(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2017 년 5 월 26 일 (26.05.2017)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2017/086732 A1

(51) 국제특허분류:
F16C 32/06 (2006.01) *F04D 29/056* (2006.01)
F16C 17/04 (2006.01) *F01D 25/16* (2006.01)
F04D 17/10 (2006.01) *F04D 29/046* (2006.01)
F16C 27/02 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2016/013329

(22) 국제출원일: 2016 년 11 월 18 일 (18.11.2016)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2015-0161838 2015 년 11 월 18 일 (18.11.2015) KR
10-2015-0166595 2015 년 11 월 26 일 (26.11.2015) KR
10-2016-0034023 2016 년 3 월 22 일 (22.03.2016) KR
10-2016-0044117 2016 년 4 월 11 일 (11.04.2016) KR

(71) 출원인: **한온시스템 주식회사 (HANON SYSTEMS)** [KR/KR]; 34325 대전시 대덕구 신일서로 95, Daejeon (KR).

(72) 발명자: **박치용 (PARK, Chi Yong)**; 34325 대전시 대덕구 신일서로 95, Daejeon (KR). **박건웅 (PARK, Gun Woong)**; 34325 대전시 대덕구 신일서로 95, Daejeon (KR). **양현섭 (YANG, Hyun Sup)**; 34325 대전시 대덕구 신일서로 95, Daejeon (KR). **송필곤 (SONG, Pil Gon)**; 34325 대전시 대덕구 신일서로 95, Daejeon (KR). **문한석 (MUN, Han Seok)**; 34325 대전시 대덕구 신일서로 95, Daejeon (KR). **정환명 (JUNG, Hwan Myeong)**; 34325 대전시 대덕구 신일서로 95, Daejeon (KR).

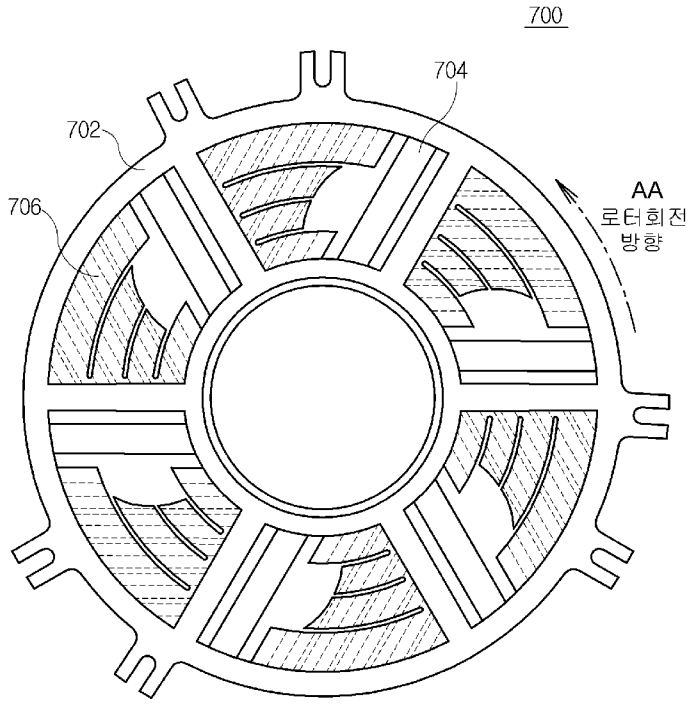
(74) 대리인: **특허법인 정안 (HONESTY & JR PARTNERS INTELLECTUAL PROPERTY LAW GROUP)**; 06103 서울시 강남구 선릉로 615, 5 층, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,

[다음 쪽 계속]

(54) **Title**: AIR FOIL BEARING

(54) **발명의 명칭** : 에어 포일 베어링



AA ... Rotation direction of rotor

(57) **Abstract**: The present invention relates to an air foil bearing. The present invention is configured such that the rigidity of bumps can be controlled by varying the width of single bumps, and has an advantage in managing the height of the bearing, since a wedge effect is realized only under the weight of an oil film as initial bumps all have the same height. Also, the present invention is capable of stably damping an impact exerted in the direction of the rotation axis of a rotor, improving bearing power, and minimizing an impact resulting from damping and has the effect of improving the durability of the air foil bearing.

(57) **요약서**: 본 발명은 에어 포일 베어링에 관한 것으로, 본 발명에 따르면 단일 범프의 폭을 가변함으로써 범프의 강성을 조절할 수 있으며, 초기 범프의 높이가 모두 동일해 유막에 의한 하중을 받을 때만 쐐기 효과가 구현되므로 베어링의 높이 관리에 유리한 측면이 있다. 또한, 로터의 회전축 방향으로 가해지는 충격을 안정적으로 댐핑하고, 지지력 향상 및 댐핑에 따른 충격을 최소화할 수 있으며, 에어 포일 베어링의 내구성이 향상되는 효과가 있다.

WO 2017/086732 A1

MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **지정국** (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

명세서

발명의 명칭: 에어 포일 베어링

기술분야

[1] 본 발명은 에어 포일 베어링에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 댐핑 효율이 향상된 에어 포일 베어링에 관한 것이다.

배경기술

[2] 베어링은 회전축을 일정한 위치에 고정시키고, 축의 자중과 축에 걸리는 하중을 지지하면서 축을 회전 가능하게 지지하는 기계 요소이다. 볼 베어링이나 저널 베어링은 유막을 이용해 축을 지지하는 방식이고, 포일 베어링은 탑 포일과 축 사이에 고압의 공기층을 형성하여 축을 지지하는 방식의 베어링이다.

[3] 에어 포일 베어링은 로터가 고속 회전할 때 로터 또는 베어링 디스크와 접하는 포일 사이에 점성을 갖는 유체인 공기가 유입되어 압력을 형성함으로써 축 하중을 지지한다.

[4] 에어 포일 베어링은 고속으로 회전하는 회전축을 지지하는데 효과적이므로, 터보 압축기나 터보 쿨러, 터보 발전기, 공기 압축기 등의 회전기기 내에서 고속으로 회전하는 회전축에 적용할 수 있다.

[5] 이러한 에어 포일 베어링의 일 예가 한국특허등록 제1396889호에 개시되어 있다.

[6] 일반적으로 에어 포일 베어링은 한 쌍의 원판 형상의 플레이트 사이에 범프 포일 및 탑 포일이 배치되는 구조를 갖는다. 에어 포일 베어링의 하중지지 능력은 베어링 내부에 형성되는 공기의 전체 압력에 의해 결정되는 것이므로 전체 압력을 높일 필요가 있다. 그러나 종래의 에어 포일 베어링은 공기의 압력을 높일 수 있는 구조가 없어 하중 지지력을 향상시키기가 어려운 문제가 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[7] 본 발명의 목적은 댐핑 효율이 향상된 에어 포일 베어링을 제공하는 것이다.

[8]

과제 해결 수단

[9] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 에어 포일 베어링은, 회전축을 회전 가능하게 지지하는 에어 포일 베어링에 있어서, 상기 에어 포일 베어링은, 원판형의 플레이트와, 상기 플레이트 상에 결합되는 복수의 범프 포일과, 상기 범프 포일의 상부에 배치되되 일단이 상기 플레이트에 결합되고 타단이 자유단인 탑 포일을 포함한다.

[10] 상기 범프 포일은 서로 이격된 복수 개의 열로 배치된 복수의 단일 범프를 포함하며, 상기 단일 범프의 강성은 상기 플레이트의 내경 쪽에서 외경 쪽으로

갈수록 점차 커지거나 동일한 것을 특징으로 한다.

[11] 상기 단일 범프의 각 열의 폭(A~D)은 상기 플레이트의 외경 쪽으로 갈수록 점차 커지거나, 상기 단일 범프의 폭(A~D)은 상기 플레이트의 내경 쪽 복수 개보다 외경 쪽 복수 개가 크게 형성된 것을 특징으로 한다.

[12] 상기 단일 범프의 범프 산(L)의 길이는 상기 플레이트의 내경 쪽에서 외경 쪽으로 갈수록 커지는 것을 특징으로 한다.

[13] 상기 플레이트의 내경 및 외경 쪽에 배치된 상기 단일 범프의 호의 길이가 내측에 배치된 상기 단일 범프의 호의 길이보다 길게 형성된 것을 특징으로 한다.

[14] 상기 범프 포일은 상기 플레이트의 반경 방향에 경사지게 배치되는 제1 내지 제5 단일 범프를 포함하고, 상기 제1 내지 제5 단일 범프는 제1 내지 제4 열을 이루며 서로 이격되며, 상기 단일 범프의 강성은 상기 플레이트의 내경 쪽에서 외경 쪽으로 갈수록 점차 커지거나 동일한 것을 특징으로 한다.

[15] 상기 단일 범프의 상기 제1 내지 제4 열의 폭(A~D)은 상기 플레이트의 외경 쪽으로 갈수록 점차 커지는 것을 특징으로 한다.

[16] 상기 단일 범프의 상기 제3 및 제4 열의 폭(C, D)은 상기 플레이트의 상기 제1 및 제2열의 폭(A, B) 보다 크게 형성된 것을 특징으로 한다.

[17] 상기 단일 범프의 범프 산(L)의 길이는 상기 플레이트의 내경 쪽에서 외경 쪽으로 갈수록 커지는 것을 특징으로 한다.

[18] 상기 단일 범프의 상기 제1 및 제4 열의 호의 길이가 상기 제2 및 제3열의 호의 길이보다 길게 형성된 것을 특징으로 한다.

[19] 또한, 본 발명은 회전축을 회전 가능하게 지지하는 에어 포일 베어링에 있어서, 상기 에어 포일 베어링은, 원판형의 플레이트와, 상기 플레이트 상에 결합되는 복수의 범프 포일과, 상기 범프 포일의 상부에 배치되되 일단이 상기 플레이트에 결합되고 타단이 자유단인 탑 포일을 포함하며, 상기 범프 포일은 제1 포일과, 상기 제1 포일의 내측에 배치되는 제2 포일을 포함하는 에어 포일 베어링을 제공한다.

[20] 상기 제1 포일과 상기 제2 포일은 슬릿을 사이에 두고 상호 이격된 것을 특징으로 한다.

[21] 상기 제1 포일은 상기 제2 포일 보다 큰 강성을 갖는 것을 특징으로 한다.

[22] 상기 제1 포일과 상기 제2 포일은 서로 다른 재질로 만들어지는 것을 특징으로 한다.

[23] 상기 제1 포일과 상기 제2 포일은 동일한 재질로 만들어지는 것을 특징으로 한다.

[24] 상기 제1 포일의 두께는 상기 제2 포일의 두께보다 두꺼운 것을 특징으로 한다.

[25] 상기 제1 포일의 범프 폭은 상기 제2 포일의 범프 폭 보다 작은 것을 특징으로 한다.

[26] 상기 제2 포일은 내측에 폭을 이등분하는 슬릿이 형성되며, 상기 제1 포일 및

제2 포일 사이의 상기 슬릿의 폭은 상기 제2 포일의 상기 슬릿 폭에 대응하는 것을 특징으로 한다.

[27] 상기 제2 포일은 내측에 폭을 이등분하는 슬릿이 형성되며, 상기 제1 포일 및 제2 포일 사이의 상기 슬릿의 폭은 상기 제2 포일의 상기 슬릿 폭 보다 큰 것을 특징으로 한다.

[28] 상기 제1 포일 및 제2 포일은 복수 개로 구비되며, 상기 제1 포일 및 제2 포일은 서로 상이한 폭 및 형상을 갖는 제2 슬릿을 사이에 두고 배치되는 것을 특징으로 한다.

[29] 상기 제1 포일과 제2 포일 사이의 제1 슬릿은 일단부에서 타단부까지 동일한 폭으로 형성되는 것을 특징으로 한다.

[30] 상기 제2 포일 사이의 제2 슬릿은 로터 회전 방향 쪽 단부에서 상기 제1 포일 및 제2 포일을 연결하는 트레일링 에지(F) 쪽에서 상기 트레일링 에지(F)의 반대쪽으로 갈수록 그 폭이 커지는 형상인 것을 특징으로 한다.

[31] 상기 제2 포일 사이의 제2 슬릿은 상기 트레일링 에지(F)의 반대쪽으로 갈수록 그 폭이 단차지게 커지는 것을 특징으로 한다.

[32] 상기 제2 포일은 상기 트레일링 에지(F)의 반대쪽 단부의 폭이 상기 트레일링 에지(F)쪽 단부의 폭보다 작은 것을 특징으로 한다.

[33] 상기 제2 포일은 서로 마주보는 일측에 계단형으로 꺾인 적어도 하나의 단차부와, 상기 로터 회전 방향을 따라 연장되어 상기 단차부를 연결하는 연결부를 포함한다.

[34] 상기 제1 포일은 상기 트레일링 에지(F)의 반대쪽 단부가 스팟 용접(spot welding)되는 것을 특징으로 한다.

[35] 상기 제1 포일의 범프 높이는 상기 제2 포일의 범프 높이보다 작은 것을 특징으로 한다.

[36] 상기 슬릿의 상기 트레일링 에지(F) 쪽 단부에서 상기 트레일링 에지(F)까지의 거리(D)는 범프 피치(C)의 2배 값보다 작거나 같은 것을 특징으로 한다.

[37] 본 발명은 회전축을 회전 가능하게 지지하는 에어 포일 베어링에 있어서, 상기 에어 포일 베어링은, 원판형의 플레이트와, 상기 플레이트 상에 결합되는 복수의 범프 포일과, 상기 범프 포일의 상부에 배치되되 일단이 상기 플레이트에 결합되고 타단이 자유단인 탑 포일을 포함하며, 상기 범프 포일은 로터 회전방향의 반대 방향을 향해 연장 형성된 제1 포일 내지 제4 포일을 포함하는 에어 포일 베어링을 제공한다.

[38] 상기 제1 포일 내지 제4 포일은 상기 로터 회전방향에 대응하는 단부가 하나로 연결된 것을 특징으로 한다.

[39] 상기 각각의 제1 포일 내지 제4 포일의 상기 로터 회전방향의 반대 방향 쪽 단부에 인접하여 구비된 첫 번째 범프 산(A)과 이웃한 다른 범프 산의 높이가 상이한 것을 특징으로 한다.

[40] 상기 제1 포일 내지 제4 포일의 상기 첫 번째 범프 산(A)의 높이는 상기 이웃한

다른 범프 산의 높이보다 낮은 것을 특징으로 한다.

[41] 상기 제1 포일 내지 제4 포일의 상기 첫 번째 범프 산(A)의 높이는 상기 이웃한 다른 범프 산 높이의 70% 이내인 것을 특징으로 한다.

[42] 상기 탑 포일은 상기 플레이트와 이격 간격이 점차 커지는 경사 구간(L1)과, 상기 플레이트와의 이격 간격이 균일한 평면 구간(L2)를 갖는 것을 특징으로 한다.

[43] 상기 제1 포일 내지 제4 포일의 상기 첫 번째 범프 산(A)은 상기 탑 포일의 상기 평면 구간(L2)가 시작되는 위치에 대응하는 것을 특징으로 한다.

[44] 상기 제1 포일 및 제4 포일의 상기 첫 번째 범프 산(A)에 인접한 단부(B)는 상기 플레이트에 스팟 용접(spot welding)되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[45] 본 발명의 일 실시 예에 따른 에어 포일 베어링은 단일 범프의 폭을 가변함으로써 범프의 강성을 조절할 수 있으며, 초기 범프의 높이가 모두 동일해 유막에 의한 하중을 받을 때만 쐐기 효과가 구현되므로 베어링의 높이 관리에 유리한 측면이 있다.

[46] 또한, 로터의 회전축 방향으로 가해지는 충격을 안정적으로 댐핑하고, 지지력 향상 및 댐핑에 따른 충격을 최소화할 수 있으며, 에어 포일 베어링의 내구성이 향상되는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[47] 도 1은 본 발명의 에어 포일 베어링이 설치된 예를 도시한 단면도,

[48] 도 2는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 에어 포일 베어링을 도시한 평면도,

[49] 도 3은 도 2에 따른 범프 포일을 도시한 모식도,

[50] 도 4는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 에어 포일 베어링을 도시한 평면도,

[51] 도 5는 본 발명의 제3 실시 예에 따른 에어 포일 베어링을 도시한 평면도,

[52] 도 6 및 도 7은 각기 다른 실시 예에 따른 에어 포일 베어링의 용접 부위를 도시한 평면도,

[53] 도 8은 도 6의 에어 포일 베어링에 따른 압력 분포를 도시한 그래프,

[54] 도 9는 본 발명의 제4 실시 예에 따른 에어 포일 베어링을 도시한 평면도,

[55] 도 10은 본 발명의 제5 실시 예에 따른 에어 포일 베어링을 도시한 평면도 및 측면도,

[56] 도 11은 본 발명의 제6 실시 예에 따른 에어 포일 베어링을 도시한 평면도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[57] 이하에서는 도면을 참조하여, 본 발명의 일 실시 예에 따른 에어 포일 베어링에 대해 상세히 설명하기로 한다.

[58] 도 1은 본 발명의 에어 포일 베어링이 설치된 예를 도시한 단면도이다.

[59] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시 예에 따른 에어 포일 베어링은 고속으로 회전하는 회전축이 구비된 기계장치에 설치된다. 본 명세서에서는

편의상 공기 압축기(10)에 장착된 블로어 모터(600)의 회전축(650)을 지지하는데 에어 포일 베어링(700)이 설치된 것을 예로 들어 설명하고자 한다(그러나 이러한 설명은 하나의 실시 예일 뿐, 회전하는 축을 가진 기계장치 어디에 적용되어도 무방하다).

[60] 차량용 공기 압축기(10)는 외관을 형성하는 하우징(100)과, 하우징(100)의 전방에 결합되어 공기를 압축하는 임펠러(400)와, 임펠러(400)를 수용하는 임펠러 수용부(200) 및 임펠러 하우징(300)과, 하우징(100)의 후방에 결합되는 리어 커버(500)와, 하우징(100)의 내부에 설치되어 임펠러(400)를 회전 구동시키는 블로어 모터(600)를 포함하여 구성된다.

[61] 임펠러 하우징(300)의 전방 중앙에는 외부 공기가 유입되는 공기 유입구(310)가 형성되고, 전방 양측에는 공기 토출구(330)가 형성된다. 임펠러(400)는 임펠러 하우징(300)의 내부에 설치되며, 임펠러(400)를 관통하는 중공에 후술할 블로어 모터(600)의 회전축(650)이 결합된다. 즉, 임펠러(400)는 회전축(650)에 의해 지지된다. 임펠러(400)에 의해 공기 유입구(310)를 통해 흡입된 공기는 임펠러(400)에 의해 압축되어 공기 토출구(330)로 배출된다.

[62] 블로어 모터(600)는 하우징(100)의 내측에 삽입된 모터 하우징(600a)에 삽입된다. 블로어 모터(600)는 모터 하우징(600a)의 내주면에 인접하게 설치되며 중공(번호 미표기)을 갖는 스테이터(630)와, 스테이터(630)의 중공을 관통하여 설치되는 회전축(650)과, 회전축(650)의 외주면에 결합되는 로터(610)로 구성된다.

[63] 회전축(650)은 일단이 임펠러(400)의 중공에 결합된 상태에서 임펠러(400)의 후방에 설치되는 트러스트 베어링(thrust bearing, 700) 및 저널 베어링(750)에 의해 하우징(100)의 내측에 회전 가능하게 지지되고, 후방 단부 역시 후방 베어링(800)에 의해 회전 가능하게 지지된다.

[64] 이하에서는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 에어 포일 베어링에 대해 상세히 설명하기로 한다(단, 각 실시 예의 도면 부호는 각 도면에 도시된 구성만을 지칭하며, 각 실시 예 별로 동일한 구성에 대해서는 중복 설명을 생략하기로 한다).

[65] 도 2는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 에어 포일 베어링을 도시한 평면도이며, 도 3은 도 2에 따른 범프 포일을 도시한 모식도이다.

[66] 회전축(650)의 전방 쪽에는 원판 형상의 로터 디스크(번호 미표기)가 형성되며, 로터 디스크의 전방 쪽 일면 및 후방 쪽 타면에 인접하여 트러스트 베어링(700)이 삽입된다(도 1 참조).

[67] 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제1 실시 예에 따른 트러스트 베어링(700)은 에어 포일(air foil) 베어링으로, 원판형의 플레이트(702)에 복수의 부채꼴 형상의 범프 포일(706)을 안착시키고 다시 탑 포일(704)로 커버한 형태이다. 트러스트 베어링(700)의 중앙에는 회전축(650)이 삽입되는 원형의 홀이 형성된다. 회전축(650)이 트러스트 베어링(700)의 홀에 삽입된 상태에서

범프 포일(706)의 일면은 탑 포일(704)이 로터 디스크의 일면과 인접하고 타면은 플레이트(702)에 안착된다.

[68] 탑 포일(704)은 일단이 플레이트(702)에 고정되고 타단이 플레이트(702)와 이격되어 변형되는 자유단으로 형성된다. 범프 포일(706)은 부채꼴의 판 형태로 형성되며, 탑 포일(704)의 고정단과 자유단의 사이에서 탑 포일(704)과 접촉된다. 탑 포일(704)과 범프 포일(706)은 용접에 의해 플레이트(702)에 부착된다.

[69] 로터(630)의 고속회전에 따라 로터 디스크에 에어 포일 사이에 점성을 갖는 유체인 공기가 유입되어 압력을 형성함으로써 회전 시 하중을 지지한다.

[70] 동일한 피치(Pitch), 높이(Height), 길이(Length), 두께(Thickness)를 갖는 트러스트 베어링(700)에서, 하중 지지력은 공기의 점성뿐만 아니라 범프 포일(706)의 강성에도 영향을 받는다.

[71] 각 단일 범프 포일(706)이 갖는 강성은 평면상에 투영된 범프의 면적에 의해 결정되는데, 범프 포일(706)의 강성은 플레이트(702)의 내경 쪽에서 외경 쪽 방향으로 갈수록(1열에서 4열 방향으로 갈수록) 모두 균일하게 구성하거나, 점차 커지게 하는 것이 바람직하다. 그 이유는 4열 방향으로 갈수록 회전 시 하중이 집중되어 마모가 심해지기 때문에 4열 방향으로 갈수록 강성이 커지는 것이 내구성 측면에서 유리하다.

[72] 그러나 종래에는 범프 포일(706)의 각 열의 폭(A~D)을 모두 균일하게 구성하였으며, 이 경우 각각의 단일 범프(도 3의 1~5번 각각을 의미함. 로터의 회전 방향을 기준으로 순차적으로 1~5번의 번호를 부여함)의 강성이 모두 상이해진다. 특히 회전 방향의 회경측 강성이 내경측보다 낮아 균일한 강성 분포에 매우 불리해진다. 따라서 단일 범프의 각 열의 폭(A~D)을 종래와 같이 균일하게 구성하면 범프 포일(706)의 강성을 균일하게 또는 하중을 많이 받는 쪽으로 갈수록 점차 커지게 구성할 수 없다.

[73] 따라서 이를 해결하기 위해, 단일 범프(1~5)의 대각선 길이(단일 범프를 측면에서 보았을 때 볼록하게 범프 산을 이루는 부분, L)를 조절해야 하며, 대각선 길이(L)는 단일 범프(1~5)의 각 열의 폭(A~D)의 조절을 통해 변경할 수 있다(이때, 단일 범프의 범프 산 높이는 모두 동일하게 설계함).

[74] 단일 범프(1~5)의 각 열의 폭(A~D) 중 1열의 폭을 A, 2열의 폭을 B, 3열의 폭을 C, 4열의 폭을 D라고 한다면, A와 B는 동일하게 구성하고, C는 A 및 B 보다 크게, D는 C보다 크게 구성할 수 있다(A=B<C<D).

[75] 전술한 바와 같이 단일 범프의 폭을 구성하면, 범프 산(L)의 길이가 1열에서 4열로 갈수록 커지게 되며, 단일 범프의 면적 역시 커지므로 하중 지지력이 커지게 된다.

[76] 이러한 구성과 더불어, 단일 범프(1~5)의 길이(로터 회전 방향에 따른 1열~4열의 호의 길이)를 조절함으로써 유막을 형성하는 공기의 손실(leak)를 방지하는 쐐기 효과를 구현할 수 있다.

[77] 즉, 단일 범프(1~5)의 길이를 1열과 4열의 안쪽으로 2열과 3열이 요입되도록

구성함으로써 탑 포일(704)과 범프 포일(706) 사이에 공기를 가둘 수 있는 에어 포켓(P)의 면적이 커지게 된다. 따라서 쐐기 효과(유체가 저장되는 공간이 쐐기형으로 좁아지면 유체의 점성에 의해 유체가 당겨져 쐐기형의 틈새로 밀려 들어가면서 동압(압력)이 발생하고, 이 압력에 의해 하중이 지지되는 효과)에 의해 유막의 손실을 방지할 수 있다. 또한, 에어 포켓(P)의 면적이 커지면서 댐핑력이 향상되어 탑 포일(704)의 비접촉 면적이 넓어지므로 탑 포일(704)에 가해지는 마찰이 감소되는 효과가 있다.

[78] 전술한 구성에 따르면, 초기 범프 포일(706)의 범프 산 높이가 모두 동일하므로 쐐기 효과는 유막에 의한 하중을 받을 때만 구현되어 트러스트 베어링(700)의 높이 관리에 유리한 측면이 있다.

[79] 또한, 단일 범프의 형상이 모두 동일한 경우 단일 범프의 폭이 커지면 강성도 증가하게 된다. 따라서 단일 범프의 형상이 동일한 상태 조건에서 단일 범프의 폭을 가변함으로써 강성을 조절할 수 있다.

[80]

[81] 도 4는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 에어 포일 베어링을 도시한 평면도, 도 5는 본 발명의 제3 실시 예에 따른 에어 포일 베어링을 도시한 평면도이다.

[82] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제2 실시 예에 따른 트러스트 베어링(700)은 에어 포일(air foil) 베어링으로, 원판형의 플레이트(702)에 복수의 부채꼴 형상의 범프 포일(706)을 안착시키고 다시 탑 포일(704)로 커버한 형태이다. 트러스트 베어링(700)의 중앙에는 회전축(650)이 삽입되는 원형의 홀이 형성된다. 회전축(650)이 트러스트 베어링(700)의 홀에 삽입된 상태에서 범프 포일(706)의 일면은 탑 포일(704)가 트러스트 디스크(652)의 일면과 인접하고 타면은 플레이트(702)에 안착된다.

[83] 탑 포일(704)는 일단이 플레이트(702)에 고정되고 타단이 플레이트(702)와 이격되어 변형되는 자유단으로 형성된다. 탑 포일(704)의 고정단은 용접에 의해 플레이트(702)에 부착된다.

[84] 범프 포일(706)은 부채꼴의 판 형태로, 탑 포일(704)의 고정단과 자유단의 사이에서 탑 포일(704)과 접촉된다. 범프 포일(706)은 부채꼴 형태의 가장자리를 형성하는 대략‘ㄷ’자 형태의 포일과, ㄷ’자 형태의 포일 내측에 구비된 포일의 2가지 포일로 구성된다.

[85] 좀더 상세히 설명하면, 범프 포일(706)은 부채꼴 형상의 반경 방향 가장자리를 구성하는 연결 포일(706a)과, 부채꼴 형상의 외경 쪽 가장자리를 구성하는 제1 포일(706b)와, 부채꼴 형상의 내경 쪽 가장자리를 구성하는 제2 포일(706c)와, 제1 포일(706b)과 제2 포일(706c)의 사이에 각 슬릿(C1~C3)을 사이에 두고 이격 형성되는 제3 포일(706d) 및 제4 포일(706e)로 구성된다. 또한, 제3 포일(706d) 및 제4 포일(706e)의 자유단 역시 슬릿(C4)을 사이에 두고 연결 포일(706a)과 이격 배치된다. 제3 포일(706d)의 단부는 모서리의 일부가 사선으로 절개되며, 제1 포일(706b) 및 연결 포일(706a)의 사이가 사선으로 절개된 부분에 대응하여

동일하게 사선으로 절개된다. 사선으로 절개된 부분은 절개 슬릿(704a)을 사이에 두고 상호 이격된다. 제1 내지 제4 포일(706b, 706c, 706d, 706e)은 일단이 플레이트(702)에 용접 결합(용접 부위에 대해서는 후술하기로 함)되고, 타단은 부채꼴의 호 방향을 따라 연장 형성된다.

[86] 제1 내지 제4 포일(706b, 706c, 706d, 706e)은 제1 포일(706b)에서 제4 포일(706e)로 갈수록 그 길이가 짧아진다. 제1 포일(706b) 및 제2 포일(706c)에 비해 제3 포일(706d) 및 제4 포일(706e)은 회전 시 발생되는 압력을 덜 받는 쪽에 배치되므로, 제1 포일(706b) 및 제2 포일(706c)보다 강성이 작은 재질로 만들어지는 것이 바람직하다. 또는, 제1 내지 제4 포일(706b, 706c, 706d, 706e)을 동일 재질로 구성하더라도, 제3 포일(706d) 및 제4 포일(706e)을 구성하는 범프의 폭을 넓게 구성하여 변형량이 제1 포일(706b) 및 제2 포일(706c)의 범프보다 커지게 함으로써 제1 포일(706b) 및 제2 포일(706c)보다 강성을 낮출 수 있다.

[87] 제1 포일(706b) 및 제2 포일(706c)보다 제3 포일(706d) 및 제4 포일(706e)이 낮은 강성을 갖게 되면, 제3 포일(706d) 및 제4 포일(706e) 부분이 변형량이 크므로 공기를 많이 가둘 수 있게 되어 하중 지지력이 상승하는 효과가 있다.

[88] 한편, 전술한 슬릿은 제1 슬릿(C1), 제2 슬릿(C2), 제3 슬릿(C3), 제4 슬릿(C4)으로 구성되는데, 제1 내지 제3 슬릿(C1~C3)은 제1 내지 제4 포일(706b, 706c, 706d, 706e)이 상호 접촉되지 않도록 최소 간격을 유지하는 역할을 한다.

[89] 제4 슬릿(C4)은 범프 포일(706)의 변형 시 제3 및 제4 포일(706d, 706e)의 범프 산이 가압되어 제3 및 제4 포일(706d, 706e)이 인장되더라도 연결 포일(706a)에 접촉되지 않을 정도의 간격을 갖는 것이 바람직하다. 또한, 로터가 회전되면서 유체가 유입되는 방향은 축 방향과 로터 회전 방향으로 각각 유입되는데, 이 경우 제4 슬릿(C4)과 제1 내지 제3 슬릿(C1~C3)으로 유입된 유체가 동시 또는 랜덤하게 유입될 경우 유체의 안정적인 이동을 제공하는 공간을 형성할 수 있어 안정적인 댐핑 능력을 향상시킬 수 있다.

[90] 제1 내지 제3 슬릿(C1~C3)은 모두 플레이트(702)의 원주 방향에 형성되고, 제4 슬릿(C4)은 반경 방향을 향해 형성되므로 유체의 유입 및 유출에 따른 진동 댐핑을 안정적으로 실시할 수 있다.

[91]

[92] 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제3 실시 예에 따른 트러스트 베어링(700)은 전술한 제2 실시 예와 동일하게 구성되되, 제1 내지 제3 슬릿(C1~C3)의 간격이 상이하게 설정될 수 있다.

[93] 즉, 제1 내지 제3 슬릿(C1~C3)의 간격이 제4 슬릿(C4)과 동일하게 설계될 수 있다.

[94] 이 경우 제3 포일(706d') 및 제4 포일(706e')의 폭이 제1 포일(706b') 및 제2 포일(706c')의 폭보다 상대적으로 작은 폭으로 형성되는데, 이는 제3 포일(706d') 및 제4 포일(706e')이 제1 포일(706b') 및 제2 포일(706c')과는 상이한 댐핑을 실시하고 이를 통해 로터에 가해지는 축 방향 응력을 안정적으로 지지 분산하여

파손을 예방하기 위해서이다.

[95] 제1 내지 제3 슬릿(C1~C3)의 간격이 제4 슬릿(C4)과 동일하므로 본 발명의 제3 실시 예에 따른 트러스트 베어링(700')은 전술한 제2 실시 예와 상이한 댐핑 및 하중 지지력을 갖게 된다.

[96] 이로 인해 댐핑량이 달라지고, 제2 실시 예에서보다 제3 포일(706d') 및 제4 포일(706e')의 변형량이 커지므로 유체의 유입 및 이동으로 인한 축 방향에서의 응력 집중 및 하중을 최소화 할 수 있다.

[97] 따라서 로터에 가해지는 진동이 최소화되고 이로 인해 축 방향에서의 진동 댐핑 효율이 향상된다. 또한, 압축기 또는 에어 블로워에 전달되는 진동 및 충격을 최소화 하여 내구성 향상과 진동 댐핑 능력을 동시에 향상시켜 장기간 사용시에도 안정적으로 사용할 수 있다.

[98]

[99] 전술한 구성을 갖는 본 발명의 일 실시 예에 따른 에어 포일 베어링에 있어서, 용접 부위에 대해 상세히 설명하기로 한다.

[100] 도 6 및 도 7은 각기 다른 실시 예에 따른 에어 포일 베어링의 용접 부위를 도시한 평면도이다.

[101] 도 6 및 도 7에 도시된 바와 같이, 범프 포일(706, 706')은 부채꼴 형상의 가장자리를 구성하는 대략 'ㄷ'자 형태의 제1 포일(706a, 706a')과, 제1 포일(706a, 706a') 내측에 배치되되 제1 포일(706a, 706a')과 슬릿(706c, 706c')을 사이에 두고 이격 형성되는 제2 포일(706b, 706b')로 구성된다. 제1 포일(706a, 706a') 및 제2 포일(706b, 706b')은 일단이 플레이트(702)에 용접 결합되고, 타단은 부채꼴의 호 방향을 따라 연장 형성될 수 있다(도 6 및 도 7의 구성은 도 4 및 도 5의 실시 예와 도면 부호만 상이할 뿐 동일한 구조를 가지므로 각 구성에 대한 상세한 설명을 생략하기로 함).

[102] 용접 부위(도 4 및 도 5의 706f, 706f'에 대응되는 부분임)는 로터 회전 방향 쪽에 배치된다. 용접 부위는 폭이 제1 포일(706a, 706a') 및 제2 포일(706b, 706b')에 비해 상대적으로 좁게 형성되어 고정된 상태만 유지하도록 설치된다. 또한, 용접 부위는 범프 산과 같은 요철 부위가 형성되지 않으므로, 유체의 유입 및 배출에 따라 용접 부위가 댐핑을 실시하지는 않고 고정된 상태를 안정적으로 유지시킨다.

[103]

[104] 한편, 도 8은 도 6의 에어 포일 베어링에 따른 압력 분포를 도시한 그래프이다.

[105] 도 8에 도시된 바와 같이, 범프 포일(706)의 강성이 균일한 경우 플레이트(702)의 반경 방향(도 2의 임의 지점에서 플레이트의 중심쪽을 d1, 외경쪽을 d2로 정의함)에 따른 범프 포일(706)의 압력을 P1이라고 한다. P2는 본 발명의 실시 예에 따른 제1 포일(706a) 및 제2 포일(706b)이 구비된 경우 플레이트(702)의 반경 방향에 따른 범프 포일(706)의 압력이다. P1의 경우 반경 방향 내측(d1)과 외측(d2) 사이에 압력이 집중되는 현상이 발생하는 반면, P2의

경우 반경 방향 내측(d1)과 외측(d2) 사이에 비교적 골고루 압력이 분포되는 것을 알 수 있다.

[106] 압력이 한 곳으로 집중되면 해당 부분의 범프 포일(706)과 탑 포일(704)의 접촉이 많아져 탑 포일(704)의 마모가 증가할 수 있다. 또한, 플반경 방향 내측(d1)과 외측(d2)에 가까운 범프 포일(706)의 가장자리가 하중 지지력이 낮아 압력을 충분히 받지 못하고 있다는 의미도 된다.

[107] 그런데 본 발명의 실시 예들에서와 같이, 제1 포일(706a)의 강성을 제2 포일(706b)의 강성보다 높게 설정하면 하중 지지력이 향상되므로 반경 방향 내측(d1)과 외측(d2) 역시 충분한 압력을 받을 수 있다. 그에 따라 압력 분포 P2가 압력이 한 곳으로 집중되지 않고 골고루 분포된다.

[108] 전술한 구성을 갖는 본 발명의 일 실시 예에 따른 에어 포일 베어링은 범프 포일의 형상 및 강성을 변경함으로써 하중 지지력을 향상시키고 댐핑 효과를 증가시키는 효과가 있다. 또한, 댐핑력의 향상으로 베어링의 내구성이 향상되는 효과가 있다.

[109]

[110] 전술한 실시 예들에 따른 에어 포일 베어링에 있어서, 범프 포일의 형상 및 슬릿의 형상을 변경함으로써 범프 포일의 변형 시 범프 포일의 단부가 날카롭게 돌출되는 것을 방지할 수 있다. 이하에서는 범프 포일 및 슬릿의 형상을 변경한 실시 예에 대해 상세히 설명하기로 하며, 이러한 형상은 전술한 실시 예들에 적용될 수 있다(전술한 실시 예들과 동일한 구성에 대해서는 상세한 설명을 생략하기로 함. 편의상 도 9를 기준으로 부채꼴 형태의 외측 호를 외경측, 내측 호를 내경측 방향으로 정의함).

[111] 도 9는 본 발명의 제4 실시 예에 따른 에어 포일 베어링을 도시한 평면도이다.

[112] 도 9에 도시된 바와 같이, 에어 포일 베어링의 탑 포일(704")과 플레이트(702")의 사이에는 범프 포일(706a", 706b")이 구비된다.

[113] 범프 포일(706a", 706b")은 로터의 회전 방향(도 5의 화살표 방향)을 기준으로 탑 포일()의 외경 및 내경 쪽에 배치된 제1 포일(706a")과, 제1 포일(706a")의 사이에 배치된 제2 포일(706b")로 구성된다(본 실시 예에서는 제1 포일이 2개, 제2 포일이 2개로 구성된 것을 예로 하여 설명함). 트레일링 에지(F)는 로터 회전 방향 쪽 단부에서 상기 제1 포일(706a") 및 제2 포일(706b")을 연결하는 부분이다.

[114] 범프 포일(706a", 706b")은 전술한 실시 예에서와 같이 슬릿(706c", 706d")의 폭(간격) 및 범프 포일(706a", 706b")의 범프 폭(B~B")을 조절함으로써 제1 포일(706a") 및 제2 포일(706b") 각각의 개별 강성을 조절할 수 있다. 본 실시 예에서는 제2 포일(706b")의 범프 폭(B~B")을 좀더 세부적으로 조절하여 강성을 조절할 수 있다.

[115] 좀더 상세히 설명하면, 범프 포일(706a", 706b")은 복수 개의 슬릿(706c", 706d")으로 구분되며, 제1 포일(706a")과 제2 포일(706b") 사이의 제1 슬릿(706c")과, 제2 포일(706b") 사이의 제2 슬릿(706d")은 그 형상이 상이하다.

[116] 제1 포일(706a")과 제2 포일(706b")의 사이에 위치하는 제1 슬릿(706c")은 로터의 회전 방향을 따라 동일한 폭을 갖도록 형성된다. 즉, 제1 포일(706a")과 제2 포일(706b")의 일측 단부에서 트레일링 에지(F) 방향 쪽 단부까지의 제1 슬릿(706c")의 폭이 일정하게 형성된다. 또한, 제1 포일(706a")과 제2 포일(706b") 사이의 제1 슬릿(706c")은 트레일링 에지(F) 쪽 단부가 막혀있고, 반대쪽이 개방된 형태를 갖는다.

[117] 그러나 두 개의 제2 포일(706b") 사이에 위치한 제2 슬릿(706d")은 일측 단부에서 트레일링 에지(F)를 향하는 쪽 단부까지의 폭이 상이하다(제2 슬릿 사이의 슬릿 역시 트레일링 에지의 반대쪽 단부가 개방된 형태이다).

[118] 제2 포일(706b")은 다른 하나 보다 로터 회전 방향에 대응하는 길이가 더 긴 것과 짧은 것으로 구성된다. 이들 사이에 위치한 제2 슬릿(706d")은 계단식으로 단차가 지는 형태이며, 트레일링 에지(F)를 향해 갈수록 제2 슬릿(706d")의 폭이 좁아진다. 즉, 제2 포일(706b")의 범프 폭（B~B")은 구간마다 상이하게 구성될 수 있다.

[119] 이에 따라 상대적으로 길이가 긴 제2 포일(706b")은 트레일링 에지(F)에 인접한 일측 단부에 제1 단턱부(7060)가 형성되고, 제1 단턱부(7060)에서 트레일링 에지(F)의 반대쪽 방향으로 제1 연결부(7061)가 연장 형성된다. 제1 연결부(7061)가 소정 길이 연장된 후 다시 제2 단턱부(7062)가 형성되고, 제2 단턱부(7062)로부터 트레일링 에지(F)의 반대쪽 단부를 향해 제2 연결부(7063)가 연장된다. 단턱진 방향은 외경측 방향을 향하므로, 제1 연결부(7061)의 범프 폭(B')은 제2 연결부(7063)의 범프 폭(B) 보다 크다.

[120] 상대적으로 길이가 짧은 제2 포일(706b")에는 길이가 긴 제2 포일(706b")과 마주보는 일측에 제1 단턱부(7060)보다 트레일링 에지(F)로부터 소정 간격 이격된 부분에 제3 단턱부(7065)가 구비될 수 있다. 즉, 트레일링 에지(F)에 인접한 부분에 제3 연결부(7064)가 구비되고, 트레일링 에지(F)의 반대쪽에 제4 연결부(7066)가 구비되며, 그 사이를 제3 단턱부(7065)가 연결하는 형태가 될 수 있다. 이때, 단턱진 방향은 내경측 방향을 향하므로, 제3 연결부(7064)의 범프 폭(미도시)보다 제4 연결부(7066)의 범프 폭(B")이 더 좁다.

[121] 제2 연결부(7063)의 범프 폭(B)과 제4 연결부(7066)의 범프 폭(B")은 설계 사양에 따라 같거나 달라질 수 있다.

[122] 제1 포일(706a")의 트레일링 에지(F) 반대쪽 단부는 각각 스팟 용접(spot welding)되며, 제1 포일(706a")의 높이(단면 형상에서 범프 포일의 범프 피지 최고점의 높이)는 제2 포일(706b") 대비 최대 50%까지 낮게 구성할 수 있다. 이에 따라, 중앙부(E 영역)의 강성이 제1 포일(706a")에 비해 상대적으로 낮아질 수 있다. 좀더 상세하게는 용접된 제1 포일(706a")는 용접되지 않은 제2포일(706b") 대비 2배의 강성을 가질 수 있다.

[123] 또한, 트레일링 에지(F) 부위의 강성이 중앙부(E 영역) 대비 높은 강성을 가질 수 있도록 슬릿(706c", 706d")의 단부에서 트레일링 에지(F)까지의 거리(D)를

규제함으로써 트레일링 에지(F) 부위의 강성을 조절할 수 있다. 슬릿(706c", 706d")의 단부에서 트레일링 에지(F)까지의 거리(D)는 범프 피치(C)의 2배 값보다 작거나 같게 설계(D≤2C)하는 것이 바람직하다.

[124]

[125] 전술한 제4 실시 예의 에어 포일 베어링에 있어서, 하중 지지력 및 댐핑 효과를 향상시키기 위해 범프 산의 높이 및 범프 폭을 변경시킬 수 있다. 도면을 참조하여 상세한 구조를 설명하기로 한다(본 실시 예의 범프 포일은 제4 실시 예와 도면 부호만 상이할 뿐, 동일한 구조를 가지므로 범프 포일의 상세한 설명은 생략하기로 함).

[126] 도 10은 본 발명의 제5 실시 예에 따른 에어 포일 베어링을 도시한 평면도 및 측면도, 도 11은 본 발명의 제6 실시 예에 따른 에어 포일 베어링을 도시한 평면도이다.

[127] 도 10에 도시된 바와 같이, 탑 포일(704)는 일단이 고정단이고 플레이트(702)와의 사이에 범프 포일(706)이 삽입되어 탑 포일(704)의 자유단인 타단이 플레이트(702)와 이격되는 구조이다. 따라서 탑 포일(704)는 고정단 쪽에서 자유단 쪽 방향으로 갈수록 플레이트(702)와의 간격이 점차 커지는 경사 구간(L1)이 형성된다. 경사 구간(L1)을 지나 소정 위치가 되면 탑 포일(704)와 플레이트(702)의 간격이 균일한 평면 구간(L2)가 형성된다.

[128] 평면 구간(L2)가 형성되는 부분은 로터 회전 방향을 기준으로 범프 포일(706)의 첫 번째 산(leading edge, A) 부분에 해당된다. 즉, 제1 포일 내지 제4 포일(706a~ 706d)의 첫 번째 범프 산(A) 부분이 평면 구간(L2)의 시작 위치가 된다.

[129] 제1 포일 내지 제4 포일(706a~ 706d)의 첫 번째 범프 산(A)의 높이를 인접한 범프 산(두 번째 이상)보다 낮게 설정함으로써 탑 포일(704)와 첫 번째 범프 산(A)의 최고점 간에 간극이 형성되면, 탑 포일(704)의 막 강성과 두 번째 이후 범프 산의 강성으로 인해 먼저 탑 포일(704)의 형상을 따라 얇은 유막이 형성된다.

[130] 로터(610)의 회전수가 증가하거나 하중 부하가 증가하면 범프 포일(706)에 가해지는 하중이 점차 커져 유막의 압력이 상승하게 된다. 이 경우 트러스트 베어링(700)의 변형이 일정 수준 이상으로 증가하면, 높이가 낮춰진 첫 번째 범프 산(A)이 탑 포일(704)에 접촉해 변형되면서 하중을 지지하게 된다(활성화). 첫 번째 범프 산(A)이 활성화될 때 균일하게 가압되기 위해 첫 번째 범프 산(A)을 탑 포일(704)의 평면 구간(L2)에 위치하도록 하는 것이다. 첫 번째 범프 산(A)이 하중을 지지하게 되면서 평면 구간(L2)가 증가해 트러스트 베어링(700)은 더 높은 하중지지 능력을 갖게 된다.

[131] 이를 위해, 첫 번째 범프 산(A)의 높이는 다른 범프 산의 높이의 최대 30% 까지 낮게 구성하는 것이 바람직하다. 즉, 첫 번째 범프 산(A)의 높이는 다른 범프 산 높이의 70% 이내의 높이로 형성된다.

[132] 첫 번째 범프 산(A)의 높이를 책정하기 위해 외부에서 공기 압축기(10)에 상하

또는 좌우 방향으로 지속적인 진동 또는 짧은 시간 간헐적인 진동을 발생시키면, 로터(610)이 외력에 의해 진동하면서 가진된다. 로터(610)은 초기 위치에서 트러스트 베어링(700)과의 설정 공극(초기 위치에서의 간극)을 갖고 있으나, 가진에 의해 설정 공극이 증감하게 된다.

[133] 즉, 범프 포일(706)이 가압되어 눌렸다 복원되기를 반복하는데, 범프 포일(706)이 최대로 눌리는 변위와 최대로 복원된 변위를 살펴보면 범프 포일(706)의 범프 산의 대략 30% 수준으로 가압 및 복원됨을 알 수 있다(시간에 따른 로터의 변위 측정).

[134] 따라서 첫 번째 범프 산(A)의 높이를 다른 범프 산 높이의 30% 이내로 설정함으로써 트러스트 베어링(700)에 일정 이상의 압력이 가해질 때 해당 압력에 의한 하중을 적절히 지지할 수 있다.

[135] 또는, 도 11에서와 같이 제2 포일 및 제3 포일의 길이를 변경할 수도 있다.

[136] 즉, 제2 포일(706b') 및 제3 포일(706c')의 용접되지 않은 단부(E)는 제1 포일(706a') 및 제4 포일(706d')의 용접된 단부(B)를 연결하는 가상의 선과 동일 선상에 배치되는 형태를 가질 수 있다.

[137]

[138] 전술한 구성을 갖는 본 발명의 일 실시 예에 따른 에어 포일 베어링은 범프 포일의 형상 및 강성을 변경함으로써 하중 지지력을 향상시키고 댐핑 효과를 증가시키는 효과가 있다. 또한, 댐핑력의 향상으로 베어링의 내구성이 향상되는 효과가 있다.

[139]

[140] 앞에서 설명되고 도면에 도시된 본 발명의 일 실시 예는, 본 발명의 기술적 사상을 한정하는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 발명의 권리범위는 청구범위에 기재된 사항에 의해서만 제한되고, 본 발명의 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상을 다양한 형태로 개량 및 변경하는 것이 가능하다. 따라서 이러한 개량 및 변경이 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것인 한, 본 발명의 권리범위에 속하게 될 것이다.

[141]

산업상 이용가능성

[142] 본 발명은 댐핑 효율이 향상된 에어 포일 베어링에 관한 것이다.

청구범위

[청구항 1] 회전축을 회전 가능하게 지지하는 에어 포일 베어링에 있어서,
상기 에어 포일 베어링은, 원판형의 플레이트와, 상기 플레이트 상에 결합되는 복수의 범프 포일과, 상기 범프 포일의 상부에 배치되되 일단이 상기 플레이트에 결합되고 타단이 자유단인 탑 포일을 포함하는 에어 포일 베어링.

[청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 범프 포일은 서로 이격된 복수 개의 열로 배치된 복수의 단일 범프를 포함하며, 상기 단일 범프의 강성은 상기 플레이트의 내경 쪽에서 외경 쪽으로 갈수록 점차 커지거나 동일한 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 3] 제2항에 있어서,
상기 단일 범프의 각 열의 폭(A~D)은 상기 플레이트의 외경 쪽으로 갈수록 점차 커지거나, 상기 단일 범프의 폭(A~D)은 상기 플레이트의 내경 쪽 복수 개 보다 외경 쪽 복수 개가 크게 형성된 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 단일 범프의 범프 산(L)의 길이는 상기 플레이트의 내경 쪽에서 외경 쪽으로 갈수록 커지는 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 5] 제2항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 플레이트의 내경 및 외경 쪽에 배치된 상기 단일 범프의 호의 길이가 내측에 배치된 상기 단일 범프의 호의 길이보다 길게 형성된 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 범프 포일은 상기 플레이트의 반경 방향에 경사지게 배치되는 제1 내지 제5 단일 범프를 포함하고, 상기 제1 내지 제5 단일 범프는 제1 내지 제4 열을 이루며 서로 이격되며, 상기 단일 범프의 강성은 상기 플레이트의 내경 쪽에서 외경 쪽으로 갈수록 점차 커지거나 동일한 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 7] 제6항에 있어서,
상기 단일 범프의 상기 제1 내지 제4 열의 폭(A~D)은 상기 플레이트의 외경 쪽으로 갈수록 점차 커지는 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 8] 제6항에 있어서,
상기 단일 범프의 상기 제3 및 제4 열의 폭(C, D)은 상기 플레이트의 상기 제1 및 제2열의 폭(A, B) 보다 크게 형성된 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 9] 제6항에 있어서,

상기 단일 범프의 범프 산(L)의 길이는 상기 플레이트의 내경 쪽에서 외경 쪽으로 갈수록 커지는 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 10] 제7항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 단일 범프의 상기 제1 및 제4 열의 호의 길이가 상기 제2 및 제3열의 호의 길이보다 길게 형성된 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 11] 회전축을 회전 가능하게 지지하는 에어 포일 베어링에 있어서,
상기 에어 포일 베어링은, 원판형의 플레이트와, 상기 플레이트 상에 결합되는 복수의 범프 포일과, 상기 범프 포일의 상부에 배치되되 일단이 상기 플레이트에 결합되고 타단이 자유단인 탑 포일을 포함하며,
상기 범프 포일은 제1 포일과, 상기 제1 포일의 내측에 배치되는 제2 포일을 포함하는 에어 포일 베어링.

[청구항 12] 제11항에 있어서,
상기 제1 포일과 상기 제2 포일은 슬릿을 사이에 두고 상호 이격된 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 13] 제12항에 있어서,
상기 제1 포일은 상기 제2 포일 보다 큰 강성을 갖는 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 14] 제13항에 있어서,
상기 제1 포일과 상기 제2 포일은 서로 다른 재질로 만들어지는 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 15] 제13항에 있어서,
상기 제1 포일과 상기 제2 포일은 동일한 재질로 만들어지는 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 16] 제15항에 있어서,
상기 제1 포일의 두께는 상기 제2 포일의 두께보다 두꺼운 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 17] 제15항에 있어서,
상기 제1 포일의 범프 폭은 상기 제2 포일의 범프 폭 보다 작은 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 18] 제12항에 있어서,
상기 제2 포일은 내측에 폭을 이등분하는 슬릿이 형성되며, 상기 제1 포일 및 제2 포일 사이의 상기 슬릿의 폭은 상기 제2 포일의 상기 슬릿 폭에 대응하는 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 19] 제12항에 있어서,
상기 제2 포일은 내측에 폭을 이등분하는 슬릿이 형성되며, 상기 제1 포일 및 제2 포일 사이의 상기 슬릿의 폭은 상기 제2 포일의 상기 슬릿 폭 보다 큰 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 20] 제11항에 있어서,

상기 제1 포일 및 제2 포일은 복수 개로 구비되며, 상기 제1 포일 및 제2 포일은 서로 상이한 폭 및 형상을 갖는 제2 슬릿을 사이에 두고 배치되는 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 21] 제20항에 있어서,
상기 제1 포일과 제2 포일 사이의 제1 슬릿은 일단부에서 타단부까지 동일한 폭으로 형성되는 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 22] 제21항에 있어서,
상기 제2 포일 사이의 제2 슬릿은 로터 회전 방향 쪽 단부에서 상기 제1 포일 및 제2 포일을 연결하는 트레일링 에지(F) 쪽에서 상기 트레일링 에지(F)의 반대쪽으로 갈수록 그 폭이 커지는 형상인 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 23] 제22항에 있어서,
상기 제2 포일 사이의 제2 슬릿은 상기 트레일링 에지(F)의 반대쪽으로 갈수록 그 폭이 단차지게 커지는 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 24] 제23항에 있어서,
상기 제2 포일은 상기 트레일링 에지(F)의 반대쪽 단부의 폭이 상기 트레일링 에지(F)쪽 단부의 폭보다 작은 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 25] 제24항에 있어서,
상기 제2 포일은 서로 마주보는 일측에 계단형으로 꺾인 적어도 하나의 단차부와, 상기 로터 회전 방향을 따라 연장되어 상기 단차부를 연결하는 연결부를 포함하는 에어 포일 베어링.

[청구항 26] 제25항에 있어서,
상기 제1 포일은 상기 트레일링 에지(F)의 반대쪽 단부가 스팟 용접(spot welding)되는 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 27] 제26항에 있어서,
상기 제1 포일의 범프 높이는 상기 제2 포일의 범프 높이보다 작은 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 28] 제27항에 있어서,
상기 슬릿의 상기 트레일링 에지(F) 쪽 단부에서 상기 트레일링 에지(F)까지의 거리(D)는 범프 피치(C)의 2배 값보다 작거나 같은 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 29] 회전축을 회전 가능하게 지지하는 에어 포일 베어링에 있어서,
상기 에어 포일 베어링은, 원판형의 플레이트와, 상기 플레이트 상에 결합되는 복수의 범프 포일과, 상기 범프 포일의 상부에 배치되되 일단이 상기 플레이트에 결합되고 타단이 자유단인 탑 포일을 포함하며,
상기 범프 포일은 로터 회전방향의 반대 방향을 향해 연장 형성된 제1 포일 내지 제4 포일을 포함하는 에어 포일 베어링.

[청구항 30] 제29항에 있어서,
상기 제1 포일 내지 제4 포일은 상기 로터 회전방향에 대응하는 단부가 하나로 연결된 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 31] 제30항에 있어서,
상기 각각의 제1 포일 내지 제4 포일의 상기 로터 회전방향의 반대 방향 쪽 단부에 인접하여 구비된 첫 번째 범프 산(A)과 이웃한 다른 범프 산의 높이가 상이한 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 32] 제1항에 있어서,
상기 제1 포일 내지 제4 포일의 상기 첫 번째 범프 산(A)의 높이는 상기 이웃한 다른 범프 산의 높이보다 낮은 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

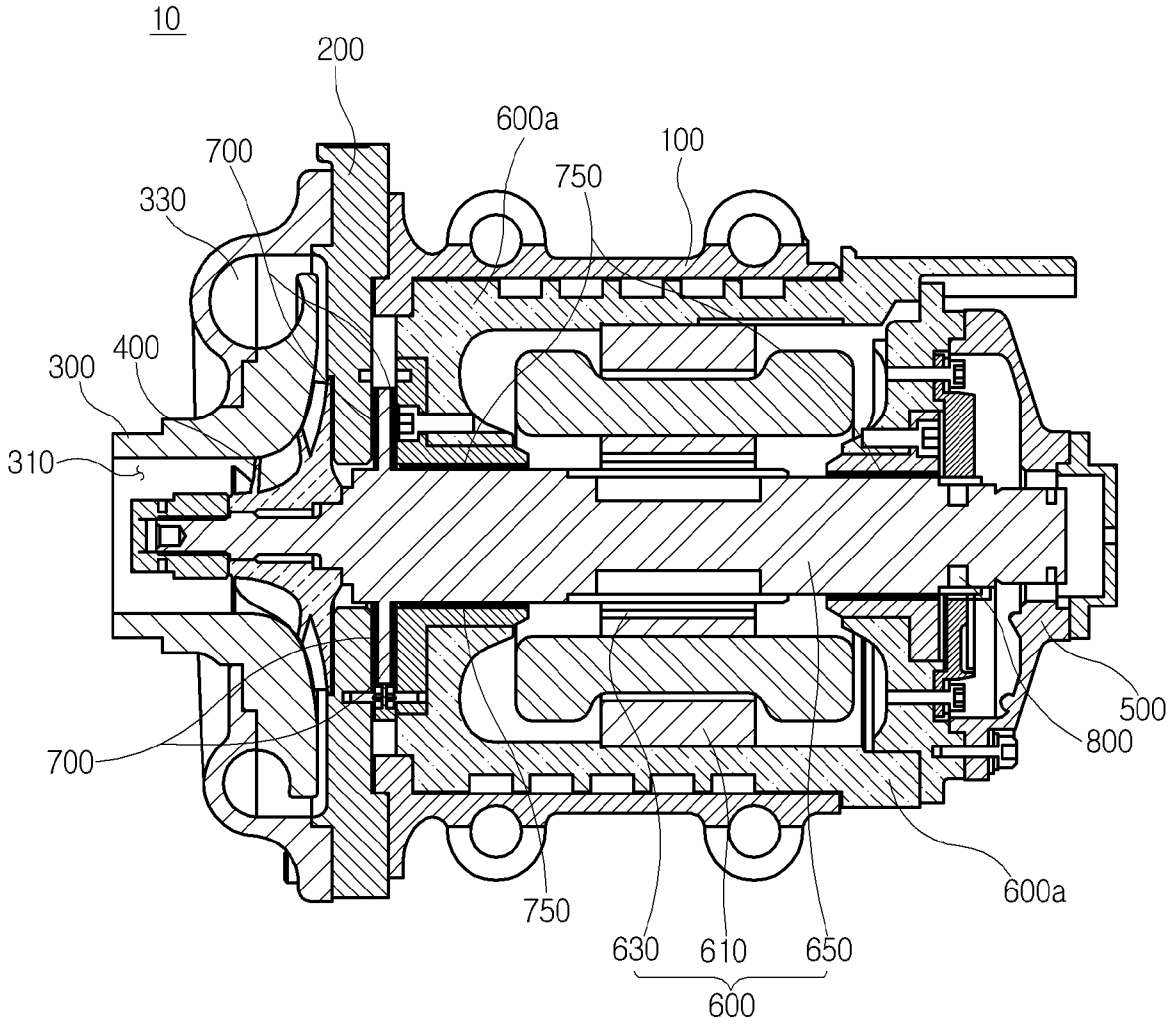
[청구항 33] 제32항에 있어서,
상기 제1 포일 내지 제4 포일의 상기 첫 번째 범프 산(A)의 높이는 상기 이웃한 다른 범프 산 높이의 70% 이내인 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 34] 제33항에 있어서,
상기 탑 포일은 상기 플레이트와 이격 간격이 점차 커지는 경사 구간(L1)과, 상기 플레이트와의 이격 간격이 균일한 평면 구간(L2)를 갖는 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

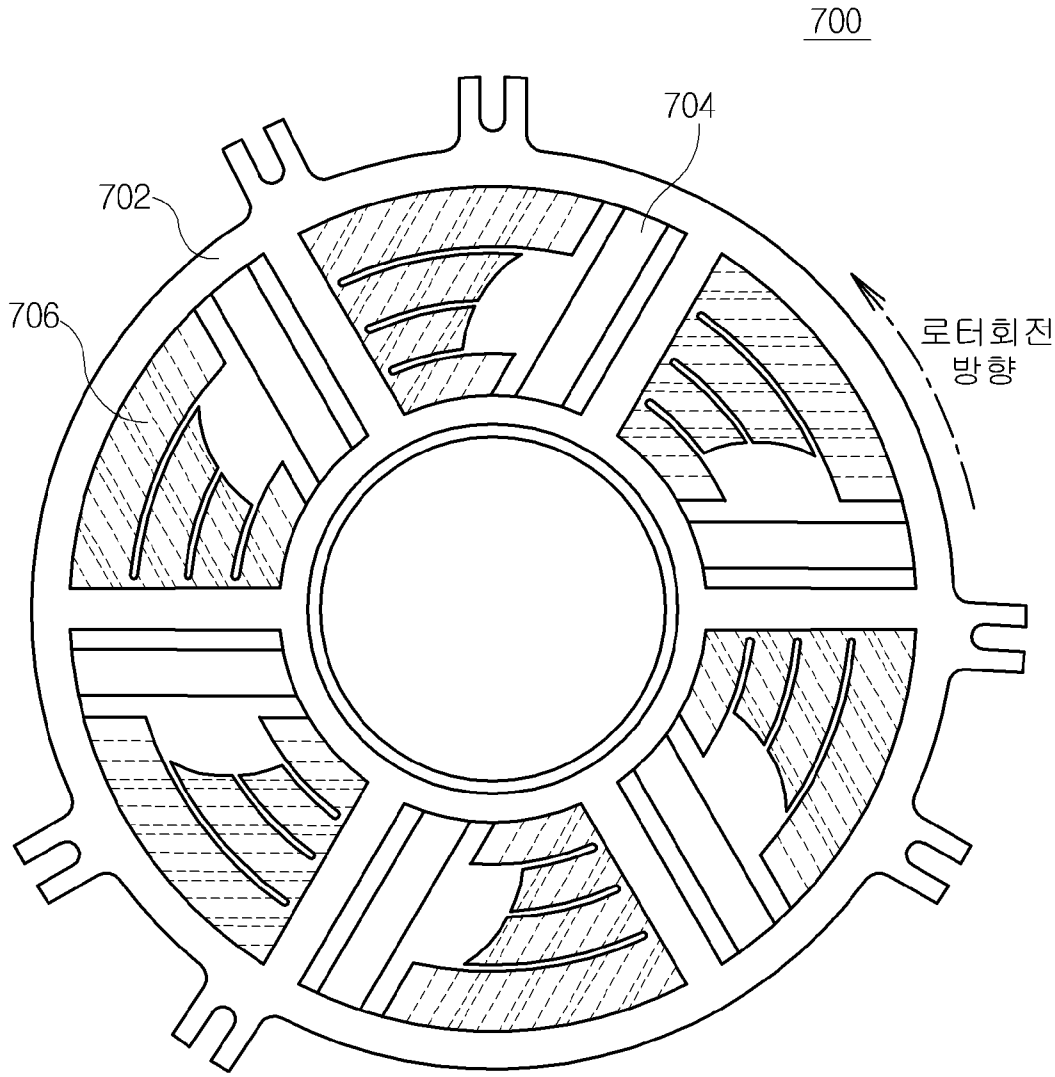
[청구항 35] 제34항에 있어서,
상기 제1 포일 내지 제4 포일의 상기 첫 번째 범프 산(A)은 상기 탑 포일의 상기 평면 구간(L2)가 시작되는 위치에 대응하는 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

[청구항 36] 제33항에 있어서,
상기 제1 포일 및 제4 포일의 상기 첫 번째 범프 산(A)에 인접한 단부(B)는 상기 플레이트에 스팟 용접(spot welding)되는 것을 특징으로 하는 에어 포일 베어링.

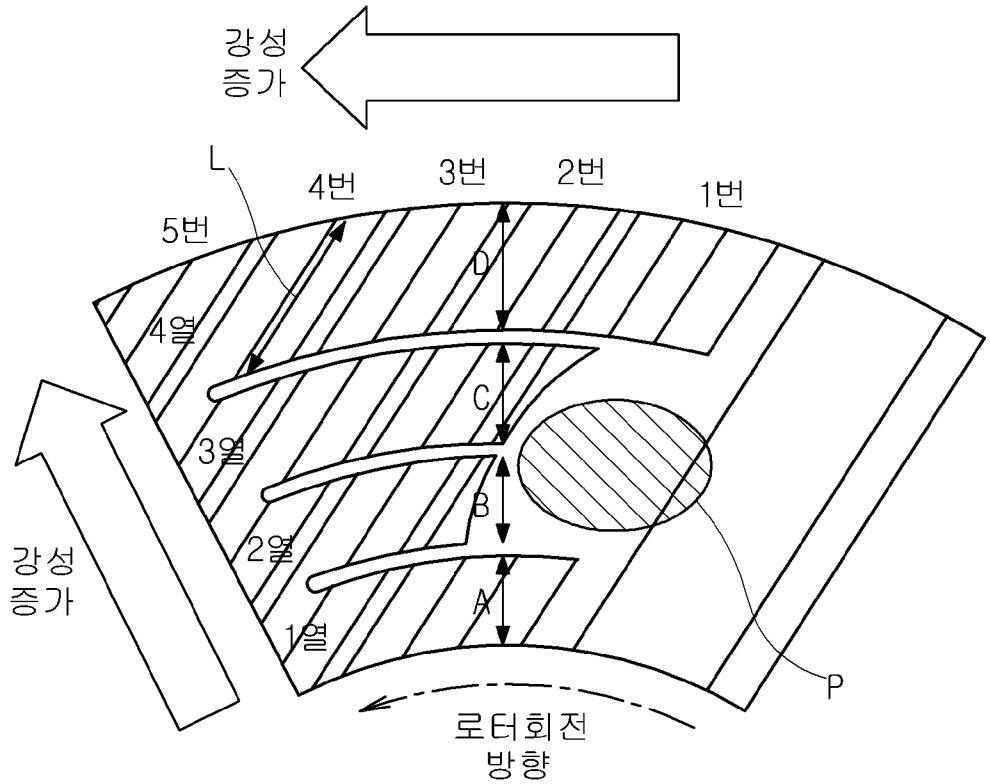
[도1]


10
200
600a
700
100
750
330
400
300
310
700
500
800
600a
750
630
610
650
600

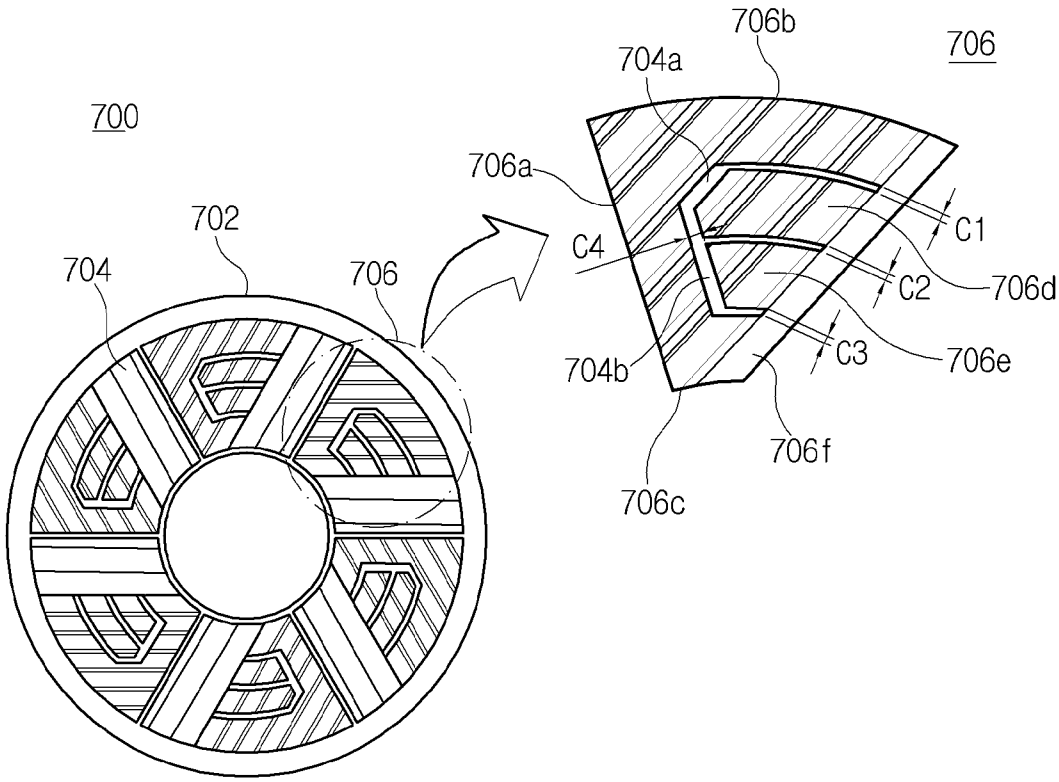
[도2]



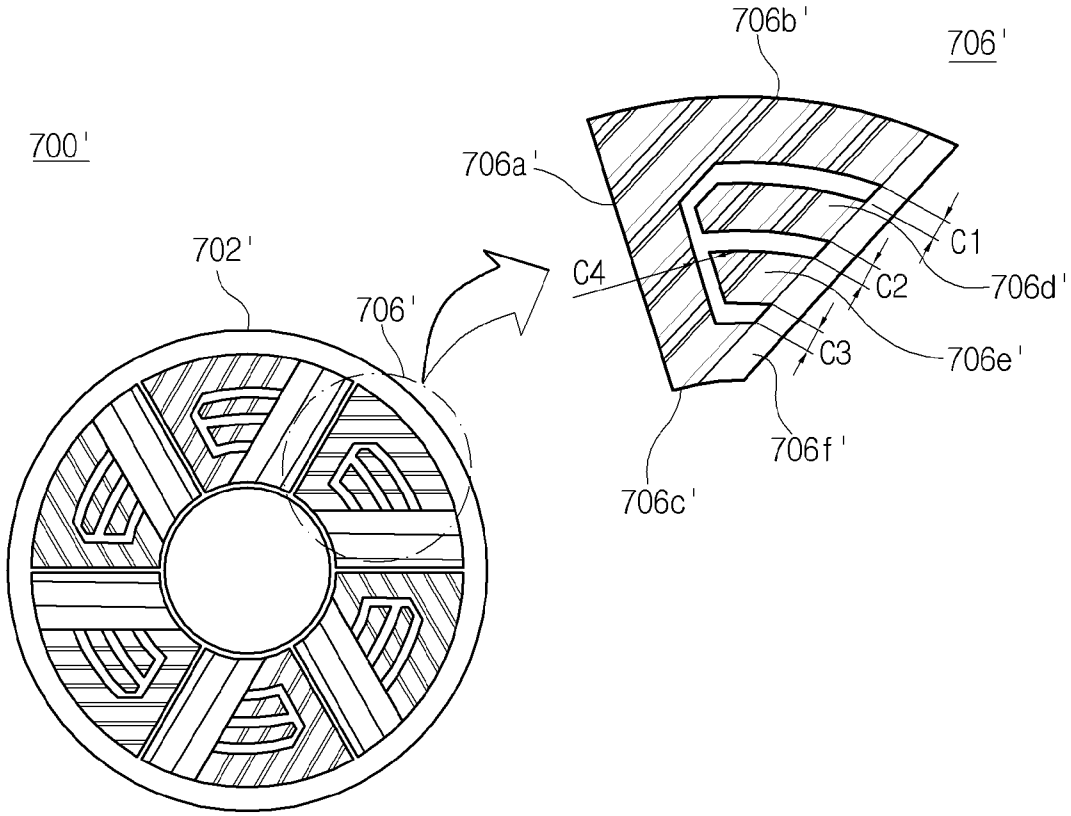
[도3]


강성
증가
L
4번
3번
2번
1번
5번
4열
3열
2열
1열
D
C
B
A
P
강성
증가
로터회전
방향

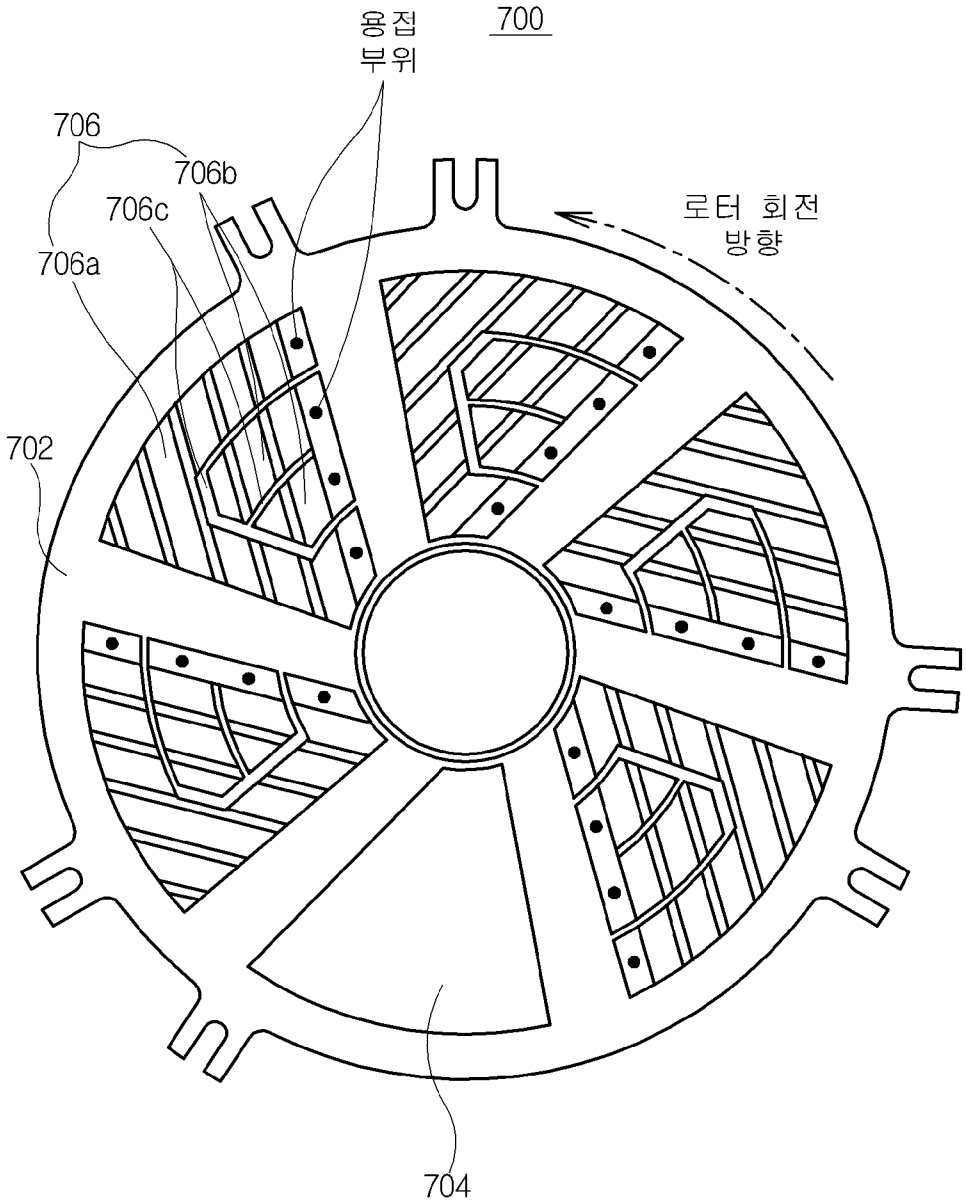
[도4]


700
702
704
706
706b
704a
706
706a
C4
C1
C2
706d
C3
706e
704b
706f
706c

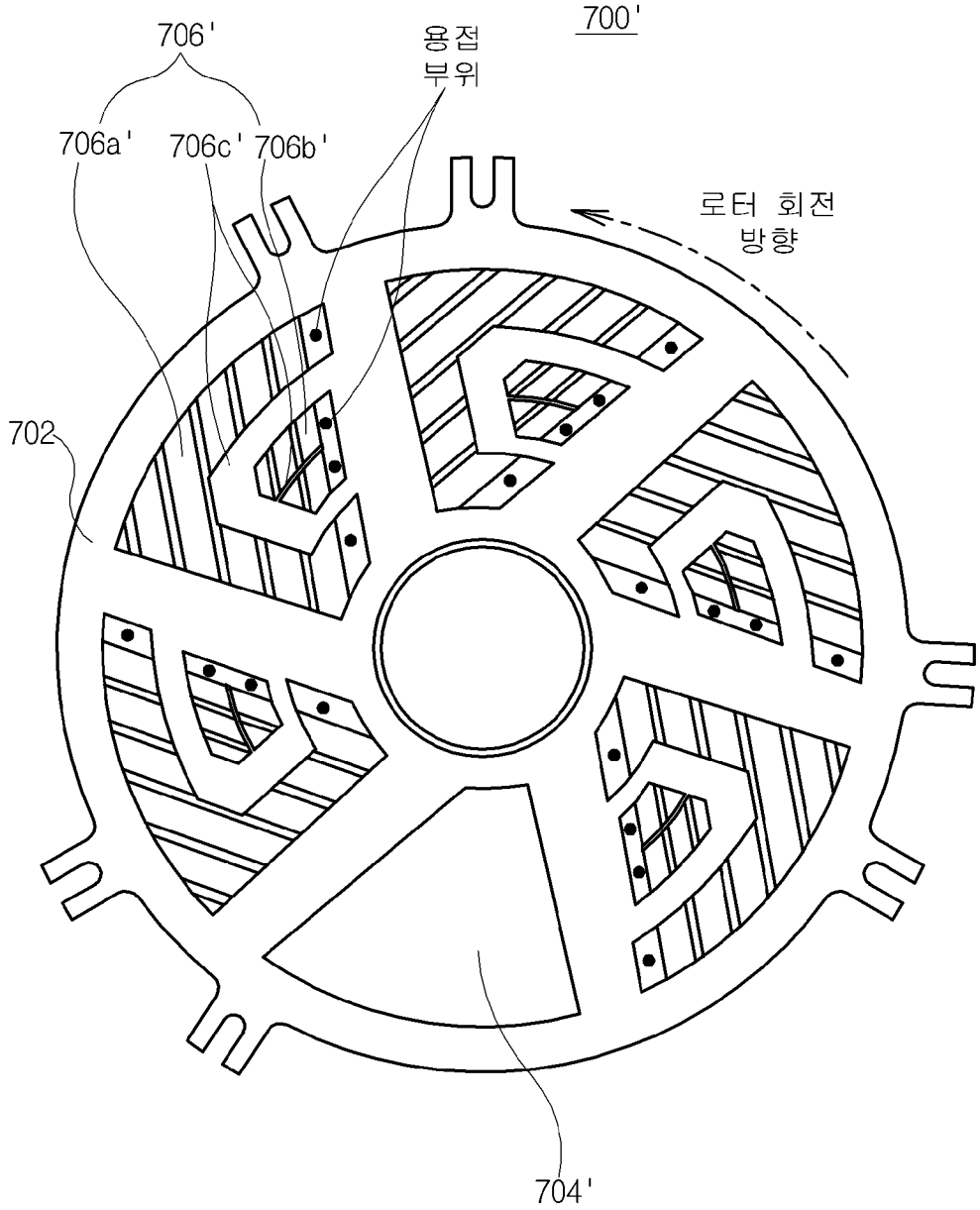
[도5]



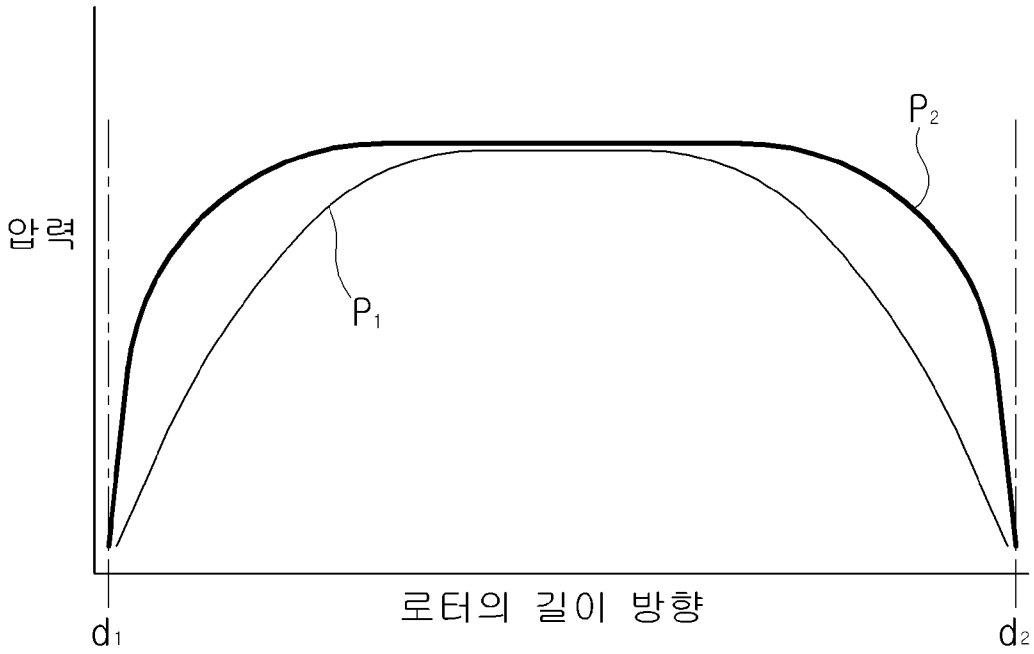
[도6]



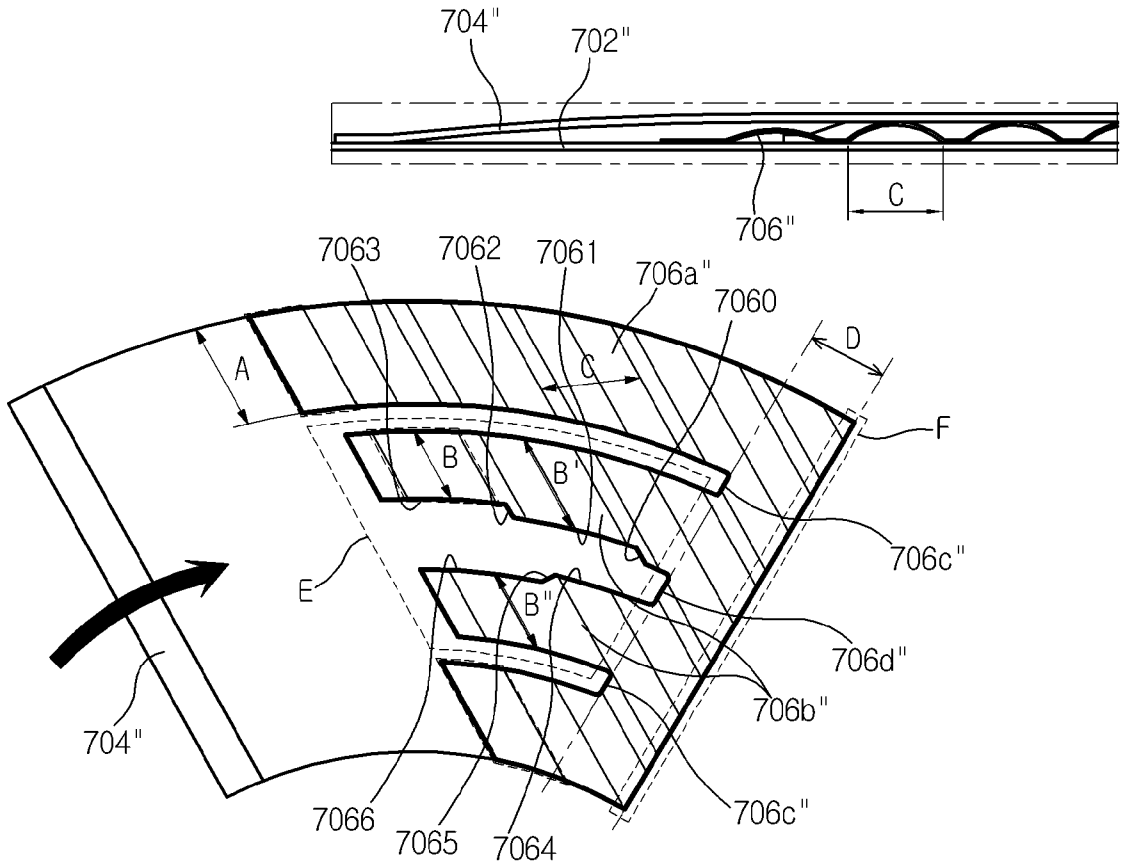
[도7]



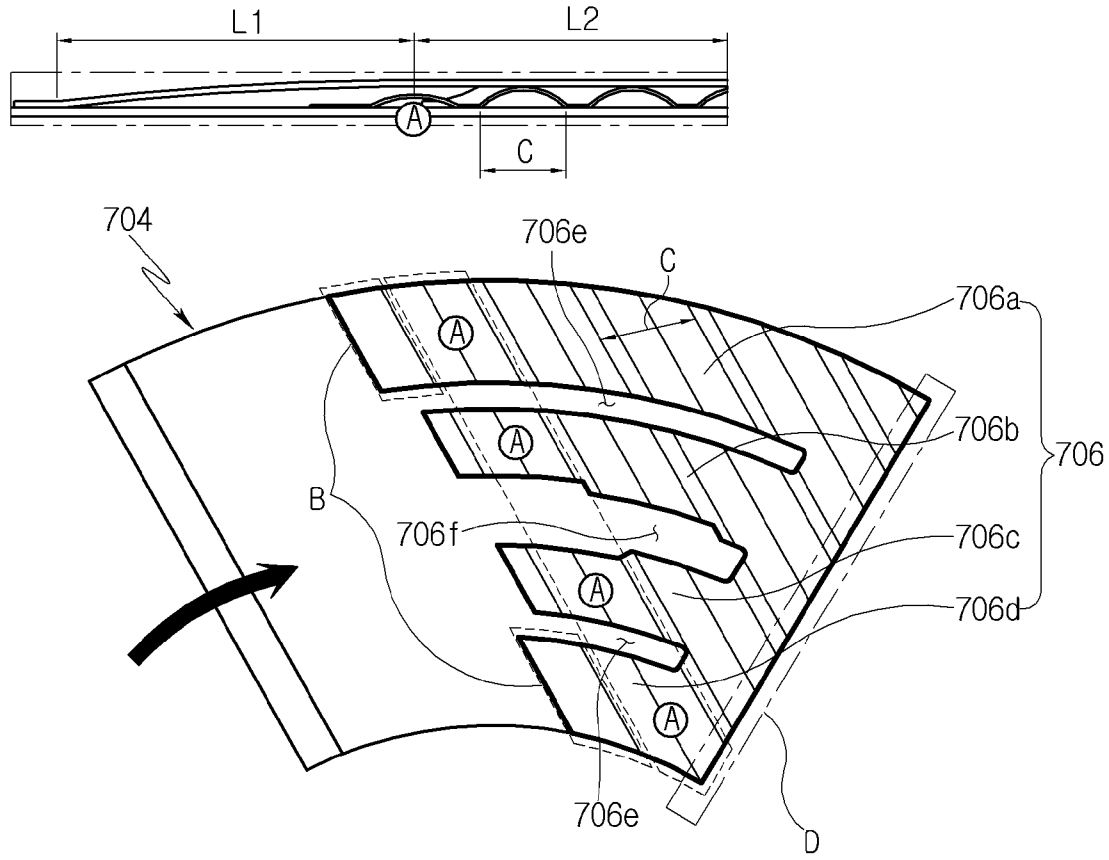
[도8]


압력
P2
P1
로터의 길이 방향
d1
d2

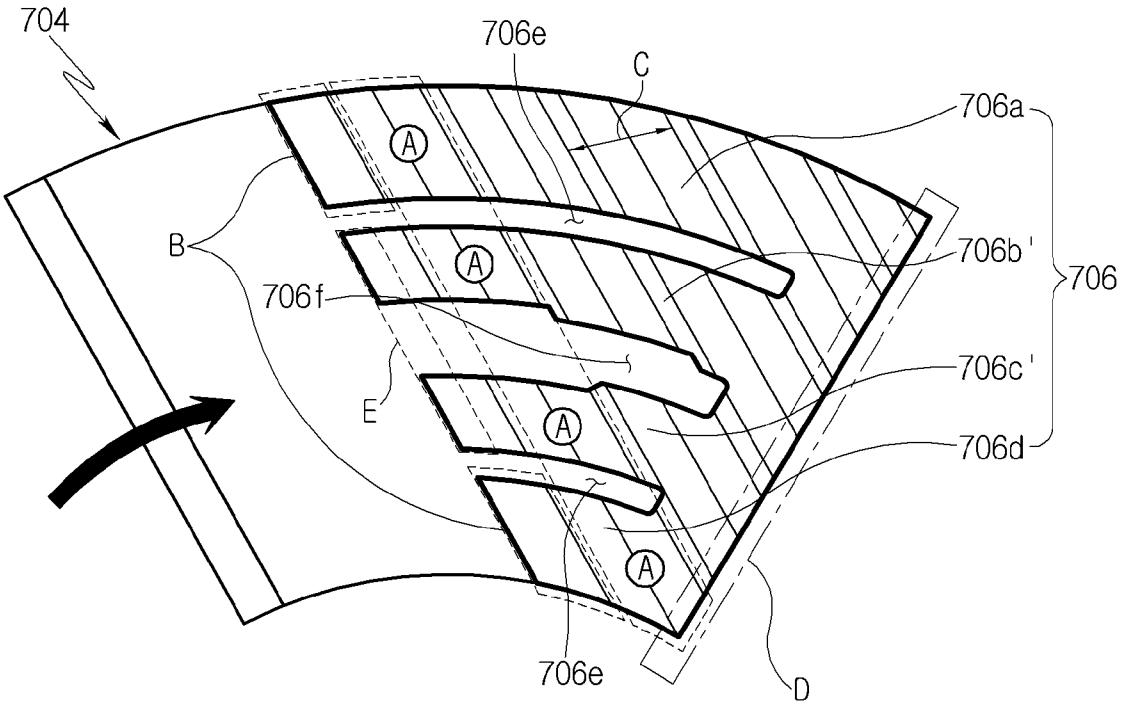
[도9]


704"
702"
706"
C
7063
7062
7061
706a"
7060
D
A
C
F
B
B'
706c"
E
B"
706d"
706b"
704"
7066
7065
7064
706c"

[도10]


L1
L2
A
C
704
706e
C
706a
A
A
706b
706
B
706f
706c
A
706d
A
706e
D

[도11]


704
706e
C
706a
A
B
A
706b'
706
706f
E
706c'
A
706d
A
706e
D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2016/013329

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16C 32/06(2006.01)i, F16C 17/04(2006.01)i, F04D 17/10(2006.01)i, F16C 27/02(2006.01)i, F04D 29/056(2006.01)i, F01D 25/16(2006.01)i, F04D 29/046(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F16C 32/06; F16C 17/04; F16C 17/06; F16C 27/02; F04D 17/10; F04D 29/056; F01D 25/16; F04D 29/046

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: thrust, thrust, foil, bearing, air pocket, slit, air, compressor and bump

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2015-059630 A (IHI CORP.) 30 March 2015 See paragraphs [0026]-[0033] and figures 3a-3d.	1-4,6-9
Y		5,10-21,29-36
A		22-28
Y	KR 10-1558489 B1 (TNE KOREA CO., LTD.) 07 October 2015 See paragraphs [0047]-[0049] and figure 2.	5,10-21,29-36
Y	US 2012-0281936 A1 (HESHMAT et al.) 08 November 2012 See paragraph [0082] and figures 8-9.	12-21,30-36
A	KR 10-0954066 B1 (CHOI, Choung Ki) 20 April 2010 See abstract; paragraph [0021]; and figures 1-2.	1-36
A	KR 10-2001-0063915 A (LG ELECTRONICS INC.) 09 July 2001 See abstract; claim 1; and figures 3, 6.	1-36

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
08 MARCH 2017 (08.03.2017)	**08 MARCH 2017 (08.03.2017)**

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701, Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2016/013329

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2015-059630 A	30/03/2015	CA 2924429 A1	26/03/2015
		CN 105683598 A	15/06/2016
		EP 3048317 A1	27/07/2016
		KR 10-2016-0054591 A	16/05/2016
		US 2016-0195128 A1	07/07/2016
		WO 2015-041233 A1	26/03/2015
KR 10-1558489 B1	07/10/2015	WO 2016-153201 A1	29/09/2016
US 2012-0281936 A1	08/11/2012	US 2012-0281937 A1	08/11/2012
		US 2013-0011211 A1	10/01/2013
		US 8602653 B2	10/12/2013
		US 8801290 B2	12/08/2014
		US 9309925 B2	12/04/2016
		WO 2011-044110 A2	14/04/2011
		WO 2011-044110 A3	13/10/2011
KR 10-0954066 B1	20/04/2010	NONE	
KR 10-2001-0063915 A	09/07/2001	KR 10-0360240 B1	08/11/2002

국제조사보고서

국제출원번호
PCT/KR2016/013329

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

F16C 32/06(2006.01)i, F16C 17/04(2006.01)i, F04D 17/10(2006.01)i, F16C 27/02(2006.01)i, F04D 29/056(2006.01)i, F01D 25/16(2006.01)i, F04D 29/046(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)
F16C 32/06; F16C 17/04; F16C 17/06; F16C 27/02; F04D 17/10; F04D 29/056; F01D 25/16; F04D 29/046

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌
한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))
eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 트러스트, 스러스트, 포일, 베어링, 에어포켓, 슬릿, 에어, 압축기 및 범프

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	JP 2015-059630 A (IHI CORP.) 2015.03.30 단락 [0026]-[0033] 및 도면 3a-3d 참조.	1-4,6-9
Y		5,10-21,29-36
A		22-28
Y	KR 10-1558489 B1 (㈜티앤이코리아) 2015.10.07 단락 [0047]-[0049] 및 도면 2 참조.	5,10-21,29-36
Y	US 2012-0281936 A1 (HESHMAT 등) 2012.11.08 단락 [0082] 및 도면 8-9 참조.	12-21,30-36
A	KR 10-0954066 B1 (최충기) 2010.04.20 요약; 단락 [0021]; 및 도면 1-2 참조.	1-36
A	KR 10-2001-0063915 A (엘지전자 주식회사) 2001.07.09 요약; 청구항 1; 및 도면 3, 6 참조.	1-36

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

"T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

"X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

"Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2017년 03월 08일 (08.03.2017)	2017년 03월 08일 (08.03.2017)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)
팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관
황찬윤
전화번호 +82-42-481-3347

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2016/013329

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2015-059630 A	2015/03/30	CA 2924429 A1	2015/03/26
		CN 105683598 A	2016/06/15
		EP 3048317 A1	2016/07/27
		KR 10-2016-0054591 A	2016/05/16
		US 2016-0195128 A1	2016/07/07
		WO 2015-041233 A1	2015/03/26
KR 10-1558489 B1	2015/10/07	WO 2016-153201 A1	2016/09/29
US 2012-0281936 A1	2012/11/08	US 2012-0281937 A1	2012/11/08
		US 2013-0011211 A1	2013/01/10
		US 8602653 B2	2013/12/10
		US 8801290 B2	2014/08/12
		US 9309925 B2	2016/04/12
		WO 2011-044110 A2	2011/04/14
		WO 2011-044110 A3	2011/10/13
KR 10-0954066 B1	2010/04/20	없음	
KR 10-2001-0063915 A	2001/07/09	KR 10-0360240 B1	2002/11/08