

(52) CPC특허분류

B21D 24/04 (2013.01)

B21D 37/10 (2013.01)

(72) 발명자

아소 도시미츠

일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 2초메
6방 1고 신닛테즈스미킨카부시키키카이사 내

다나카 야스하루

일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 2초메
6방 1고 신닛테즈스미킨카부시키키카이사 내

무라카미 게이이치

일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 2초메
6방 1고 신닛테즈스미킨카부시키키카이사 내

명세서

청구범위

청구항 1

제1 벽부와, 상기 제1 벽부의 길이 방향의 적어도 일방측의 단부로부터 상기 제1 벽부의 이면측으로 연장된 제2 벽부와, 상기 제2 벽부의 선단부로부터 상기 제2 벽부의 표면측으로 연장된 제3 벽부를 갖는 프레스 성형품을, 펀치 및 다이를 갖는 프레스 금형을 사용하여 제조하는 방법이며,

상기 프레스 금형의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제2 벽부의 기단부측의 부분을, 상기 제2 벽부의 이면측으로 볼록하게 휘는 제1 휨 형상으로 상기 펀치 및 상기 다이에 의해 가압 끼움 지지하는, 프레스 성형품의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 프레스 금형의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제2 벽부의 선단측의 부분을, 상기 제2 벽부의 표면측으로 볼록하게 휘는 제2 휨 형상으로 상기 펀치 및 상기 다이에 의해 가압 끼움 지지하는, 프레스 성형품의 제조 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 프레스 금형의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제1 휨 형상 및 상기 제2 휨 형상의 곡률 반경을 10mm~800mm로 하는, 프레스 성형품의 제조 방법.

청구항 4

제2항 또는 제3항에 있어서,

상기 프레스 금형의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제1 휨 형상의 단면 주위 길이와, 상기 제2 휨 형상의 단면 주위 길이의 합계가, 상기 제2 벽부의 단면 주위 길이의 50% 이상인, 프레스 성형품의 제조 방법.

청구항 5

제2항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프레스 금형의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제1 휨 형상의 단면 주위 길이가, 상기 프레스 금형의 폭 방향에 있어서의 상기 펀치의 코너부와 상기 다이의 코너부 사이의 거리 이상이고, 상기 제2 벽부의 단면 주위 길이의 1/2 이하로 설정되어 있는, 프레스 성형품의 제조 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프레스 성형품의 인장 강도가 590Mpa 이상인, 프레스 성형품의 제조 방법.

청구항 7

제1 벽부와, 상기 제1 벽부의 길이 방향의 적어도 일방측의 단부로부터 상기 제1 벽부의 이면측으로 연장된 제2 벽부와, 상기 제2 벽부의 선단부로부터 상기 제2 벽부의 표면측으로 연장된 제3 벽부를 갖는 프레스 성형품을 제조하기 위한 프레스 금형이며,

서로 접근하는 방향으로 상대 이동함으로써 상기 프레스 성형품을 성형하는 펀치 및 다이를 구비하고,

상기 펀치 및 상기 다이의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제2 벽부의 기단부측의 부분을 상기

제2 벽부의 이면측으로 볼록하게 휘는 제1 휨 형상으로 가압 끼움 지지하는 제1 가압부가, 상기 편치 및 상기 다이에 형성되어 있는, 프레스 금형.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 편치 및 상기 다이의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제2 벽부의 선단측의 부분을 상기 제2 벽부의 표면측으로 볼록하게 휘는 제2 휨 형상으로 가압 끼움 지지하는 제2 가압부가, 상기 편치 및 상기 다이에 형성되어 있는, 프레스 금형.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 편치 및 상기 다이의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제1 휨 형상 및 상기 제2 휨 형상의 곡률 반경을 10mm~800mm로 하도록, 상기 제1 가압부 및 상기 제2 가압부가 형성되어 있는, 프레스 금형.

청구항 10

제8항 또는 제9항에 있어서,

상기 편치 및 상기 다이의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제1 휨 형상의 단면 주위 길이와, 상기 제2 휨 형상의 단면 주위 길이의 합계가, 상기 제2 벽부의 단면 주위 길이의 50% 이상이 되도록, 상기 제1 가압부 및 상기 제2 가압부의 단면 주위 길이가 설정되어 있는, 프레스 금형.

청구항 11

제8항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 편치 및 상기 다이의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제1 휨 형상의 단면 주위 길이가, 상기 프레스 금형의 폭 방향에 있어서의 상기 편치의 코너부와 상기 다이의 코너부 사이의 거리 이상이고, 상기 제2 벽부의 단면 주위 길이의 1/2 이하로 되도록, 상기 제1 가압부의 길이가 설정되어 있는, 프레스 금형.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 프레스 성형품의 제조 방법 및 프레스 금형에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 주지와 같이, 자동차의 차체는, 이른바 모노코크 구조를 갖고 있다. 즉, 자동차의 차체는, 다수의 성형 패널이 서로 겹쳐져 접합된 상자 형상의 구조체에 있어서의, 응력이 작용하는 부분이나 중량물을 지지하는 부분 등의 주요부에, 보강용 골격 부재가 접합된 보디 셸에 의해 구성된다.

[0003] 도 12a~도 12d는 모두, 보디 셸의 주요부에 배치되는 골격 부재(1~4)를 도시하는 설명도이다. 이들 도면에 도시하는 바와 같이, 골격 부재(1~4)는 통상, 소재인 블랭크에 편치 및 다이를 사용하여 프레스 성형을 행함으로써, 햇형 횡단면 형상을 갖는 햇형 부재로서 제조된다. 구체적으로는, 골격 부재(1~4)는 천장판(5(제1 벽부))과, 천장판(5)의 양 에지에 형성되는 2개의 능선(6a, 6b)과, 2개의 능선(6a, 6b)에 각각 연결되는 2개의 종벽(7a, 7b(제2 벽부))과, 2개의 종벽(7a, 7b)에 각각 연결되는 2개의 곡선부(8a, 8b)와, 2개의 곡선부(8a, 8b)에 각각 연결되는 2개의 플랜지(9a, 9b(제3 벽부))를 포함하여 구성되어 있다. 또한, 도 12d는, 골격 부재(4)에 플랜지(9a, 9b)를 개재하여 클로징 플레이트(P)를 스폿 용접한 경우를 도시하고 있다.

[0004] 최근, 골격 부재(1~4)는, CO₂ 배출량의 더 한층의 저감과 충돌 안전성의 향상을 양립하기 위한 차체 경량화의 일환으로서, 한층 더 고강도화 및 박판화되는 경향이 있다. 이로 인해, 골격 부재(1~4)는, 예를 들어 590MPa 이상, 780MPa 이상, 경우에 따라서는 980MPa 이상의 인장 강도를 갖는 소재 강판에 의해 구성되어 있다.

[0005] 도 13a~도 13c는, 골격 부재(1~4)의 프레스 성형 후의 이형 시에 발생하는 종벽(7a, 7b)의 스프링백(본 명세서에서는 「종벽 휨」이라고도 함)의 발생 상황을 도시하는 설명도이다. 구체적으로는, 도 13a는, 골격 부재(1

~4)의 프레스 성형의 상황을 도시하는 단면도이고, 도 13b는, 프레스 성형 후에 있어서의 골격 부재(1~4)의 종벽(7a, 7b)의 모멘트 분포를 도시하는 윤곽도이고, 도 13c는, 골격 부재(1~4)의 종벽 힘을 도시하는 단면도이다.

[0006] 도 13a에 도시되는 바와 같이, 골격 부재(1~4)의 프레스 성형에서는, 블랭크(B)에 있어서의 종벽(7a, 7b)으로 성형되는 부분 B1, B2가, 프레스 성형의 과정에 있어서 펀치(10) 및 다이(11)에 의해 굽힘, 퍼짐 변형을 받는다. 이로 인해, 도 13b에 도시되는 바와 같이, 골격 부재(1~4)의 고강도화에 수반하여, 성형된 종벽(7a, 7b)에는, 블랭크(B)의 판 두께 방향에 있어서의 응력 차(외측면(표면)의 응력과 내측면(이면)의 응력의 응력 차)에 의해 발생하는 모멘트가 발생한다. 상세하게는, 성형 후의 종벽(7a, 7b)의 기단부측의 부분에는, 외측면(표면)에 압축 응력이 작용하고, 내측면(이면)에 인장 응력이 작용한다. 이로 인해, 종벽(7a, 7b)의 기단부측의 부분에는, 종벽(7a, 7b)의 외측면의 응력과 내측면의 응력의 차에 의해, 종벽(7a, 7b)의 기단부측의 부분이 종벽(7a, 7b)의 표면측으로 볼록해지도록(골격 부재(1~4)의 내측으로 말리도록) 휘는 모멘트(이하, 「내측 휨 모멘트」라고 함)가 발생한다.

[0007] 한편, 성형 후의 종벽(7a, 7b)의 선단측의 부분에는, 외측면(표면)에 인장 응력이 작용하고, 내측면(이면)에 압축 응력이 작용한다. 이로 인해, 종벽(7a, 7b)의 선단측의 부분에는, 종벽(7a, 7b)의 외측면의 응력과 내측면의 응력의 차에 의해, 종벽(7a, 7b)의 선단측의 부분이 종벽(7a, 7b)의 이면측으로 볼록해지도록(골격 부재(1~4)의 외측으로 말리도록) 휘는 모멘트(이하, 「외측 휨 모멘트」라고 함)가 발생한다. 그리고, 도 13c에 도시되는 바와 같이, 프레스 성형 후의 이형 시에 펀치(10) 및 다이(11)에 의한 골격 부재(1~4)에 대한 가압이 제거되면, 2개의 종벽(7a, 7b)이, 탄성적인 변형 회복에 의해 가압 시의 형상(제품 형상)으로부터 벗어나 확대된 형상(2개의 플랜지(9a, 9b)가 서로 이격되는 형상)으로 되돌아가는 종벽 휨이 발생하기 쉽다.

[0008] 이에 대해, 도 14a~도 14c에 도시되는 바와 같이, 종벽(7a, 7b)의 일부에 비드(12)나 단차(13) 등을 형성함으로써, 종벽 휨을 억제하는 기술이 알려져 있다. 또한, 예를 들어 일본 특허 제4984414호 공보(특허문헌 1)에서는, 종벽에 연속된 요철 형상을 형성하여, 스프링백을 억제하는 기술이 개시되어 있다.

[0009] 또한, 일본 특허 출원 공개 제2007-111725호 공보(특허문헌 2)에는, 복수 회의 프레스 성형에 의해 프레스 성형품의 스프링백을 저감시키는 기술이 개시되어 있다. 예를 들어, 도 15에 도시되는 바와 같이, 1회째의 프레스 성형을 실시한 프레스 성형품(도 15의 좌측의 도면을 참조)에 대해, 폭 치수를 크게 한 펀치를 사용하여 2회째의 프레스 성형을 함으로써(도 15의 우측의 도면을 참조), 프레스 성형품의 스프링백을 저감시키는 기술이 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 그러나, 상기 도 14a~도 14c에 도시되는 종래 기술 및 특허문헌 1에 의해 개시된 기술은, 종벽에 발생하는 상기 모멘트 자체를 억제 또는 해소하는 것은 아니다. 특히, 종벽의 기단부에 발생하는 내측 휨 모멘트를 억제 또는 해소하는 것은 아니다. 또한, 도 14a~도 14c에 도시되는 종래 기술은, 종벽(7a, 7b)에 비드(12)나 단차(13)를 형성할 필요가 있고, 특허문헌 1에 의해 개시된 기술은, 종벽을 요철 형상으로 형성할 필요가 있다. 이로 인해, 골격 부재(1~4)에 있어서, 비드(12)나 단차(13)를 형성하는 것이나 종벽을 요철 형상으로 형성하는 것이 설계상 허용되지 않는 경우에는 실시할 수 없다.

[0011] 또한, 특허문헌 2에 의해 개시된 기술도, 종벽(7a, 7b)에 발생하는 상기 모멘트 자체를 억제 또는 해소하는 것은 아니다. 특히, 종벽(7a, 7b)의 기단부에 발생하는 내측 휨 모멘트를 억제 또는 해소하는 것은 아니다. 이상에 의해, 이들 기술에서는, 종벽의 기단부에 발생하는 내측 휨 모멘트를 억제 또는 해소한다고 하는 점에 있어서, 개선의 여지가 있다.

[0012] 본 개시는, 상기 사실을 고려하여, 예를 들어 590MPa 이상, 780MPa 이상, 경우에 따라서는 980MPa 이상과 같은 고강도를 갖는 프레스 성형품에 있어서, 제2 벽부의 기단부에 있어서의 벽 휨의 발생을 억제할 수 있는 프레스 성형품을 제조 방법 및 프레스 금형을 얻는 것에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 개시의 프레스 성형품의 제조 방법은, 제1 벽부와, 상기 제1 벽부의 길이 방향의 적어도 일방측의 단부로부터 상기 제1 벽부의 이면측으로 연장된 제2 벽부와, 상기 제2 벽부의 선단부로부터 상기 제2 벽부의 표면측으로

연장된 제3 벽부를 갖는 프레스 성형품을, 펀치 및 다이를 갖는 프레스 금형을 사용하여 제조하는 방법이며, 상기 프레스 금형의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면에서, 상기 제2 벽부의 기단부측의 부분을, 상기 제2 벽부의 이면측으로 볼록하게 휘는 제1 휨 형상으로 상기 펀치 및 상기 다이에 의해 가압 끼움 지지한다.

[0014] 상기 과제를 해결하는 프레스 성형품의 제조 방법에 의하면, 당해 제조 방향에 의해 성형되는 프레스 성형품이, 제1 벽부와, 제1 벽부의 길이 방향의 적어도 일방측의 단부로부터 제1 벽부의 이면측으로 연장된 제2 벽부와, 제2 벽부의 선단부로부터 제2 벽부의 표면측으로 연장된 제3 벽부를 갖고 있다. 즉, 프레스 성형품의 횡단면 형상이, 소위 햇형 또는 Z자형(크랭크형)을 이루고 있다. 그런데, 상기한 바와 같은 횡단면 형상을 이루는 프레스 성형품을 펀치 및 다이를 사용하여 제조하는 경우에는, 성형 후의 제2 벽부의 기단부측의 부분(제1 벽부측의 부분)에는, 표면(외측면)에 압축 응력이 작용하고, 이면(내측면)에 인장 응력이 작용한다. 이로 인해, 제2 벽부의 기단부측의 부분에는, 종벽의 기단부측의 부분의 판 두께 방향에 있어서의 응력 차(제2 벽부의 기단부측의 부분에 있어서의 표면(외측면)의 응력과 이면(내측면)의 응력의 차)에 의해, 제2 벽부의 기단부측의 부분이 제2 벽부의 표면(외측면)측으로 볼록해지도록 휘는(프레스 성형품의 내측으로 말리도록 휘는) 모멘트(이하, 이 모멘트를 「내측 휨 모멘트」라고 함)가 발생한다.

[0015] 여기서, 프레스 금형의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면에서, 제2 벽부의 기단부측의 부분이, 제2 벽부의 이면측으로 볼록하게 휘는 제1 휨 형상으로 펀치 및 다이에 의해 가압 끼움 지지된다. 이로 인해, 프레스 금형의 이형 전의 프레스 성형품에서는, 상기 내측 휨 모멘트에 의해 제2 벽부의 표면측(프레스 성형품의 외측)으로 볼록하게 휘려고 하는 제2 벽부의 기단부측의 부분이, 제2 벽부의 이면측(프레스 성형품의 내측)으로 볼록하게 휘는 제1 휨 형상으로 교정된다. 따라서, 제2 벽부에 발생하는 상기 내측 휨 모멘트가 캔슬된다. 그 결과, 프레스 금형의 이형 시에 펀치 및 다이에 의한 가압이 제거되었을 때에는, 종벽의 기단부측의 부분의 판 두께 방향에 있어서의 변형 차가 저감되어, 종벽의 기단부에 있어서의 벽 휨의 발생을 억제할 수 있다.

[0016] 또한, 본 개시의 프레스 금형은, 제1 벽부와, 상기 제1 벽부의 길이 방향의 적어도 일방측의 단부로부터 상기 제1 벽부의 이면측으로 연장된 제2 벽부와, 상기 제2 벽부의 선단부로부터 상기 제2 벽부의 표면측으로 연장된 제3 벽부를 갖는 프레스 성형품을 제조하기 위한 프레스 금형이며, 서로 접근하는 방향으로 상대 이동함으로써 상기 프레스 성형품을 성형하는 펀치 및 다이를 구비하고, 상기 펀치 및 상기 다이의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면에서, 상기 제2 벽부의 기단부측의 부분을 상기 제2 벽부의 이면측으로 볼록하게 휘는 제1 휨 형상으로 가압 끼움 지지하는 제1 가압부가, 상기 펀치 및 상기 다이에 형성되어 있다.

[0017] 상기 과제를 해결하는 프레스 금형에 의하면, 펀치 및 다이의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면에서, 제2 벽부의 기단부측의 부분을 제2 벽부의 이면측으로 볼록하게 휘는 제1 휨 형상으로 가압 끼움 지지하는 제1 가압부가, 펀치 및 다이에 형성되어 있다. 이로 인해, 상술한 바와 마찬가지로, 프레스 금형의 이형 전의 프레스 성형품에서는, 상기 내측 휨 모멘트에 의해 제2 벽부의 표면측(프레스 성형품의 외측)으로 볼록하게 휘려고 하는 제2 벽부의 기단부측의 부분이, 제2 벽부의 이면측(프레스 성형품의 내측)으로 볼록하게 휘는 제1 휨 형상으로 교정된다. 따라서, 제2 벽부에 발생하는 상기 내측 휨 모멘트가 캔슬된다. 그 결과, 프레스 금형의 이형 시에 펀치 및 다이에 의한 가압이 제거되었을 때에는, 종벽의 기단부측의 부분의 판 두께 방향에 있어서의 변형 차가 저감되어, 종벽의 기단부에 있어서의 벽 휨의 발생을 억제할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 개시의 프레스 성형품의 제조 방법 및 프레스 금형에 따르면, 종벽의 기단부에 있어서의 벽 휨의 발생을 억제할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1a는 본 실시 형태에 관한 프레스 금형의 일례의 구성을 도시하는 단면도이다.
 도 1b는 본 실시 형태에 관한 프레스 금형의 다른 예의 구성을 도시하는 단면도이다.
 도 2는 도 1a에 도시되는 프레스 금형의 펀치측 오목 곡면부 및 다이측 볼록 곡면부의 주변을 나타내는 확대한 단면도(도 1a의 A부 확대부)이다.
 도 3은 본 실시 형태에 관한 프레스 금형을 사용하여 성형된 프레스 성형품의 형상을 설명하기 위한 설명도이다.
 도 4a는 제1 프레스 성형의 종료 후 또한 이형 후에 있어서의 프레스 성형품의 종벽 휨의 발생 상황을 도시하는

설명도이다.

도 4b는 필요에 따라서 행해지는 제2 프레스 성형의 종료 후 또한 이형 후에 있어서의 프레스 성형품에 있어서의 종벽 휨의 발생 상황을 도시하는 설명도이다.

도 5a는 도 1a에 도시되는 프레스 금형에 의해 블랭크를 성형하기 직전의 상태를 도시하는 단면도이다.

도 5b는 도 5a에 도시되는 상태로부터 펀치가 다이축으로 상대 이동된 상태를 도시하는 단면도이다.

도 6a는 실시예 1에서 제조된 프레스 성형품의 형상을 도시하는 설명도이다.

도 6b는 도 6a의 프레스 성형품의 치수를 나타내는 설명도이다.

도 7은 실시예 1 및 실시예 2에 있어서 제조된 프레스 성형품과 비교예의 프레스 성형품을 평가한 표이다.

도 8은 블랭크로서 인장 강도 980MPa급 DP강을 사용한 경우의 각 케이스에 있어서의, 비교예 및 실시예 1의 프레스 성형품의 각각의 종벽 휨의 곡률을 통합하여 나타내는 그래프이다.

도 9는 3 수준의 인장 강도의 블랭크를 소재로 한 경우에 대해, 비교예 및 실시예 1의 프레스 성형품의 각각의 종벽 휨의 곡률을 통합하여 나타내는 그래프이다.

도 10은 블랭크로서 인장 강도 980MPa급 DP강을 사용한 경우의 각 케이스에 있어서의, 비교예 및 실시예 2의 프레스 성형품의 각각의 종벽 휨의 곡률을 통합하여 나타내는 그래프이다.

도 11은 3 수준의 인장 강도의 블랭크를 소재로 한 경우에 대해, 비교예 및 실시예 2의 프레스 성형품의 각각의 종벽 휨의 곡률을 통합하여 나타내는 그래프이다.

도 12a는 보디 셀의 주요부에 배치되는 골격 부재를 도시하는 설명도이다.

도 12b는 보디 셀의 주요부에 배치되는 골격 부재의 다른 예를 도시하는 설명도이다.

도 12c는 보디 셀의 주요부에 배치되는 골격 부재의 다른 예를 도시하는 설명도이다.

도 12d는 보디 셀의 주요부에 배치되는 골격 부재의 다른 예를 도시하는 설명도이다.

도 13a는 도 12a~도 12d의 골격 부재의 프레스 성형의 상황을 도시하는 단면도이다.

도 13b는 도 12a~도 12d의 골격 부재의 종벽의 모멘트 분포를 도시하는 윤곽도이다.

도 13c는 도 12a~도 12d의 골격 부재의 종벽 휨을 도시하는 단면도이다.

도 14a는 종래 기술의 설명을 하기 위한 설명도이다.

도 14b는 종래 기술의 설명을 하기 위한 설명도이다.

도 14c는 종래 기술의 설명을 하기 위한 설명도이다.

도 15는 특허문헌 2에 의해 개시된 기술을 도시하는 설명도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 먼저, 본 실시예 관한 프레스 성형품의 제조 방법에 의해 성형되는 프레스 성형품(26)에 대해 설명하고, 이어서 프레스 성형품(26)을 성형하기 위한 프레스 금형에 대해 설명한다. 또한, 프레스 성형품(26)은, 후술하는 프레스 금형이 이형된 상태의 성형품으로 되어 있다.

[0021] (프레스 성형품(26)에 대해)

[0022] 도 3에 도시되는 바와 같이, 프레스 성형품(26)은, 소위 햇형 횡단면 형상을 갖는 형태로 형성되어 있다. 즉, 프레스 성형품(26)은, 프레스 성형품(26)의 폭 방향(도 3의 화살표 W 방향)을 길이 방향으로 하는 「제1 벽부」로서의 천장판(21)과, 이 천장판(21)의 길이 방향 양단부에 각각 연결되는 한 쌍의 능선(22a, 22b)과, 이들 한 쌍의 능선(22a, 22b)에 각각 연결됨과 함께 당해 각 능선(22a, 22b)으로부터 천장판(21)의 판 두께 방향 일방측(이면측)으로 연장되는 「제2 벽부」로서의 한 쌍의 종벽(23a, 23b)과, 이들 한 쌍의 종벽(23a, 23b)의 선단부(하단부)에 각각 연결되는 한 쌍의 곡선부(24a, 24b)와, 이들 한 쌍의 곡선부(24a, 24b)에 각각 연결됨과 함께 곡선부(24a, 24b)로부터 천장판(21)의 길이 방향 양측(종벽(23a, 23b)의 표면측)으로 각각 연장되는 「제3 벽부」로서의 한 쌍의 플랜지(25a, 25b)를 포함하여 구성되어 있다. 또한, 이하의 설명에서는, 프레스 성형품(26)

의 표면측을 프레스 성형품(26)의 외측이라고 칭하고, 프레스 성형품(26)의 이면측을 프레스 성형품(26)의 내측이라고 칭한다.

[0023] 또한, 한 쌍의 능선(22a, 22b)은, 프레스 성형품(26)의 외측으로 볼록해지는 대략 원호 형상으로 만곡되어 있다. 즉, 2개의 능선(22a, 22b)은, 프레스 성형품(26)의 외측으로 볼록해지는 코너부로서 구성되어 있다. 또한, 한 쌍의 곡선부(24a, 24b)는, 프레스 성형품(26)의 내측으로 볼록해지는 대략 원호 형상으로 만곡되어 있다. 또한, 종벽(23a, 23b)은, 프레스 성형품(26)의 횡단면에서, 선단측으로 향함에 따라서 천장판(21)의 길이 방향 양측(외측)으로 경사져 있다. 환언하면, 2개의 종벽(23a, 23b)은, 선단측으로 향함에 따라서 서로 이격되는 방향으로 경사져 있다. 이에 의해, 프레스 성형품(26)에서는, 종벽(23a, 23b)의 선단부가 천장판(21)의 길이 방향 외측으로 벌어지도록 형성되어, 천장판(21)과 종벽(23a, 23b)이 이루는 각도가 둔각으로 설정되어 있다.

[0024] 또한, 본 개시에 있어서의 프레스 성형품(26)은, 상기한 형태에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 프레스 성형품(26)이, 횡단면 형상(구체적으로는, Z자형(크랭크형))을 갖는 형태에도 마찬가지로 적용된다. 즉, 이 경우에는, 프레스 성형품(26)이, 천장판(21)과, 이 천장판(21)의 길이 방향 일방측의 단부에 연결되는 하나의 능선(22a)과, 이 능선(22a)에 연결됨과 함께 능선(22a)으로부터 천장판(21)의 판 두께 방향 일방측으로 연장되는 하나의 종벽(23a)과, 이 종벽(23a)에 연결되는 하나의 곡선부(24a)와, 이 곡선부(24a)에 연결됨과 함께 곡선부(24a)로부터 천장판(21)의 길이 방향 일방측으로 연장되는 하나의 플랜지(25a)를 포함하여 구성된다.

[0025] 또한, 상기한 햇형 횡단면 형상을 갖는 프레스 성형품(26)에서는, 프레스 성형품(26)의 폭 방향 중앙선에 대해 좌우 대칭의 형상을 이루고 있지만, 프레스 성형품(26)이 좌우 비대칭의 형상을 이루고 있어도 된다. 또한, 상기한 햇형 횡단면 형상을 갖는 프레스 성형품(26)에서는, 일례로서 천장판(21)과 종벽(23a, 23b)이 이루는 각도를 둔각으로 설정하고 있지만, 후술하는 프레스 성형품에 있어서 예를 들어 캠 벤딩 공법에 의해 프레스 성형품(26)으로 하는 경우에는, 천장판(21)과 종벽(23a, 23b)이 이루는 각도를, 대략 직각이나 예각으로 설정해도 된다.

[0026] 또한, 본 개시의 프레스 성형품(26)은, 후술하는 프레스 성형품의 제조 방법에 의해, 냉간 또는 온간에서 블랭크 또는 추가 가공을 실시한 블랭크에 대해 프레스 성형(제1 프레스 성형)을 실시함으로써 얻어진다. 또한, 본 개시의 프레스 성형품(26)은, 상기한 제1 프레스 성형을 행한 후에, 필요에 따라서 리스트라이킹(제2 프레스 성형)을 행함으로써, 얻어져도 된다.

[0027] 또한, 프레스 성형품(26)의 성형 소재인 블랭크 또는 프레스 성형품(26)의 인장 강도는, 590MPa 이상이고, 바람직하게는 780MPa 이상이고, 더욱 바람직하게는 980MPa 이상이다. 인장 강도가 590MPa 미만에서는, 본 발명의 과제인 종벽 휨이 발생하기 어려워지고, 인장 강도가 높아질수록 종벽 휨이 발생하기 쉬워지기 때문이다. 이러한 관점에서, 블랭크 또는 프레스 성형품(26)의 인장 강도의 상한을 규정할 필요는 없지만, 프레스 하중의 실용상의 상한으로부터 2000MPa 이하인 것이 바람직하다.

[0028] 또한, 이하의 설명에서는, 편의상, 후술하는 프레스 금형의 이형 전의 상태에 있어서의 프레스 성형품에 부호 20을 부여하여, 프레스 성형품을 프레스 금형의 이형 전의 상태와 이형 후의 상태로 구별하고 있다.

[0029] (프레스 금형에 대해)

[0030] 도 1a에는, 후술하는 제1 프레스 성형에 있어서, 블랭크에 드로잉 성형을 실시함으로써, 프레스 성형품(26)을 제조하는 경우의 프레스 금형(30A)이 도시되어 있다. 또한, 도 1b에는, 후술하는 제1 프레스 성형에 있어서, 블랭크에 벤딩 성형을 실시함으로써, 프레스 성형품(26)을 제조하는 경우의 프레스 금형(30B)이 도시되어 있다. 또한, 도 1a 및 도 1b에서는, 프레스 성형품(20)의 폭 방향과 프레스 금형(30A, 30B)의 폭 방향이 일치하고 있다.

[0031] 도 1a에 도시하는 바와 같이, 블랭크에 드로잉 성형을 실시하는 경우의 제1 프레스 성형에서는, 프레스 금형(30A)이, 펀치(31)와, 다이(32)와, 한 쌍의 블랭크 홀더(33)를 포함하여 구성되어 있다. 구체적으로는, 다이(32)가 프레스 금형(30A)의 상부를 구성하고, 횡단면에서 하방측으로 개방된 오목 형상으로 형성되어 있다. 또한, 펀치(31)는, 다이(32)의 오목부의 하방측에 배치됨과 함께, 상방측으로 돌출된 볼록 형상으로 형성되어 있다. 그리고, 펀치(31)가 다이(32)에 대해 상방측으로 상대 이동 가능하게 구성되어 있다. 또한, 한 쌍의 블랭크 홀더(33)는, 펀치(31)의 폭 방향 양측에 배치되고, 한 쌍의 블랭크 홀더(33)와 다이(32)에 의해 블랭크에 있어서의 플랜지(25a, 25b)로 성형되는 부분을 끼움 지지하도록 구성되어 있다.

[0032] 한편, 도 1b에 도시하는 바와 같이, 블랭크에 벤딩 성형을 실시하는 경우의 제1 프레스 성형에서는, 프레스 금

형(30B)이, 펀치(31)와, 한 쌍의 다이(32)와, 다이 패드(34)를 포함하여 구성되어 있다. 구체적으로는, 한 쌍의 다이(32)가, 프레스 금형(30B)의 상부를 구성하고, 전체적으로 하방측으로 개방된 오목 형상으로 형성되어 있다. 또한, 펀치(31)는, 다이(32)의 하방측에 배치됨과 함께, 상방측으로 돌출된 볼록 형상으로 형성되어 있다. 그리고, 다이(32)가 펀치(31)에 대해 하방측으로 상대 이동 가능하게 구성되어 있다. 또한, 다이 패드(34)는, 한 쌍의 다이(32)의 사이에 배치되어, 블랭크 홀더(33)와 펀치(31)에 의해 블랭크에 있어서의 천장판(21)으로 성형되는 부분을 끼움 지지하도록 구성되어 있다.

[0033] 또한, 도 1a 및 도 1b에 도시되는 바와 같이, 펀치(31)는, 프레스 성형품(20)의 천장판(21), 능선(22a, 22b) 및 종벽(23a, 23b)의 일부 각각과 동일한 외면 형상을 갖고 있다. 또한, 다이(32)는, 프레스 성형품(20)의 천장판(21), 능선(22a, 22b) 및 종벽(23a, 23b)의 일부 각각의 외면 형상과 동일한 내면 형상을 갖고 있다.

[0034] 또한, 프레스 성형품(26)에서는, 천장판(21)과 종벽(23a, 23b)이 이루는 각도가 둔각으로 설정되어 있으므로, 도 5a에 도시되는 바와 같이, 다이(32)의 코너부(32A)가 펀치(31)의 코너부(31A)에 대해 프레스 금형(30A(30B))의 폭 방향 외측으로 이격되어 배치되어 있다. 그리고, 프레스 금형(30A(30B))의 폭 방향에 있어서의 펀치(31)의 코너부(31A)(횡단면시에서 천장판(21)을 성형하는 성형면과 종벽(23a, 23b)을 성형하는 성형면의 교점)와 다이(32)의 코너부(32A)(횡단면시에서 종벽(23a, 23b)을 성형하는 성형면과 플랜지(25a, 25b)를 성형하는 성형면의 교점)의 거리가 거리 X로 되어 있다.

[0035] 여기서, 본 개시의 프레스 금형(30A(30B))에서는, 펀치(31) 및 다이(32)에 있어서의 종벽(23a, 23b)을 성형하는 부분에, 요철 형상의 가압부가 형성되어 있다. 이에 의해, 펀치(31) 및 다이(32)에 의해 프레스 성형품(20)을 성형하고 또한 프레스 금형(30A(30B))을 이형한 후에, 프레스 성형품(26)의 종벽(23a, 23b)에 있어서, 종벽(23a, 23b)의 판 두께 방향에 있어서의 변형 차를 저감시키도록 되어 있다. 이하, 구체적으로 설명한다.

[0036] 펀치(31)에 있어서의 종벽(23a, 23b)의 기단부측의 부분(천장판(21) 및 능선(22a, 22b)측의 부분)을 성형하는 부분에는, 「제1 가압부」로서의 펀치측 오목 곡면부(31B)가 형성되어 있다. 이 펀치측 오목 곡면부(31B)는, 펀치(31)의 폭 방향 내측(프레스 성형품(20)의 내측)으로 볼록해지는 오목 곡면 형상으로 형성되어 있다.

[0037] 또한, 펀치(31)에 있어서의 종벽(23a, 23b)의 선단측의 부분(곡선부(24a, 24b) 및 플랜지(25a, 25b)측의 부분)을 성형하는 부분에는, 「제2 가압부」로서의 펀치측 볼록 곡면부(31C)가 형성되어 있다. 이 펀치측 볼록 곡면부(31C)는, 펀치(31)의 폭 방향 외측(프레스 성형품(20)의 외측)으로 볼록해지는 볼록 곡면 형상으로 형성되어 있다.

[0038] 한편, 다이(32)에 있어서의 종벽(23a, 23b)의 기단부측의 부분을 성형하는 부분에는, 「제1 가압부」로서의 다이측 볼록 곡면부(32B)가 형성되어 있다. 이 다이측 볼록 곡면부(32B)는, 다이(32)의 폭 방향 내측(프레스 성형품(20)의 내측)으로 볼록해지는 볼록 곡면 형상으로 형성되어 있다. 이에 의해, 펀치(31) 및 다이(32)에 의해 종벽(23a, 23b)을 성형할 때에는, 종벽(23a, 23b)의 기단부측의 부분이, 펀치측 오목 곡면부(31B) 및 다이측 볼록 곡면부(32B)에 의해 가압 끼움 지지되도록 되어 있다(도 1a 참조).

[0039] 또한, 다이(32)에 있어서의 종벽(23a, 23b)의 선단측의 부분을 성형하는 부분에는, 「제2 가압부」로서의 다이측 오목 곡면부(32C)가 형성되어 있다. 이 다이측 오목 곡면부(32C)는, 다이(32)의 폭 방향 외측(프레스 성형품(20)의 외측)으로 볼록해지는 오목 곡면 형상으로 형성되어 있다. 이에 의해, 펀치(31) 및 다이(32)에 의해 종벽(23a, 23b)을 성형할 때에는, 종벽(23a, 23b)의 선단측의 부분이 펀치측 볼록 곡면부(31C) 및 다이측 오목 곡면부(32C)에 의해 가압 끼움 지지되도록 되어 있다(도 1a 참조).

[0040] 따라서, 도 1a 및 도 1b에 도시되는 바와 같이, 펀치(31) 및 다이(32)에 의한 프레스 성형 종료 후, 또한 프레스 금형(30A(30B))의 이형 전의 프레스 성형품(20)에서는, 한 쌍의 종벽(23a, 23b)에 있어서의 기단부측의 부분이, 펀치(31) 및 다이(32)에 의해, 프레스 성형품(26)의 내측(종벽(23a, 23b)의 이면측)으로 볼록해지는 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1)으로 가압 끼움 지지되도록 되어 있다. 또한, 프레스 성형품(20)에서는, 한 쌍의 종벽(23a, 23b)의 선단측의 부분이, 펀치(31) 및 다이(32)에 의해, 프레스 성형품(26)의 외측(종벽(23a, 23b)의 표면측)으로 볼록해지는 제2 휨 형상(23a-2, 23b-2)으로 가압 끼움 지지되도록 되어 있다. 즉, 이 상태에 있어서의 프레스 성형품(20)에서는, 2개의 종벽(23a, 23b)이, S자상 횡단면 형상으로 되도록, 펀치(31) 및 다이(32)에 의해 가압 끼움 지지되도록 되어 있다. 이에 의해, 구체적으로는 후술하지만, 종벽(23a, 23b)의 연장 방향의 전체에 걸쳐, 종벽(23a, 23b)의 휨을 교정하도록 구성되어 있다. 또한, 본 개시의 프레스 금형(30A(30B))을, 예를 들어 프레스 성형품의 사양 등에 따라서, 펀치측 볼록 곡면부(31C) 및 다이측 오목 곡면부(32C)를 형성하지 않는 구성으로 해도 된다. 즉, 펀치측 볼록 곡면부(31C) 및 다이측 오목 곡면부(32C)를 평면상으로 성형해도 된다.

- [0041] 또한, 프레스 성형품(20)에 있어서의 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1) 및 제2 휨 형상(23a-2, 23b-2)은, 일정한 곡률을 갖는 형상으로 형성되어 있다. 구체적으로는, 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1) 및 제2 휨 형상(23a-2, 23b-2)의 곡률 반경이, 모두 10mm~800mm 이하로 되도록, 펀치측 오목 곡면부(31B), 펀치측 볼록 곡면부(31C), 다이측 볼록 곡면부(32B), 다이측 오목 곡면부(32C)가 형성되어 있다. 이 곡률 반경이 10mm 미만이면, 프레스 성형품(26)의 종벽(23a, 23b)에 벤딩 흔적이 발생하여, 블랭크의 인장 강도가 590MPa 이상인 경우에는, 벤딩 크랙이 발생할 우려가 있다. 한편, 곡률 반경이 800mm 초과이면, 프레스 성형품(26)의 종벽(23a, 23b)의 판 두께 방향에 있어서의 변형 차에 대해 교정 효과가 적어져, 종벽(23a, 23b)의 스프링백(백 휨)을 감소시킬 수 없을 가능성이 있다. 또한, 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1) 및 제2 휨 형상(23a-2, 23b-2)이, 타원 호 형상, 복수의 곡률을 갖는 형상 등이어도 된다.
- [0042] 또한, 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1)의 단면 주위 길이와, 제2 휨 형상(23a-2, 23b-2)의 단면 주위 길이의 합계가, 프레스 성형품(26)의 종벽(23a, 23b)의 단면 주위 길이의 50% 이상으로 설정되어 있다. 이 합계가 종벽(23a, 23b)의 단면 주위 길이의 50% 미만이면, 종벽(23a, 23b)의 판 두께 방향에 있어서의 변형 차에 대한 교정 효과가 적어져, 종벽(23a, 23b)의 스프링백(백 휨)을 감소시킬 수 없을 가능성이 있다.
- [0043] 또한, 도 1a 및 도 1b에 도시되는 바와 같이, 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1)과, 제2 휨 형상(23a-2, 23b-2)은, 연속해서 형성되도록 펀치(31) 및 다이(32)에 있어서의 종벽(23a, 23b)을 성형하는 부분을 구성해도 되고, 양자 사이에 예를 들어 직선상부나 곡선상부 등을 개재시키도록 펀치(31) 및 다이(32)에 있어서의 종벽(23a, 23b)을 성형하는 부분을 구성해도 된다.
- [0044] 또한, 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1)의 단면 주위 길이가, 프레스 금형(30A(30B))의 폭 방향에 있어서의 펀치(31)의 코너부(31A)와 다이(32)의 코너부(32A) 사이의 거리 X 이상이며, 종벽(23a, 23b)의 단면 주위 길이의 1/2 이하로 설정되어 있다. 즉, 종벽(23a, 23b)을 성형할 때에는, 블랭크가, 펀치(31)의 코너부(31A)에 의해 압박된 부분을 기점으로 벤딩되어, 종벽(23a, 23b)이 형성되므로, 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1)의 단면 주위 길이를 거리 X 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또한, 종벽(23a, 23b)을 성형할 때에는, 블랭크가 종벽(23a, 23b)이 성형되는 부분으로 인입된다. 이로 인해, 인입되는 블랭크를 고려하여, 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1)의 단면 주위 길이를 종벽(23a, 23b)의 1/2 이하의 길이로 설정하고 있다.
- [0045] 또한, 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1)의 배치는 이하와 같이 설정되어 있다. 즉, 도 2에 도시되는 바와 같이, 우선, 제1 휨 형상(23b-1(23a-1))의 상단부(능선(22b(22a))과의 교점)를 통과하고, 또한 프레스 성형품(26)의 상하 방향(천장판(21)의 판 두께 방향)을 따른 선을 기준선 L로 한다. 그리고, 제1 휨 형상(23b-1(23a-1))의 상단부를 통과하고, 또한 제1 휨 형상(23b-1(23a-1))에 접하는 접선을 접선 L1로 하면, 접선 L1이 종벽(23b(23a))의 선단측으로 향함에 따라서 프레스 성형품(20)의 폭 방향 외측으로 경사져 있다. 환언하면, 기준선 L에 대한 접선 L1의 경사 각도를 $\theta 1$ 로 하면, 경사 각도를 $\theta 1$ 이 음의 값으로 되지 않도록 설정하고 있다. 즉, 경사 각도 θ 가 음의 값으로 되는 경우에는, 접선 L1이 종벽(23b(23a))의 선단측으로 향함에 따라서 프레스 성형품(20)의 폭 방향 내측으로 경사진다. 이로 인해, 이 경우에 있어서, 펀치(31) 및 다이(32)에 의해 프레스 성형품(20)을 성형하면, 펀치측 오목 곡면부(31B) 및 다이측 볼록 곡면부(32B)의 일부가, 제1 휨 형상(23b-1(23a-1))과 상하 방향으로 랩하는(겹치는) 상태로 된다. 이에 의해, 펀치(31) 및 다이(32)를 상하 방향으로 이형할 때, 펀치측 오목 곡면부(31B) 및 다이측 볼록 곡면부(32B)에 의해 제1 휨 형상(23b-1(23a-1))이 비틀려, 프레스 성형품(26)에 흠집이 발생할 가능성이 있다. 따라서, 프레스 성형품(26)의 흠집 발생을 방지하기 위해, 경사 각도를 $\theta 1$ 이 음의 값으로 되지 않도록 설정하고 있다.
- [0046] 또한, 종벽(23a, 23b)이 S자상 횡단면 형상으로 형성되기 전의, 블랭크에 있어서의 종벽 형성 예정부는, 횡단면에서 직선상일 필요는 없고, 예를 들어 오목 형상이나 만곡 형상 등이 S자 횡단면 형상을 형성하기 전에 형성되어 있어도 된다.
- [0047] 다음으로, 프레스 성형품의 제조 방법에 대해 설명하면서, 본 개시의 프레스 성형품의 제조 방법 작용 및 효과에 대해 설명한다.
- [0048] 프레스 성형품의 제조 방법에서는, 제1 프레스 성형을 갖고 있다. 이 제1 프레스 성형에서는, 도 1a에 도시하는 바와 같이 블랭크에 펀치(31), 다이(32) 및 블랭크 홀더(33)를 사용하여 드로잉 성형에 의한 프레스 성형을 행하는 것, 또는 도 1b에 도시하는 바와 같이 블랭크에 펀치(31), 다이(32) 및 다이 패드(34)를 사용하여 벤딩 성형에 의한 프레스 성형을 행함으로써, 프레스 성형품(26)을 제조한다. 또한, 제1 프레스 성형으로서, 그 밖의 공법을 이용해도 된다. 예를 들어, 펀치와 다이 및 다이패드와 블랭크 홀더를 사용하여 행하는 패드 드로잉 공법이나, 펀치와 다이를 사용하여 행하는 스탬핑 공법, 나아가 펀치와 다이 및 다이 패드를 사용하여 행하는

캠 벤딩 공법 등을 들 수 있다.

- [0049] 그리고, 도 1a에 도시되는, 블랭크에 드로잉 성형을 실시하는 제1 프레스 성형을 예로 하면, 제1 프레스 성형에서는, 블랭크의 길이 방향 양단부를, 한 쌍의 블랭크 홀더(33)와 다이(32)에 의해 끼움 지지한다. 그리고, 도 5a에 도시되는 바와 같이, 펀치(31)를 상방측으로 이동시켜 다이(32)에 접근시킨다. 또한, 도 5b에 도시되는 바와 같이, 이 상태에서부터 펀치(31)를 상방측으로 더 이동시켜 다이(32)의 오목부 내에 삽입시킨다. 이로 인해, 블랭크가 펀치(31)의 코너부(31A)에 의해 벤딩됨과 함께, 다이(32)의 코너부(32A)에 의해 벤딩된다. 이때, 펀치(31)의 코너부(31A)와 다이(32)의 코너부(32A)는, 프레스 금형(30A, 30B)의 폭 방향으로 이격되어 있으므로, 블랭크에 있어서의 종벽(23a, 23b)의 기단부측에 형성되는 부분은, 펀치(31)의 코너부(31A)의 직경 방향 외측으로 볼록해지도록 만곡되고, 블랭크에 있어서의 종벽(23a, 23b)의 선단측에 형성되는 부분은, 다이(32)의 코너부(32A)의 직경 방향 외측으로 볼록해지도록 만곡된다.
- [0050] 그리고, 펀치(31)를 더욱 상방측으로 이동시켜, 펀치(31)와 다이(32)에 의해 블랭크를 가압 끼움 지지함으로써, 프레스 성형품(20)이 성형된다(도 1a 참조). 이에 의해, 펀치(31)의 코너부(31A)(도 5b 참조) 및 다이(32)의 코너부(32A)(도 5b 참조)에 의해 벤딩된 블랭크가 굽힘 퍼짐되어 종벽(23a, 23b)이 형성된다. 이와 같이, 종벽(23a, 23b)이 성형될 때에는, 펀치(31) 및 다이(32)에 의해 블랭크가 굽힘, 퍼짐 변형되어, 종벽(23a, 23b)에는, 종벽(23a, 23b)의 관 두께 방향에 있어서의 응력 차(종벽(23a, 23b)의 표면(외측면)의 응력과 이면(내측면)의 응력의 차)에 의한 모멘트가 발생한다.
- [0051] 구체적으로는, 성형 후의 종벽(23a, 23b)의 기단부측의 부분에는, 표면(외측면)에 압축 응력이 작용하고, 이면(내측면)에 인장 응력이 작용한다. 이로 인해, 종벽(23a, 23b)의 기단부측의 부분에는, 종벽(23a, 23b)의 표면(외측면)의 응력과 이면(내측면)의 응력의 차에 의해, 종벽(23a, 23b)의 기단부측의 부분이 프레스 성형품(20)의 내측으로 말리도록 휘는(환언하면, 종벽(23a, 23b)의 표면측으로 볼록하게 휘는) 모멘트(내측 휨 모멘트)가 발생한다(도 3의 점선으로 나타내어지는 종벽(23a, 23b)의 기단부측의 부분을 참조).
- [0052] 한편, 성형 후의 종벽(23a, 23b)의 선단측의 부분에는, 표면(외측면)에 인장 응력이 작용하고, 이면(내측면)에 압축 응력이 작용한다. 이로 인해, 종벽(23a, 23b)의 선단측의 부분에는, 종벽(23a, 23b)의 표면(외측면)의 응력과 이면(내측면)의 응력의 차에 의해, 종벽(23a, 23b)의 선단측의 부분이 프레스 성형품(20)의 외측으로 말리도록 휘는(환언하면, 종벽(23a, 23b)의 이면측으로 볼록하게 휘는) 모멘트(외측 휨 모멘트)가 발생한다(도 3의 점선으로 나타내어지는 종벽(23a, 23b)의 선단측의 부분을 참조).
- [0053] 여기서, 펀치(31)에 있어서의 종벽(23a, 23b)의 기단부측의 부분(천장판(21) 및 능선(22a, 22b)측의 부분)을 성형하는 부분에는, 펀치측 오목 곡면부(31B)가 형성되어 있고, 펀치(31)에 있어서의 종벽(23a, 23b)의 선단측의 부분(곡선부(24a, 24b) 및 플랜지(25a, 25b)측의 부분)을 성형하는 부분에는, 펀치측 볼록 곡면부(31C)가 형성되어 있다. 또한, 다이(32)에 있어서의 종벽(23a, 23b)의 기단부측의 부분을 성형하는 부분에는, 다이측 볼록 곡면부(32B)가 형성되어 있고, 다이(32)에 있어서의 종벽(23a, 23b)의 선단측의 부분을 성형하는 부분에는, 다이측 오목 곡면부(32C)가 형성되어 있다.
- [0054] 이로 인해, 도 1a 및 도 1b에 도시되는 바와 같이, 제1 프레스 성형 종료 후 또한 프레스 금형(30A)의 이형 전의 상태에서는, 한 쌍의 종벽(23a, 23b)에 있어서의 기단부측의 부분이, 종벽(23a, 23b)의 이면측으로 볼록해지는 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1)으로 펀치측 오목 곡면부(31B) 및 다이측 볼록 곡면부(32B)에 의해 가압 끼움 지지된다. 한편, 한 쌍의 종벽(23a, 23b)의 선단측의 부분이, 종벽(23a, 23b)의 표면측으로 볼록해지는 제2 휨 형상(23a-2, 23b-2)으로 펀치측 볼록 곡면부(31C) 및 다이측 오목 곡면부(32C)에 의해 가압 끼움 지지된다. 즉, 이형 전에 있어서의 프레스 성형품(20)에서는, 한 쌍의 종벽(23a, 23b)이, S자상 횡단면 형상으로 되도록, 펀치(31) 및 다이(32)에 의해 가압 끼움 지지된다.
- [0055] 이에 의해, 프레스 금형(30A)의 이형 전의 프레스 성형품(20)에서는, 상기 내측 휨 모멘트에 의해 종벽(23a, 23b)의 표면측(프레스 성형품(20)의 외측)으로 볼록하게 휘려고 하는 종벽(23a, 23b)의 기단부측의 부분이, 종벽(23a, 23b)의 이면측으로 볼록하게 휘는 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1)으로 교정된다. 또한, 프레스 성형품(20)에서는, 상기 외측 휨 모멘트에 의해 종벽(23a, 23b)의 이면측(프레스 성형품(20)의 내측)으로 볼록하게 휘려고 하는 종벽(23a, 23b)의 선단측의 부분이, 종벽(23a, 23b)의 표면측으로 볼록하게 휘는 제2 휨 형상(23a-2, 23b-2)으로 교정된다. 따라서, 종벽(23a, 23b)의 기단부측의 부분에 발생하는 내측 휨 모멘트가 캔슬됨과 함께, 종벽(23a, 23b)의 선단측의 부분에 발생하는 외측 휨 모멘트가 캔슬된다. 그 결과, 도 4a에 도시되는 바와 같이, 프레스 금형(30A)의 이형 시에 펀치(31) 및 다이(32)에 의한 가압이 프레스 성형품(20)에 대해 제거되었을 때에는, 종벽(23a, 23b)의 기단부측의 부분 및 선단측의 부분의 관 두께 방향에 있어서의 변형 차가 저감

되어, 종벽(23a, 23b)(도 4a에서는, 종벽(23b)만을 도시하고 있음)의 벽 힘의 발생을 억제할 수 있다.

[0056] 그리고, 도 4a에 도시되는 프레스 성형품(26)의 형상이 제품 형상을 만족시키는 경우에는, 프레스 성형품(26)을 이대로 최종 제품으로 하면 된다. 그러나, 프레스 성형품(26)에 있어서, 능선(22a, 22b)을 더 압입할 필요가 있는 경우에는, 제1 프레스 성형에 계속해서, 프레스 성형품(26)을 리스트라이킹하여 최종 제품으로서의 프레스 성형품을 성형해도 된다. 즉, 제1 프레스 성형 후에, 리스트라이킹용 펀치 및 리스트라이킹용 다이를 사용하여 제2 프레스 성형을 행하여 능선(22a, 22b)을 리스트라이킹에 의해 더 압입함으로써, 도 4b에 도시하는 원하는 단면 형상을 갖는 최종 제품으로 하면 된다(도 4b에서는, 종벽(23b)만을 도시하고 있음). 또한, 프레스 성형품(26)을 리스트라이킹하는 리스트라이킹용 펀치 및 리스트라이킹용 다이에서는, 종벽(23a, 23b)을 성형하는 면이 평면상(횡단면에서 직선상)으로 형성되어 있다.

[0057] 이와 같이, 본 개시의 프레스 성형품의 제조 방법에 의하면, 예를 들어 590MPa 이상, 780MPa 이상, 경우에 따라서는 980MPa 이상과 같은 높은 인장 강도를 갖는 프레스 성형품(26)에 있어서, 종벽(23a, 23b)에 비드나 단차를 형성하는 일 없이, 종벽(23a, 23b)의 스프링백(종벽 힘)을 실질적으로 해소하면서, 프레스 성형품(26)을 제조할 수 있다.

[0058] 또한, 프레스 성형품(20)에 있어서의 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1) 및 제2 휨 형상(23a-2, 23b-2)의 곡률 반경이, 모두 10mm~800mm 이하로 되도록, 펀치측 오목 곡면부(31B), 펀치측 볼록 곡면부(31C), 다이측 볼록 곡면부(32B), 다이측 오목 곡면부(32C)가 형성되어 있다. 이에 의해, 프레스 성형품(26)의 종벽(23a, 23b) 전체의 벽 힘을 양호하게 저감시킬 수 있다.

[0059] 또한, 프레스 성형품(20)에 있어서의 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1)의 단면 주위 길이와, 제2 휨 형상(23a-2, 23b-2)의 단면 주위 길이의 합계가, 프레스 성형품(26)의 종벽(23a, 23b)의 단면 주위 길이의 50% 이상으로 설정되어 있다. 이에 의해, 프레스 성형품(26)의 종벽(23a, 23b) 전체의 벽 힘을 효과적으로 저감시킬 수 있다.

[0060] 또한, 프레스 성형품(20)에 있어서의 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1)의 단면 주위 길이가, 프레스 금형(30A(30B))의 폭 방향에 있어서의 펀치(31)의 코너부(31A)와 다이(32)의 코너부(32A) 사이의 거리 X 이상이며, 종벽(23a, 23b)의 단면 주위 길이의 1/2 이하로 설정되어 있다. 이에 의해, 제1 프레스 성형에 있어서의 벤딩 성형이나 드로잉 성형 등에 대응하여, 프레스 성형품(26)의 종벽(23a, 23b)의 벽 힘을 저감시킬 수 있다.

[0061] (실시에 1)

[0062] 실시예 1에서는, 햇형의 횡단면 형상을 갖는 프레스 성형품(26)을 제조한 경우를 예로 하고 있다. 구체적으로는, 3 수준의 강재 또한 직사각형의 블랭크(길이 250mm, 폭 27mm, 판 두께: 1.2mm, 재질: 인장 강도 1180MPa급 DP강(A강), 인장 강도 980급 DP강(B강), 인장 강도 590급 DP강(C강))에, 도 1a에 도시되는 프레스 금형(30A)을 사용하여 제1 프레스 성형을 행하여, 프레스 성형품(26)을 제조하였다. 그리고, 도 6a에는, 이형 후에 있어서의 프레스 성형품(26)이 사시도로 도시되어 있고, 도 6b에는, 이형 후에 있어서의 프레스 성형품(26)의 치수가 나타나 있다.

[0063] 그리고, 프레스 금형(30A)의 이형 전의 프레스 성형품(20)에 있어서의 종벽(23a, 23b)의 각도(종벽 각도, 상세하게는 기준선 L에 대한 종벽(23a, 23b)의 각도)와, 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1) 및 제2 휨 형상(23a-2, 23b-2)의 각각의 곡률 반경을, 도 7의 표에 나타내는 바와 같이 다양하게 변경하여, 다수의 프레스 성형품(26)(도 7의 표에 나타나는 실시예 1-(1)~실시예 1-(9))을 제조하였다.

[0064] 그리고, 도 6a 및 도 6b에 도시되는 바와 같이, 이형 후의 프레스 성형품(26)의 종벽(23b)에 있어서의 상부, 중앙부 및 하부의 3개소의 측정 위치 27~29를 통과하는 곡률 반경을 측정하여, 종벽(23b)의 스프링백(종벽(23a, 23b)의 벽 힘)을 비교예와 함께 평가하였다. 또한, 비교예에서는, 프레스 금형(30A)의 펀치(31)에 있어서 펀치측 오목 곡면부(31B) 및 펀치측 볼록 곡면부(31C)가 형성되어 있지 않고, 프레스 금형(30A)의 다이(32)에 있어서 다이측 볼록 곡면부(32B) 및 다이측 오목 곡면부(32C)가 형성되어 있지 않다. 즉, 프레스 금형(30A)의 이형 전의 비교예의 프레스 성형품에서는, 종벽(23a, 23b)이, 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1) 및 제2 휨 형상(23a-2, 23b-2)으로 형성되지 않고 대략 직선상으로 형성되도록 되어 있다.

[0065] 도 8은, 블랭크로서 인장 강도 980MPa급 DP강(B강)을 사용한 각 케이스에 대해, 비교예 3에 있어서 측정된 곡률 반경을 1로 하였을 때의, 비교예 1~3 및 실시예 1-(1)~1-(9)에 있어서 각각 측정된 곡률 반경을, 상대값으로 나타내는 그래프이다.

[0066] 또한, 도 9는, 상기 3 수준의 인장 강도 블랭크(A~C강)를 소재로 한 경우에 대해, A강으로 이루어지는 비교예

3에 있어서 측정된 곡률 반경을 1로 하였을 때의, 비교예 2, 3 및 실시예 1-(3), 1-(5)의 각각의 측정된 곡률 반경을, 상대값으로 나타내는 그래프이다.

- [0067] 그리고, 도 8의 그래프에 나타내는 바와 같이, 실시예 1-(1)~1-(9)의 프레스 성형품(26)에 있어서의 곡률이, 비교예 1~3의 프레스 성형품의 곡률의 대략 1/5보다 작게 되어 있는 것을 알 수 있다. 즉, 실시예 1-(1)~1-(9)의 프레스 성형품(26)에서는, 종벽(23a, 23b)의 벽 휨이 비교예 1~3에 비해, 대폭 억제되어, 실질적으로 해소된 것을 알 수 있다.
- [0068] 또한, 도 9의 그래프에 나타내는 바와 같이, 실시예 1-(3), 1-(5)의 프레스 성형품(26)에서는, 블랭크의 인장 강도에 따라 약간의 차가 있지만, 곡률이, 비교예 2 및 3의 프레스 성형품의 곡률에 비해 대폭 작게 되어 있는 것을 알 수 있다. 즉, 실시예 1-(3), 1-(5)의 프레스 성형품(26)에서는, 종벽(23a, 23b)의 벽 휨이 비교예 2 및 3에 비해, 대폭 억제되어, 실질적으로 해소된 것을 알 수 있다.
- [0069] 이상에 의해, 프레스 금형(30A, 30B)을 사용한 프레스 성형품의 제조 방법에 의하면, 프레스 성형품(26)의 종벽(23a, 23b)에 있어서의 벽 휨을 저감시킬 수 있다.
- [0070] (실시예 2)
- [0071] 실시예 2에서는, 실시예 1과 마찬가지로, 3 수준의 강제 또한 직사각형의 블랭크에, 도 1a에 도시되는 프레스 금형(30A)을 사용하여 제1 프레스 성형을 행하여, 프레스 성형품(26)을 제조하였다. 단, 실시예 2에서는, 프레스 금형(30A)에 있어서, 펀치(31)의 펀치측 볼록 곡면부(31C)가 형성되어 있지 않고, 다이(32)의 다이측 오목 곡면부(32C)가 형성되어 있지 않다. 즉, 이형 전의 프레스 성형품(20)에서는, 종벽(23a, 23b)의 기반부측의 부분만이, 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1)에 가압되도록 되어 있고, 종벽(23a, 23b)의 선단측의 부분은, 횡단면에서 대략 직선상으로 가압되도록 되어 있다. 또한, 실시예 2에 있어서 사용되는 블랭크는 실시예 1과 마찬가지로의 블랭크를 사용하고 있고, 실시예 2의 프레스 성형품(26)은 실시예 1과 동일한 치수를 갖고 있다.
- [0072] 그리고, 실시예 1과 마찬가지로, 이형 전의 프레스 성형품(20)의 종벽(23a, 23b)의 각도(종벽 각도)와, 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1)의 곡률 반경을, 도 7의 표에 나타내는 바와 같이 다양하게 변경하여, 다수의 프레스 성형품(26)(도 7의 표에 나타나는 실시예 2-(1)~2-(4))을 제조하였다.
- [0073] 그리고, 실시예 2에서는, 이형 후의 프레스 성형품(26)의 종벽(23b)에 있어서의 기반부측의 부분(프레스 성형품(20)의 제1 휨 형상(23b-1)에 대응하는 부분)의 상부, 중앙부 및 하부의 3개소의 측정 위치 27A~29A(도 3을 참조)를 통과하는 곡률 반경을 측정함으로써, 종벽(23b)에 있어서의 기반부측의 부분의 벽 휨을 상술한 비교예와 함께 평가하였다.
- [0074] 그리고, 도 10은, 블랭크로서 인장 강도 980MPa급 DP강(B강)을 사용한 각 케이스에 대해, 비교예 3의 측정 위치 27A~29A의 곡률 반경을 1로 한 경우에 있어서의 비교예 1~3 및 실시예 2-(1)~2-(4)의 각각의 측정 위치 27A~29A의 곡률 반경의 상대값을 나타내는 그래프이다.
- [0075] 또한, 도 11은 상기 3 수준의 인장 강도 블랭크(A~C강)를 소재로 한 경우에 대해, A강으로 이루어지는 비교예 3의 측정 위치 27A~29A의 곡률 반경을 1로 한 경우에 있어서의 비교예 2, 3 및 실시예 2-(2), 2-(3)의 각각의 측정 위치 27~29의 곡률 반경의 상대값을 나타내는 그래프이다.
- [0076] 도 10의 그래프에 나타내는 바와 같이, 실시예 2에 있어서도, 실시예 2-(1)~2-(4)의 프레스 성형품(26)에 있어서의 종벽(23a, 23b)의 벽 휨이 비교예 1~3에 비해 억제되어, 실질적으로 해소된 것을 알 수 있다. 특히, 실시예 2-(4)의 프레스 성형품(26)의 벽 휨이 비교예 1~3에 비해, 대폭 억제된 것을 알 수 있다.
- [0077] 또한, 도 11의 그래프에 나타내는 바와 같이, 각 블랭크의 인장 강도에 있어서, 실시예 2-(2), 2-(3)의 프레스 성형품(26)에 있어서의 종벽(23a, 23b)의 곡률이, 비교예 2 및 3의 프레스 성형품의 곡률에 비해 작게 되어 있는 것을 알 수 있다. 즉, 실시예 2-(2), 2-(3)의 프레스 성형품(26)에서는, 종벽(23a, 23b)의 벽 휨이 비교예 2 및 3에 비해, 억제되어, 실질적으로 해소된 것을 알 수 있다.
- [0078] 이상에 의해, 프레스 성형품(20)의 종벽(23a, 23b)의 기반부측의 부분만을, 프레스 금형(30A(30B))을 사용하여 제1 휨 형상(23a-1, 23b-1)으로 가압 끼움 지지한 경우라도, 프레스 성형품(26)의 기반부에 있어서의 종벽(23a, 23b)에 있어서의 벽 휨을 저감시킬 수 있다.
- [0079] 또한, 2014년 6월 26일에 출원된 일본 특허 출원 제2014-131901호의 개시는, 그 전체가 참조에 의해 본 명세서에 포함된다.

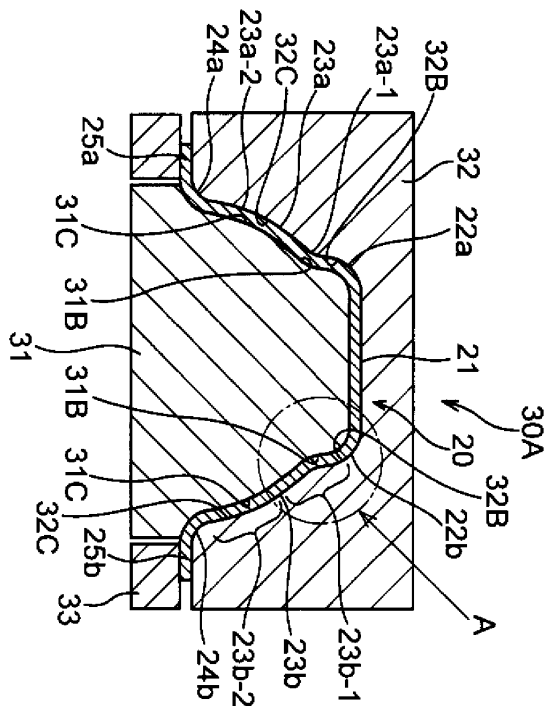
- [0080] (부기)
- [0081] 본 개시의 프레스 성형품의 제조 방법은, 제1 벽부와, 상기 제1 벽부의 길이 방향의 적어도 일방측의 단부로부터 상기 제1 벽부의 이면측으로 연장된 제2 벽부와, 상기 제2 벽부의 선단부로부터 상기 제2 벽부의 표면측으로 연장된 제3 벽부를 갖는 프레스 성형품을, 펀치 및 다이를 갖는 프레스 금형을 사용하여 제조하는 방법이며, 상기 프레스 금형의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제2 벽부의 기단부측의 부분을, 상기 제2 벽부의 이면측으로 볼록하게 휘는 제1 휨 형상으로 상기 펀치 및 상기 다이에 의해 가압 끼움 지지한다.
- [0082] 또한, 본 개시의 프레스 성형품의 제조 방법은, 상기 프레스 금형의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제2 벽부의 선단측의 부분을, 상기 제2 벽부의 표면측으로 볼록하게 휘는 제2 휨 형상으로 상기 펀치 및 상기 다이에 의해 가압 끼움 지지하는 것이 바람직하다.
- [0083] 또한, 본 개시의 프레스 성형품의 제조 방법은, 상기 프레스 금형의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제1 휨 형상 및 상기 제2 휨 형상의 곡률 반경을 10mm~800mm로 하는 것이 바람직하다.
- [0084] 또한, 본 개시의 프레스 성형품의 제조 방법은, 상기 프레스 금형의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제1 휨 형상의 단면 주위 길이와, 상기 제2 휨 형상의 단면 주위 길이의 합계가, 상기 제2 벽부의 단면 주위 길이의 50% 이상인 것이 바람직하다.
- [0085] 또한, 본 개시의 프레스 성형품의 제조 방법은, 상기 프레스 금형의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제1 휨 형상의 단면 주위 길이가, 상기 프레스 금형의 폭 방향에 있어서의 상기 펀치의 코너부와 상기 다이의 코너부 사이의 거리 이상이며, 상기 제2 벽부의 단면 주위 길이의 1/2 이하로 설정되어 있는 것이 바람직하다.
- [0086] 또한, 본 개시의 프레스 성형품의 제조 방법은, 상기 프레스 성형품의 인장 강도가 590Mpa 이상인 것이 바람직하다.
- [0087] 본 개시의 프레스 금형은, 제1 벽부와, 상기 제1 벽부의 길이 방향의 적어도 일방측의 단부로부터 상기 제1 벽부의 이면측으로 연장된 제2 벽부와, 상기 제2 벽부의 선단부로부터 상기 제2 벽부의 표면측으로 연장된 제3 벽부를 갖는 프레스 성형품을 제조하기 위한 프레스 금형이며, 서로 접근하는 방향으로 상대 이동함으로써 상기 프레스 성형품을 성형하는 펀치 및 다이를 구비하고, 상기 펀치 및 상기 다이의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제2 벽부의 기단부측의 부분을 상기 제2 벽부의 이면측으로 볼록하게 휘는 제1 휨 형상으로 가압 끼움 지지하는 제1 가압부가, 상기 펀치 및 상기 다이에 형성되어 있다.
- [0088] 또한, 본 개시의 프레스 금형은, 상기 펀치 및 상기 다이의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제2 벽부의 선단측의 부분을 상기 제2 벽부의 표면측으로 볼록하게 휘는 제2 휨 형상으로 가압 끼움 지지하는 제2 가압부가, 상기 펀치 및 상기 다이에 형성되어 있는 것이 바람직하다.
- [0089] 또한, 본 개시의 프레스 금형은, 상기 펀치 및 상기 다이의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제1 휨 형상 및 상기 제2 휨 형상의 곡률 반경을 10mm~800mm로 하도록, 상기 제1 가압부 및 상기 제2 가압부가 형성되어 있는 것이 바람직하다.
- [0090] 또한, 본 개시의 프레스 금형은, 상기 펀치 및 상기 다이의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제1 휨 형상의 단면 주위 길이와, 상기 제2 휨 형상의 단면 주위 길이의 합계가, 상기 종벽의 단면 주위 길이의 50% 이상이 되도록, 상기 제1 가압부 및 상기 제2 가압부의 단면 주위 길이가 설정되어 있는 것이 바람직하다.
- [0091] 또한, 본 개시의 프레스 금형은, 상기 펀치 및 상기 다이의 이형 전의 상태에 있어서의 횡단면시에서, 상기 제1 휨 형상의 단면 주위 길이가, 상기 프레스 금형의 폭 방향에 있어서의 상기 펀치의 코너부와 상기 다이의 코너부 사이의 거리 이상이고, 상기 제2 벽부의 단면 주위 길이의 1/2 이하로 되도록, 상기 제1 가압부의 길이가 설정되어 있는 것이 바람직하다.
- [0092] 또한, 본 개시의 프레스 성형품의 제조 방법은, 블랭크에 제1 펀치 및 제1 다이를 사용하여, 천장판과, 당해 천장판에 연결되는 능선과, 당해 능선에 연결되는 종벽과, 당해 종벽에 연결되는 곡선부와, 당해 곡선부에 연결되는 플랜지에 의해 구성되는 횡단면 형상을 갖고, 또한 상기 종벽이, 상기 능선의 측에 형성되는, 상기 횡단면 형상의 내부로 향한 곡선으로 이루어지는 볼록 형상부와, 상기 곡선부의 측에 형성되는, 상기 횡단면 형상의 외부로 향한 곡선으로 이루어지는 볼록 형상부를 갖는 S자상 횡단면 형상을 갖는 성형품으로 한 후에 이형하는 제1 프레스 성형을 행한다.

[0093]

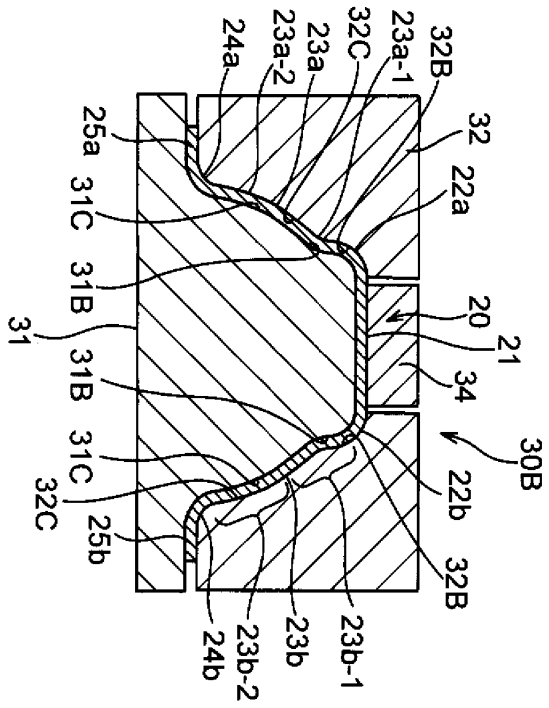
또한, 본 개시의 프레스 금형은, 블랭크를, 천장판과, 당해 천장판에 연결되는 능선과, 당해 능선에 연결되는 종벽과, 당해 종벽에 연결되는 곡선부와, 당해 곡선부에 연결되는 플랜지에 의해 구성되는 횡단면 형상을 갖고, 또한 상기 종벽이, 상기 능선의 측에 형성되는, 상기 횡단면 형상의 내부로 향한 곡선으로 이루어지는 볼록 형상부와, 상기 곡선부의 측에 형성되는, 상기 횡단면 형상의 외부로 향한 곡선으로 이루어지는 볼록 형상부를 갖는 S자상 횡단면 형상을 갖는 성형품으로 성형하는 제1 프레스 성형을 행하는 제1 펀치 및 제1 다이를 구비하는 프레스 성형품의 제조 장치이며, 상기 제1 펀치는, 상기 천장판, 상기 능선 및 상기 종벽의 일부 각각의 내면 형상과 동일한 외면 형상을 가짐과 함께, 상기 제1 다이는, 상기 천장판, 상기 능선 및 상기 종벽의 일부 각각의 외면 형상과 동일한 내면 형상을 갖는 것, 및 상기 내부로 향한 곡선으로 이루어지는 볼록 형상, 및 상기 외부로 향한 곡선으로 이루어지는 볼록 형상 각각의 곡률 반경은, 모두 10~800mm이다.

도면

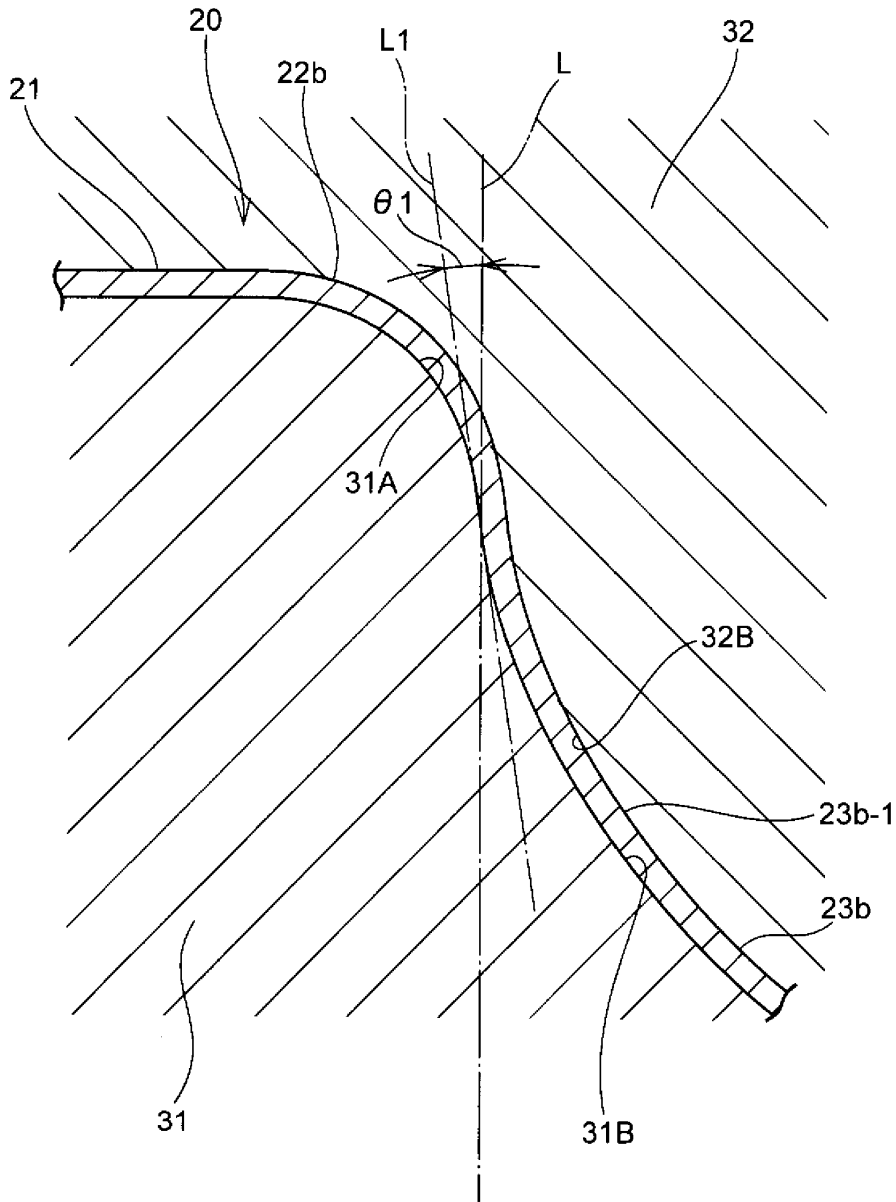
도면1a



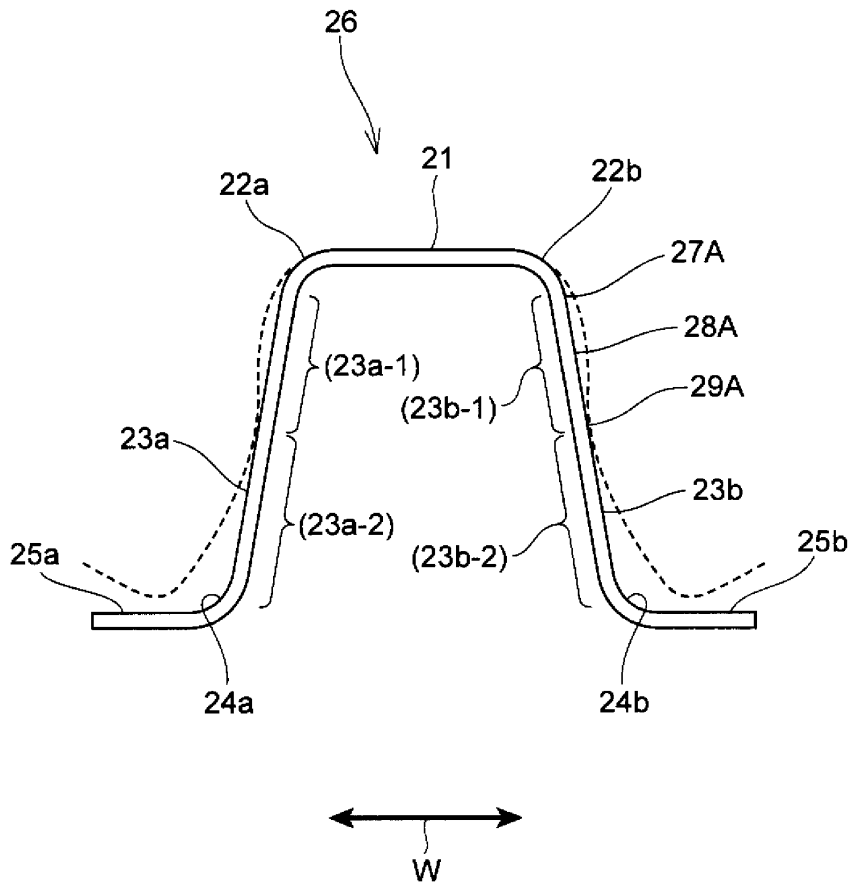
도면1b



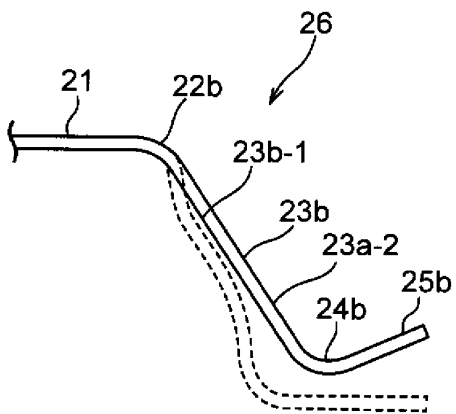
도면2



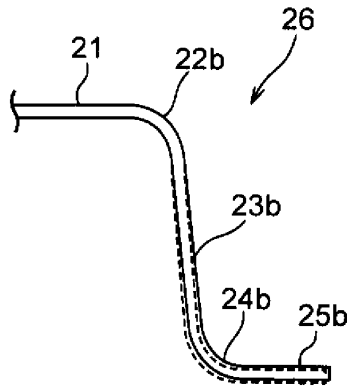
도면3



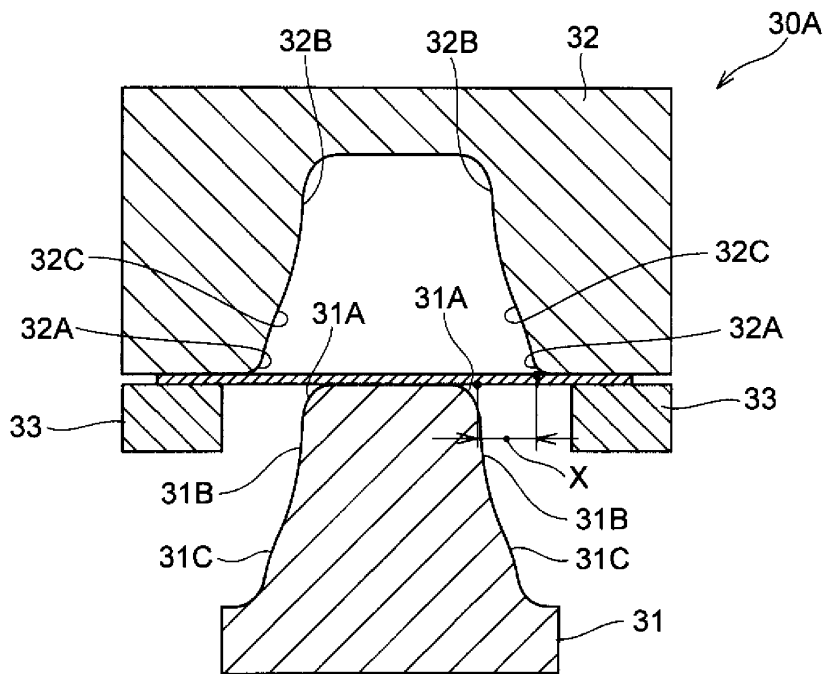
도면4a



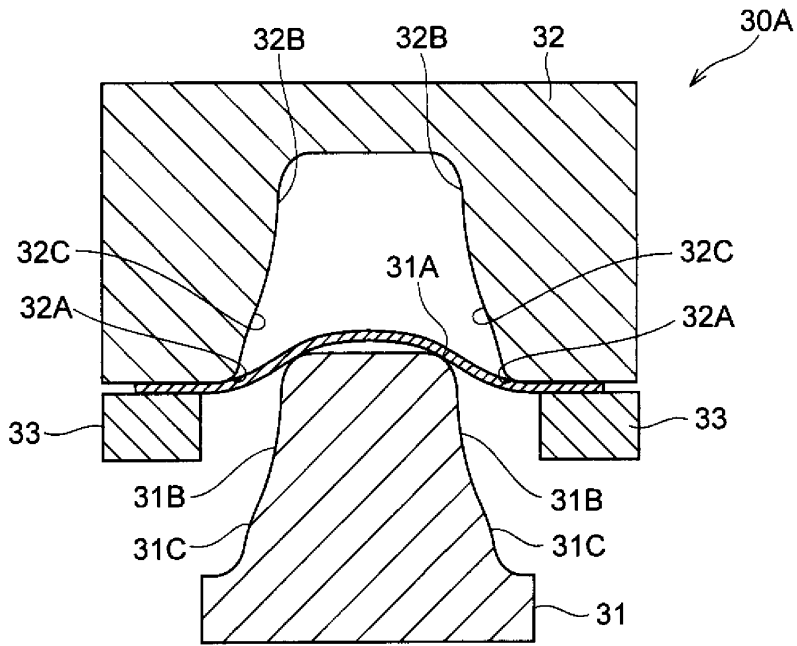
도면4b



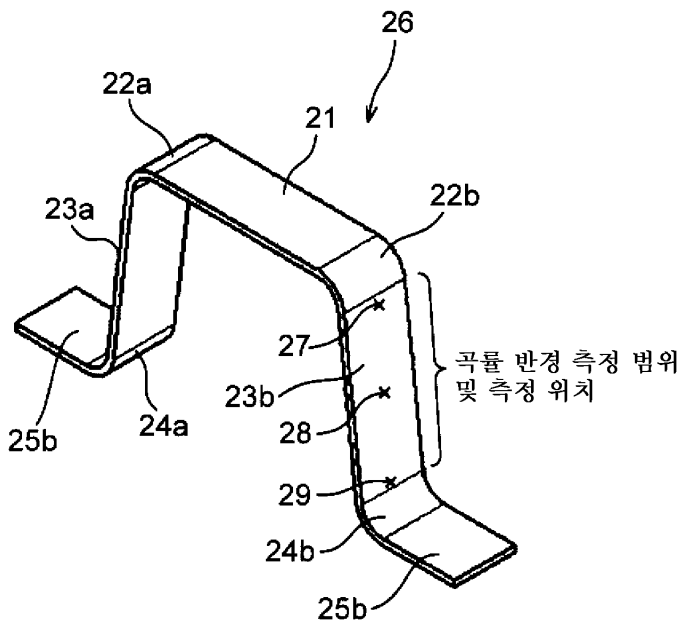
도면5a



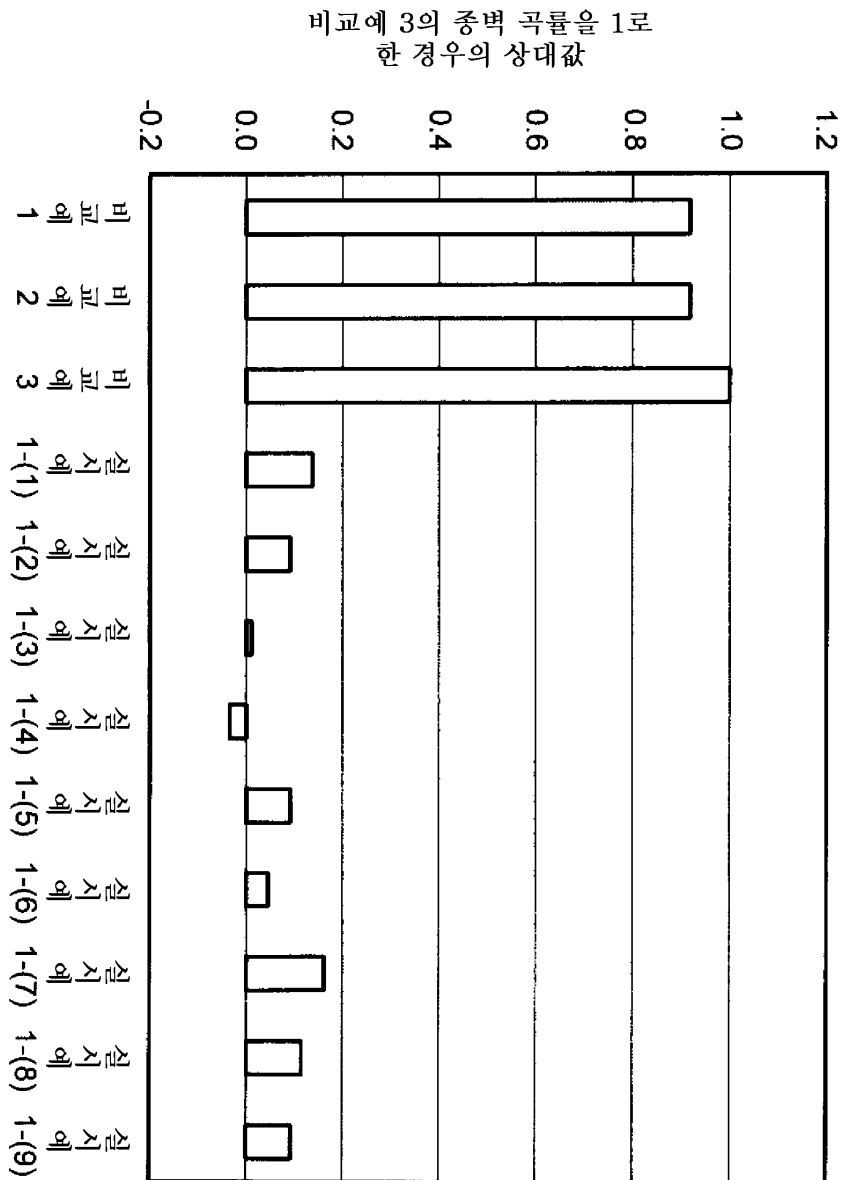
도면5b



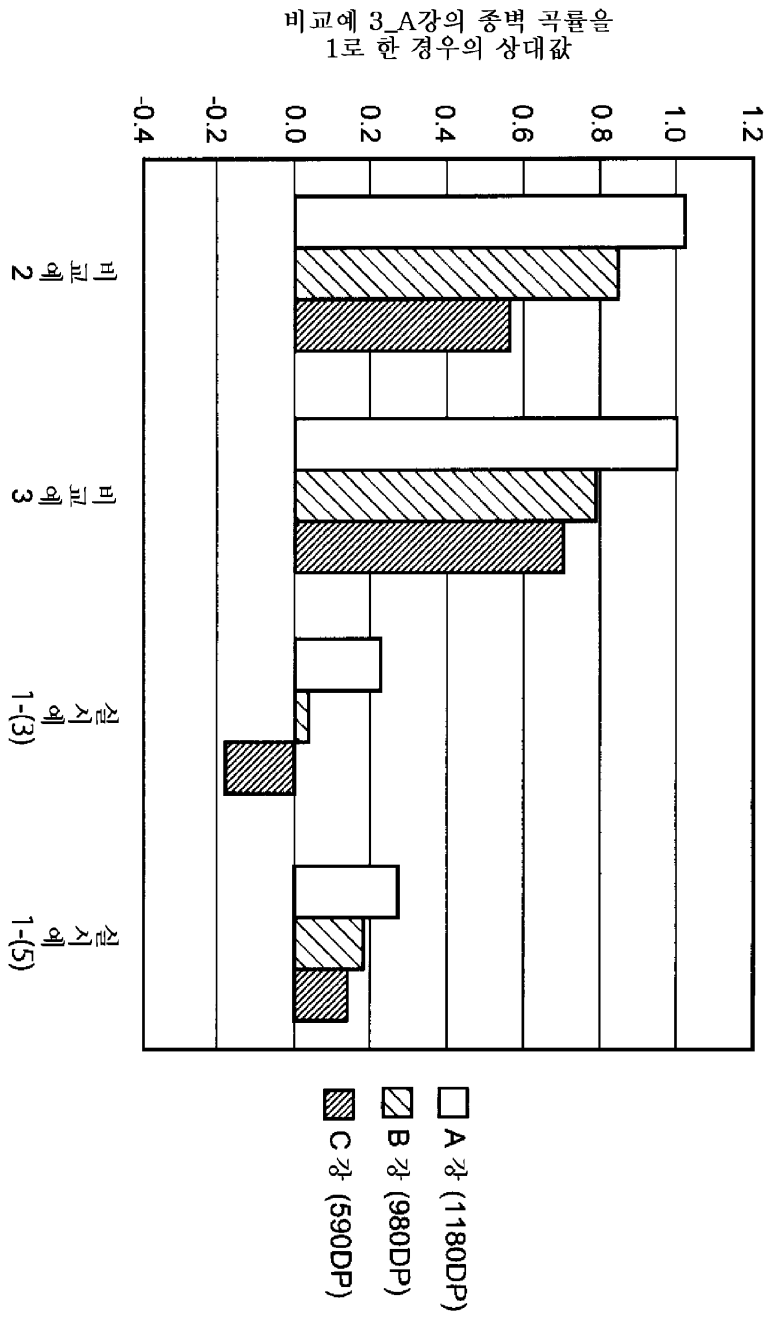
도면6a



도면8

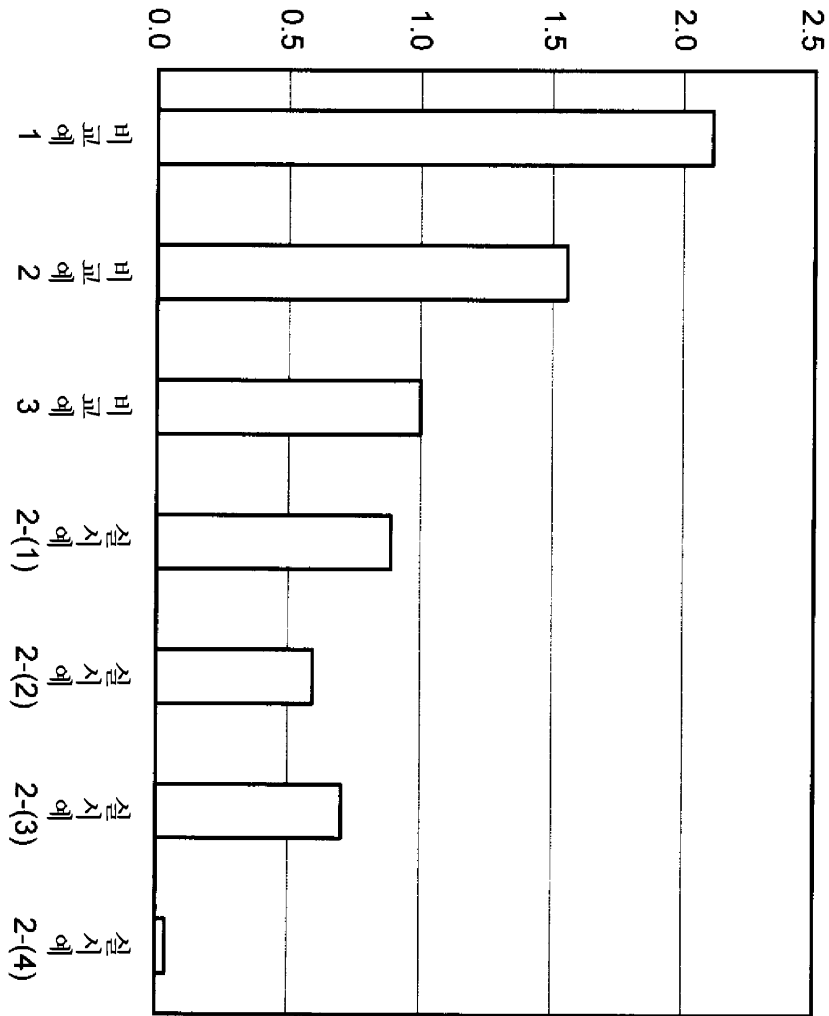


도면9

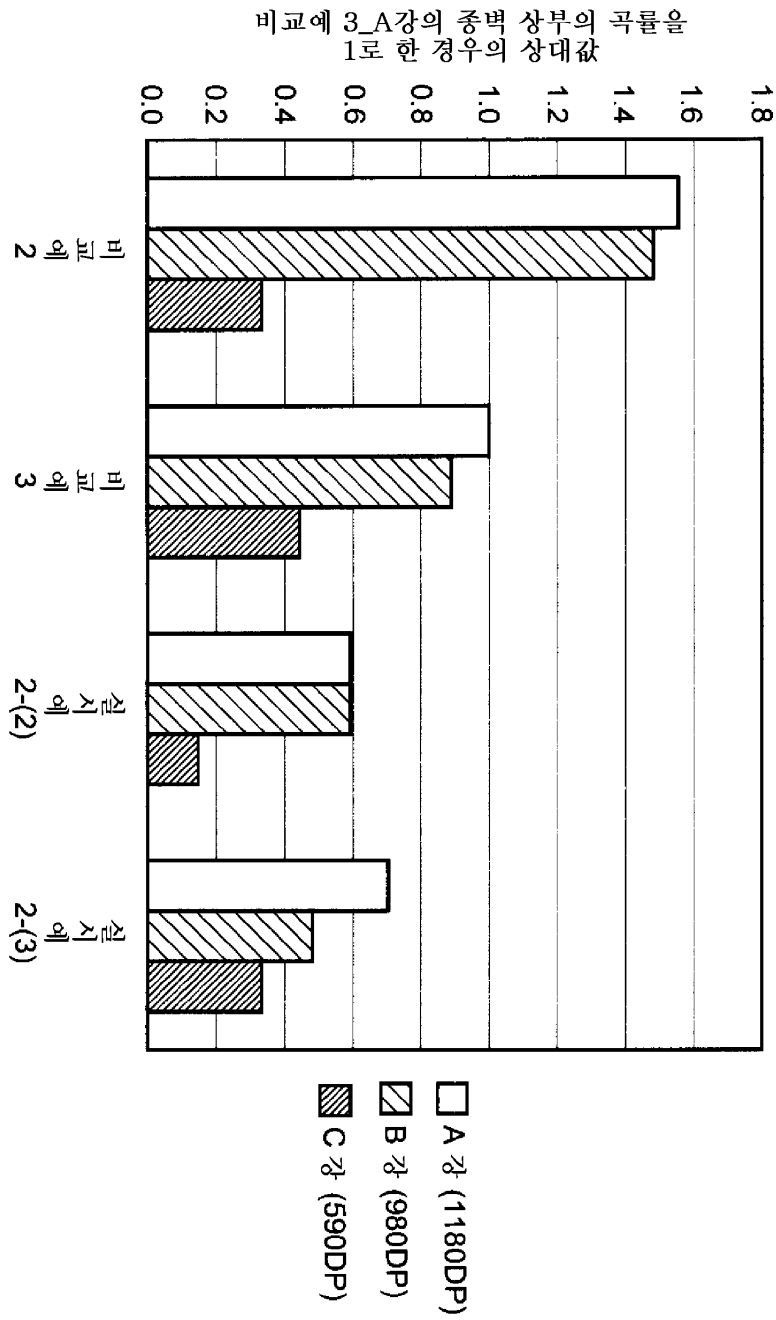


도면10

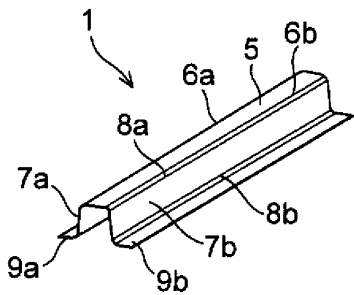
비교예 3의 종벽 상부의 곡률을
1로 한 경우의 상대값



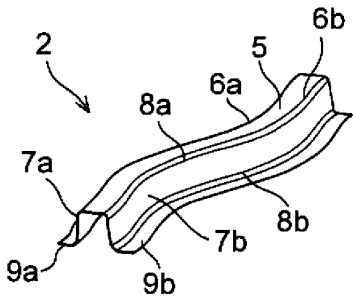
도면11



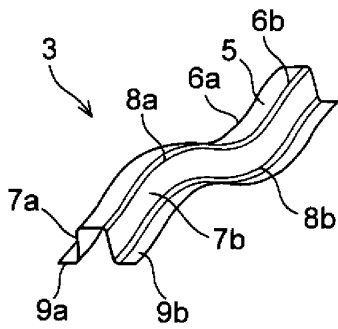
도면12a



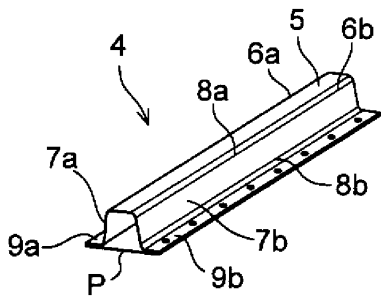
도면12b



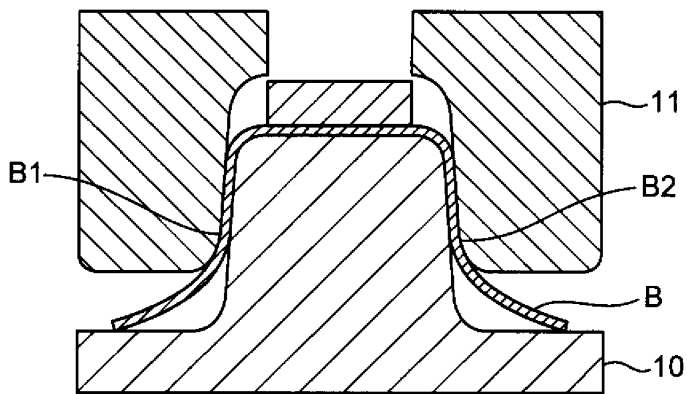
도면12c



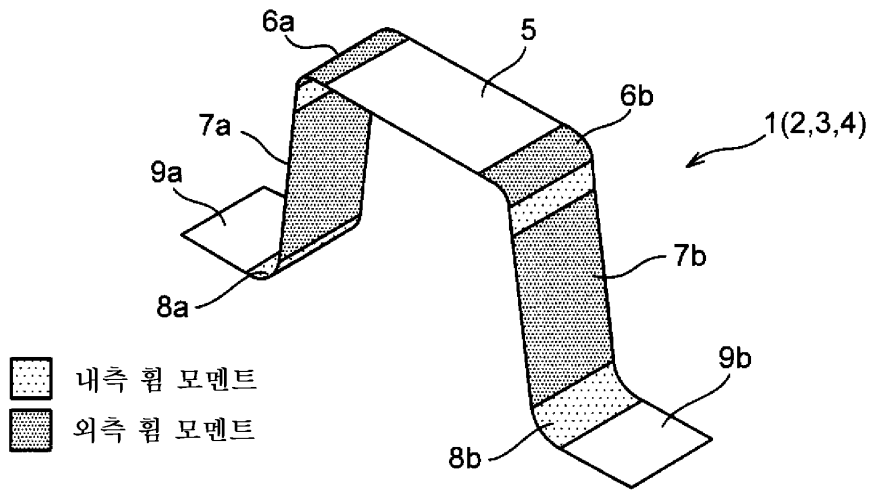
도면12d



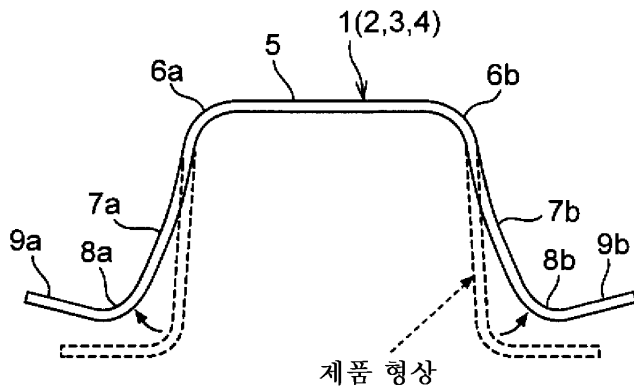
도면13a



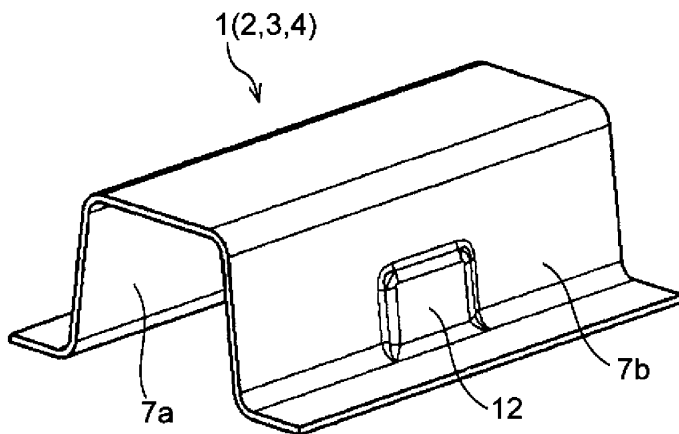
도면13b



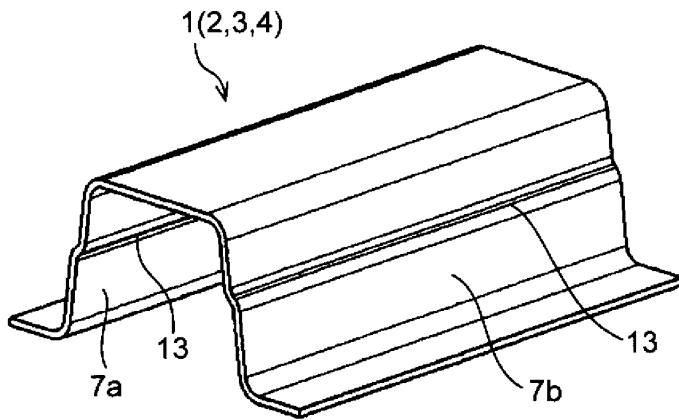
도면13c



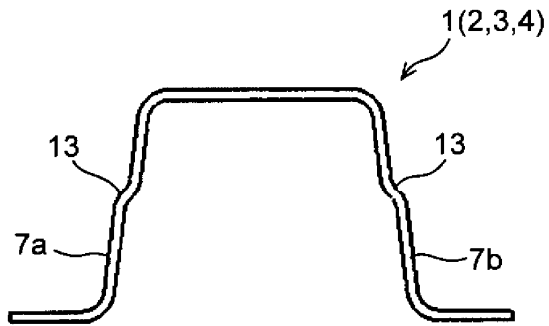
도면14a



도면14b



도면14c



도면15

