

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2020년 3월 19일 (19.03.2020) WIPO | PCT



(10) 국제공개번호
WO 2020/054935 A1

- (51) 국제특허분류: B21D 3/16 (2006.01) B21D 37/16 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2019/003227
- (22) 국제출원일: 2019년 3월 20일 (20.03.2019)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2018-0110172 2018년 9월 14일 (14.09.2018) KR
- (71) 출원인: 한국전력공사 (KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION) [KR/KR]; 58322 전라남도 나주시 전력로 55, Jeollanam-do (KR). 한국중부발전(주) (KOREA MIDLAND POWER CO., LTD.) [KR/KR]; 33439 충청남도 보령시 보령북로 160, Chungcheongnam-do (KR). 한국서부발전 주식회사 (KOREA WESTERN POWER

CO., LTD.) [KR/KR]; 32140 충청남도 태안군 태안읍 중앙로 285, Chungcheongnam-do (KR). 한국남부발전 주식회사 (KOREA SOUTH POWER CO., LTD.) [KR/KR]; 48400 부산광역시 남구 문현금융로 40, 30층, 31층, 32층, 33층, 34층, 35층, Busan (KR). 한국동서발전(주) (KOREA EAST-WEST POWER CO., LTD.) [KR/KR]; 44543 울산광역시 중구 중가로 395, Ulsan (KR).

- (72) 발명자: 박광하 (PARK, Kwang-Ha); 34056 대전광역시 유성구 문지로 105, Daejeon (KR). 김두영 (KIM, Doo-Young); 34056 대전광역시 유성구 문지로 105, Daejeon (KR). 박현구 (PARK, Hyun-Ku); 34056 대전광역시 유성구 문지로 105, Daejeon (KR). 김정환 (KIM, Jung-Hwan); 34056 대전광역시 유성구 문지로 105, Daejeon (KR). 장용희 (JANG, Yong-Hee); 34056 대전광역시 유성구 문지로 105, Daejeon (KR). 박준수 (PARK,

(54) Title: BENT ROTOR STRAIGHTENING METHOD USING LOW FREQUENCY INDUCTION HEATING AND BENT ROTOR STRAIGHTENING APPARATUS USING SAME

(54) 발명의 명칭: 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법 및 이를 이용한 로터 벤딩 교정 장치

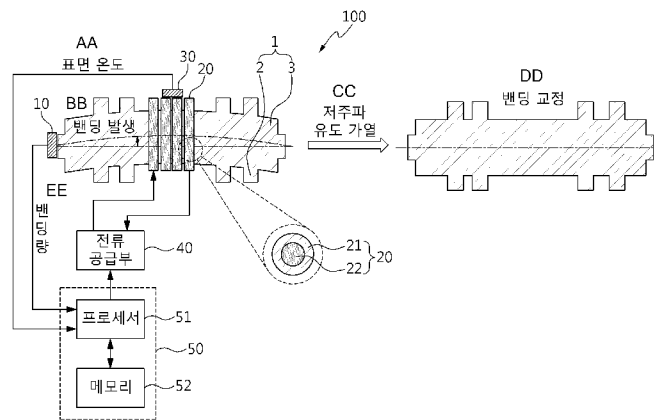


FIG. 7

- 40 ... Current supply unit
51 ... Processor
52 ... Memory
AA ... Surface temperature
BB ... Bend occurrence
CC ... Low frequency induction heating
DD ... Bend straightening
EE ... Bending amount

(57) Abstract: The present invention relates to a bent rotor straightening method using low frequency induction heating, and a bent rotor straightening apparatus using same. A bent rotor straightening method using low frequency induction heating according to an embodiment of the present invention comprises the steps of: calculating a heating rate in accordance with setting of a first target temperature for straightening a bent rotor by means of low frequency induction heating; in performing primary heat treatment straightening at the heating rate, retaining for a heating time determined in accordance with the diameter of the rotor at the first target temperature when the first target temperature is reached; confirming whether or not the bending amount of the rotor reaches a predetermined threshold



WO 2020/054935 A1

Jun-Su); 34056 대전광역시 유성구 문지로 105, Daejeon (KR).

(74) 대리인: 한양특허법인 (HANYANG PATENT FIRM); 06296 서울시 강남구 논현로38길 12, 한양빌딩, 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, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, 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 국내 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).

규칙 4.17에 의한 선언서:

— 신규성을 해치지 아니하는 개시 또는 신규성 상실의 예외에 관한 선언 (규칙 4.17(v))

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

in accordance with the result of the primary heat treatment straightening; and ending the straightening of the bent rotor in accordance with the confirmation result of the bending amount of the rotor.

(57) 요약서: 본 발명은 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법 및 이를 이용한 로터 벤딩 교정 장치에 관한 것으로, 본 발명의 실시예에 따른 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법 및 이를 이용한 로터 벤딩 교정 장치는, 저주파 유도 가열을 이용하여 로터의 벤딩을 교정하기 위한 제1 목표온도를 설정함에 따라 가열속도를 계산하는 단계; 상기 가열속도로 1차 열처리 교정을 수행함에 있어서, 상기 제1 목표온도에 도달함에 따라 상기 제1 목표온도에서 상기 로터의 지름 크기에 따라 결정된 가열시간 동안 유지시키는 단계; 및 상기 1차 열처리 교정의 수행 결과에 따라 상기 로터의 벤딩량이 기설정된 임계치에 도달하는지를 확인하는 단계; 상기 로터의 벤딩량 확인 결과에 따라, 상기 로터의 벤딩 교정을 종료하는 단계;를 포함한다.

명세서

발명의 명칭: 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법 및 이를 이용한 로터 벤딩 교정 장치

기술분야

- [1] 본 발명은 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법 및 이를 이용한 로터 벤딩 교정 장치(ROTOR BENDING CORRECTION METHOD USING LOW FREQUENCY INDUCTION HEAT AND ROTOR BENDING CORRECTION APPARATUS USING THE SAME)에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 저주파 유도 가열을 이용해 로터의 벤딩으로 발생하는 잔류 응력을 제거함으로써 로터의 벤딩을 교정하기 위한, 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법 및 이를 이용한 로터 벤딩 교정 장치에 관한 것이다.
- [2] 본 발명은 2018년 9월 14일자로 출원된 대한민국 특허 제10-2018-0110172호에 우선권을 주장하며, 그 개시 내용은 본 명세서에 포함된다.

배경기술

- [3] 발전소 증기터빈은 로터의 열화, 기동정지시 발생하는 마찰(rubbing), 수분 유입 등에 의해 회전체와 고정체의 마찰이 심하게 발생되어 로터에 벤딩(bendding) 현상이 발생할 수 있다.
- [4] 도 1은 로터의 벤딩 발생 매커니즘을 설명하는 도면이다. 로터는 외부 고정체와 마찰(rubbing)이 발생할 때 마찰열에 의해 국부적으로 팽창하게 되고, 냉각시 잔류응력에 의해 벤딩이 발생하게 된다.
- [5] 로터에 벤딩이 발생하는 경우에는 발전소 설비의 진동이 증가할 수 있기 때문에 발전소 설비를 정지시켜 로터 벤딩을 교정하는 작업을 필요하다. 이러한 로터는 고속 회전(약 3,600rpm으로 회전)하므로 0.2mm 이하 수준으로 벤딩 정도가 관리되어야 한다.
- [6] 이에 따라, 로터의 벤딩 현상이 발생한 부위만을 국부적으로 교정하는 로터의 변형 보정(straightening) 작업이 필요하다.
- [7] 로터의 벤딩 교정은 기계적인 하중과 열적 하중을 가하는 방법으로 구분할 수 있는데, 기계적 하중을 이용하면 접촉면에서 로터에 손상이 가해질 우려가 크기 때문에 열적 하중을 이용한 방법이 선호되는 추세이다.
- [8] 열적 하중을 이용한 방법에는 열선반을 이용한 교정 방식 또는 토치를 이용한 교정 방식이 있다.
- [9] 먼저, 열선반을 이용한 교정 방식은 로터를 국부적으로 가열하는 방식이 아니기 때문에 블레이드 열화 손상이 발생할 수 있다. 또한, 이러한 교정 방식은 온도를 제어할 수 있는 변수가 없기 때문에, 경험적인 방법에 의한 다양한 케이스별 실험을 통해 교정하므로 교정시간이 오래 걸린다.
- [10] 다음, 토치를 이용한 교정 방식은 토치를 이용하여 국부적으로 소재를

가열하는 방식이나, 원하는 부위만을 가열하기 어렵기 때문에 소재의 변형량을 제어할 수 없다. 이러한 교정 방식도 경험적인 방법에 의해 다양한 케이스별 실험을 통해 교정하므로 교정시간이 오래 걸릴 수 있다.

- [11] 따라서, 로터의 벤딩을 교정하기 위해서는 로터에 국부적인 열적 하중을 가할 수 있는 방식이면서, 온도제어에 유리한 방식을 활용하여 짧은 교정 시간으로 로터를 교정하는 방식이 제안될 필요가 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [12] 본 발명의 목적은 저주파 유도 가열을 이용해 로터의 벤딩으로 발생하는 잔류 응력을 제거함으로써 로터의 벤딩을 교정하기 위한, 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법 및 이를 이용한 로터 벤딩 교정 장치를 제공하는데 있다.

과제 해결 수단

- [13] 본 발명의 실시예에 따른 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법은, 저주파 유도 가열을 이용하여 로터의 벤딩을 교정하기 위한 제1 목표온도를 설정함에 따라 가열속도를 계산하는 단계; 상기 가열속도로 1차 열처리 교정을 수행함에 있어서, 상기 제1 목표온도에 도달함에 따라 상기 제1 목표온도에서 상기 로터의 지름 크기에 따라 결정된 가열시간 동안 유지시키는 단계; 및 상기 1차 열처리 교정의 수행 결과에 따라 상기 로터의 벤딩량이 기설정된 임계치에 도달하는지를 확인하는 단계; 상기 로터의 벤딩량 확인 결과에 따라, 상기 로터의 벤딩 교정을 종료하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [14] 실시예에 따르면, 상기 로터의 벤딩량 확인 결과에 따라, 저주파 유도 가열을 이용하여 로터의 벤딩을 다시 교정하기 위한 제2 목표온도를 설정하는 단계; 상기 가열속도로 2차 열처리 교정을 수행함에 있어서, 상기 제2 목표온도에 도달함에 따라 상기 제2 목표온도에서 기설정된 가열시간 동안 유지시키는 단계; 상기 2차 열처리 교정의 수행 결과에 따라 상기 로터의 벤딩량이 기설정된 임계치에 도달하는지를 확인하는 단계; 및 상기 로터의 벤딩량 확인 결과에 따라, 상기 로터의 벤딩 교정을 종료하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [15] 상기 제1 목표온도 및 상기 제2 목표온도는, 상기 로터의 소재 상변환 온도에서 마진을 주는 온도로 결정되는 것일 수 있다.
- [16] 상기 로터의 소재 상변환 온도가 700~800°C일 때, 상기 제1 목표온도는 600~700°C이며, 상기 제2 목표온도는 700°C인 것일 수 있다.
- [17] 상기 가열속도는, 제1 가열 구간과 제2 가열 구간으로 구분되고, 상기 제1 가열 구간은, 10~80°C/hr로 승온하고, 상기 제2 가열 구간은, 10~50°C/hr로 승온하는 것일 수 있다.
- [18] 상기 로터는, 로터 몸체의 국부적 벤딩 부위에 저주파 유도 코일이 권선되는 것일 수 있다.
- [19] 상기 저주파 유도 코일은, 500Hz 이하의 저주파 전원이 공급되는 것일 수 있다.

- [20] 상기 저주파 유도 코일은, 상기 로터 몸체에 감싸진 내화커버 상에 권선되는 것일 수 있다.
- [21] 상기 저주파 유도 코일은, 코일층의 외측면을 냉각수층으로 둘러싸는 이중 구조로 구성되는 것일 수 있다.
- [22] 상기 로터는, 상기 제1 열처리 교정 또는 상기 제2 열처리 교정을 수행함에 있어서, 휘어진 부분을 위쪽 방향으로 향하도록 자세가 변경된 것일 수 있다.
- [23] 상기 제1 목표온도에서 상기 로터의 지름 크기에 따라 결정된 가열시간은, 상기 로터의 지름 크기 1인치 당 0.5~2시간으로 계산되어 결정되는 것일 수 있다.
- [24] 상기 제2 목표온도에서 기설정된 가열시간은, 상기 로터의 지름 크기와 상관없이 24시간일 수 있다.
- [25] 상기 기설정된 임계치는, 상기 로터의 표준 벤딩 정도로 관리되는 수준의 벤딩량인 0.2mm이거나, 열처리 교정전 벤딩량에 대한 교정후 벤딩량의 교정 비율이 50%로 정의되는 것일 수 있다.
- [26] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 로터 벤딩 교정 장치로서, 적어도 하나의 프로세서; 및 컴퓨터 판독 가능한 명령들을 저장하기 위한 메모리;를 포함하며, 상기 명령들은, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해 실행될 때, 상기 제어 장치로 하여금, 저주파 유도 가열을 이용하여 로터의 벤딩을 교정하기 위한 제1 목표온도를 설정함에 따라 가열속도를 계산하고, 상기 가열속도로 1차 열처리 교정을 수행함에 있어서, 상기 제1 목표온도에 도달함에 따라 상기 제1 목표온도에서 상기 로터의 지름 크기에 따라 결정된 가열시간 동안 유지시키며, 상기 1차 열처리 교정의 수행 결과에 따라 상기 로터의 벤딩량이 기설정된 임계치에 도달하는지를 확인하고, 상기 로터의 벤딩량 확인 결과에 따라, 상기 로터의 벤딩 교정을 종료하는 것일 수 있다.
- [27] 상기 명령들은, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해 실행될 때, 상기 로터 벤딩 교정 장치로 하여금, 상기 로터의 벤딩량 확인 결과에 따라, 저주파 유도 가열을 이용하여 로터의 벤딩을 다시 교정하기 위한 제2 목표온도를 설정하고, 상기 가열속도로 2차 열처리 교정을 수행함에 있어서, 상기 제2 목표온도에 도달함에 따라 상기 제2 목표온도에서 기설정된 가열시간 동안 유지시키며, 상기 2차 열처리 교정의 수행 결과에 따라 상기 로터의 벤딩량이 기설정된 임계치에 도달하는지를 확인하고, 상기 로터의 벤딩량 확인 결과에 따라, 상기 로터의 벤딩 교정을 종료하는 것일 수 있다.

발명의 효과

- [28] 본 발명은 저주파 유도 가열을 이용해 로터의 벤딩으로 발생하는 잔류 응력을 제거함으로써 로터의 벤딩을 교정할 수 있다.
- [29] 또한, 본 발명은 저주파 유도 가열을 이용하여 온도 제어가 가능하기 때문에 로터 교정 절차를 개발할 수 있다.
- [30] 또한, 본 발명은 열처리 교정이 필요한 국부적 벤딩 부위를 가열할 수 있기

때문에 열손실을 최소화시킬 수 있다.

[31] 또한, 본 발명은 로터만 가열하기 때문에 교정시 발생하는 블레이드 손상을 방지할 수 있다.

[32] 또한, 본 발명은 신축성 있는 저주파 유도 코일을 이용하기 때문에 로터의 크기에 무관하게 모든 종류의 로터 발생된 벤딩 교정에 적용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[33] 도 1은 로터의 벤딩 발생 매커니즘을 설명하는 도면,

[34] 도 2는 고주파 가열 방식을 이용한 로터 벤딩 교정 장치를 나타낸 도면,

[35] 도 3은 고주파 가열에 의한 국부 소성변형을 나타낸 도면,

[36] 도 4는 고주파 가열에 의한 조직 사진을 나타낸 도면,

[37] 도 5는 고주파 가열 간격에 따른 온도 변화를 나타낸 도면,

[38] 도 6은 고주파 가열 후 응력 풀림 처리를 나타낸 도면,

[39] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 로터 벤딩 교정 장치를 나타낸 도면,

[40] 도 8은 저주파 유도 코일의 권선 상태를 나타낸 도면,

[41] 도 9 및 도 10은 저주파 유도 코일과 로터 몸체 사이에 내화커버를 둘러싼 경우를 나타낸 도면,

[42] 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법을 나타낸 도면,

[43] 도 12는 상기 도 11의 1차 열처리 교정 과정의 온도 및 시간을 나타낸 도면,

[44] 도 13은 상기 도 11의 2차 열처리 교정 과정의 온도 및 시간을 나타낸 도면,

[45] 도 14는 저주파 가열에 의한 로터 응력 변화를 나타낸 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

[46] 이하 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 다만, 하기의 설명 및 첨부된 도면에서 본 발명의 요지를 흐릴 수 있는 공지 기능 또는 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 또한, 도면 전체에 걸쳐 동일한 구성 요소들은 가능한 한 동일한 도면 부호로 나타내고 있음에 유의하여야 한다.

[47] 이하에서 설명되는 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위한 용어로 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[48] 따라서 본 명세서에 기재된 실시 예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시 예에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[49] 첨부 도면에 있어서 일부 구성요소는 과장되거나 생략되거나 또는 개략적으로 도시되었으며, 각 구성요소의 크기는 실제 크기를 전적으로 반영하는 것이

아니다. 본 발명은 첨부한 도면에 그려진 상대적인 크기나 간격에 의해 제한되어지지 않는다.

- [50] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다. 또한, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [51] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [52] 또한, 명세서에서 사용되는 "부"라는 용어는 소프트웨어, FPGA 또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, "부"는 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 "부"는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. "부"는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 "부"는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로 코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 "부"들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 "부"들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 "부"들로 더 분리될 수 있다.
- [53] 아래에서는 첨부한 도면을 참고하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [54] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명한다.
- [55] 후술할 본 발명의 실시예에 따른 로터 벤딩 교정 장치는 아래 표 1과 같이 고주파 가열 방식과 저주파 가열 방식의 특성 차이를 고려할 때, 고주파 가열 방식 대신 저주파 가열 방식을 이용하는 것이 바람직하다.

[56] [표1]

구분	저주파 가열 방식	고주파 가열 방식
장점	-열처리 패턴을 활용하여 온도 제어 가능-소재의 중심부까지 열처리 가능-작업중 오버히팅에 의한 위험성 낮음	-단시간에 고온까지 승온 가능-저주파 장비 대비 무게가 가벼움
단점	-단시간에 많은 열을 줄 수 없음-고주파 장비 대비 무게가 무거움	- 소재와 가열기 간격 제어 실패시,오버히팅 가능성이 많음-온도제어가 어려움

[57] 이하, 도 2 내지 도 6을 참조하여 고주파 가열 방식을 이용한 로터 벤딩 교정 장치에 대해 살펴보면 다음과 같은 특성을 나타낸다. 도 2는 고주파 가열 방식을 이용한 로터 벤딩 교정 장치를 나타낸 도면이고, 도 3은 고주파 가열에 의한 국부 소성변형을 나타낸 도면이며, 도 4는 고주파 가열에 의한 조직 사진을 나타낸 도면이고, 도 5는 고주파 가열 간격에 따른 온도 변화를 나타낸 도면이며, 도 6은 고주파 가열 후 응력 풀림 처리를 나타낸 도면이다. 도 2와 같이, 고주파 가열 방식을 이용한 로터 벤딩 교정 장치는 장비에 고정되어 있는 상태에서 휘어진 방향에 대해 고주파 가열에 의해 열을 가하여 열변형을 교정하는 방식이다.

[58] 이러한 방식은 로터 표면에 국부 가열로 인한 소성 변형을 발생시켜 소재 전체를 사용할 수 없게 만들 수 있다(도 3 참조).

[59] 또한, 이러한 방식은 짧은 시간만에 급격하게 온도가 상승하기 때문에(60초에 1000℃ 상승 가능), 소재의 조직 변화가 발생할 수 있다(도 4 참조).

[60] 즉, 이러한 방식은 짧은 시간에 급격한 온도 변화가 발생하기 때문에 온도를 제어하기 용이하지 않다. 예를 들어, 고주파 가열의 경우에는 20초간 소재를 가열할 때 소재 온도가 300℃까지 도달할 수 있다.

[61] 이때, 고주파 가열 방식은 저주파 가열 방식에 비해 열영향부가 얇게 나타나기 때문에 열편차에 의해 발생하는 잔류 응력이 크다. 여기서, 열응력을 아래 수식식 1과 같이 온도편차와 관련되어 있다.

[62] [수식1]

$$\text{열응력} = (\text{탄성 계수}) \times (\text{열팽창 계수}) \times (\text{온도편차})$$

[63] 즉, 고주파 가열 방식은 소재의 심부까지 열전달이 발생하지 않고, 저주파 가열 방식은 소재의 심부까지 열전달이 발생한다. 이러한 이유로, 고주파 가열 방식은 표면과 심부 사이의 열편차가 크기 때문에 잔류 응력이 크게 나타나고, 저주파 가열 방식은 표면과 심부 사이의 열편차가 작기 때문에 잔류 응력이 작게 나타난다.

[64] 그리고, 이러한 방식은 고주파 가열 간격에 따라 온도 상승 차이가 민감하게 발생할 수 있다(도 5 참조). 도 5와 같이, 고주파 가열 간격이 20mm인 경우에는

20초 가열시 최대 300°C에 도달할 수 있으나, 고주파 가열 간격이 10mm인 경우에는 20초 가열시 최대 500°C에 도달할 수 있다. 이와 같이, 이러한 방식은 초기 세팅에 따라 결과가 상당히 달라질 수 있음을 알 수 있다.

[65] 고주파 가열 방식은 로터에 직접 접촉하여 가열할 경우 가열장치와 로터의 열화가 발생할 수 있기 때문에 소정의 가열 간격을 두고 로터를 가열하게 된다.

[66] 아울러, 이러한 방식은 잔류 응력이 발생하기 때문에 응력 풀림 처리를 필수적으로 진행해야 한다(도 6 참조). 즉, 이러한 방식은 응력 풀림 처리를 하지 않을 경우 잔류 응력에 의해 재변형 가능성이 상존한다.

[67]

[68] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 로터 벤딩 교정 장치를 나타낸 도면이다.

[69] 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 로터 벤딩 교정 장치(100)는, 저주파 유도 가열을 이용해 로터(1)의 벤딩으로 발생하는 잔류 응력을 제거함으로써 로터(1)의 벤딩을 교정할 수 있다.

[70] 구체적으로, 로터 벤딩 교정 장치(100)는 벤딩량 측정부(10), 저주파 유도 코일(20), 온도 측정부(30), 전류 공급부(40), 제어 장치(50)를 포함한다.

[71] 저주파 유도 코일(20)은 코일층(22)의 열화 방지를 위해 코일층(22)의 외측면을 냉각수층(21)으로 둘러싸는 이중 구조로 구성된다.

[72] 또한, 저주파 유도 코일(20)은 로터 몸체(2)의 국부적 벤딩 부위에 직접 권선하므로 로터(1)의 지름 크기에 상관없이 적용할 수 있다(도 8 참고). 도 8은 저주파 유도 코일의 권선 상태를 나타낸 도면이다.

[73] 만약, 고주파 가열 방식을 적용하려는 경우에는 유도 코일의 형태가 고정될 수 밖에 없기 때문에 로터(1)의 지름에 따른 코일 권선이 용이하지 않다. 즉, 고주파 유도 코일은 하나의 로터에 대해서만 적용이 가능하게 된다.

[74] 그리고, 저주파 유도 코일(20)은 로터 몸체(2)에 내화커버(23)를 감싼 후, 내화커버(23) 상에 권선될 수 있다(도 9 및 도 10 참조). 도 9 및 도 10은 저주파 유도 코일과 로터 몸체 사이에 내화커버를 둘러싼 경우를 나타낸 도면이다. 이는 내화커버(23)의 단열 효과를 통해 열처리 효과를 극대화시키거나, 유도 가열에 의해 발생한 열에 의해 저주파 유도 코일(20)의 열화를 방지하기 위함이다.

[75] 이처럼, 저주파 유도 코일(20)은 국부적으로 가열하므로 로터(1)의 블레이드(3)의 열화 손상을 유발하지 않는다.

[76] 제어 장치(50)는 벤딩량 측정부(10)에 의해 측정된 로터(1)의 벤딩량에 따라 기 설정된 열처리 교정 조건을 수행한다. 이러한 제어 장치(50)는 열처리 교정 조건을 수행할 때, 온도 측정부(30)에 의해 측정된 로터 몸체(2)의 표면 온도에 따라 전류 공급부(40)를 제어하여 저주파 유도 코일(20)에 전류를 공급한다. 여기서, 전류 공급부(40)는 500Hz 이하의 저주파 전원을 공급한다.

[77] 예를 들어, 제어 장치(50)는 목표온도(예, 700°C까지 시간당 30°C 상승)가 설정되면 분당 상승 온도(예, 분당 0.5°C 상승)를 계산한다. 그러면, 제어 장치(50)는 온도 측정부(30)에 의해 측정된 측정온도와 계산된 계산온도를

비교한다. 이때, 제어 장치(50)는 측정온도와 계산온도가 다를 경우에 저주파 유도 코일(20)에 인가되는 전류량을 증가 또는 감소시켜 측정온도와 계산온도를 동일한 상태로 제어한다. 이후, 제어 장치(50)는 목표온도(예, 700°C)에 도달하면 일정상태를 유지하거나 종료한다.

[78] 이를 위해, 제어 장치(50)는 적어도 하나의 프로세서(51)와 컴퓨터 판독 가능한 명령들을 저장하기 위한 메모리(52)를 포함한다. 적어도 하나의 프로세서(51)는 메모리(52)에 저장된 컴퓨터 판독 가능한 명령들을 실행함에 따라, 제어 장치(50)로 하여금 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법을 수행하게 한다.

[79]

[80] 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법을 나타낸 도면이고, 도 12는 상기 도 11의 1차 열처리 교정 과정의 온도 및 시간을 나타낸 도면이며, 도 13는 상기 도 11의 2차 열처리 교정 과정의 온도 및 시간을 나타낸 도면이다.

[81] 도 11에 도시된 바와 같이, 로터 벤딩 교정 장치(100)는 저주파 유도 가열을 이용하여 로터(1)의 벤딩을 교정한다.

[82] 먼저, 로터 벤딩 교정 장치(100)는 1차 열처리 교정을 수행한다.

[83] 로터 벤딩 교정 장치(100)는 로터(1)의 교정전 벤딩량을 측정한다(S101). 그리고, 로터 벤딩 교정 장치(100)는 제1 목표온도를 설정함에 따라 분당 상승온도에 해당되는 가열속도를 계산한다(S102).

[84] 먼저, 제1 목표온도는 재료별 열전도도 및 열적 물성이 다르기 때문에 재료에 따라 변태온도가 다르다. 제1 목표온도는 재료 특성을 고려하여 설정되며, 예를 들어, 600~700°C 범위에서 결정될 수 있다.

[85] 이에 따라, 가열속도는 2개 구간으로 구분되는데, 0°C~540°C 구간(즉, 제1 가열 구간)의 경우 10~80°C/hr의 가열속도로 결정되고, 540°C~700°C 구간(즉, 제2 가열 구간)의 경우 10~50°C/hr의 가열속도로 결정될 수 있다. 이러한 가열속도는 재료마다 열전도도가 다르면 가열속도에 따른 열응력 발생량이 달라지기 때문에, 재료의 특성을 고려하여 결정된다.

[86] 여기서, 제1 목표온도는 로터 소재의 상변환 온도인 700~800°C일 때, -100°C 이하의 마진을 주는 온도로 결정될 수 있다.

[87] 이후, 로터 벤딩 교정 장치(100)는 해당 가열속도로 1차 열처리 교정을 수행한다(S103).

[88] 도 12를 참조하면, 로터 벤딩 교정 장치(100)는 제1 목표온도를 670°C로 결정하고, 저주파 유도 가열을 이용하여 로터(1)의 표면의 온도가 0°C~540°C 구간에서 50°C/hr의 가열속도로 승온한 후, 1시간 동안 540°C를 유지하면서 다시 로터(1)의 표면의 온도가 540°C~670°C 구간에서 30°C/hr의 가열속도로 승온시킨다. 여기서, 제1 목표온도는 로터 소재의 상변환 온도인 730°C에서 -60°C의 마진을 주는 온도로 결정된다.

- [89] 그런 다음, 로터 벤딩 교정 장치(100)는 로터(1)의 지름 크기(단위: 인치)에 따라 제1 목표온도에 해당되는 670°C를 유지시키는 가열시간을 결정한다. 이때, 가열시간은 1인치 당 0.5~2시간으로 계산될 수 있다. 예를 들어, 로터(1)의 지름 크기가 1인치 당 1시간으로 계산할 경우, 9 인치인 경우라면 가열시간이 9시간이 된다. 즉, 로터 벤딩 교정 장치(100)는 9시간 동안 제1 목표온도를 유지하면서 가열한다.
- [90] 그런 다음, 로터 벤딩 교정 장치(100)는 로터(1)의 교정후 벤딩량을 측정한다(S104).
- [91] 이때, 로터 벤딩 교정 장치(100)는 로터(1)의 벤딩량이 기설정된 임계치에 도달하는지를 확인한다(S105). 여기서, 임계치는 로터(1)의 표준 벤딩 정도로 관리되는 수준의 벤딩량인 0.2mm이거나, 교정전 벤딩량에 대한 교정후 벤딩량의 교정 비율이 50%로 정의될 수 있다.
- [92] 로터 벤딩 교정 장치(100)는 기설정된 임계치에 도달하는 경우에 그대로 1차 열처리 교정을 통해 로터(1)의 벤딩 교정을 종료하지만, 그렇지 않으면 2차 열처리 교정을 수행한다.
- [93] 먼저, 로터 벤딩 교정 장치(100)는 제2 목표온도를 설정한다(S106).
- [94] 도 13을 참조하면, 제2 목표온도는 700°C이고, 가열속도는 1차 열처리 교정과 동일하다. 여기서, 제2 목표온도는 로터 소재의 상변환 온도인 730°C에서 -30°C의 마진을 주는 온도로 결정된다.
- [95] 이후, 로터 벤딩 교정 장치(100)는 해당 가열속도로 2차 열처리 교정을 수행한다(S107).
- [96] 이때, 로터 벤딩 교정 장치(100)는 로터(1) 자체의 무게를 이용하여 벤딩 교정을 수행한다(즉, 자중 이용). 이에 따라, 로터(1)는 휘어진 부분을 위쪽 방향으로 향하도록 자세를 변경한다. 이는 1차 열처리 교정에서도 적용 가능하다.
- [97] 도 13을 참조하면, 로터 벤딩 교정 장치(100)는 저주파 유도 가열을 이용하여 로터(1)의 표면의 온도가 0°C~540°C 구간(즉, 제1 가열 구간)에서 50°C/hr의 가열속도로 승온한 후, 1시간 동안 540°C를 유지하면서 다시 로터(1)의 표면의 온도가 540°C~700°C 구간(즉, 제2 가열 구간)에서 30°C/hr의 가열속도로 승온시킨다.
- [98] 그런 다음, 로터 벤딩 교정 장치(100)는 로터(1)의 지름 크기와 상관없이 24시간 동안 제2 목표온도에 해당되는 700°C를 유지시킨다.
- [99] 이와 같이, 2차 열처리 교정은 700°C 이하에서 장시간 온도를 유지시켜 열처리하기 때문에 응력풀림처리가 필요 없다. 이는 조직 및 응력 안정화를 위한 열처리이기 때문에 조직적으로 안정화시킬 수 있다.
- [100]
- [101] 도 14는 저주파 가열에 의한 로터 응력 변화를 나타낸 도면이다.
- [102] 도 14를 참조하면, 로터(1)는 초기 상태에 잔류 응력이 존재하나, 저주파 가열에 의해 심부에 인장응력이 집중되고, 최종 냉각 후 표면 잔류응력이 풀림 처리가

완료되어 벤딩량이 교정되게 된다.

- [103] 일부 실시 예에 의한 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CDROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.
- [104] 비록 상기 설명이 다양한 실시예들에 적용되는 본 발명의 신규한 특징들에 초점을 맞추어 설명되었지만, 본 기술 분야에 숙달된 기술을 가진 사람은 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서도 상기 설명된 장치 및 방법의 형태 및 세부 사항에서 다양한 삭제, 대체, 및 변경이 가능함을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 범위는 상기 설명에서보다는 첨부된 특허청구범위에 의해 정의된다. 특허청구범위의 균등 범위 안의 모든 변형은 본 발명의 범위에 포섭된다.

청구범위

- [청구항 1] 저주파 유도 가열을 이용하여 로터의 벤딩을 교정하기 위한 제1 목표온도를 설정함에 따라 가열속도를 계산하는 단계;
상기 가열속도로 1차 열처리 교정을 수행함에 있어서, 상기 제1 목표온도에 도달함에 따라 상기 제1 목표온도에서 상기 로터의 지름 크기에 따라 결정된 가열시간 동안 유지시키는 단계; 및
상기 1차 열처리 교정의 수행 결과에 따라 상기 로터의 벤딩량이 기설정된 임계치에 도달하는지를 확인하는 단계;
상기 로터의 벤딩량 확인 결과에 따라, 상기 로터의 벤딩 교정을 종료하는 단계;
를 포함하는 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 로터의 벤딩량 확인 결과에 따라, 저주파 유도 가열을 이용하여 로터의 벤딩을 다시 교정하기 위한 제2 목표온도를 설정하는 단계;
상기 가열속도로 2차 열처리 교정을 수행함에 있어서, 상기 제2 목표온도에 도달함에 따라 상기 제2 목표온도에서 기설정된 가열시간 동안 유지시키는 단계;
상기 2차 열처리 교정의 수행 결과에 따라 상기 로터의 벤딩량이 기설정된 임계치에 도달하는지를 확인하는 단계; 및
상기 로터의 벤딩량 확인 결과에 따라, 상기 로터의 벤딩 교정을 종료하는 단계;
를 더 포함하는 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법.
- [청구항 3] 제 2 항에 있어서,
상기 제1 목표온도 및 상기 제2 목표온도는,
상기 로터의 소재 상변환 온도에서 마진을 주는 온도로 결정되는 것인 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법.
- [청구항 4] 제 3 항에 있어서,
상기 로터의 소재 상변환 온도가 700~800°C일 때, 상기 제1 목표온도는 600~700°C이며, 상기 제2 목표온도는 700°C인 것인 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법.
- [청구항 5] 제 2 항에 있어서,
상기 가열속도는, 제1 가열 구간과 제2 가열 구간으로 구분되고,
상기 제1 가열 구간은, 10~80°C/hr로 승온하고,
상기 제2 가열 구간은, 10~50°C/hr로 승온하는 것인 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법.
- [청구항 6] 제 1 항에 있어서,
상기 로터는,

- 로터 몸체의 국부적 벤딩 부위에 저주파 유도 코일이 권선되는 것인 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법.
- [청구항 7] 제 6 항에 있어서,
상기 저주파 유도 코일은,
500Hz 이하의 저주파 전원이 공급되는 것인 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법.
- [청구항 8] 제 6 항에 있어서,
상기 저주파 유도 코일은,
상기 로터 몸체에 감싸진 내화커버 상에 권선되는 것인 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법.
- [청구항 9] 제 6 항에 있어서,
상기 저주파 유도 코일은,
코일층의 외측면을 냉각수층으로 둘러싸는 이중 구조로 구성되는 것인 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법.
- [청구항 10] 제 2 항에 있어서,
상기 로터는,
상기 제1 열처리 교정 또는 상기 제2 열처리 교정을 수행함에 있어서,
휘어진 부분을 위쪽 방향으로 향하도록 자세가 변경된 것인 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법.
- [청구항 11] 제 1 항에 있어서,
상기 제1 목표온도에서 상기 로터의 지름 크기에 따라 결정된 가열시간은,
상기 로터의 지름 크기 1인치 당 0.5~2시간으로 계산되어 결정되는 것인 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법.
- [청구항 12] 제 2 항에 있어서,
상기 제2 목표온도에서 기설정된 가열시간은,
상기 로터의 지름 크기와 상관없이 24시간인 것인 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법.
- [청구항 13] 제 1 항에 있어서,
상기 기설정된 임계치는,
상기 로터의 표준 벤딩 정도로 관리되는 수준의 벤딩량인 0.2mm이거나,
열처리 교정전 벤딩량에 대한 교정후 벤딩량의 교정 비율이 50%로 정의되는 것인 저주파 유도 가열을 이용한 로터 벤딩 교정 방법.
- [청구항 14] 로터 벤딩 교정 장치로서,
적어도 하나의 프로세서; 및
컴퓨터 판독 가능한 명령들을 저장하기 위한 메모리;를 포함하며,
상기 명령들은, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해 실행될 때, 상기 제어 장치로 하여금,

저주파 유도 가열을 이용하여 로터의 벤딩을 교정하기 위한 제1 목표온도를 설정함에 따라 가열속도를 계산하고,
 상기 가열속도로 1차 열처리 교정을 수행함에 있어서, 상기 제1 목표온도에 도달함에 따라 상기 제1 목표온도에서 상기 로터의 지름 크기에 따라 결정된 가열시간 동안 유지시키며,
 상기 1차 열처리 교정의 수행 결과에 따라 상기 로터의 벤딩량이 기설정된 임계치에 도달하는지를 확인하고,
 상기 로터의 벤딩량 확인 결과에 따라, 상기 로터의 벤딩 교정을 종료하는 것인 로터 벤딩 교정 장치.

[청구항 15] 제 14 항에 있어서,
 상기 명령들은, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해 실행될 때, 상기 로터 벤딩 교정 장치로 하여금,
 상기 로터의 벤딩량 확인 결과에 따라, 저주파 유도 가열을 이용하여 로터의 벤딩을 다시 교정하기 위한 제2 목표온도를 설정하고,
 상기 가열속도로 2차 열처리 교정을 수행함에 있어서, 상기 제2 목표온도에 도달함에 따라 상기 제2 목표온도에서 기설정된 가열시간 동안 유지시키며,
 상기 2차 열처리 교정의 수행 결과에 따라 상기 로터의 벤딩량이 기설정된 임계치에 도달하는지를 확인하고,
 상기 로터의 벤딩량 확인 결과에 따라, 상기 로터의 벤딩 교정을 종료하는 것인 로터 벤딩 교정 장치.

[청구항 16] 제 15 항에 있어서,
 상기 제1 목표온도 및 상기 제2 목표온도는,
 상기 로터의 소재 상변환 온도에서 마진을 주는 온도로 결정되는 것인 로터 벤딩 교정 장치.

[청구항 17] 제 16 항에 있어서,
 상기 로터의 소재 상변환 온도는 730°C이고,
 상기 제1 목표온도는 670°C이며, 상기 제2 목표온도는 700°C인 것인 로터 벤딩 교정 장치.

[청구항 18] 제 15 항에 있어서,
 상기 가열속도는, 제1 가열 구간과 제2 가열 구간으로 구분되고,
 상기 제1 가열 구간은, 50°C/hr로 승온하고,
 상기 제2 가열 구간은, 30°C/hr로 승온하는 것인 로터 벤딩 교정 장치.

[청구항 19] 제 14 항에 있어서,
 상기 로터는,
 로터 몸체의 국부적 벤딩 부위에 저주파 유도 코일이 권선되는 것인 로터 벤딩 교정 장치.

[청구항 20] 제 19 항에 있어서,

상기 저주파 유도 코일은,
500Hz 이하의 저주파 전원이 공급되는 것인 로터 벤딩 교정 장치.
[청구항 21] 제 19 항에 있어서,
상기 저주파 유도 코일은,
상기 로터 몸체에 감싸진 내화커버 상에 권선되는 것인 로터 벤딩 교정
장치.

[도1]

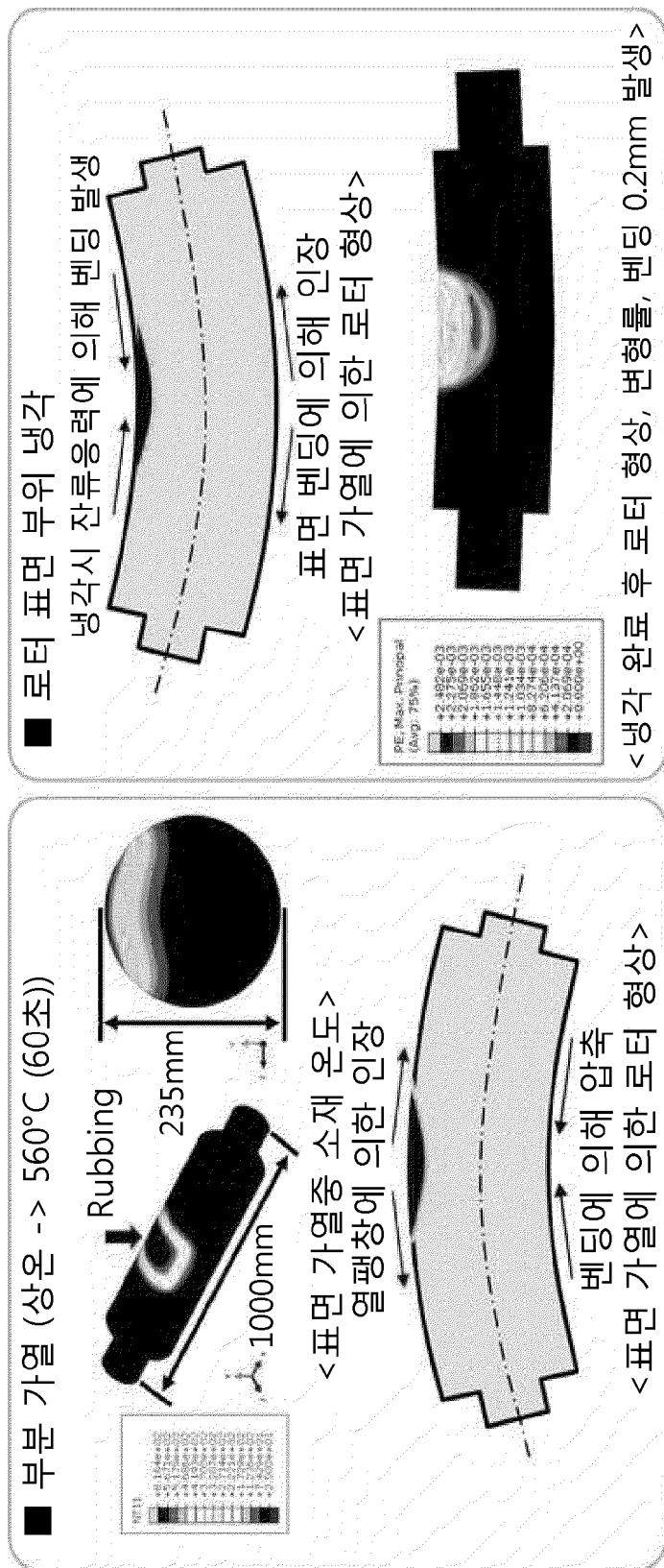


FIG. 1

[도2]

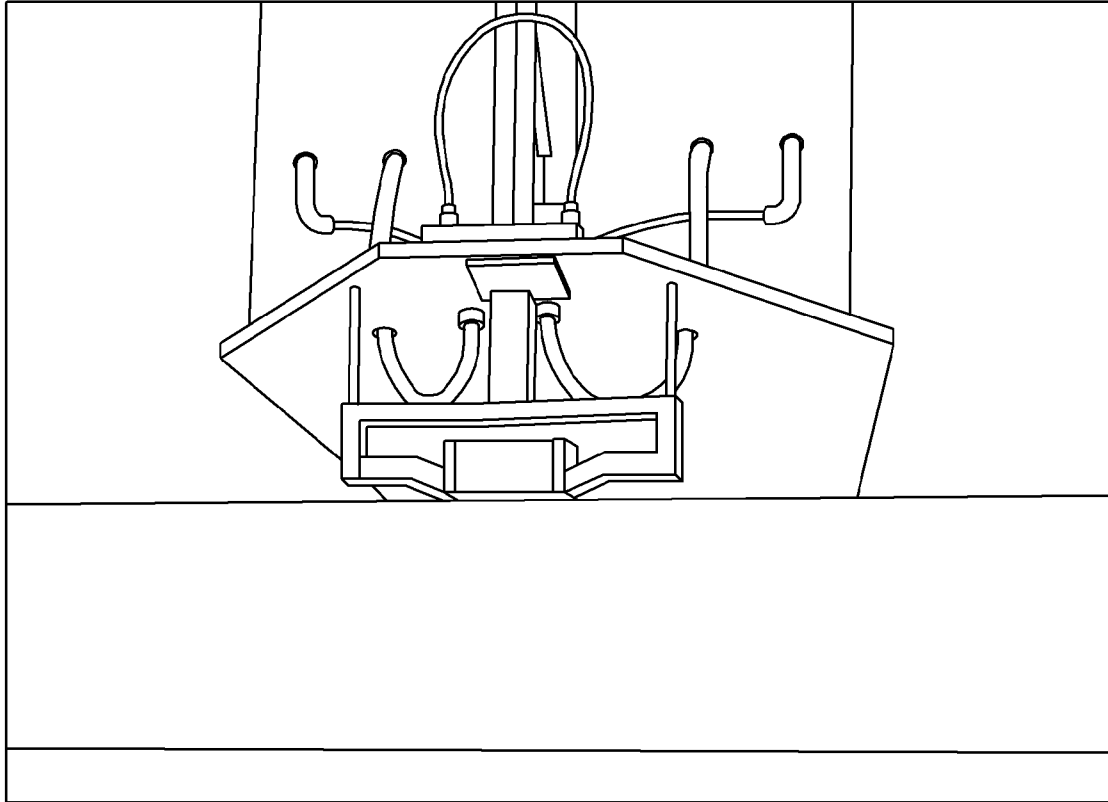


FIG. 2

[도3]

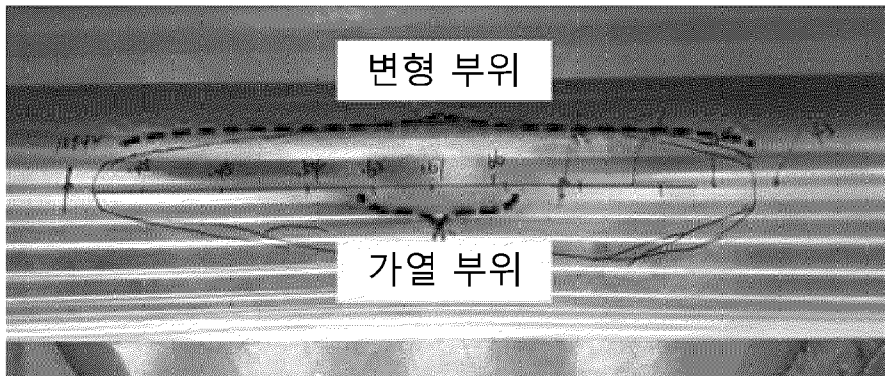
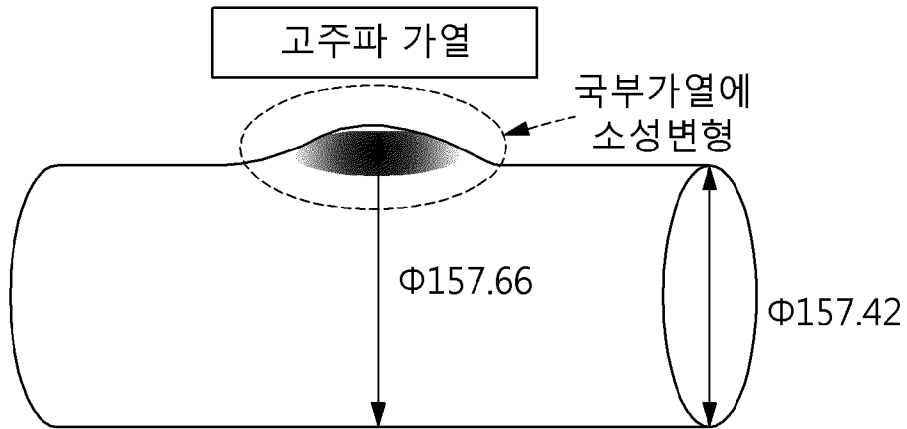


FIG. 3

[도4]

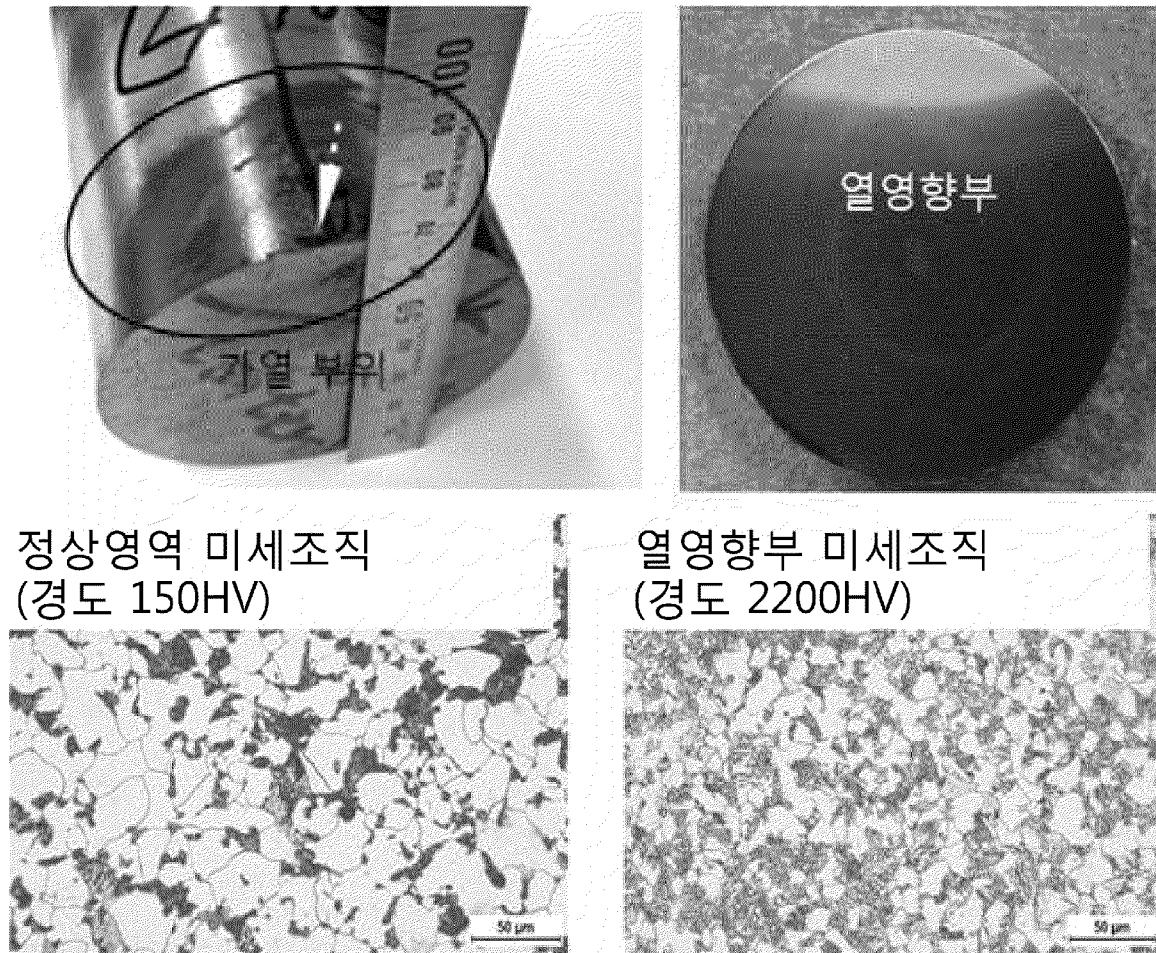


FIG. 4

[도5]

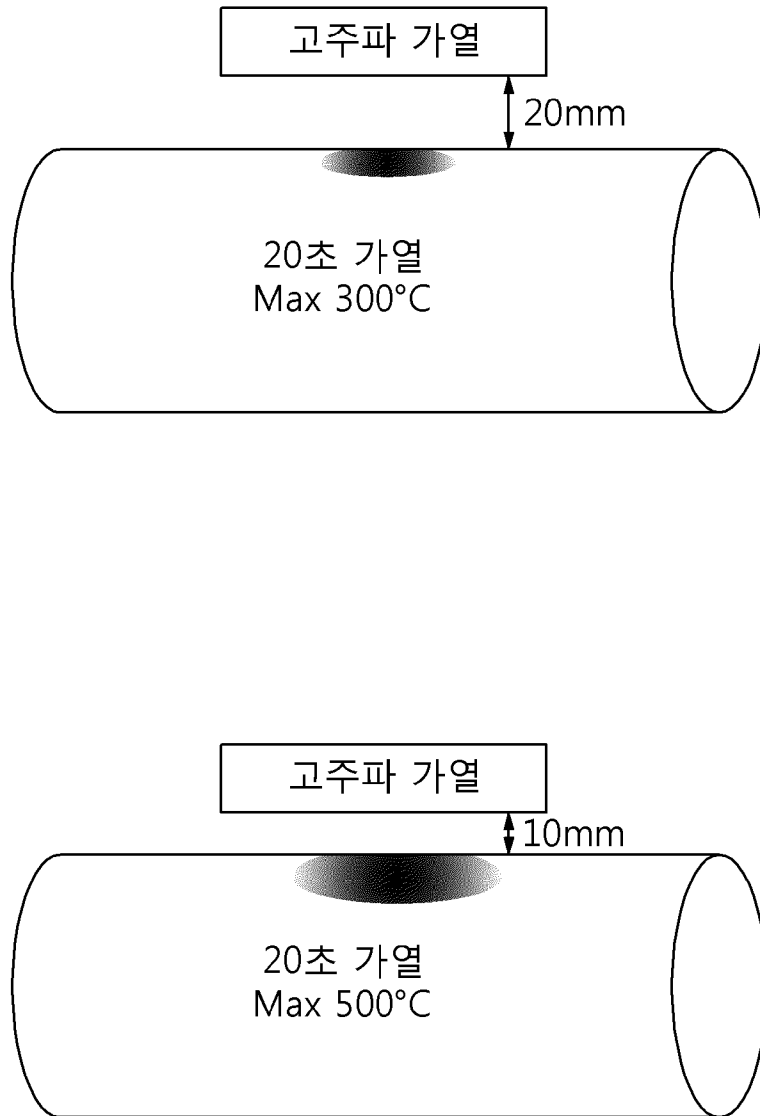


FIG. 5

[도6]

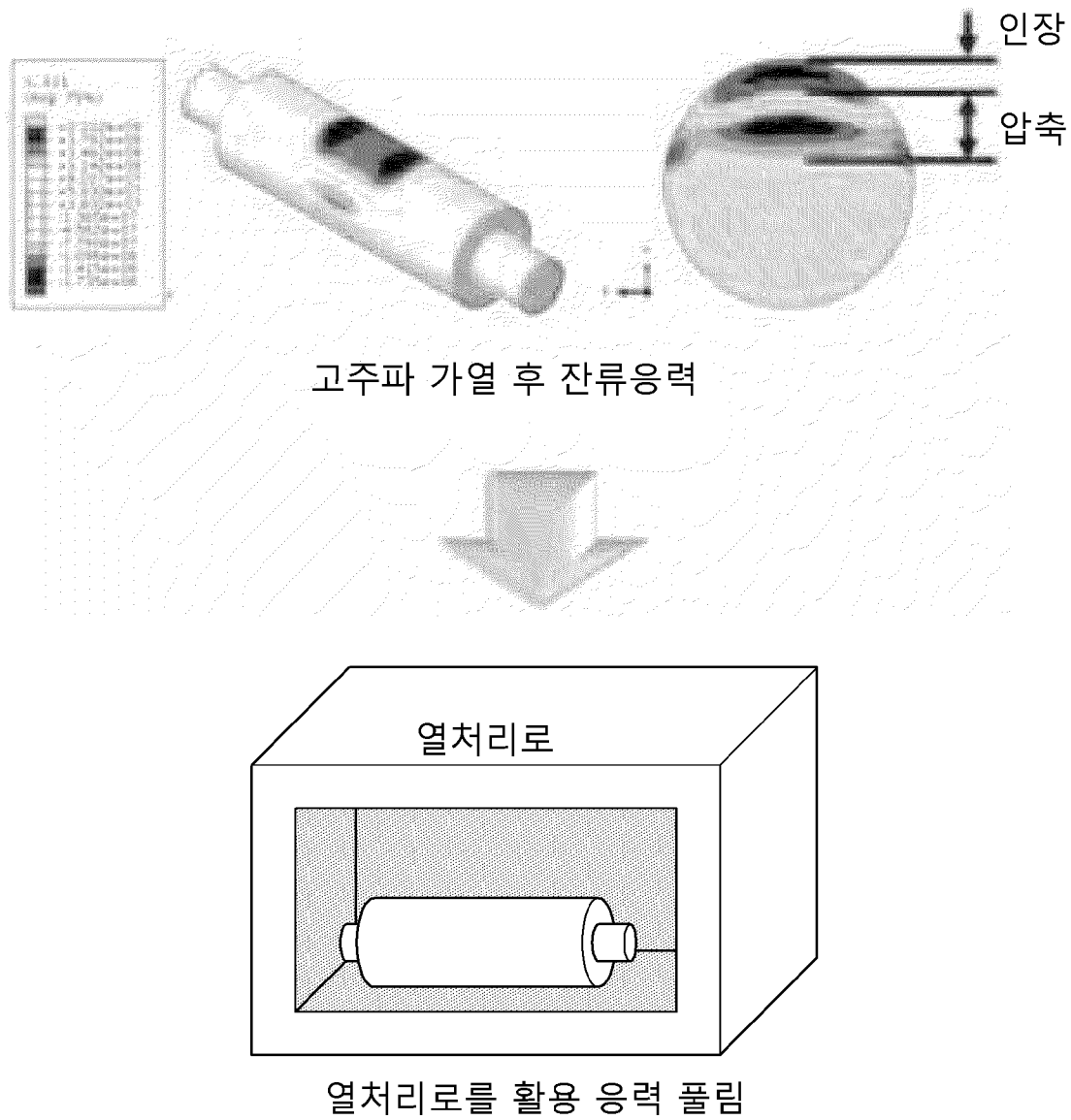


FIG. 6

[57]

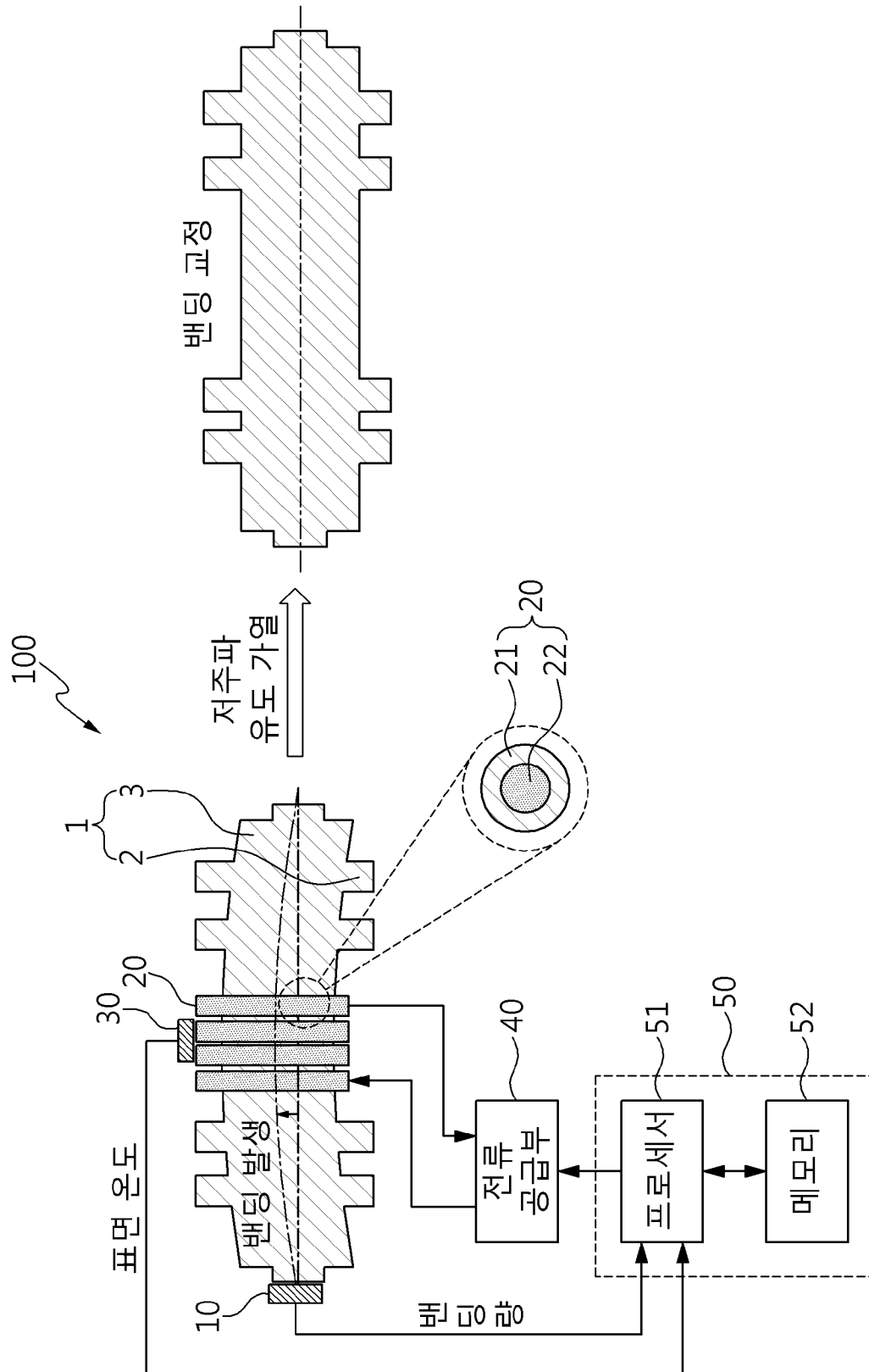


FIG. 7

[도8]

유도코일 감은후
 $\Phi 157$ 유도코일 감은후
 $\Phi 720$ 

FIG. 8

[도9]

20

23

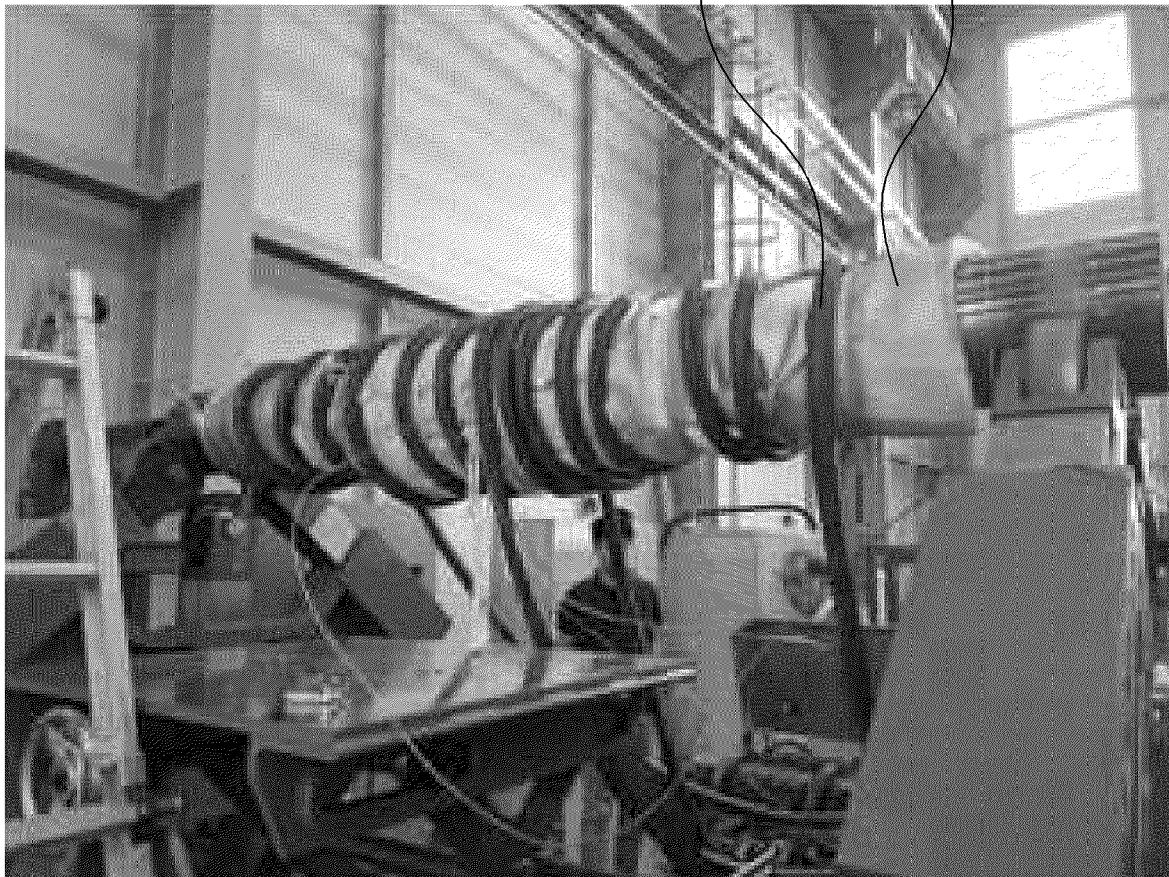
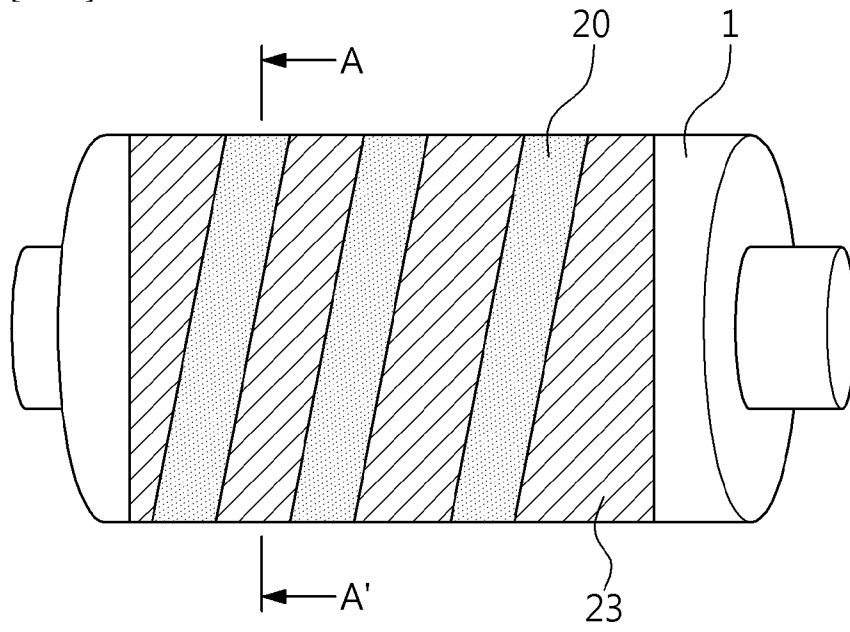


FIG. 9

[도10]



[A-A' 단면]

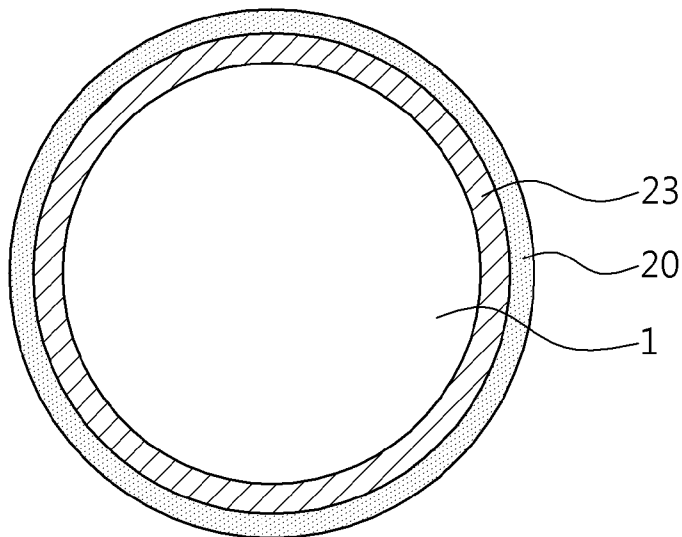


FIG. 10

[도11]

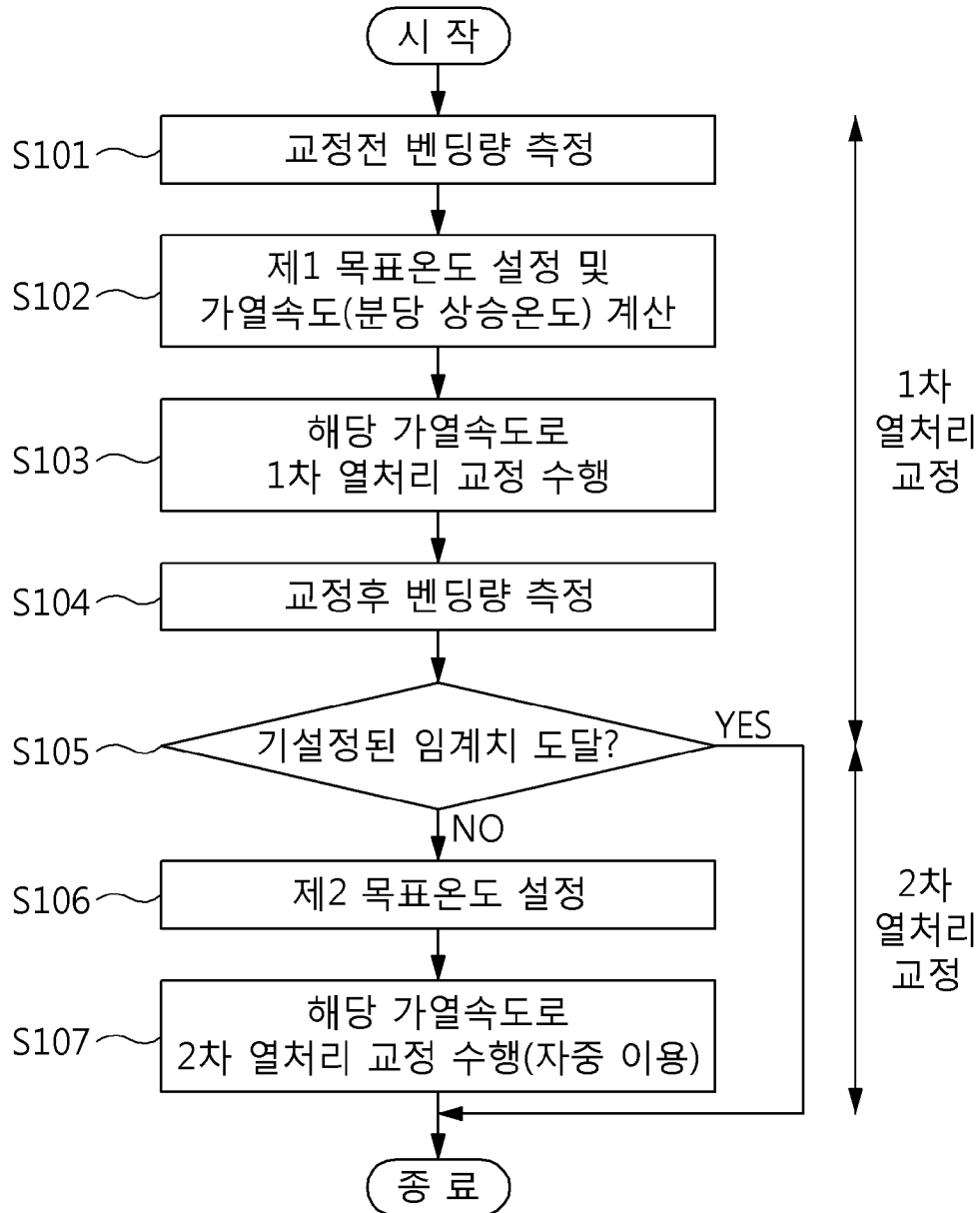


FIG. 11

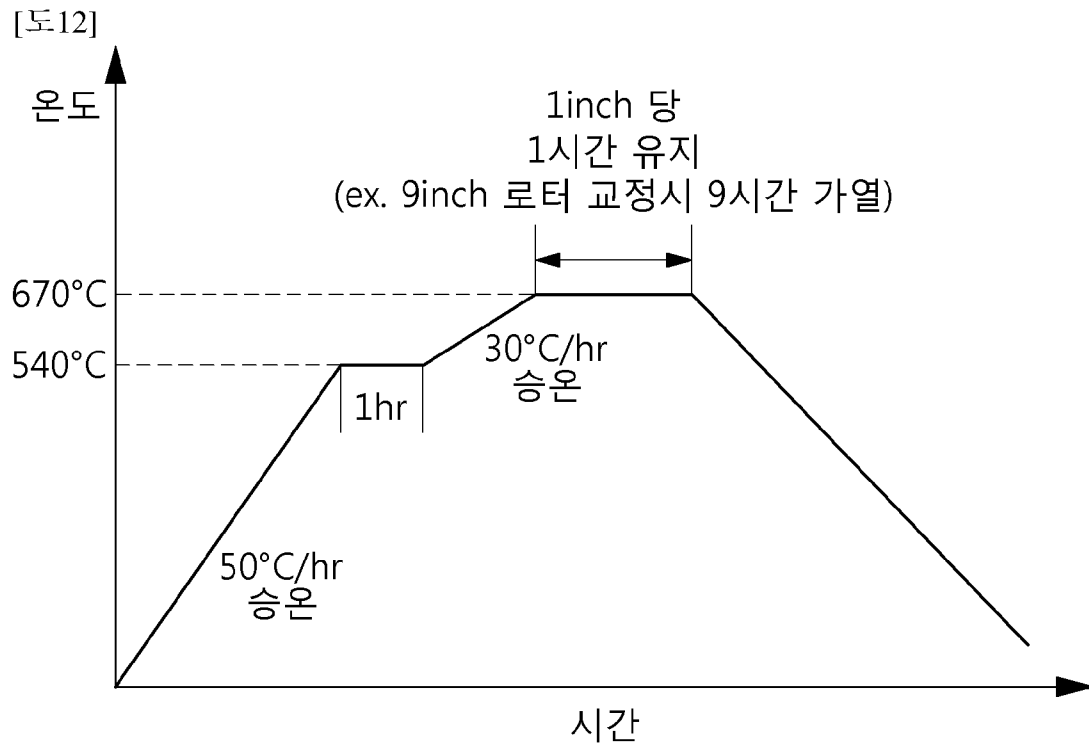


FIG. 12

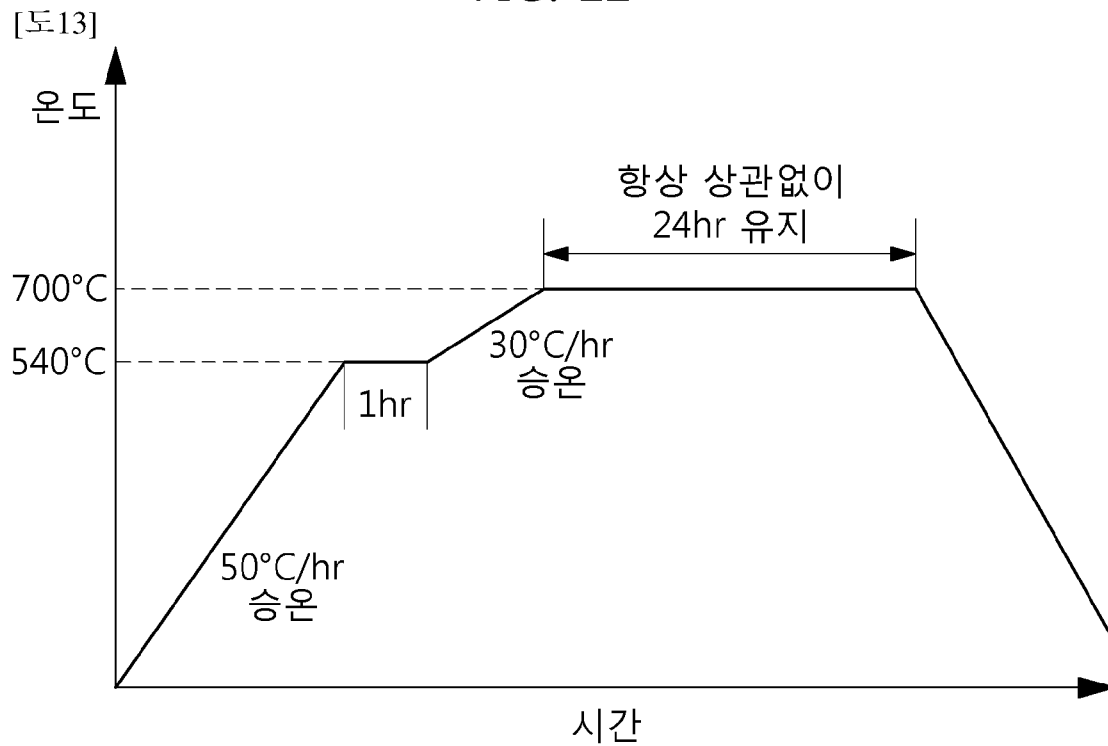


FIG. 13

[도14]

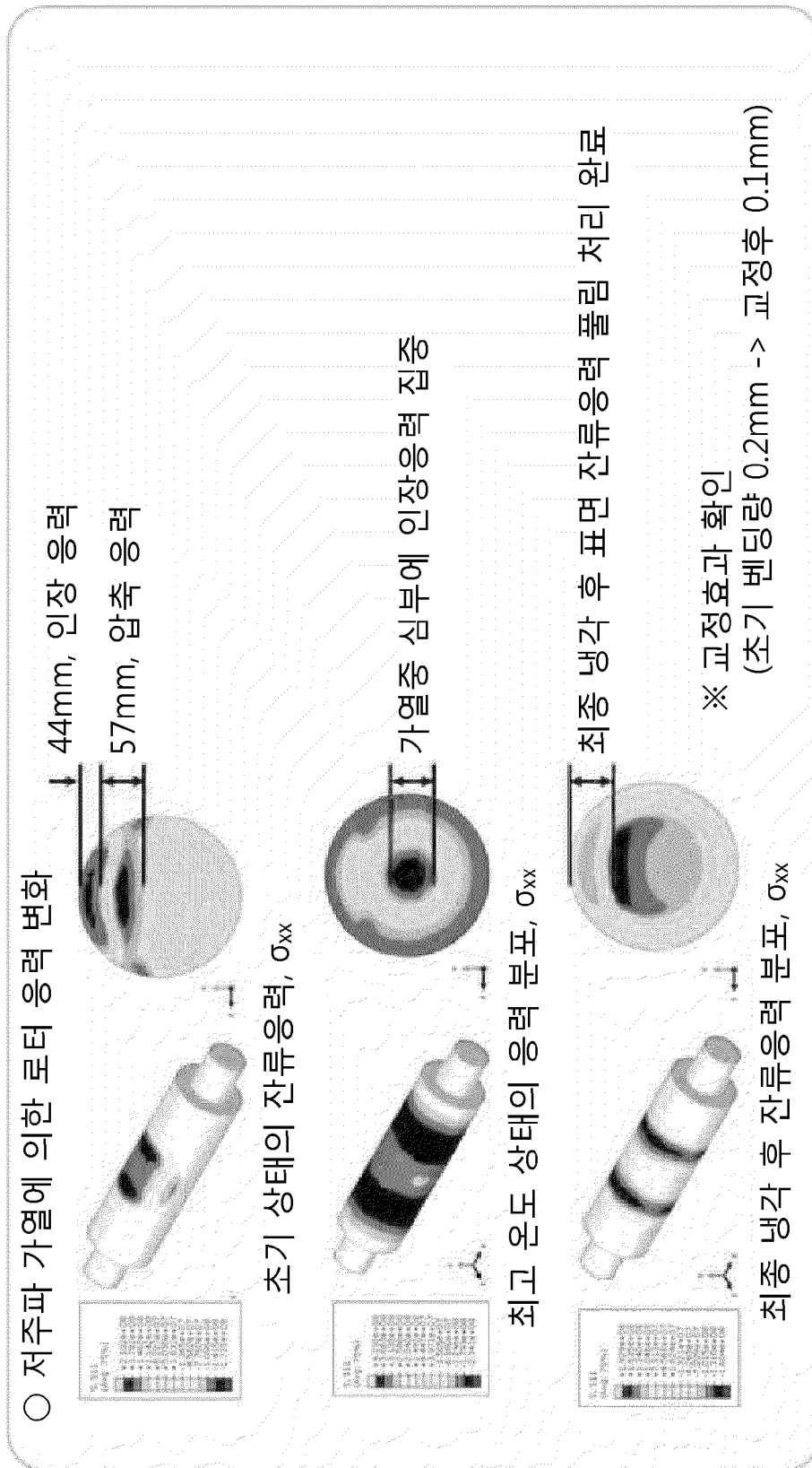


FIG. 14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2019/003227

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B21D 3/16(2006.01)i, B21D 37/16(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)

B21D 3/16; B21B 1/46; B21B 39/08; B21B 45/00; B21B 45/02; B21B 9/00; B21D 1/00; B21D 1/05; B21D 37/16

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: low frequency induction heating, rotor, bending, bending amount confirmation result, bending correction

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-172411 A (NKK CORP.) 18 June 2002 See paragraphs [0011]-[0025]; claims 1-4; and figures 1-2.	1-21
A	JP 2005-186111 A (SUMITOMO METAL IND., LTD.) 14 July 2005 See paragraphs [0019]-[0031]; and figures 1-4.	1-21
A	JP 2005-169458 A (JFE STEEL K.K.) 30 June 2005 See paragraphs [0020]-[0047]; and figures 1-4.	1-21
A	JP 2011-098393 A (JFE STEEL CORP.) 19 May 2011 See paragraphs [0020]-[0039]; and figures 1-8.	1-21
A	US 2008-0276679 A1 (ECKERSTORFER et al.) 13 November 2008 See paragraphs [0029]-[0037]; and figure 1.	1-21
A	조환기 등, 로터 굽힘의 국부적 교정을 위한 전자기 유도가열 공정의 다중물리 해석. 대한기계학회 2017년도 학술대회, pages 3179-3184, 01 November 2017 (CHO, Hwangki et al. Multi-physics Simulation of Electromagnetic Induction Heating Process for Local Straightening of Bent Rotors. The Korean Society of Mechanical Engineers 2017 Conference.) See pages 3179-3184.	1-21



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

04 JULY 2019 (04.07.2019)

Date of mailing of the international search report

05 JULY 2019 (05.07.2019)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-ro, Seo-gu,
Daejeon, 35208, Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2019/003227

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	김윤호 등. 화염 가열을 이용한 로터 굽힘교정 공정에서의 열변형 해석. 대한기계학회 2017년도 학술대회. pages 3190-3193, November 2017 (KIM, Yun Ho et al. Thermal Deformation Analysis of Rotor Straightening Process Using Flame Heating. The Korean Society of Mechanical Engineers 2017 Conference.) See pages 3179-3184. ※ The above two documents are known documents declaring exceptions to lack of novelty by the applicant.	1-21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2019/003227

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2002-172411 A	18/06/2002	JP 3596460 B2	02/12/2004
JP 2005-186111 A	14/07/2005	None	
JP 2005-169458 A	30/06/2005	JP 4305156 B2	29/07/2009
JP 2011-098393 A	19/05/2011	CN 1909988 A	07/02/2007
		CN 1909988 C	07/02/2007
		EP 1707282 A1	04/10/2006
		EP 1707282 A4	28/11/2007
		JP 2005-230914 A	02/09/2005
		JP 2005-264218 A	29/09/2005
		JP 2005-298972 A	27/10/2005
		JP 4457709 B2	28/04/2010
		JP 4760022 B2	31/08/2011
		JP 5044891 B2	10/10/2012
		KR 10-2006-0118587 A	23/11/2006
		TW 200536942 A	16/11/2005
		US 2008-0236235 A1	02/10/2008
		WO 2005-070576 A1	04/08/2005
US 2008-0276679 A1	13/11/2008	AT 461760 T	15/04/2010
		AT 504782 A4	15/08/2008
		AT 504782 B1	15/08/2008
		AU 2006-312735 A1	18/05/2007
		AU 2006-312735 B2	02/06/2011
		BR P10618372 A2	30/08/2011
		CA 2628499 A1	18/05/2007
		CN 101304819 A	12/11/2008
		CN 101304819 B	10/10/2012
		DK 1951451 T3	19/07/2010
		EP 1951451 A1	06/08/2008
		EP 1951451 B1	24/03/2010
		EP 1951451 B2	25/01/2017
		ES 2341364 T3	18/06/2010
		JP 2009-514684 A	09/04/2009
		JP 5161100 B2	13/03/2013
		KR 10-1358634 B1	04/02/2014
		KR 10-2008-0064202 A	08/07/2008
		RU 2008-122938 A	20/12/2009
		RU 2410173 C2	27/01/2011
		SI 1951451 T1	31/08/2010
		TW 200730272 A	16/08/2007
		TW I318144 B	11/12/2009
		UA 91084 C2	25/06/2010
		US 8479550 B2	09/07/2013
		WO 2007-054237 A1	18/05/2007

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))**B21D 3/16(2006.01)i, B21D 37/16(2006.01)i****B. 조사된 분야**

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

B21D 3/16; B21B 1/46; B21B 39/08; B21B 45/00; B21B 45/02; B21B 9/00; B21D 1/00; B21D 1/05; B21D 37/16

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: 저주파 유도 가열(low frequency induction heating), 로터(rotor), 벤딩(bending), 벤딩량 확인 결과(bending amount confirmation result), 벤딩 교정(bending correction)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	JP 2002-172411 A (NKK CORP.) 2002.06.18 단락 [0011]-[0025]; 청구항 1-4; 및 도면 1-2 참조.	1-21
A	JP 2005-186111 A (SUMITOMO METAL IND., LTD.) 2005.07.14 단락 [0019]-[0031]; 및 도면 1-4 참조.	1-21
A	JP 2005-169458 A (JFE STEEL K.K.) 2005.06.30 단락 [0020]-[0047]; 및 도면 1-4 참조.	1-21
A	JP 2011-098393 A (JFE STEEL CORP.) 2011.05.19 단락 [0020]-[0039]; 및 도면 1-8 참조.	1-21
A	US 2008-0276679 A1 (ECKERSTORFER 등) 2008.11.13 단락 [0029]-[0037]; 및 도면 1 참조.	1-21
A	조항기 등, 로터 굽힘의 국부적 교정을 위한 전자기 유도가열 공정의 다중물리해석, 대한기계학회 2017년도 학술대회, 페이지 3179-3184, 2017.11.01 페이지 3179-3184 참조.	1-21

☒ 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

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

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

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

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

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

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

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2019년 07월 04일 (04.07.2019)

국제조사보고서 발송일

2019년 07월 05일 (05.07.2019)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

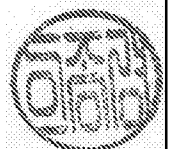
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

이종경

전화번호 +82-42-481-3360



C(계속). 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	김윤희 등, 화염 가열을 이용한 로터 굽힘교정 공정에서의 열변형 해석, 대한기계학회 2017년도 학술대회, 페이지 3190-3193, 2017.11 페이지 3179-3184 참조. ※ 위 2개의 문헌은 출원인이 신규성 상실의 예외로서 선언한 공지문헌임.	1-21

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2002-172411 A	2002/06/18	JP 3596460 B2	2004/12/02
JP 2005-186111 A	2005/07/14	없음	
JP 2005-169458 A	2005/06/30	JP 4305156 B2	2009/07/29
JP 2011-098393 A	2011/05/19	CN 1909988 A	2007/02/07
		CN 1909988 C	2007/02/07
		EP 1707282 A1	2006/10/04
		EP 1707282 A4	2007/11/28
		JP 2005-230914 A	2005/09/02
		JP 2005-264218 A	2005/09/29
		JP 2005-298972 A	2005/10/27
		JP 4457709 B2	2010/04/28
		JP 4760022 B2	2011/08/31
		JP 5044891 B2	2012/10/10
		KR 10-2006-0118587 A	2006/11/23
		TW 200536942 A	2005/11/16
		US 2008-0236235 A1	2008/10/02
		WO 2005-070576 A1	2005/08/04
US 2008-0276679 A1	2008/11/13	AT 461760 T	2010/04/15
		AT 504782 A4	2008/08/15
		AT 504782 B1	2008/08/15
		AU 2006-312735 A1	2007/05/18
		AU 2006-312735 B2	2011/06/02
		BR PI0618372 A2	2011/08/30
		CA 2628499 A1	2007/05/18
		CN 101304819 A	2008/11/12
		CN 101304819 B	2012/10/10
		DK 1951451 T3	2010/07/19
		EP 1951451 A1	2008/08/06
		EP 1951451 B1	2010/03/24
		EP 1951451 B2	2017/01/25
		ES 2341364 T3	2010/06/18
		JP 2009-514684 A	2009/04/09
		JP 5161100 B2	2013/03/13
		KR 10-1358634 B1	2014/02/04
		KR 10-2008-0064202 A	2008/07/08
		RU 2008-122938 A	2009/12/20
		RU 2410173 C2	2011/01/27
		SI 1951451 T1	2010/08/31
		TW 200730272 A	2007/08/16
		TW I318144 B	2009/12/11
		UA 91084 C2	2010/06/25
		US 8479550 B2	2013/07/09
		WO 2007-054237 A1	2007/05/18