009년04월01일 일본(JP)  
 JP-P-2010-061753 2010년03월18일 일본(JP)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP2008169455 A  
 JP2007237784 A  
 JP2009509774 A  
 JP2001321846 A

(73) 특허권자  
**제이에프이 스틸 가부시키키가이샤**  
 일본 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2방 3고  
 (72) 발명자  
**하시모토 유지**  
 일본국 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 치테키자 이산부 나이  
**도요다 슌스케**  
 일본국 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 치테키자 이산부 나이  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**이철**

전체 청구항 수 : 총 20 항

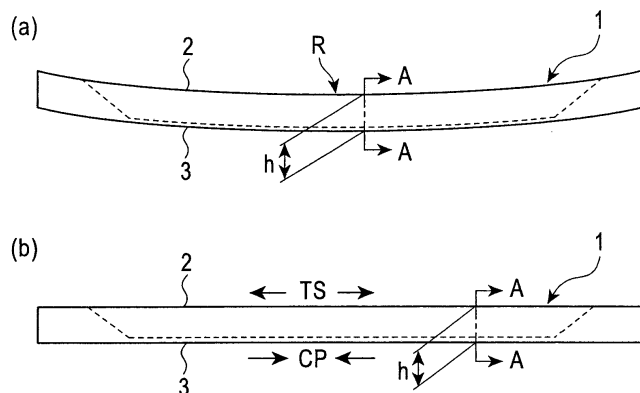
심사관 : 강민석

(54) 발명의 명칭 **토션빔의 제조 방법 및 토션빔**

**(57) 요약**

생산성이나 비용의 면에서의 불리함을 거의 초래하지 않고 토션빔의 피로 위험 부위인 귀부(耳部)의 피로 강도를 향상시킬 수 있는 수단을 제공한다. 구체적으로는, 관체(1)를 성형 가공하여 토션빔으로 함에 있어서, 상기 관체(1)의 일부를 지름 방향으로 압제하여 단면 대략 U자 형상으로 성형한 후, 보텀 라인(3)을 복측(腹側)으로 하는 굽힘에 의해, 귀부(2)에 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형을 부여한다.

**대표도** - 도1



(72) 발명자

**나카가와 킨야**

일본국 도쿄토 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반  
3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 치테키자이산  
부 나이

**스즈키 코지**

일본국 도쿄토 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반  
3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 치테키자이산  
부 나이

**가와바타 요시카즈**

일본국 도쿄토 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반  
3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 치테키자이산  
부 나이

**소노베 오사무**

일본국 도쿄토 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반  
3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 치테키자이산  
부 나이

**사토 아키오**

일본국 도쿄토 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반  
3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 치테키자이산  
부 나이

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

관체를 성형 가공하여 토션빔을 제조함에 있어서, 상기 관체의 일부를 지름 방향으로 압쇄(crushing)하여 단면 U자 형상 또는 단면 V자 형상으로 성형한 후, 상기 관체의 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘에 의해, 귀부(耳部)에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형을 부여하는 토션빔의 제조 방법.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상형 수평부의 양단(兩端)에 상경(上傾) 테이퍼부가 이어지는 선저형 형상(ship-bottom-shape)의 승강 가능한 상(上)금형과, 당해 상금형의 양단측에 승강 가능하게 배치한 상클램프와, 하형 수평부의 양단에 하경(下傾) 테이퍼부가 이어지는 고정 하(下)금형을 이용하여,

상기 상금형과 상기 하금형으로 상기 관체의 일부를 지름 방향으로 압쇄하여 단면 U자 형상 또는 단면 V자 형상으로 성형한 후, 양 관단부를 상기 상클램프와 상기 하금형의 하경 테이퍼부로 협압(clamping)하여 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘에 의해, 서변부(徐變部)의 귀부에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형을 부여하는 토션빔의 제조 방법.

**청구항 3**

제1항 또는 제2항에 있어서,

미리, 상기 관체의 관 길이 방향 중앙부를 단면  $\nabla$ 형상으로 성형함과 함께, 관단에 대하여 단면 V자형 형상 성형부의 보텀이 아래로 볼록해지는 방향으로 휨 변형을 부여하는 예(豫)성형을 행한 후,

상형 수평부의 양단에 상경 테이퍼부가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형과, 당해 상금형의 양단측에 승강 가능하게 배치한 상클램프와, 하형 수평부의 양단에 하경 테이퍼부가 이어지는 고정의 하금형을 이용하여,

상기 상금형과 상기 하금형으로 상기 관체의 일부를 지름 방향으로 압쇄하여 단면 U자 형상 또는 단면 V자 형상으로 성형한 후, 양 관단부를 상기 상클램프와 상기 하금형의 하경 테이퍼부로 협압하여 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘에 의해, 서변부의 귀부에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형을 부여하는 토션빔의 제조 방법.

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상형 수평부의 양단에 상경 테이퍼부가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형과, 당해 가동(可動) 상금형의 양단측에 승강 가능하게 배치한 상클램프와, 하형 수평부의 양단에 수직부가 이어지는 승강 가능한 하금형과, 당해 하금형의 양단측에 고정 배치한 하클램프를 이용하여,

상기 상금형과 상기 하금형으로 상기 관체의 일부를 지름 방향으로 압쇄하여 단면 U자 형상 또는 단면 V자 형상으로 성형함과 함께, 상기 상금형과 상기 하클램프로의 3점 굽힘에 의해 관 중앙부가 아래로 볼록해지는 방향으로 휨변형을 가한 후, 양 관단부를 상기 상클램프와 상기 하클램프로 협압함과 함께 상하금형을 관 중앙부 협압 상태인 채로 상기 하클램프에 대하여 상승시켜 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘에 의해, 서변부의 귀부에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형을 부여하는 토션빔의 제조 방법.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상형 수평부의 양단에 상경 테이퍼부가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형과, 당해 상금형의 양단측에 승강 가능하게 배치한 상클램프와, 하형 수평부의 양단에 수직부가 이어지는 고정의 하금형과, 당해 하금형의 양단측에 배치한 휨 촉진용 회전 금형을 이용하여, 상기 상금형과 상기 하금형으로 상기 관체의 일부를 지름 방향으로 압쇄하여 단면 U자 형상 또는 단면 V자 형상으로 성형함과 함께, 상기 상금형과 상향 회전 상태로 한 상

기 휨 촉진용 회전 금형으로의 3점 굽힘에 의해 관 중앙부가 아래로 볼록해지는 방향으로 휨 변형을 가한 후, 양 관단부를 상기 상클램프와 하향 회전 상태로 한 상기 휨 촉진용 회전 금형으로 협압하여 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘에 의해, 서변부의 귀부에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형을 부여하는 토션빔의 제조 방법.

**청구항 6**

제1항 또는 제2항에 있어서,

상형 수평부의 양단에 상경 테이퍼부가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형과, 당해 상금형의 양단측에 승강 가능하게 배치한 상클램프와, 하형 수평부의 양단에 하경 테이퍼부가 이어지는 고정 하금형과, 당해 하금형의 양단측에 배치한 끝이 가늘어지는 테이퍼 부착의 휨 촉진용 진퇴 금형을 이용하여, 상기 상금형과 상기 하금형으로 상기 관체의 일부를 지름 방향으로 압쇄하여 단면 U자 형상 또는 단면 V자 형상으로 성형함과 함께, 상기 상금형과 전진시킨 상기 휨 촉진용 진퇴 금형으로의 3점 굽힘에 의해 관 중앙부가 아래로 볼록해지는 방향으로 휨 변형을 가한 후, 상기 상금형을 개방하여 상기 휨 촉진용 진퇴 금형을 후퇴시키고, 이어서, 관 중앙부를 상하금형으로 협압하면서 양 관단부를 상기 상클램프와 상기 하경 테이퍼부로 협압하여 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘에 의해, 서변부의 귀부에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형을 부여하는 토션빔의 제조 방법.

**청구항 7**

제1항 또는 제2항에 있어서,

상형 수평부의 양단에 상경 테이퍼부가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형과, 당해 상금형의 양단측에 당해 상금형과 연동 가능하게 그리고 당해 상금형에 대하여 진퇴 가능하게 배치한 상클램프와, 하형 수평부의 양단에 하경 테이퍼부가 이어지는 고정 하금형을 이용하여,

상기 상클램프를 후퇴시킨 상태에서 상기 상금형과 상기 하금형으로 상기 관체의 일부를 지름 방향으로 압쇄하여 단면 U자 형상 또는 단면 V자 형상으로 성형하면서 관 중앙부가 아래로 볼록해지는 방향으로 휨 변형을 가한 후, 상기 상금형을 상승시키고 그리고 상기 상클램프를 전진시키고, 이어서, 상기 상금형을 하강시켜, 관 중앙부를 상하금형으로 협압하면서 양 관단부를 상기 상클램프와 상기 하경 테이퍼부로 협압하여 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘에 의해, 서변부의 귀부에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형을 부여하는 토션빔의 제조 방법.

**청구항 8**

제1항, 제2항, 제4항 또는 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

적어도 성형 가공의 중반 즉 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가한 상태로 유지하고 나서 부하 제거하기 전까지의 단계에서 관 내에 액압(fluid pressure)을 부하하는 토션빔의 제조 방법.

**청구항 9**

제1항에 있어서,

상형 수평부의 양단에 상경 테이퍼부가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형과, 당해 상금형의 양단측에 승강 가능하게 배치한 상클램프와, 하형 수평부가 관 길이 이상의 길이 범위에 걸치는 고정 하금형을 이용하여,

상기 상클램프를 상승시킨 상태에서 상기 상금형과 상기 하금형으로 상기 관체의 일부를 지름 방향으로 압쇄하여 단면 U자 형상 또는 단면 V자 형상으로 성형하면서 관 중앙부가 아래로 볼록해지는 방향으로 휨 변형을 가한 후, 양 관단부를 상기 상클램프와 상기 하금형으로 협압하여 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘에 의해, 서변부의 귀부에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형을 부여하는 공정에 있어서,

적어도 성형 가공의 중반 즉 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가한 상태로 유지하고 나서 부하 제거하기 전까지의 단계에서 관 내에 액압을 부하하는 공은 부품 형상의 토션빔의 제조 방법.

**청구항 10**

제1항, 제2항, 제4항, 제5항 또는 제9항 중 어느 한 항에 기재된 제조 방법으로 소관(素管)으로부터 제조된 토션빔으로서, 당해 토션빔의 서변부의 귀부에 있어서의 굽불 형상의 성형 범위의 최대 주응력의 최대값으로 정의되는 잔류 응력( $\sigma$ )이, 상기 소관의 항복 응력(YS)에 대하여 50% 이하로 억제된 토션빔.

**청구항 11**

제3항에 있어서,

적어도 성형 가공의 종반 즉 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가한 상태로 유지하고 나서 부하 제거하기 전까지의 단계에서 관 내에 액압을 부하하는 토션빔의 제조 방법.

**청구항 12**

제6항에 있어서,

적어도 성형 가공의 종반 즉 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가한 상태로 유지하고 나서 부하 제거하기 전까지의 단계에서 관 내에 액압을 부하하는 토션빔의 제조 방법.

**청구항 13**

제7항에 있어서,

적어도 성형 가공의 종반 즉 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가한 상태로 유지하고 나서 부하 제거하기 전까지의 단계에서 관 내에 액압을 부하하는 토션빔의 제조 방법.

**청구항 14**

제3항에 기재된 제조 방법으로 소관으로부터 제조된 토션빔으로서, 당해 토션빔의 서변부의 귀부에 있어서의 굽불 형상의 성형 범위의 최대 주응력의 최대값으로 정의되는 잔류 응력( $\sigma$ )이, 상기 소관의 항복 응력(YS)에 대하여 50% 이하로 억제된 토션빔.

**청구항 15**

제6항에 기재된 제조 방법으로 소관으로부터 제조된 토션빔으로서, 당해 토션빔의 서변부의 귀부에 있어서의 굽불 형상의 성형 범위의 최대 주응력의 최대값으로 정의되는 잔류 응력( $\sigma$ )이, 상기 소관의 항복 응력(YS)에 대하여 50% 이하로 억제된 토션빔.

**청구항 16**

제7항에 기재된 제조 방법으로 소관으로부터 제조된 토션빔으로서, 당해 토션빔의 서변부의 귀부에 있어서의 굽불 형상의 성형 범위의 최대 주응력의 최대값으로 정의되는 잔류 응력( $\sigma$ )이, 상기 소관의 항복 응력(YS)에 대하여 50% 이하로 억제된 토션빔.

**청구항 17**

제8항에 기재된 제조 방법으로 소관으로부터 제조된 토션빔으로서, 당해 토션빔의 서변부의 귀부에 있어서의 굽불 형상의 성형 범위의 최대 주응력의 최대값으로 정의되는 잔류 응력( $\sigma$ )이, 상기 소관의 항복 응력(YS)에 대하여 50% 이하로 억제된 토션빔.

**청구항 18**

제11항에 기재된 제조 방법으로 소관으로부터 제조된 토션빔으로서, 당해 토션빔의 서변부의 귀부에 있어서의 굽불 형상의 성형 범위의 최대 주응력의 최대값으로 정의되는 잔류 응력( $\sigma$ )이, 상기 소관의 항복 응력(YS)에 대하여 50% 이하로 억제된 토션빔.

**청구항 19**

제12항에 기재된 제조 방법으로 소관으로부터 제조된 토션빔으로서, 당해 토션빔의 서변부의 귀부에 있어서의 굽불 형상의 성형 범위의 최대 주응력의 최대값으로 정의되는 잔류 응력( $\sigma$ )이, 상기 소관의 항복 응력(YS)에 대하여 50% 이하로 억제된 토션빔.

**청구항 20**

제13항에 기재된 제조 방법으로 소관으로부터 제조된 토션빔으로서, 당해 토션빔의 서면부의 귀부에 있어서의 굽볼 형상의 성형 범위의 최대 주응력의 최대값으로 정의되는 잔류 응력( $\sigma$ )이, 상기 소관의 항복 응력(YS)에 대하여 50% 이하로 억제된 토션빔.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 토션빔(torsion beam)의 제조 방법 및 토션빔에 관한 것으로, 상세하게는, 원래 형태가 원관(circular tube)인 관체(tubular body)를 단면이 거의 대략 U자 형상 또는 대략 V자 형상으로 성형 가공하여 토션빔으로 하는, 토션빔의 제조 방법 및 당해 제조 방법으로 제조된 토션빔에 관한 것이다.

**배경기술**

- [0002] 토션빔의 제조 방법에 관한 배경 기술로서는, 특허문헌 1 및 2를 들 수 있다.
- [0003] 특허문헌 1에서는, 통상의 관 제조 방법(압연 강판(rolled steel plate)의 압연 방향(rolling direction)을 관축 방향(tube axis direction)으로 한 관 제조 방법)으로 제조한 관체의 일부를 지름 방향으로 압쇄(押潰; crushing)하여 토션빔으로 한 것은, 압쇄된 개소의 단면의 둘레 방향의 단부(端部)(이후, 토끼의 귀의 형상을 닮았기 때문에, 귀부(耳部)라고 칭함)의 내주 표면에 관축 방향(길이 방향)으로 연장된 주름(wrinkle)이 발생할 우려가 있고, 이 주름이 피로 균열 발생(fatigue crack initiation)의 기점(source)이 되어, 토션빔의 내구성(endurance)을 손상시킨다는 문제를 해결하기 위해, 지름 방향의 압쇄 가공에 제공하는 관체로서, 압연 강판의 압연 방향이 상기 관체의 축방향에 대하여 거의 직각이 되도록 제조한 관체를 이용하는 것 및/또는 관 제조의 전 또는 후에 관체 내주를 상기 관체의 축방향에 대하여 거의 직각이 되는 방향으로 연마하는 취지의 제안이 이루어지고 있다.
- [0004] 특허문헌 2에서는, 차량 부품(car parts)의 변형 강도(deformation strength) 및 피로 강도(fatigue strength)를 향상시키는 열처리 방법(heat treatment method)으로서, 강재(鋼材)를 소성 변형(plastic deformation)이 발생하지 않는 범위에서 비틀어(torsion), 그 상태에서 인장 응력(tensile stress)이 작용하고 있는 부위에 열처리를 가하고, 냉각 후에 비틀기를 해제(release)하는 취지의 제안이 이루어지고 있다. 이에 따라, 부여되는 압축 잔류 응력(compressive residual stress)의 방향을 사용시에 작용하는 응력의 방향으로 용이하게 맞출 수 있고, 그리고, 변형(strain)의 발생을 억제하여 치수 정밀도(dimensional accuracy)를 높일 수 있다고 하고 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0005] (특허문헌 0001) 일본공개특허공보 2005-289258호
- (특허문헌 0002) 일본공개특허공보 2002-275538호

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 상기 배경 기술은, 토션빔의 피로 균열 발생의 위험 부위(high risk part)인 귀부의 피로 강도를 향상시키는 수단으로서 유효하다고 생각된다. 상기 관체의 일부를 지름 방향으로 압쇄하여 단면을 거의 U자 형상(이후, 단면 대략 U자 형상이라고 칭함)으로 성형할 때에, 귀부는 주로 둘레 방향으로 절곡(bending)되는 가공을 받기 때문에, 귀부의 관 내면에는 둘레 방향으로 인장축의 잔류 응력이 발생하여, 이것이 피로 특성(fatigue characteristics)의 저하의 요인이 되고 있다. 특허문헌 1의 기술에서는, 피로 균열 발생의 기점이 되는 관 내 표면의 주름에 착안한 기술이지만, 주름이 발생하는 작은 곡률 반경(curvature radius)의 귀 형상으로 성형하지

않고, 조금 큰 곡률 반경의 귀부 형상으로 설계하면 주름 발생은 회피 가능하다. 귀부의 관 내면의 인장 잔류 응력의 저감 수단이, 피로 특성의 향상에 중요하다.

[0007] 그러나, 특허문헌 1의 기술에서는, 압연 강판의 압연 방향이 상기 관체의 축방향에 대하여 거의 직각으로 하는 것 및/또는 관체 내주를 상기 관체의 축방향에 대하여 거의 직각이 되는 방향에 관둘레 방향으로 연마하는 것이 필요하며, 통상의 경우에 비해, 조관 길이의 제약이 크고, 혹은 연마 공정의 부가 등이 있기 때문에, 생산성(productivity)이나 비용(cost)의 면에서 불리해진다는 과제가 있다. 또한, 특허문헌 2의 기술에서는, 통상의 경우에 비해, 비틀기, 열처리의 공정의 부가를 필요로 하기 때문에, 마찬가지로 생산성이나 비용의 면에서 불리해진다는 과제가 있다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 본 발명은, 상기 과제를 해결하여, 생산성이나 비용의 면에서의 불리함을 거의 초래하지 않고 토션빔의 피로 균열 발생의 위험 부위인 귀부의 피로 강도를 향상시킬 수 있는 수단을 제공하는 것으로, 그 요지는 이하와 같다.

[0009] (1) 관체를 성형 가공하여 토션빔으로 함에 있어서, 상기 관체의 일부를 지름 방향으로 압제하여 단면 대략 U자 형상 또는 단면을 거의 V자 형상(이후, 단면 대략 V자 형상이라고 칭함)으로 성형한 후, 상기 관체의 보텀 라인(bottom line)을 굽힘 내측(inner side of bending)으로 하는 굽힘에 의해, 귀부에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형(bending strain)을 부여하는 것을 특징으로 하는 토션빔의 제조 방법.

[0010] (2) 상기 (1)에 있어서, 상금형(upper die)의 수평부(이후, 상형 수평부라고 칭함)(horizontal portion)의 양단(兩端)에 상방으로 경사진 테이퍼부(이후, 상경(上傾) 테이퍼부라고 칭함(upward taper portion))가 이어지는 선저형 형상(ship-bottom-shape)의 승강 가능한 상금형과, 당해 상금형의 양단측에 승강 가능하게 배치한 상클램프(upper clamp)와, 하금형의 수평부(이후, 하형 수평부라고 칭함)의 양단에 하방으로 경사진 테이퍼부(이후, 하경(下傾) 테이퍼부라고 칭함(downward taper portion))가 이어지는 고정 하금형을 이용하여, 상기 상금형과 상기 하금형으로 상기 관체의 일부를 지름 방향으로 압제하여 단면 대략 U자 형상 또는 단면 대략 V자 형상으로 성형한 후, 양 관단부를 상기 상클램프와 상기 하금형의 하경 테이퍼부로 협압(clamping)하여 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘에 의해, 상기 압제된 부분과 비(非)압제 부분과의 경계 부분(서서히 변형된 부분, 이후, 서변부(徐變部)라고 칭함)의 귀부에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형을 부여하는 것을 특징으로 하는 토션빔의 제조 방법.

[0011] (3) 상기 (1) 또는, (2)에 있어서, 미리, 상기 관체의 관 길이 방향 중앙부를 단면 형상이 역삼각형(inverted triangle)의 형상(이후, 단면 대략  $\nabla$ 형상이라고 칭함)으로 성형함과 함께, 관단(管端)에 대하여 단면 대략 V자 형상 성형부의 보텀이 아래로 블록해지는 방향으로 휨 변형을 부여하는 예성형(preshaping)을 행한 후, 상형 수평부의 양단에 상경 테이퍼부가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형과, 당해 상금형의 양단측에 승강 가능하게 배치한 상클램프와, 하형 수평부의 양단에 하경 테이퍼부가 이어지는 고정의 하금형을 이용하여, 상기 상금형과 상기 하금형으로 상기 관체의 일부를 지름 방향으로 압제하여 단면 대략 U자 형상 또는 단면 대략 V자 형상으로 성형한 후, 양 관단부를 상기 상클램프와 상기 하금형의 하경 테이퍼부로 협압하여 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘에 의해, 서변부의 귀부에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형을 부여하는 것을 특징으로 하는 토션빔의 제조 방법.

[0012] (4) 상기 (1)에 있어서, 상형 수평부의 양단에 상경 테이퍼부가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형과, 당해 가동(可動) 상금형의 양단측에 승강 가능하게 배치한 상클램프와, 하형 수평부의 양단에 수직부가 이어지는 승강 가능한 하금형과, 당해 하금형의 양단측에 고정 배치한 하클램프를 이용하여, 상기 상금형과 상기 하금형으로 상기 관체의 일부를 지름 방향으로 압제하여 단면 대략 U자 형상 또는 단면 대략 V자 형상으로 성형함과 함께, 상기 상금형과 상기 하클램프로의 3점 굽힘에 의해 관 중앙부가 아래로 블록해지는 방향으로 휨 변형을 가한 후, 양 관단부를 상기 상클램프와 상기 하클램프로 협압함과 함께 상기 상하금형을 관 중앙부 협압 상태인 채로 상기 하클램프에 대하여 상승시켜 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘에 의해, 서변부의 귀부에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형을 부여하는 것을 특징으로 하는 토션빔의 제조 방법.

[0013] (5) 상기 (1)에 있어서, 상형 수평부의 양단에 상경 테이퍼부가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형과, 당해 상금형의 양단측에 승강 가능하게 배치한 상클램프와, 하형 수평부의 양단에 수직부가 이어지는 고정의 하금형과, 당해 하금형의 양단측에 배치한 휨 축진용의 회전 금형을 이용하여, 상기 상금형과 상기 하금형으로 상기 관체의 일부를 지름 방향으로 압제하여 단면 대략 U자 형상 또는 단면 대략 V자 형상으로 성형함과 함께, 상

기 상금형과 상향 회전 상태로 한 상기 휨 촉진용의 회전 금형으로의 3점 굽힘에 의해 관 중앙부가 아래로 볼록해지는 방향으로 휨 변형을 가한 후, 양 판단부를 상기 상클램프와 하향 회전 상태로 한 상기 휨 촉진용의 회전 금형으로 협압하여 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘에 의해, 서변부의 귀부에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형을 부여하는 것을 특징으로 하는 토션빔의 제조 방법.

[0014] (6) 상기 (1) 또는, (2)에 있어서, 상형 수평부의 양단에 상경 테이퍼부가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형과, 당해 상금형의 양단측에 승강 가능하게 배치한 상클램프와, 하형 수평부의 양단에 하경 테이퍼부가 이어지는 고정형 하금형과, 당해 하금형의 양단측에 배치한 끝이 가늘어지는 테이퍼 부착의 휨 촉진용의 진퇴 금형을 이용하여, 상기 상금형과 상기 하금형으로 상기 관체의 일부를 지름 방향으로 압제하여 단면 대략 U자 형상 또는 단면 대략 V자 형상으로 성형함과 함께, 상기 상금형과 전진시킨 상기 휨 촉진용의 진퇴 금형으로의 3점 굽힘에 의해 관 중앙부가 아래로 볼록해지는 방향으로 휨 변형을 가한 후, 상기 상금형을 개방하여 상기 휨 촉진용의 진퇴 금형을 후퇴시키고, 이어서, 관 중앙부를 상하금형으로 협압하면서 양 판단부를 상기 상클램프와 상기 하경 테이퍼부로 협압하여 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘에 의해, 서변부의 귀부에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형을 부여하는 것을 특징으로 하는 토션빔의 제조 방법.

[0015] (7) 상기 (1) 또는, (2)에 있어서, 상형 수평부의 양단에 상경 테이퍼부가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형과, 당해 상금형의 양단측에 당해 상금형과 연동 가능하게 그리고 당해 상금형에 대하여 진퇴 가능하게 배치한 상클램프와, 상형 수평부의 양단에 하경 테이퍼부가 이어지는 고정형 하금형을 이용하여, 상기 상클램프를 후퇴시킨 상태에서 상기 상금형과 상기 하금형으로 상기 관체의 일부를 지름 방향으로 압제하여 단면 대략 U자 형상 또는 단면 대략 V자 형상으로 성형하면서 관 중앙부가 아래로 볼록해지는 방향으로 휨 변형을 가한 후, 상기 상금형을 상승시키고 그리고 상기 상클램프를 전진시키고, 이어서, 상기 상금형을 하강시켜, 관 중앙부를 상기 상하금형으로 협압하면서 양 판단부를 상기 상클램프와 상기 하경 테이퍼부로 협압하여 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘에 의해, 서변부의 귀부에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형을 부여하는 것을 특징으로 하는 토션빔의 제조 방법.

[0016] (8) 상기 (1)~(7) 중 어느 하나에 있어서, 적어도 성형 가공의 종반(終盤) 즉 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가한 상태로 유지하고 나서 부하 제거하기 전까지의 단계에서 관 내에 액압(fluid pressure)을 부하하는 것을 특징으로 하는 토션빔의 제조 방법.

[0017] (9) 상기 (1)에 있어서, 관체를 성형 가공하여 곧은 부품 형상의 토션빔으로 함에 있어서, 상형 수평부의 양단에 상경 테이퍼부가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형과, 당해 상금형의 양단측에 승강 가능하게 배치한 상클램프와, 하형 수평부가 관 길이 이상의 길이 범위에 걸치는 고정형 하금형을 이용하여, 상기 상클램프를 상승시킨 상태에서 상기 상금형과 상기 하금형으로 상기 관체의 일부를 지름 방향으로 압제하여 단면 대략 U자 형상 또는 단면 대략 V자 형상으로 성형하면서 관 중앙부가 아래로 볼록해지는 방향으로 휨 변형을 가한 후, 양 판단부를 상기 상클램프와 상기 하금형으로 협압하여 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘에 의해, 서변부의 귀부에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형을 부여하는 공정에 있어서, 적어도 성형 가공의 종반 즉 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가한 상태로 보지하고 나서 부하 제거하기 전까지의 단계에서 관 내에 액압을 부하하는 것을 특징으로 하는 토션빔의 제조 방법.

[0018] (10) 상기 (1)~(9) 중 어느 하나에 기재된 제조 방법으로 소관(素管)으로부터 제조된 토션빔으로서, 당해 토션빔의 서변부의 귀부에 있어서의 귓불 형상(ear lobe shape)의 성형 범위의 최대 주응력의 최대값으로 정의되는 잔류 응력( $\sigma$ )이, 상기 소관의 항복 응력(YS)에 대하여 50% 이하로 억제된 것을 특징으로 하는 비틀기 피로 특성이 우수한 토션빔.

**발명의 효과**

[0019] 토션빔 성형시에 주로 둘레 방향의 절곡 가공을 받음으로써 발생한 귀부의 관두께 방향의 잔류 응력 분포(residual stress distribution)는, 다음 공정에서 보텀 라인을 복측(腹側)(굽힘 내측이라고도 칭함)으로 하는 굽힘 가공을 행함으로써, 귀부(2)의 내외표면 모두에 길이 방향으로 인장축의 변형이 작용하기 때문에 변화하여, 내표면의 인장 잔류 응력을 감소시킬 수 있다.

[0020] 본 발명에 의하면, 토션빔의 귀부(2)의 인장 잔류 응력을 저감시킴과 함께, 가공 경화(work hardening)시킬 수 있어, 피로 강도가 향상된다. 공정으로서는 통상의 압제의 공정 후에 경도(輕度)라고 할 수 있는 2~6%의 굽힘의 공정이 부가되는 것뿐이며, 조관 길이의 제약은 통상의 경우와 동일하고, 연마(grind), 비틀기(torsion), 열처리의 공정 부가도 없기 때문에, 생산성이나 비용의 면에서의 불리함은 무시할 수 있을 정도로 작다.



**도면의 간단한 설명**

[0021]

- 도 1은 본 발명 (1)에 의해 곧은 부품 형상의 토션빔을 제조하는 경우의 일 예를 나타내는 개략 측면도이다.
- 도 2는 본 발명 (1)에 의해 굽은 부품 형상의 토션빔을 제조하는 경우의 일 예를 나타내는 개략 측면도이다.
- 도 3은 도 1 또는 도 2의 A-A 단면도(A-A를 따른 도면)
- 도 4는 토션빔의 귀부(2)에 부여한 인장축의 굽힘 변형과 피로 시험에 따른 내구 수명의 관계를 조사한 결과의 일 예를 나타내는 그래프이다.
- 도 5는 본 발명 (1)에 있어서의 다른 하나의 실시 형태의 일 예를 나타내는 개략 측면도이다.
- 도 6은 본 발명 (2)의 실시 형태의 일 예를 나타내는 개략도이다.
- 도 7은 본 발명 (2)에 의해 귀부의 서변부(7)에 인장축의 굽힘 변형이 부여되는 모습을 나타내는 설명도이다.
- 도 8은 본 발명 (3)에 있어서의 예성형(제1 공정)의 실시 형태의 일 예를 나타내는 개략도이다.
- 도 9는 본 발명 (3)에 있어서의 예성형(제1 공정) 후의 성형(제2 공정)의 실시 형태의 일 예를 나타내는 개략도이다.
- 도 10은 본 발명 (4)의 실시 형태의 일 예를 나타내는 개략도이다.
- 도 11은 본 발명 (5)의 실시 형태의 일 예를 나타내는 개략도이다.
- 도 12는 본 발명 (6)의 실시 형태의 일 예를 나타내는 개략도이다.
- 도 13은 본 발명 (6)의 실시 형태의 일 예(도 12에서 이어짐)를 나타내는 개략도이다.
- 도 14는 본 발명 (7)의 실시 형태의 일 예를 나타내는 개략도이다.
- 도 15는 본 발명 (9)의 실시 형태의 일 예를 나타내는 개략도이다.
- 도 16은 본 발명 (9)의 실시 형태의 또 하나의 예를 나타내는 개략도이다.
- 도 17은 굽힘 교정(보텀 라인(3)을 굽힘 내측으로 하는 굽힘 가공) 방법 및 굽힘 변형과 잔류 응력의 측정 방법을 나타내는 설명도이다.
- 도 18은 잔류 응력 비율( $\gamma$ )과, 부하 제거 전의 형상으로부터 기하학적으로 산출한 인장축의 굽힘 변형( $\epsilon a$ ) 및 부하 제거 후의 잔류 소성 굽힘 변형( $\epsilon b$ )의 관계를 나타내는 곡선도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0022]

(발명을 실시하기 위한 형태)

[0023]

본 발명 (1)에 의해 곧은 부품 형상의 토션빔을 제조하는 경우, 예를 들면 도 1에 나타내는 바와 같이, 1공정째(도 1(a))에서 원래 형태가 원관인 관체(1)의 일부를 지름 방향으로 압궤하여 단면 대략 U자 형상(도 3)으로 성형한다. 이때 보텀 라인(3)을 배측(背側)(굽힘 외측)으로 하는 굽힘(굽힘 반경(R))도 동시에 행한다. 그리고 2공정째(도 1(b))에서, 보텀 라인(3)을 복측(굽힘 내측)으로 하는 굽힘(굽힘 반경(R))을 행하여, 곧은 부품 형상의 토션빔으로 한다. 1공정째의 굽힘은, 2공정째의 굽힘(곧은 부품 형상으로부터 곧은 부품 형상으로서의 굽힘 되돌림)으로 귀부(2)에 2~6%의 인장(TS)축의 굽힘 변형이 부여되도록 행한다. 한편, 보텀 라인(3)에는, 압축(CP)축의 굽힘 변형이 부여된다. 즉 토션빔의 부품 높이(h)에 대하여, 이 h와 1공정째의 굽힘 반경(R)로부터 다음 식 (1)로 정의되는 귀부의 인장(TS)축의 굽힘 변형( $\epsilon$ )이 2~6%가 되도록, 1공정째의 굽힘 반경(R)을 설정한다.

**수학식 1**

$$\epsilon = \frac{h}{2R+h} \times 100(\%) \quad \dots(1)$$

[0024]

[0025] 한편, 본 발명 (1)에 의해 굽은 부품 형상의 토션빔을 제조하는 경우, 예를 들면 도 2에 나타내는 바와 같이, 1 공정째(도 2(a))에서 원래 형태가 원관인 관체(1)의 일부를 지름 방향으로 압축하여 단면 대략 U자 형상(도 3)으로 성형한다. 이때 보텀 라인(3)은 굽히지 않고 곧은 채로 해 둔다. 그리고 2공정째(도 2(b))에서, 보텀 라인(3)을 복측(굽힘 내측)으로 하는 굽힘을 행하여, 굽은 부품 형상의 토션빔으로 한다. 2공정째의 굽힘은, 귀부(2)에 2~6%의 인장(TS)측의 굽힘 변형이 부여되도록 행한다. 한편, 보텀 라인(3)에는, 압축(CP)측의 굽힘 변형이 부여된다. 즉 토션빔의 부품 높이(h)에 대하여, 이 h와 2공정째의 굽힘 반경(R)으로부터 다음 식 (2)로 정의되는 귀부(2)의 인장(TS)측의 굽힘 변형(ε)이 2~6%가 되도록 2공정째의 굽힘 반경(R)을 설정한다.

**수학식 2**

$$\varepsilon = \frac{h}{2R-h} \times 100(\%) \quad \dots(2)$$

[0026]

[0027] 본 발명 (1)에서는, 귀부(2)에 부여하는 인장(TS)측의 굽힘 변형을 2~6%로 함으로써, 형상 불량 발생 없이 귀부(2)의 인장 잔류 응력을 유효하게 저감시키고, 그리고 가공 경화시켜, 피로 강도를 향상시킬 수 있다. 예를 들면 도 4는, 원래 형태가 인장 강도 780MPa, 외경(外徑) 101.6mm, 두께 3.4mm, 길이 1200mm의 원관인 관체에, 도 1에 나타난 1공정째(도 1(a))와, 2공정째(도 1(b))의 가공을 행하고, 그때, 귀부(2)의 인장(TS)측의 굽힘 변형의 수준을 바꾸어, 곧은 부품 형상의 토션빔을 제조하고, 당해 제조한 토션빔에 대해서, 소형차(compact car)에 실장(實裝)된 토션빔이 받는다고 추정되는 반복 응력 부하 상태를 모사한 피로 시험을 행하여, 내구 수명(endurance lifetime)(횟수)을 조사한 결과의 일 예를 나타내는 것이다. 도 4로부터, 굽힘 변형이 2~6%의 범위 내에서 내구 수명이 대폭으로 향상되는 것을 알 수 있다. 이에 대하여, 굽힘 변형이 2% 미만에서는 내구 수명의 향상 효과가 부족하고, 한편, 굽힘 변형이 6%를 초과하면 형상 불량(defective shape)이 발생하여 내구 수명이 크게 저하됨과 함께, 제조 불능이 된다.

[0028] 또한, 본 발명 (1)을 실시함에 있어서는, 2공정째의 굽힘 가공하는 영역(BW)은, 예를 들면, 경우에 따라서, 관 길이 방향 전체에 행하지 않아도, 도 5(a), 도 5(b)에 나타내는 바와 같은 피로 균열 발생의 위험 부위(FC)(예를 들면 케부와 비케부와의 경계부, 이후, 서변부(7A)라고 칭함)에만 행하도록 해도 좋다.

[0029] 상기 2공정째의 굽힘 가공하는 영역(BW)은, 상기 피로 균열 발생의 위험 부위(FC)에만 한하지 않고, 그 이외의 부위에도 필요에 따라서 부여되어도 상관없다. 당해 피로 균열 발생의 위험 부위 중에서도 가장 위험 부위(FC)는, 서변부(7A)의 귀부(7)이기 때문에, 본 발명 (1)에서는, 최종적으로 적어도 서변부(7A)의 귀부(7)에는, 길이 방향으로 2~6%의 인장(TS)측의 굽힘 변형이 부여되도록 성형 가공을 행하는 것이 바람직하다.

[0030] 최종적으로 서변부(7A)의 귀부(7)에 2~6%의 인장(TS)측의 굽힘 변형을 부여하기 위해, 금형을 이용한 것보다 구체적인 성형 가공에 의한 토션빔의 제조 방법이, 본 발명 (2)~(7)이다. 이들에 따르면, 소관으로부터 토션빔으로의 성형 중에 관체 내에 액압을 부하하지 않아도, 피로 위험 부위의 잔류 응력을 저감시키는 것이 가능하다.

[0031] 또한, 본 발명 (8)은, 본 발명 (1)~(7) 중 어느 하나에 있어서 성형 가공 중에 관체 내에 액압을 부하하는 것으로, 이에 따라, 잔류 응력의 저감에 더하여, 고(高)치수 정밀도(길이 방향의 휨이나 비틀기, 면의 변형이 적은) 토션빔 제품을 제공할 수 있다.

[0032] 또한, 본 발명 (9)는, 곧은 부품 형상으로 성형하는 경우에 적합한, 액압 부하 병용의 성형 방법을 제공할 수 있다.

[0033] 또한, 본 발명 (10)은, 본 발명 (1)~(9) 중 어느 하나의 제조 방법으로 제조된 제품에 있어서 서변부(7A)의 귀부(7)의 잔류 응력을 규제하여 비틀기 피로 특성이 우수한 토션빔을 제공하는 것이다.

[0034] 본 발명 (2)에 대해서 설명한다.

[0035] 본 발명 (2)에서는, 관체를 성형 가공하여 토션빔을 제조함에 있어서, 예를 들면 도 6(a-1) 및 도 6(a-2)(파이프 세트)에 나타내는 바와 같이, 상형 수평부(41)의 양단에 상경 테이퍼부(42)가 이어지는 선지형 형상의 승강 가능한 상금형(4)과, 상금형(4)의 양단측에 승강 가능하게 배치한 상클램프(6)와, 하형 수평부(51)의 양단에 하경 테이퍼부(52)가 이어지는 고정형 하금형(5)을 이용하여, 도 6(b-1) 및 도 6(b-2)(상금형 짜그러뜨림

(crushing))에 나타내는 바와 같이, 상금형(4)과 하금형(5)으로 관체(1)의 일부를 지름 방향으로 압제하여 단면 대략 V자 형상(단면 대략 U자 형상이라도 좋음)으로 성형한 후, 도 6(c)(양 관단 찌그러뜨림)에 나타내는 바와 같이, 양 관단부를 상클램프(6)와 하금형(5)의 하경 테이퍼부(52)로 협압하여 보텀 라인(3)을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘(굽힘 교정이라고도 함. 이하 동일)에 의해, 도 7에 나타내는 서변부(7A)의 귀부(7)에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장(TS)축의 굽힘 변형을 부여한다.

[0036] 또한, 도 7은, 본 발명에 의해 서변부(7A)의 귀부(7)에 인장(TS)축의 굽힘 변형이 부여되는 모습을 나타내는 설명도로, 도 6(b-1) 및 도 6(b-2) 상금형 찌그러뜨림의 단계가 도 7(a)에 대응하고, 도 6(c)의 양 관단 찌그러뜨림의 단계를 거친 도 6(d)의 파이프 취출(스프링백(spring back) 후)의 단계가 도 7(b)에 대응한다. 서변부(7A)의 귀부(7)는, 도 7(a)에서는 상휩굽힘 상태이며, 도 7(b)에서는 거의 플랫 상태이기 때문에, 최종적으로 보텀 라인(3)을 굽힘 내측으로 하는 굽힘에 의해, 인장축의 굽힘 변형이 부여되어 있다.

[0037] 단면 대략 V자 형상으로서의 성형(V자 프레스; 도 6(b-1) 및 도 6(b-2))의 성형 초기(귀부 형성 단계)에서 발생한 서변부(7A)의 귀부(7)의 두께 방향의 잔류 응력 분포는, 주로 둘레 방향의 절곡 가공을 받음으로써 발생하지만, 성형 중반(도 6(c))에서 보텀 라인(3)을 굽힘 내측으로 하는 굽힘 가공을 행함으로써, 서변부(7A)의 귀부(7)의 내외표면 모두에 길이 방향으로 인장(TS)축의 변형이 작용하기 때문에 변화하여, 서변부(7A)의 귀부(7)의 내표면의 인장 잔류 응력을 감소시킬 수 있다.

[0038] 본 발명 (3)에 대해서 설명한다.

[0039] 본 발명 (3)에서는, 관체를 성형 가공하여 토션빔을 제조함에 있어서, 예를 들면 도 8에 나타내는 바와 같이, 제1 공정으로서, 미리, 관체(1)의 관 길이 방향 중앙부를 단면 대략  $\nabla$ 형상으로 성형( $\nabla$ 형 예프레스)함과 함께, 관단에 대하여 V저(底)중앙부가 볼록해지는 방향으로 휩 변형을 부여하는 예성형을 행한다. 이 제1 공정은, 도 8(a)에 나타내는  $\nabla$ 형 예프레스용 상금형(8)과  $\nabla$ 형 예프레스용 하금형(9)을 이용하지만,  $\nabla$ 형 예프레스용 하금형(9)의 길이 방향 중앙의 V저부를 길이 방향 양단의 반원 저부보다도 성형 후 갭(gap;  $\delta$ )(>0)만 낮게 해 둠(도 8(c), (d))으로써, 1회의 프레스로  $\nabla$ 형 예프레스 및 휩 변형의 가공이 종료된다. 또한, 단면 대략  $\nabla$ 형상의 저부는 본 예의 대략 V형을 대신하여 대략 U형으로 해도 좋다.

[0040] 이어서, 예를 들면 도 9에 나타내는 바와 같이, 제2 공정으로서, 상형 수평부(41)의 양단에 상경 테이퍼부(42)가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형(4)과, 상금형(4)의 양단측에 승강 가능하게 배치한 상클램프(6)와, 하형 수평부(51)의 양단에 하경 테이퍼부(52)가 이어지는 고정 하금형(5)을 이용하여(도 9(a-1) 및 도 9(a-2)(파이프 세트)), 상금형(4)과 하금형(5)으로 관체(1)의 일부를 지름 방향으로 압제하여 단면 대략 V자 형상(단면 대략 U자 형상이라도 좋음)으로 성형한 후(도 9(b-1) 및 도 9(b-2)(상금형 찌그러뜨림)), 양 관단부를 상클램프(6)와 하금형(5)의 하경 테이퍼부(52)로 협압하여 보텀 라인(3)을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고(도 9(c)(양 관단 찌그러뜨림)), 당해 굽힘(굽힘 교정)에 의해, 도 7에 나타내는 서변부(7A)의 귀부(7)에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장(TS)축의 굽힘 변형을 부여한다.

[0041] 도 9(b-1) 및 도 9(b-2)의 상금형 찌그러뜨림의 단계가 도 7(a)에 대응하고, 도 9(c)의 양 관단 찌그러뜨림의 단계를 거친 도 9(d)의 파이프 취출(스프링백 후)의 단계가 도 7(b)에 대응한다. 서변부(7A)의 귀부(7)는, 도 7(a)에서는 상휩굽힘 상태이고, 도 7(b)에서는 거의 플랫 상태이기 때문에, 최종적으로 보텀 라인(3)을 굽힘 내측으로 하는 굽힘에 의해, 인장축의 굽힘 변형이 부여되어 있다.

[0042] 단면 대략 V자 형상으로서의 성형(V자 프레스; 도 9(b-1) 및 도 9(b-2))의 성형 초기(귀부 형성 단계)에서 발생한 서변부(7A)의 귀부(7)의 두께 방향의 잔류 응력 분포는, 주로 둘레 방향의 절곡 가공을 받음으로써 발생하지만, 성형 중반(도 9(c))에서 보텀 라인(3)을 굽힘 내측으로 하는 굽힘 가공을 행함으로써, 서변부(7A)의 귀부(7)의 내외표면 모두에 길이 방향으로 인장축의 변형이 작용하기 때문에 변화하여, 서변부(7A)의 귀부(7)의 내표면의 인장 잔류 응력을 감소시킬 수 있다. 본 발명 (3)에서는 프레스 공정이 2개이기 때문에, 프레스 공정이 1개인 경우에 비해, 동일한 토션빔을 제조하는(토털 가공량이 동일한) 경우, 사용 금형수는 늘어나지만, 각 공정의 프레스 하중은 낮아도 된다.

[0043] 본 발명 (4)에 대해서 설명한다.

[0044] 본 발명 (4)에서는, 관체를 성형 가공하여 토션빔을 제조함에 있어서, 예를 들면 도 10에 나타내는 바와 같이, 상형 수평부(41)의 양단에 상경 테이퍼부(42)가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형(4)과, 상금형(4)의 양단측에 승강 가능하게 배치한 상클램프(6)와, 하형 수평부(101)의 양단에 수직부(103)가 이어지는 승강 가능한 하금형(10)과, 하금형(10)의 양단측에 고정 배치한 하클램프(11)를 이용하여(도 10(a-1) 및 도 10(a-2)(파이프

프 세트)), 상금형(4)과 하금형(10)으로 관체(1)의 일부를 지름 방향으로 압쇄하여 단면 대략 V자 형상(단면 대략 U자 형상이라도 좋음)으로 성형함과 함께, 상금형(4)과 하클램프(11)로의 3점 굽힘에 의해 관 중앙부가 아래로 볼록해지는 방향으로 휨 변형을 가한(도 10(b-1) 및 도 10(b-2)(V자 프레스 성형(상금형 하강, 하금형 상승)) 후, 양 관단부를 상클램프(6)와 하클램프(11)로 협압함과 함께 상하금형(4, 10)을 관 중앙부 협압 상태인 채로 하클램프(11)에 대하여 상승시켜 보텀 라인(3)을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고(도 10(c)(상하금형 상승, 관단 클램프 하강)), 당해 굽힘(굽힘 교정)에 의해, 도 7에 나타내는 서변부(7A)의 귀부(7)에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장(TS)축의 굽힘 변형을 부여한다.

[0045] 도 10(b-1) 및 도 10(b-2)의 V자 프레스 성형 단계가 도 7(a)에, 도 10(c)(d)의 단계를 마친 파이프 취출(스프링백 후)의 단계가 도 7(b)에, 각각 대응한다. 서변부(7A)의 귀부(7)는, 도 7(a)에서는 상휨굽힘 상태이고, 도 7(b)에서는 거의 플랫 상태이기 때문에, 최종적으로 보텀 라인(3)을 굽힘 내측으로 하는 굽힘에 의해, 인장(TS)축의 굽힘 변형이 부여되어 있다.

[0046] V자 프레스 성형(도 10(b-1) 및 도 10(b-2))의 성형 초기(귀부 형성 단계)에서 발생한 서변부(7A)의 귀부(7)의 두께 방향의 잔류 응력 분포는, 주로 둘레 방향으로 절곡 가공을 받음으로써 발생하지만, 성형 중반(도 10(c) 및 (d))에서 보텀 라인(3)을 굽힘 내측으로 하는 굽힘 가공을 행함으로써, 서변부(7A)의 귀부(7)의 내외표면 모두에 길이 방향으로 인장(TS)축의 변형이 작용하기 때문에 변화하여, 내표면의 인장 잔류 응력을 감소시킬 수 있다. 본 발명 (4)에서는, 하금형(10)의 승강에 의해 관 길이 방향의 굽힘량을 조절할 수 있기 때문에, 고정 하금형(5)을 이용하는 경우에 비해, 서변부(7A)의 귀부(7)에 부여하는 인장축의 굽힘 변형량의 제어 범위를 넓게 취할 수 있다.

[0047] 본 발명 (5)에 대해서 설명한다.

[0048] 본 발명 (5)에서는, 관체를 성형 가공하여 토션빔을 제조함에 있어서, 예를 들면 도 11에 나타내는 바와 같이, 상형 수평부(41)의 양단에 상경 테이퍼부(42)가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형(4)과, 상금형(4)의 양단측에 승강 가능(상금형(4)과 연동 가능하고 그리고 상금형(4)과는 독립적으로 승강 가능)하게 배치한 상클램프(6)와, 하형 수평부(51)의 양단에 수직부(53)가 이어지는 고정의 하금형(5)과, 하금형(5)의 양단측에 배치한 휨 촉진용 회전 금형(12)을 이용하여, 관체(1)를 세트하고(도 11(a)(파이프 세트)), 상하금형(4, 5)으로 관체(1)의 일부를 지름 방향으로 압쇄하여 단면 대략 U자 형상 또는 단면 대략 V자 형상으로 성형함과 함께, 상금형(4)과 상향 회전 상태로 한 휨 촉진용의 회전 금형(12)으로의 3점 굽힘에 의해 관 중앙부가 아래로 볼록해지는 방향으로 휨 변형을 가하고(도 11(b)(상금형 찌그러뜨림+휨 촉진 금형 회전)), 그 후, 양 관단부를 상클램프(6)와 하향 회전 상태로 한 휨 촉진용의 회전 금형(12)으로 협압하여 보텀 라인(3)을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘(굽힘 교정)에 의해, 서변부(7A)의 귀부(7)에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장축의 굽힘 변형을 부여한다(도 11(c)(양 관단 찌그러뜨림+휨 상태 촉진 금형 회전)). 이 예에서는, 부하 제거하여 스프링백한 후는 곧은 부품 형상이 얻어지도록 성형한다(도 11(d)(상금형, 양 관단 클램프 해방 후, 파이프 취출)). 또한, 도 11(a)에 있어서, 4A는 상금형 승강 구동 수단(유압 실린더 등), 6A는 상클램프 승강 구동 수단(유압 실린더 등)이다(후에 제시하는 도면에서도 동일함). 본 발명 (5)에 의하면, 휨 촉진용 회전 금형의 회전 각도 조절에 의해 상휨량을 용이하게 제어할 수 있기 때문에, 관 사이즈, 관 재질에 관계없이 안정된 인라인 굽힘 교정이 가능하다. 또한, 본 발명에서 말하는 인라인 굽힘 교정이란, 토션빔 성형 공정에 있어서, 굽힘 가공에 의한 교정을 포함한 가공을 행하는 것을 말한다. 본 발명 (5)의 인라인 굽힘 교정법은, 토션빔 성형 후의 다른 설비에 의한 후처리 공정이 불필요해져, 제조 비용을 저감할 수 있기 때문에 유리하다.

[0049] 본 발명 (6)에 대해서 설명한다.

[0050] 본 발명 (6)에서는, 관체를 성형 가공하여 토션빔을 제조함에 있어서, 예를 들면 도 12(a)에 나타내는 바와 같이, 상형 수평부(41)의 양단에 상경 테이퍼부 (42)가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형(4)과, 상금형의 양단측에 승강 가능하게(상금형(4)과 연동 가능하고 그리고 상금형(4)과는 독립적으로 승강 가능) 배치한 상클램프(6)와, 하형 수평부(51)의 양단에 하경 테이퍼부(52)가 이어지는 고정의 하금형(5)과, 하금형(5)의 양단측에 배치한 끝이 가늘어지는 테이퍼 부착의 휨 촉진용의 진퇴 금형(13)을 이용한다.

[0051] 그리고, 도 12(a)(휨 촉진 금형 진진)에 나타내는 바와 같이, 우선 휨 촉진용의 진퇴 금형(13)을 하경 테이퍼부(52)와 겹치는 위치로 전진시켜, 관체(1)를 세트한다(도 12(b)(파이프 세트)). 계속해서 상금형(4)과 하금형(5)으로 관체(1)의 일부를 지름 방향으로 압쇄하여 단면 대략 U자 형상 또는 단면 대략 V자 형상으로 성형함과 함께, 상금형(4)과 상향 전진시킨 휨 촉진용의 진퇴 금형(13)으로의 3점 굽힘에 의해 관 중앙부가 아래로 볼록해지는 방향으로 휨 변형을 가한다(도 12(c)(상금형 찌그러뜨림)). 그 후, 상금형(4)을 개방하여(도 13(a)),

휨 축진용 진퇴 금형(13)을 후퇴시키고(도 13(b)), 이어서, 관 중앙부를 상하금형(4, 5)으로 협압하면서 양 관단부를 상클램프(6)와 하경 테이퍼부(52)로 협압하여 보텀 라인(3)을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘(굽힘 교정)에 의해, 서변부(7A)의 귀부(7)에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장(TS)축의 굽힘 변형을 부여한다(도 13(c)(양 관단 찌그러뜨림)). 이 예에서는, 부하 제거하고 스프링백한 후에는 곧은 부품 형상이 얻어지도록 성형한다(도 13(d)(상금형, 양 관단 클램프 해방 후, 파이프 취출)). 본 발명 (6)에 의하면, 휨 축진용 진퇴 금형(13)의 테이퍼 각도 조절에 의해 상휨량을 용이하게 제어할 수 있기 때문에, 관 사이즈, 관 재질에 관계없이 안정된 인라인 굽힘 교정이 가능하다. 본 발명 (6)의 인라인 굽힘 교정법은, 토션빔 성형 후의 다른 설비에 의한 후처리 공정이 불필요해져, 제조 비용을 저감할 수 있기 때문에 유리하다.

[0052] 본 발명 (7)에 대해서 설명한다.

[0053] 본 발명 (7)에서는, 관체를 성형 가공하여 토션빔을 제조함에 있어서, 예를 들면 도 14에 나타내는 바와 같이, 상형 수평부(41)의 양단에 상경 테이퍼부(42)가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형(4)과, 상금형(4)의 양단측에 상금형(4)과 연동 가능하고 그리고 상금형(4)에 대하여 진퇴 가능하게 배치한 상클램프(14)와, 하형 수평부(51)의 양단에 하경 테이퍼부(52)가 이어지는 고정 하금형(5)을 이용한다. 또한, 14A는 상클램프 진퇴 구동 수단(유압 실린더 등)이다.

[0054] 그리고, 상클램프(14)를 후퇴시킨 상태에서 관체(1)를 세트하고(도 14(a)(파이프 세트)), 상금형(4)과 하금형(5)으로 관체(1)의 일부를 지름 방향으로 압제하여 단면 대략 U자 형상 또는 단면 대략 V자 형상으로 성형하면서 관 중앙부가 아래로 볼록해지는 방향으로 휨 변형을 가하고(도 14(b)(상금형 찌그러뜨림)), 그 후, 상금형(4)을 상승시키고 그리고 상클램프(14)를 전진시키고(도 14(c)), 이어서, 상금형(4)을 하강시켜, 관 중앙부를 상하금형(4 및 5)으로 협압하면서 양 관단부를 상클램프(14)와 하경 테이퍼부(52)로 협압하여 보텀 라인(3)을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘(굽힘 교정)에 의해, 서변부(7A)의 귀부(7)에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장(TS)축의 굽힘 변형을 부여한다(도 14(d)(2회째 찌그러뜨림(양 관단))). 이 예에서는, 최종적으로 부하 제거하고 스프링백한 후에는 곧은 부품 형상이 얻어지도록 성형했다(도 14(e)). 본 발명 (7)에 의하면, 상클램프는, 상하 방향의 압하·개방의 구동을 상금형 승강 구동 수단으로 겸입하며, 그 진퇴 구동시는 관단부로부터 반력(反力)을 받지 않기 때문에, 상클램프 진퇴 구동 수단(14A)의 파워(용량)를 상기 상클램프 승강 구동 수단(6A)(승강 구동시는 관단부로부터 반력을 받음)의 그것보다도 작은 것으로 할 수 있어, 설비 비용을 저감하는 것이 가능하다.

[0055] 본 발명 (8)에 대해서 설명한다.

[0056] 본 발명 (8)에서는, 상기 (1)~(7) 중 어느 한 항에 있어서, 적어도 성형 가공의 종반 즉 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘(굽힘 교정)을 가한 상태로 보지하고 나서 부하 제거하기 전까지의 단계에서 관 내에 액압을 부하한다. 여기에서, 관 내에 액압을 부하하는 단계는, 성형 가공의 종반만이라도 좋고, 추가로 종반에 종반 이외의 단계를 더해도 좋으며, 예를 들면 성형 가공의 개시 전부터 굽힘 교정 후의 부하 제거 전까지의 단계(성형 가공의 전(全) 단계)에서 액압을 부하해도 좋다.

[0057] 이에 따라, 잔류 응력의 저감에 더하여, 고치수 정밀도(길이 방향의 휨이나 비틀기, 면의 변형이 적은) 토션빔 제품을 제공할 수 있다. 또한, 이에 따르면, 부하 제거 후의 스프링백을 작게 억제할 수 있기 때문에, 금형 형상(die design)을 설계함에 있어서는, 최종 제품 목표 형상에 스프링백에 의한 오차분을 가미할 필요가 없어, 금형 설계가 용이해진다.

[0058] 또한, 관 내에 액압을 부하하기 위한 액압 부하 수단은, 후술의 본 발명 (9)의 실시 형태(도 15, 도 16 참조)에 나타나는 바와 같이, 증압기(pressure booster)(20), 급수 밸브(feedwater valve)(21), 시일용 구금(口金)(seal cap)(22, 23), 에어 배기 밸브(air release valve)(24) 등을 이용하여 구성할 수 있다.

[0059] 본 발명 (9)에 대해서 설명한다.

[0060] 본 발명 (9)에서는, 예를 들면 도 15에 나타내는 바와 같이, 관체(1)를 성형 가공하여 곧은 부품 형상의 토션빔(도 15(e)(시일, 상금형, 클램프 해방 후, 파이프 취출))으로 함에 있어서, 상형 수평부(41)의 양단에 상경 테이퍼부(42)가 이어지는 선저형 형상의 승강 가능한 상금형(4)과, 상금형(4)의 양단측에 승강 가능하게 배치한 상클램프(6)와, 하형 수평부(51)가 관 길이 이상의 길이 범위에 걸치는 고정 하금형(5)을 이용한다.

[0061] 그리고, 관체(1)를 세트하고(도 15(a)), 상클램프(6)를 상승시킨 상태에서 상금형(4)과 하금형(5)으로 관체(1)의 일부를 지름 방향으로 압제하여 단면 대략 U자 형상 또는 단면 대략 V자 형상으로 성형하면서 관 중앙부가 아래로 볼록해지는 방향으로 휨 변형을 가하고(도 15(b)(상금형 찌그러뜨림)), 그 후, 양 관단부를 상클램프

(6)와 하금형(5)으로 협압하여 보텀 라인(3)을 굽힘 내측으로 하는 굽힘을 가하고, 당해 굽힘(굽힘 교정)에 의해, 서변부(7A)의 귀부(7)에, 관 길이 방향으로 2~6%의 인장(TS)측의 굽힘 변형을 부여하는(도 15(c)(양 관단 찌그러뜨림)) 공정에 있어서, 적어도 성형 가공의 종반 즉 보텀 라인(3)을 굽힘 내측으로 하는 굽힘(굽힘 교정)을 가한 상태로 보지하고 나서 부하 제거하기 전까지의 단계(도 15(d)(양 관단 시일 후, 관 내 액압 부하(FP))에서 관 내에 액압을 부하한다.

[0062] 액압 부하(FP) 수단은, 예를 들면 도 15와 같이, 양 관단의 개구를 시일하는 시일용 구금(22, 23) 중 한쪽의 구금(22)에 급수 밸브(21)를 통하여 증압기(20)로 액체를 송급 가능하게 하고, 그리고, 다른 한쪽의 구금(23)으로부터 에어 배기 밸브(24)를 통하여 에어 배기 가능하게 한 형태로 구성할 수 있다. 액압을 부하할 때에는, 구금(22, 23)을 각각 양 관단 개구 중 한쪽과 다른 한쪽에 장착하고 이들을 시일하여, 급수 밸브(21)를 열어 증압기(20)로 가압한 액체(예를 들면 물)를 송급(액압 부하)함과 함께, 에어 배기 밸브(24)를 개폐(혹은 적당한 개도(開度)로 설정)하여 에어 배기를 행한다(도 15(d)).

[0063] 도 15의 예에서는, 성형 가공의 종반에만 액압을 부하하는 경우를 나타냈지만, 추가로 종반에 종반 이외의 단계를 더하여 액압 부하를 행해도 좋다.

[0064] 예를 들면, 본 발명 (9)의 다른 하나의 실시 형태로서 도 16에 나타내는 바와 같이, 성형 가공의 개시 전부터 굽힘 교정 후의 부하 제거 전까지의 단계(성형 가공의 전 단계)에서 액압을 부하하도록 해도 좋다. 도 16의 예에서는 도 15와 동일한 성형 가공 장치 및 액압 부하 수단을 이용하지만, 성형 개시 전에 액압 부하 수단을 관체(1)에 부착해 두고(도 16(a)(파이프 세트+양 관단 시일)), 액압을 부하한 채로 성형 가공을 행하여(도 16(b)(관 내 액압 부하 상태에서 상금형 찌그러뜨림), 도 16(c)(관 내 액압 부하 상태에서 양 관단 찌그러뜨림)), 부하 제거 전까지 액압을 부하하고 있다.

[0065] 본 발명 (9)에 의하면, 잔류 응력의 저감에 더하여, 고치수 정밀도(길이 방향의 휨이나 비틀기, 면의 변형이 적은) 토션빔 제품을 제공할 수 있다. 또한, 이에 따르면, 부하 제거 후의 스프링백을 작게 억제할 수 있기 때문에, 금형 형상을 설계함에 있어서는, 최종 제품의 목표 형상에 스프링백에 의한 오차분을 가미할 필요가 없어, 금형 설계가 용이해진다. 또한, 곧은 부품 형상을 얻기 위해, 직선 형상의 하형 보텀 라인을 갖는 간단한 형상의 하금형을 사용하기 때문에, 하형 수평부(51)의 양단측에 하경 테이퍼부(52)를 설치한 비교적 복잡한 형상의 하금형을 이용하는 경우에 비해, 하금형 제작 비용을 저감할 수 있다.

[0066] 본 발명 (10)에 대해서 설명한다.

[0067] 본 발명 (10)은, 본 발명 (1)~(9) 중 어느 하나에 의해 소관으로부터 제조된 토션빔으로서, 당해 토션빔의 서변부 귀부에 있어서의 컷불 형상 성형 범위의 최대 주응력의 최대값( $\sigma_{max}$ )으로 정의되는 잔류 응력( $\sigma$ )이, 상기 소관의 항복 강도(YS)에 대하여 50% 이하로 억제된 것이다.

[0068] 한편, 종래의 토션빔은,  $\sigma$ 가 YS의 50%를 상회한다. 따라서, 본 발명에 의하면, 종래보다도 비틀기 피로가 일어나기 어려운 부품을 제공할 수 있다.

[0069] 서변부의 귀부(7)에 있어서의 컷불 형상의 성형 범위의 최대 주응력의 최대값( $\sigma_{max}$ )은, 변형 게이지 절출법(strain gauge cutout method) 또는 X선법(X ray method) 등으로 계측 가능하다. 소관의 항복 강도(YS)는 JIS12A호, JIS11호 등의 인장 시험으로 구할 수 있다. 본 발명 (10)에서는,  $\sigma$ , YS로부터 다음 식 (3)으로 정의되는 잔류 응력 비율( $\gamma$ )이,  $\gamma \leq 50\%$ 로 되어 있다.

**수학식 3**

$$\text{잔류 응력 비율 } \gamma = \frac{\sigma}{YS} \times 100(\%) \quad \dots(3)$$

[0070]

[0071] 한편, 귀부(2)(특히 서변부의 귀부(7))에 부여하는 인장측의 굽힘 변형( $\epsilon_a$ )( $\epsilon a$ 라고 기재함)은, 도 1 및, 도 2에 나타낸 바와 같이, 부하 제거 전의 형상으로부터 기하학적으로 산출된다. 이 굽힘 변형( $\epsilon a$ )을, 부하 제거 후의 잔류 소성 굽힘 변형( $\epsilon_b$ )으로 표시했을 경우,  $\epsilon_b$ 와  $\epsilon a$ 의 관계는 관 사이즈, 재료 강도에 따라 다소 바뀌기는 하지만, 후에 게시하는 도 18에 나타내는 바와 같이,  $\epsilon a$ 를 2% 이상으로 함으로써,  $\epsilon a$ 가 약 0.2% 이상이 되어,  $\gamma \leq 50\%$ 가 얻어진다. 부하 제거 후의 귀부 관 외면의 잔류 소성 굽힘 변형( $\epsilon_b$ )은, 변형 게이지법

(strain gauge method) 등으로 측정이 가능하며, 최대 주변형( $\epsilon_{max}$ )으로서 측정된다.

[0072] 도 17은, 오프 라인(off line) 굽힘 교정 방법 및 굽힘 변형과 잔류 응력의 측정 방법의 일 예를 나타내는 것이다. 이 예는, 굽은 부품 형상을 얻는 도 5(b)의 2공정제에 있어서 측정하는 경우에 대응하며, 대상재(對象材)는 690MPa급, 소관 사이즈는  $\Phi 89.1\text{mm} \times t 2.6\text{mm} \times L 1300\text{mm}$ 이다. 관체(1)의 서변부의 귀부(7)에 변형 게이지(30)를 붙이고, 중앙 금형과 양단측의 압부 금형(pressing die)을 갖는 굽힘 교정 장치에 관체(1)를 세트하여(도 17(a)(파이프 세트)), 양 관단부를 압부 금형으로 압하한다(압하량=굽힘 교정량; 도 17(b)(굽힘 교정)). 부하 제거 후, 변형 게이지(30)의 출력으로부터  $\epsilon_{max}(=\epsilon_b)$ 를 측정하고(도 17(c)), 추가로, 절출법으로 잔류 응력(최대 주응력)  $\sigma_{max}(=\sigma)$ 를 측정(도 17(d)(잔류 응력 측정))하여, 이것과 별도로 구한 YS로부터, 상기 잔류 응력 비율의 식으로  $\gamma$ 를 산출한다.

[0073] 이러한 측정 방법으로, 굽힘 교정량을 변화시켜 구한 잔류 응력 비율( $\gamma$ )과, 잔류 소성 굽힘 변형(residual plastic bending strain)( $\epsilon_b$ ) 및 부하 제거 전 형상으로부터 기하학적으로 산출한 인장측의 굽힘 변형( $\epsilon_a$ )의 관계를 도 18에 나타낸다. 또한, 도 18에 있어서,  $1 \mu\text{strain} = 10^{-6} = 10^{-4}\%$ 이다.

[0074] 도 18에 나타내는 바와 같이,  $\epsilon_a$ 가 2% 이상( $\epsilon_b$ 에서는 약 0.2% 이상)으로,  $\gamma \leq 50\%$ 가 여유를 갖고 얻어지는 것을 알 수 있다. 또한,  $\epsilon_a$ 가 약 4% 이상( $\epsilon_b$ 에서는 약 0.4% 이상)에서는,  $\gamma$ 가 부(負)의 값이며, 즉  $\sigma_{max}$ 가 인장측으로부터 압축측으로 변경되어 있어, 비틀기 피로 특성면에서 더욱 유리한(변형 경감 소둔재의 부품 성능을 초과하는) 특성을 부여할 수 있었던 것을 알 수 있다.

[0075] [실시에 1]

[0076] 실시예 1로서, 표 1에 나타내는 소관(원래 형태는 원관임)의 관체를, 도 1 또는 도 2에 나타낸 실시 형태에 있어서 표 2에 나타내는 바와 같이 상위시킨 가공 조건하에서, 성형 가공하여 토선빔을 제조하고, 당해 제조한 토선빔에 대해서, 상기와 동일한 피로 시험(fatigue test)을 행하여 내구 수명(횟수)을 조사했다. 그 결과를 표 2에 나타낸다. 표 2로부터, 본 발명예에서는, 비교예에 비해 현격히 높은 내구 수명을 나타내며, 형상 불량도 일으키지 않은 것을 알 수 있다.

[0077] [실시에 2]

[0078] 실시예 2로서, 표 1에 나타내는 소관(원래 형태는 원관임)의 관체를, 전술의 본 발명 (2)~(9) 중 어느 하나의 실시 형태에 있어서 표 3에 나타내는 바와 같이 상위시킨 가공 조건하에서, 성형 가공하여 토선빔을 제조하고, 당해 제조한 토선빔에 대해서, 상기와 동일한 피로 시험을 행하여 내구 수명(횟수)을 조사했다. 그 결과를 표 3-1~표 3-4에 나타낸다.

[0079] 표 3-1~표 3-4로부터, 본 발명예에서는, 비교예에 비해 현격히 높은 내구 수명을 나타내며, 형상 불량도 일으키지 않은 것을 알 수 있다. 또한, 상기  $\gamma$ 를 전술의 측정 방법에 의해 구한 결과를 표 3-1~표 3-4에 병기한다. 본 발명예에서는  $\gamma$ 가 0% 이하로 억제되어 있다.

표 1

소관 (素管)	인장 강도(MP a)	외경(mm)	두께(mm)	길이(mm)
A	690	89.1	2.6	1100
B	780	101.6	3.4	1200

[0080]

표 2

N o.	소관	토션빔 타입	인장축의 굽힘 변형 $\epsilon$ (%)	내구 수명(횟수)	비고
1	A	곧은 부품	5.8	1 2 0 6 9 1	본 발명에
2	A	곧은 부품	0	2 5 6 8 5	비교예
3	A	곧은 부품	8.2	형상 불량이기 때문에 NG	비교예
4	B	굽은 부품	2.5	9 8 6 2 6	본 발명에
5	B	굽은 부품	0	1 8 6 9 8	비교예

[0081]

【표 3-1】

N o.	소 관	실시 형태	역압	토션빔 타입	$\epsilon a$ (%)	$\epsilon b$ (%)	내구 수명 (횟수)	$\gamma$ (%)	비 고
1	A	(2)	—	곧은 부품	4.0	0.36	110684	12	본 발 명 에
2	A	(2*)	—	곧은 부품	0.8	0.03	26053	63	비 교 예
3	A	(2*)	—	곧은 부품	0	0	25703	75	비 교 예
4	A	(3)	—	곧은 부품	5.7	0.59	121369	-28	본 발 명 에
5	A	(3*)	—	곧은 부품	1.1	0.05	26221	58	비 교 예
6	A	(4)	—	곧은 부품	5.1	0.52	122358	-20	본 발 명 에
7	A	(4*)	—	곧은 부품	1.7	0.13	28846	54	비 교 예
8	A	(4*)	—	곧은 부품	8.9	— 형상 불량이기 때문에 NG —			비 교 예
9	B	(4)	—	굽은 부품	2.3	0.22	64123	46	본 발 명 에

[0082]



【표 3-2】

N o.	소 관	실시 형태	액압	투션빙 단입	$\epsilon^a$ (%)	$\epsilon^b$ (%)	내구 수명 (횟수)	$\gamma$ (%)	비 고
10	B	(4*)	—	핀 부품	0	0	19356	71	비 교 예
11	A	(5)	—	핀 부품	6.0	0.62	123250	-30	핀 부 품 예
12	A	(5*)	—	핀 부품	1.0	0.04	26982	61	비 교 예
13	A	(5*)	—	핀 부품	9.9	— 형상 불량이기 때문에 NG —			비 교 예
14	B	(5)	—	핀 부품	4.8	0.43	112698	11	핀 부 품 예
15	B	(5*)	—	핀 부품	9.5	— 형상 불량이기 때문에 NG —			비 교 예
16	A	(6)	—	핀 부품	5.6	0.55	119555	-23	핀 부 품 예
17	A	(6*)	—	핀 부품	1.5	0.09	26863	57	비 교 예

[0083]

【표 3-3】

N o.	소 관	실시 형태	액압	투선빔 타입	$\epsilon^a$ (%)	$\epsilon^b$ (%)	내구 수명 (횟수)	$\gamma$ (%)	비 고
18	A	(7)	—	빔 부품	3.5	0.32	89069	36	비 발 명 예
19	A	(7*)	—	빔 부품	1.3	0.08	25863	59	비 발 명 예
20	B	(8)	(2)1	빔 부품	4.0	0.37	111021	13	비 발 명 예
21	B	(8)	(3)1	빔 부품	5.7	0.69	125217	-27	비 발 명 예
22	A	(8)	(4)1	빔 부품	5.1	0.52	122368	-21	비 발 명 예
23	B	(8)	(5)1	빔 부품	6.0	0.62	125784	-31	비 발 명 예
24	B	(8)	(5)2	빔 부품	4.8	0.42	111098	10	비 발 명 예
25	B	(8)	(6)1	빔 부품	5.6	0.55	118973	-22	비 발 명 예

[0084]

【표 3-4】

N o.	소 관	실시 형태	액압	투선빔 타입	$\epsilon^a$ (%)	$\epsilon^b$ (%)	내구 수명 (횟수)	$\gamma$ (%)	비 고
26	B	(8)	(7)1	빔 부품	2.1	0.21	50788	49	비 발 명 예
27	A	(9)	1	빔 부품	4.5	0.42	100326	28	비 발 명 예
28	A	(9)	2	빔 부품	4.4	0.41	90463	29	비 발 명 예

[0085]

[0086]

[주석]

[0087]

$\epsilon^a$ : 부하 제거 전의 형상으로부터 기하학적으로 산출한 인장축의 굽힘 변형(%),  $\epsilon^b$ : 부하 제거 후의 잔류 소성 굽힘 변형(%),

[0088]

$\gamma$ : 잔류 응력 비율 =  $\sigma / YS \times 100(\%)$ ,

[0089]

실시 형태란 ⇒ (N): 본 발명 (N)에 의해 변형, (N\*): 본 발명 (N)에 있어서  $\epsilon^a$ 가 본 발명 범위 외가 되도록

성형

[0090] 액압란 ⇒ - : 액압 부하 없음, (N): 본 발명 (N)에 있어서 액압 부하를 병용, 1: 보텀 라인을 굽힘 내측으로 하는 굽힘(굽힘 교정)을 가한 상태로 유지하고 나서 부하 제거하기 전까지의 단계에서 관 내에 액압을 부하, 2: 성형 가공 개시 전부터 굽힘 교정 후 부하 제거 전까지의 단계(성형 가공의 전 단계)에서 관 내에 액압을 부하

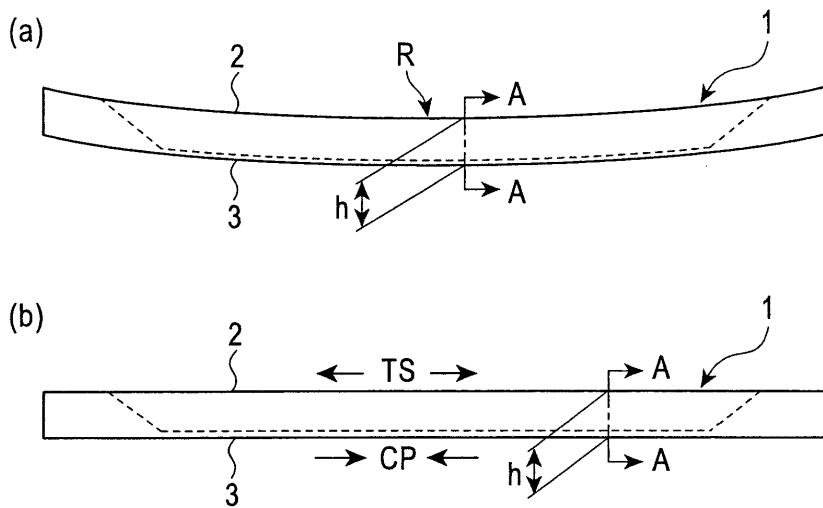
**부호의 설명**

[0091] 1 : 관체  
 2 : 귀부  
 3 : 보텀 라인  
 4 : 상금형(승강 가능)  
 4A : 상금형 승강 구동 수단(유압 실린더 등)  
 5 : 하금형(고정)  
 6 : 상클램프(승강 가능; 판단 클램프용)  
 6A : 상클램프 승강 구동 수단(유압 실린더 등)  
 7A : 서변부  
 7 : 서변부의 귀부  
 8 : ▽형 예프레소용 상금형  
 9 : ▽형 예프레소용 하금형  
 10 : 하금형(승강 가능)  
 11 : 하클램프(고정, 판단 클램프용)  
 12 : 휠 축진용의 회전 금형  
 13 : 휠 축진용의 진퇴 금형  
 14 : 상클램프(상금형과 연동, 진퇴 가능; 판단 클램프용)  
 14A : 상클램프 진퇴 구동 수단(유압 실린더 등)  
 20, 60 : 증압기  
 21, 61 : 급수 밸브  
 22, 23, 62 : 구금(시일용 구금)  
 24, 63 : 에어 배기 밸브  
 30 : 변형 게이지  
 41 : 상형 수평부  
 42 : 상경 테이퍼부  
 51, 101 : 하형 수평부(하형 보텀 라인 수평부)  
 52 : 하경 테이퍼부  
 53, 103 : 수직부  
 γ : 잔류 응력 비율  
 ε a : 부하 제거 전 형상으로부터 기하학적으로 산출한 인장측의 굽힘 변형  
 ε b : 부하 제거 후의 잔류 소성 굽힘 변형

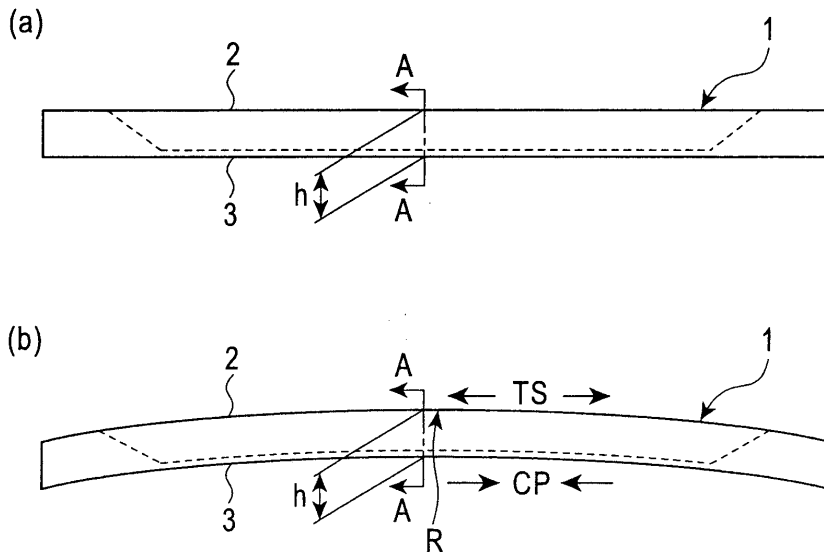
- FC : 피로 균열 발생의 위험 부위
- BW : 굽힘 가공 영역
- TS : 인장
- CP : 압축
- R : 굽힘 반경
- h : 토션빔의 부품 높이
- RD : 압하, 하강
- RT : 회전
- FW : 전진
- BW : 후퇴
- UW : 상승

**도면**

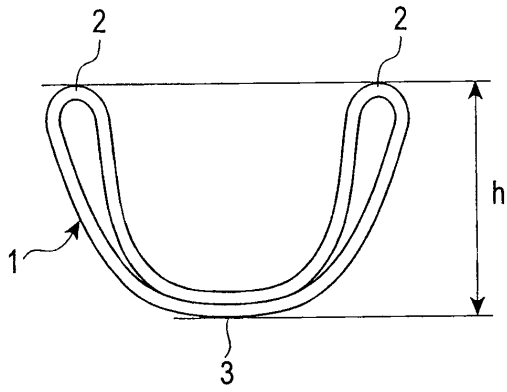
**도면1**



도면2

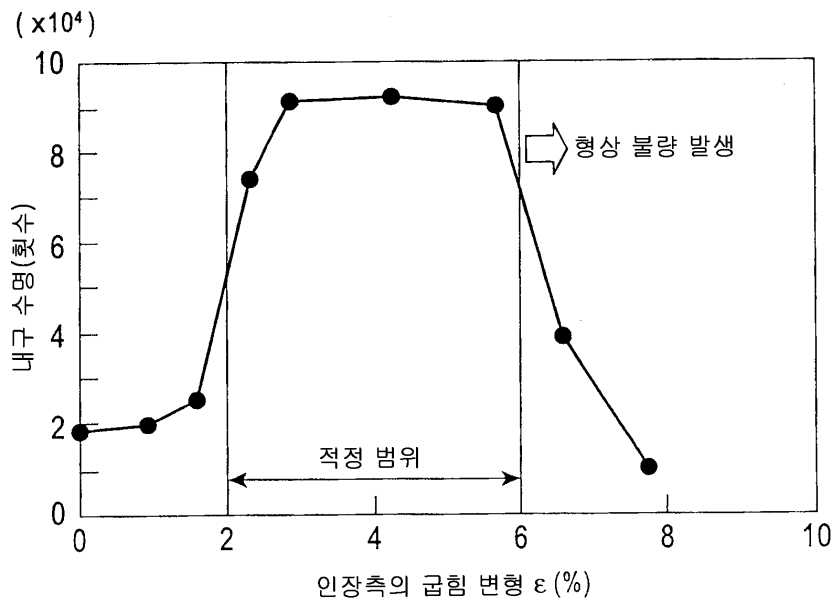


도면3

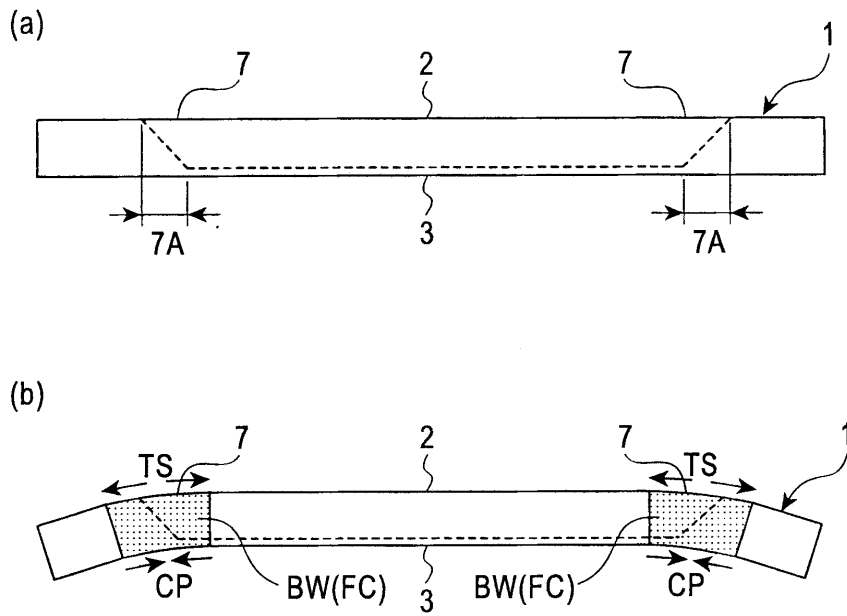


(A-A를 따른 도면)

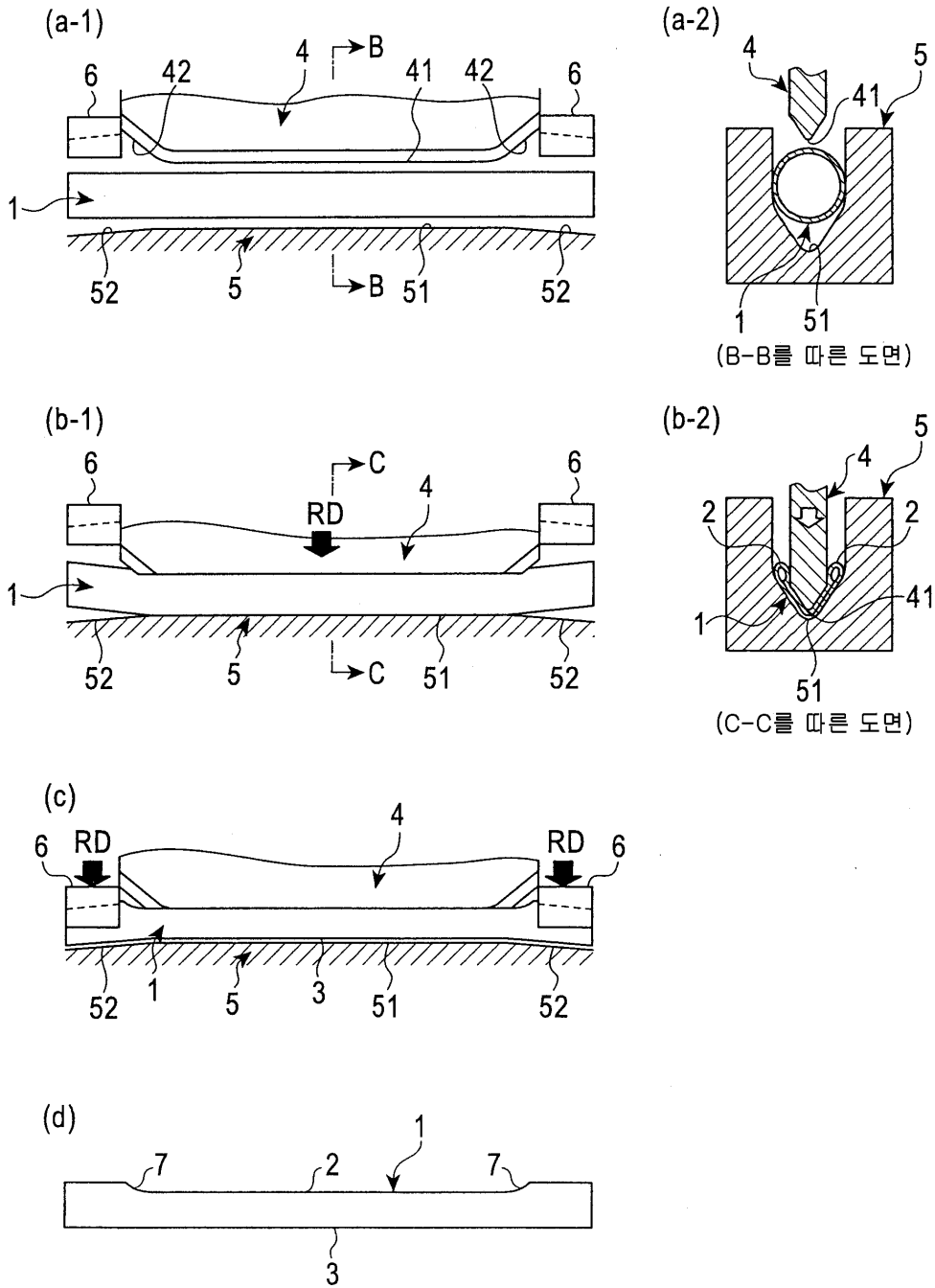
도면4



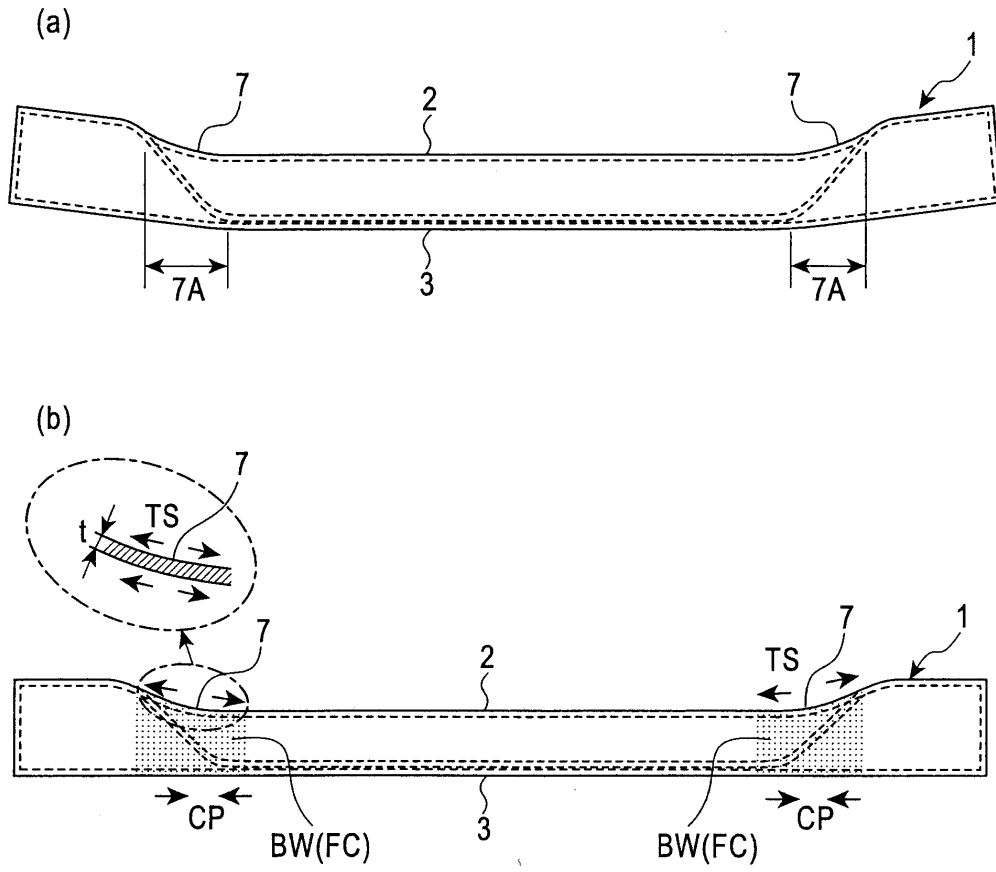
도면5



도면6



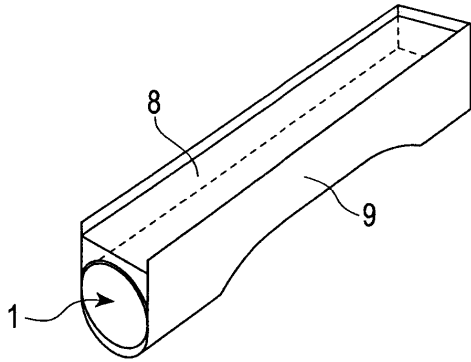
도면7



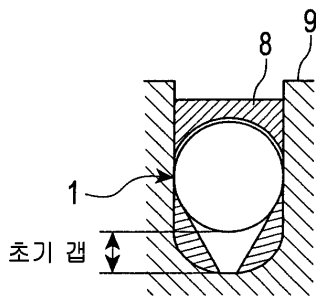


도면8

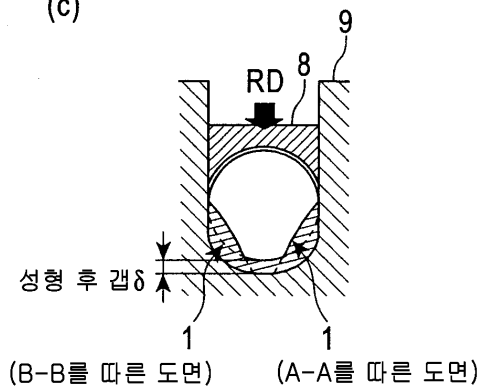
(a)



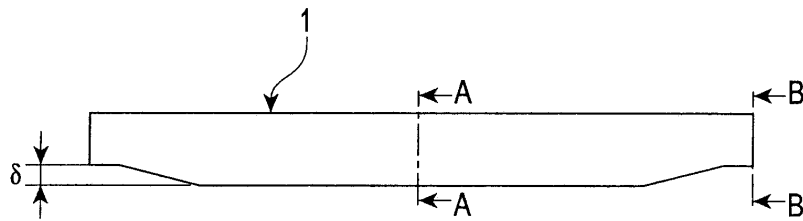
(b)



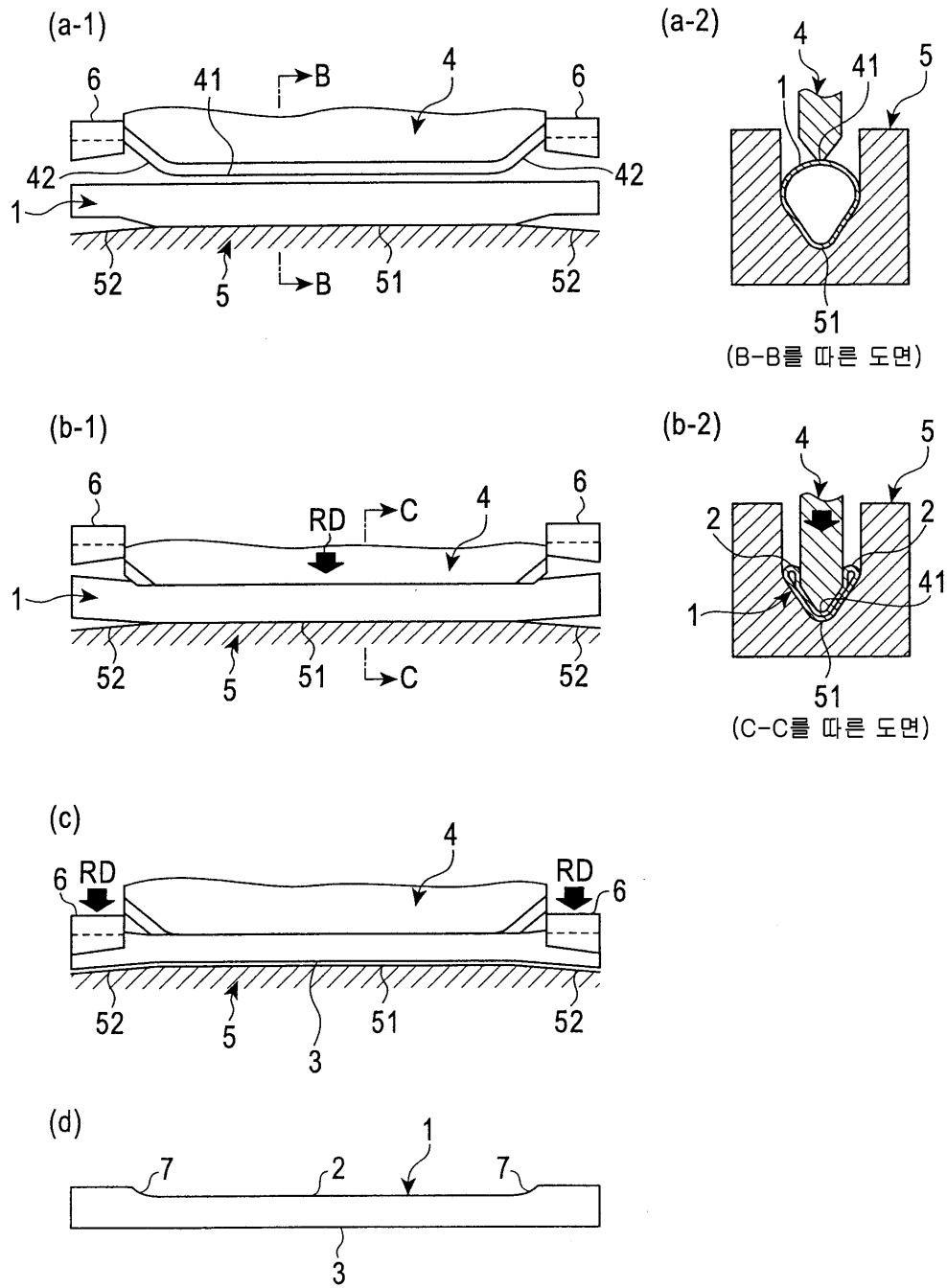
(c)



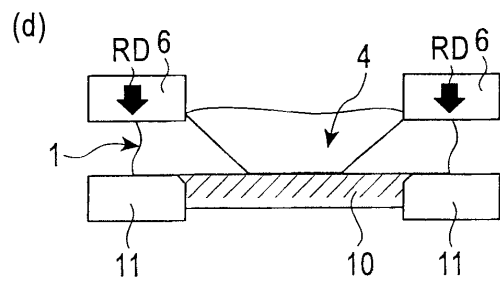
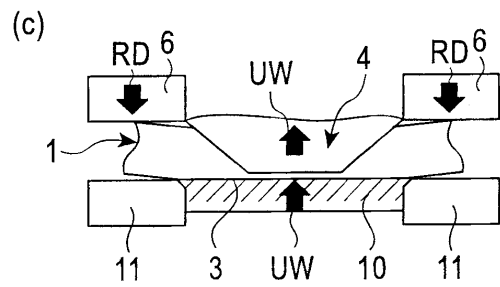
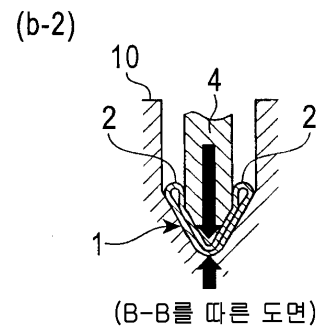
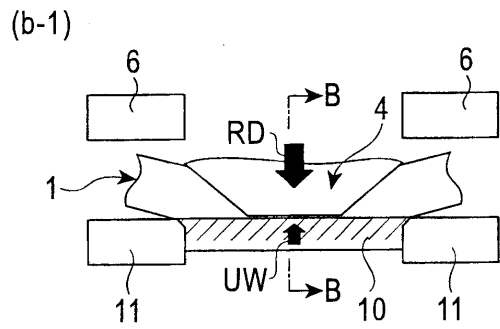
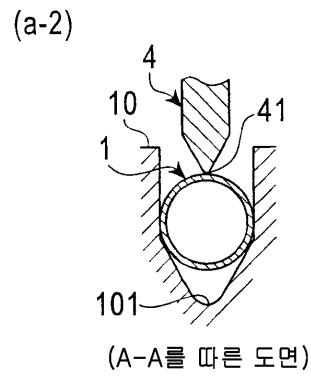
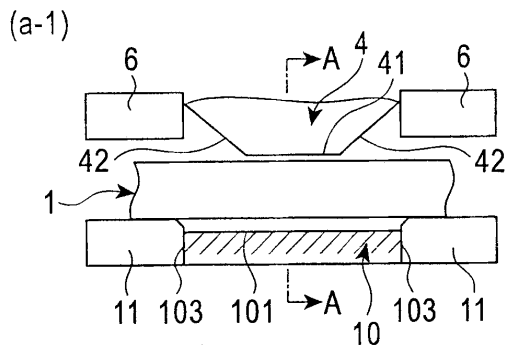
(d)



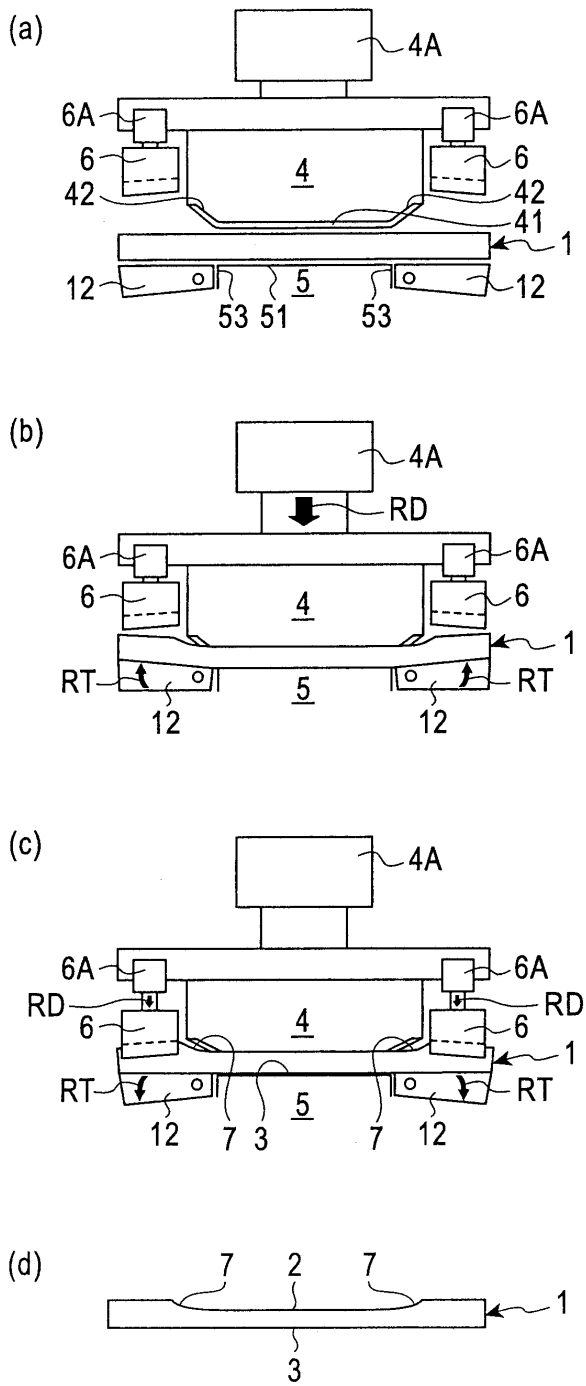
도면9



도면10

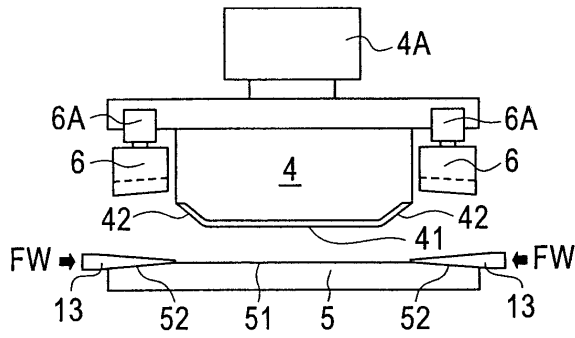


도면11

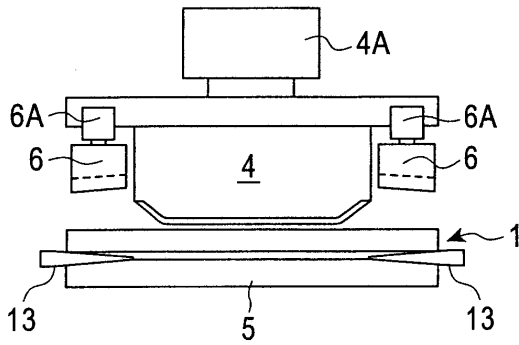


도면12

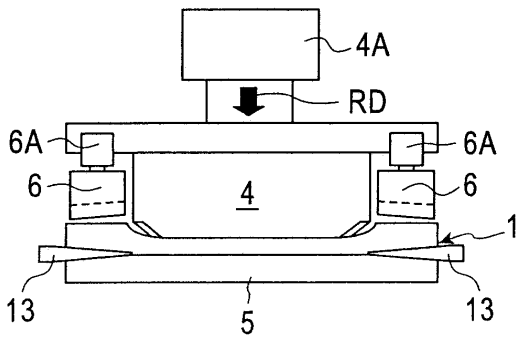
(a)



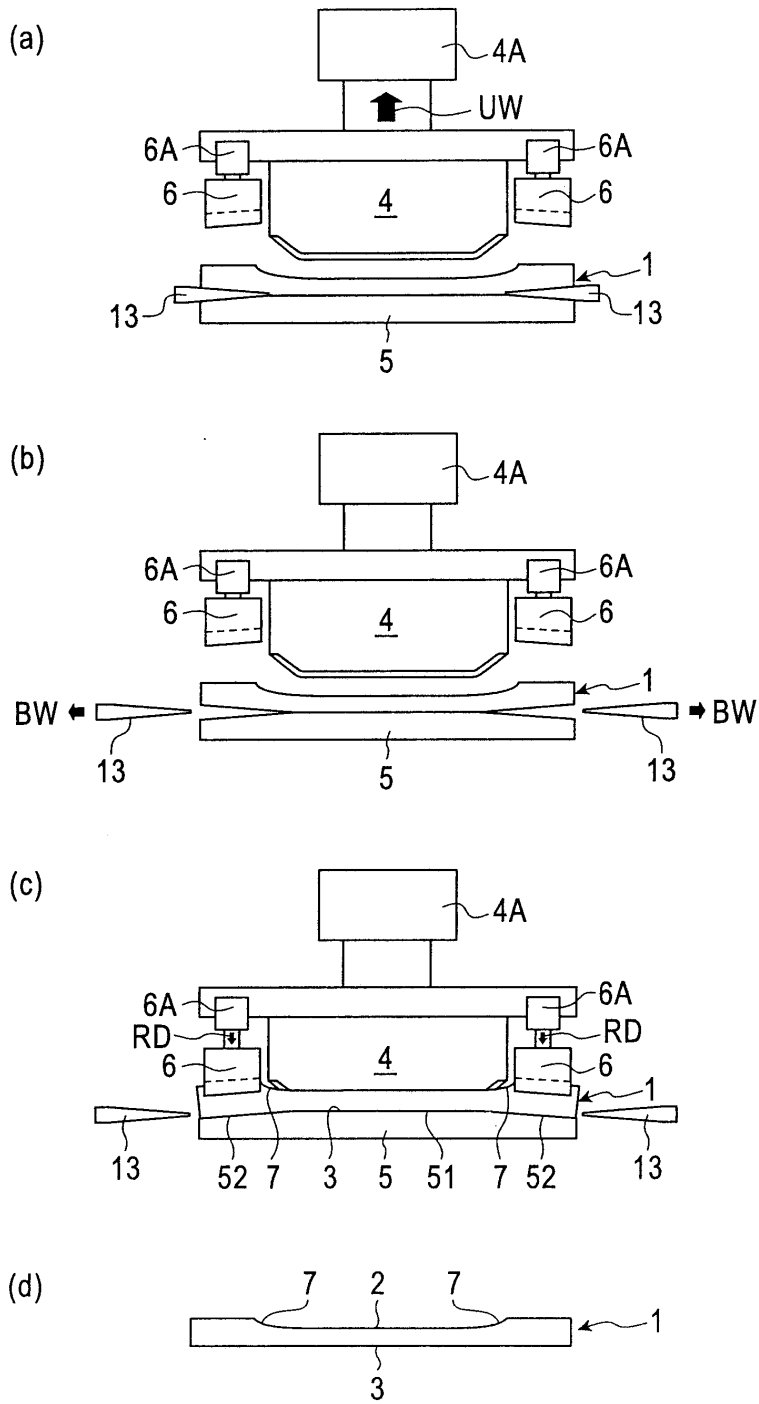
(b)



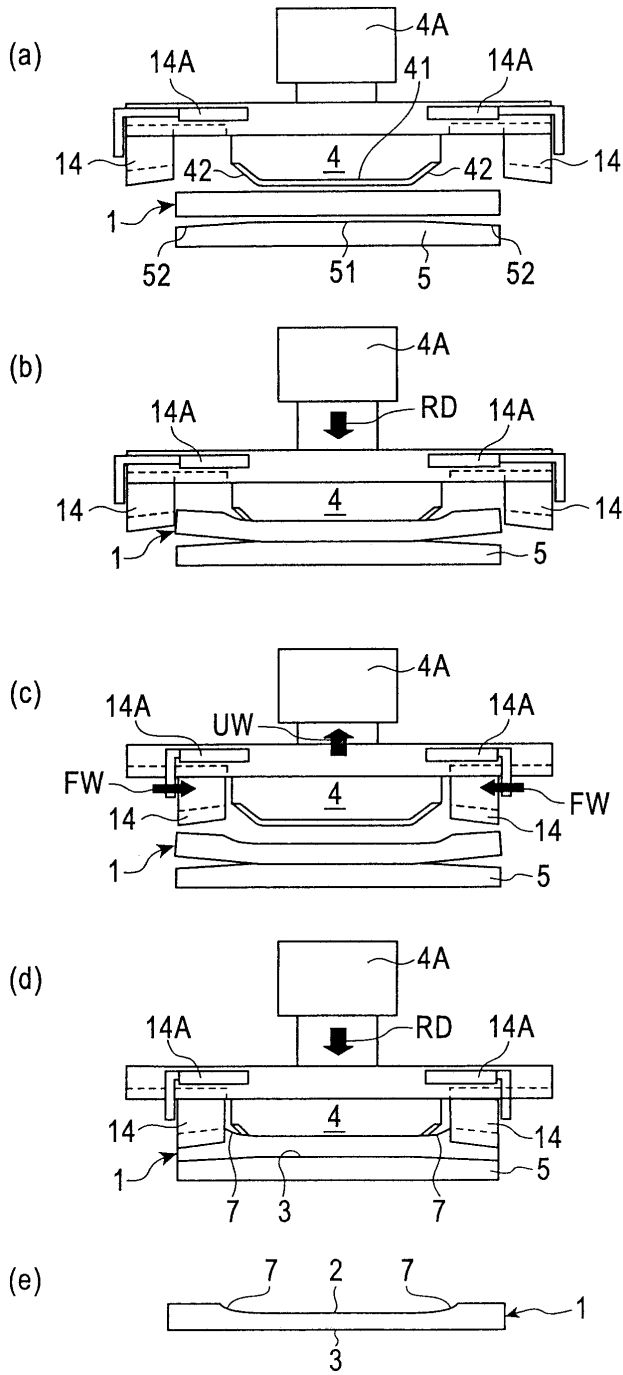
(c)



도면13



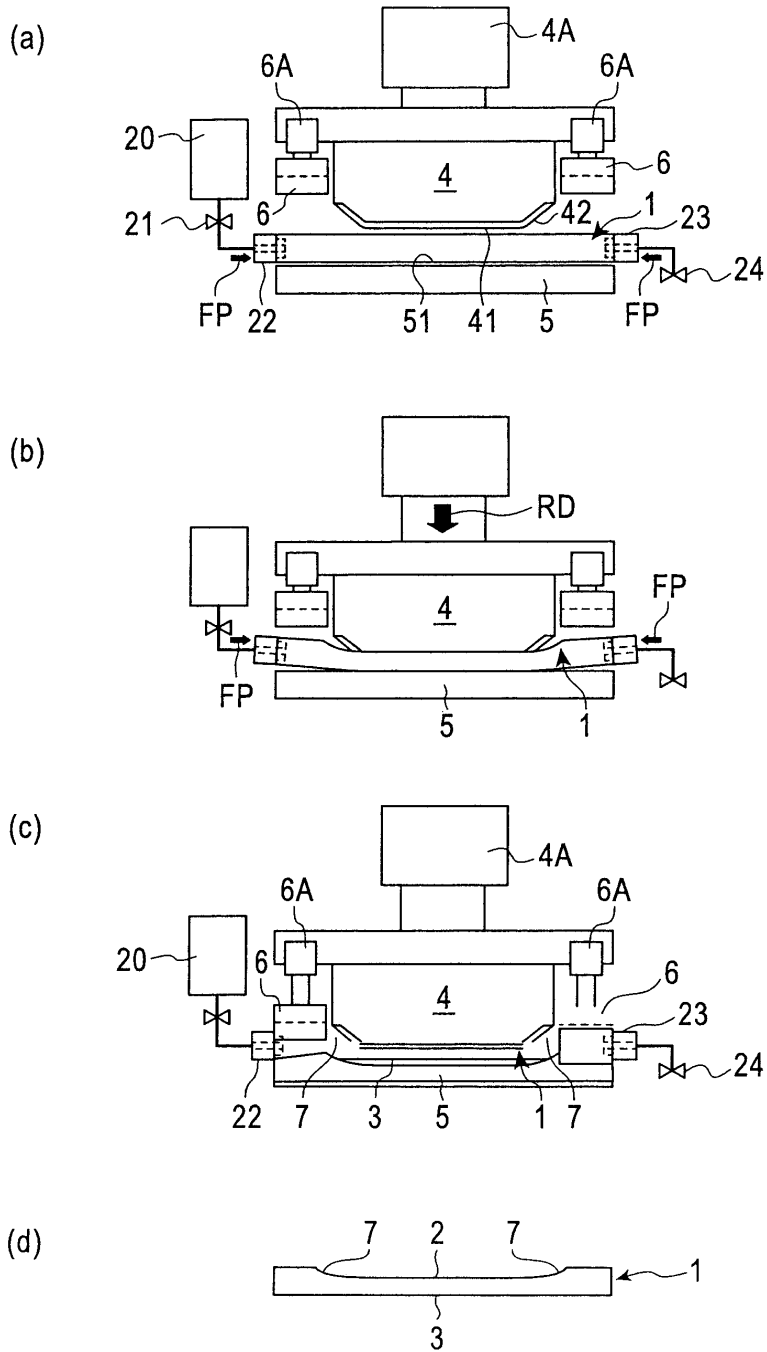
도면14





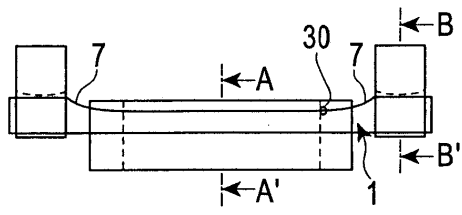


도면16

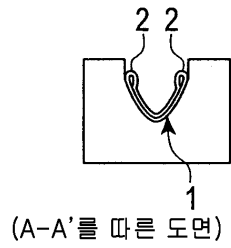


도면17

(a-1)

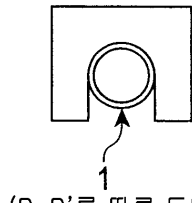


(a-2)



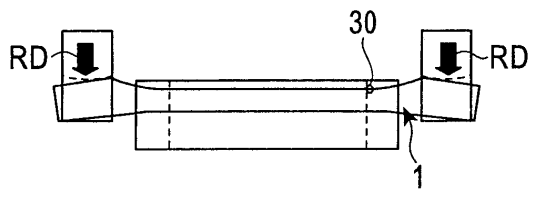
(A-A'를 따른 도면)

(a-3)

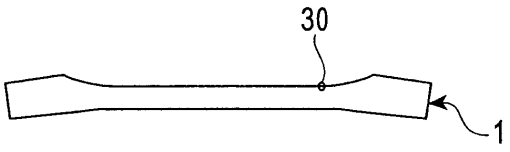


(B-B'를 따른 도면)

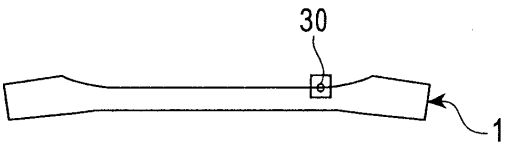
(b)



(c)



(d)



도면18

