

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

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>  
 C21D 1/42

(45) 공고일자 1992년06월13일  
 (11) 공고번호 특1992-0004701

---

(21) 출원번호	특1984-0008431	(65) 공개번호	특1986-0005036
(22) 출원일자	1984년12월27일	(43) 공개일자	1986년07월16일

---

(71) 출원인	바이커스 셋仟?앤드 엔지니어링 리미티드 월리엄 아더 트레로어 영국, 엘에이 14 1에이에프, 쿰브리아, 배로우-인-훠니스, 피.오 박스 12
----------	--

(72) 발명자	존 로랜드 앤드류 스코트 영국, 엘에이 14 4엘엘, 쿰브리아, 배로우-인-훠니스, 호우코트, 케스윅 애브뉴 16
(74) 대리인	남상육, 남상선

---

**심사관 : 흥성철 (책자공보 제2809호)**

---

**(54) 유도경화방법 및 장치**

---

**요약**

내용 없음.

**대표도**

**도1**

**영세서**

[발명의 명칭]

유도경화방법 및 장치

[도면의 간단한 설명]

제 1 도는 본 발명의 유도경화방법 및 장치에 대한 블록다이어그램.

제 2a 도는 본 발명의 유도 가열헤드에 대한 정면도.

제 2b 도는 제 2a 도의 A-A선을 취한 단면도.

제 3 도는 인접한 기어톱니공간에 유도가열헤드가 위치한 것을 도시한 개략적인 측면도.

제 4 도는 제 3 도에 대한 평면도.

제 5 도는 평판 랙기어에서 기어톱니공간에 유도 가열헤드가 위치한 것을 도시한 정면도.

제 6a 도는 제 6b 도는 각각 스파기어와 헬리컬기어의 경우에 대한 평면도.

\* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

1 : 기어휠	2 : 팽크
3 : 광유	7 : 평프
8 : 필터	9 : 냉각기
11 : 유도가열조립체	11a : 유도가열헤드
12 : 냉각수	14 : 교반기
20 : 동파이프	24 : 보강재
31, 41, 42 : 가이드	34, 35, 44, 45, 46, 46 : 냉각유제트

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 유도가열로서 기어톱니를 표면강화시키기 위한 방법과 그 장치에 관한 것이다.

본 발명은 주로 고성능선박용 기어톱니로서 그 신뢰성이 월등한 표면경화기어에 관련하여 개발된 것이다. 그러나 우수한 작동성능이 요구되는 기어 또는 다른 부품이 사용되는 분야에도 적용할 수 있다. 즉 (a), 적어도 기존이 기어처리기술로서 가능한 만큼 높은 톱니부하에서도 만족스럽게 작동할

수 있는 특이한 크기와 구조의 기어, 또는 (b), 기존기술로 처리된 보다 큰 기어에서 가능한 것과 같은 토크전달 능력을 갖지만 그 크기를 줄일 수 있는 기어가 그 예이다. (b)의 경우, 기어의 크기를 감소시킬 수 있음으로서 기어박스 및 기어전달장치의 전체체적, 즉 기어열을 내장하고 있는 하우징의 체적을 상당히 줄일 수 있고, 이것은 유효공간의 효과적인 사용이 중요한 구동트레인 설비에서 분명한 장점이다. 또한 경우(b)는 선박용 기어전달장치에 특히 유리하다.

높은 동력이 전달되어야 하고 또는 높은 수준의 신뢰성이 요구되는 경우, 경화된 기어톱니가 바람직하다. 이상적인 조건은 피로 굽힘응력을 지탱하는 인성 있는 내부와 헤르츠 접촉응력(Hertzian contact stress)을 견뎌야 하는 경한 표면 층을 갖춘 기어톱니이다. 기어톱니를 경화시키는 세가지 주요방법은 다음과 같다.

(i) 침탄-가열된 금속에 탄소를 확산시키는 공정.

이 공정은 깊은 경화표면을 얻을 수 있지만, 금속이 상당히 변형되기 때문에 최종칫수를 얻기 위해 상당한 연마가공을 필요로 한다.

(ii) 유도경화-국부적인 열처리 공정.

표면경화가 침탄보다는 미약하지만, 톱니형상의 왜곡이 대단히 작고 마지막 연마가공이 상당히 적게 요구된다.

(iii) 질화-가스상의 질소를 금속에 확산시키는 방법으로서 얇은 표면층이 얹어지고 처리후 최종 연마가공이 필요치 않다.

상기 방법중에서 대단히 높은 신뢰성이 필수적이며 대형의 고성능 기어에는 유도경화법이 가장 적절하다.

본 명세서에서 "유도경화"라 함은 금속 기어톱니의 표면층을 유도가열한 후, 급냉속도를 제어하여 금속기지에 경하고 두터운 표면층을 형성하는 것이다.

유도 가열은 전기전도성 재질이 가열되는 것으로 잘 공지된 것이다. 합금, 특히 강은 가열하여 제어 냉각시키면 경화된다. 부품의 국소영역에 선택적으로 유도가열시키면, 국소영역만 가열 및 제어냉각되어 예를들면 기어톱니의 표면과 같이 국부적인 경화가 일어나며, 한편 기지는 영향을 받지 않는다. 이와 같이 부하를 받을 때, 가용성이 있고 편차가 허용되는 경한 내마모 표면층이 기어톱니의 기지에 형성된다.

많은 유도경화공정이 사용되고 있으나, 대부분이 기어휠의 각 톱니 그리고 다른 기어휠에 대해 일관된 성질을 갖는 기어를 제작할 수 없거나, 또는 높은 톱니부하에서 신뢰성 있게 작동하지 못하는 기어가 제작된다. 이에 대한 공통적인 원인은 특히 톱니의 텁 또는 모서리에서 경화된 표면이 균열되거나 또는 부서져 떨어지기(spalling) 때문이다. 대부분의 유도경화공정은 톱니골의 금속에 정기적으로 또는 경우에 따라 내부인 장응력을 야기시킨다. 이것은 톱니부하가 골부분에 인장휨 응력을 일으키기 때문에 톱니가 전달할 수 있는 하중을 크게 감소시킨다. 또한 잔류인장응력이 골부분에 존재하게 되면, 휨 피로조건하에서 톱니가 파괴될 수도 있다.

본 발명은 종래의 유도경화 기술에서 직면하는 기어파괴 문제를 극복하기 위해 기어톱니의 텁으로부터 그 측면 그리고 골부분을 따라 인접한 기어 톱니의 측면 및 그 텁까지 균일한 두께의 표면경화층을 형성시킬 수 있는 방법 및 장치를 제공하기 위한 것으로서, 상기 표면층의 내부구조는 사용중 최대의 휨응력 또는 다른 응력에 노출되는 적어도 기어톱니의 표면부분에 압축응력에 상당하는 것이 부여되어 굽힘피로 특성이 개선된다.

본 발명의 한양태로서 기어에서 톱니의 측면과 골표면을 따라 표면경화층을 부여하기 위해

(1) 한쌍의 인접한 기어톱니 사이의 공간을 따라 전기적으로 작동하는 유도 가열헤드를 상대적 횡단 운동시키며, 유도 가열헤드는 기어톱니 사이에 정의된 공간의 윤곽과 거의 일치하는 외부형상을 가지고,

(2) 유도 가열헤드의 외측표면과 기어톱니쌍의 골표면 및 측면 사이에 예비결정된 간격을 유지시키기 위해 유도 가열헤드의 횡단운동을 안내하며, 측면과 골표면을 따라 유도경화에 적합하게 예비결정된 균일온도로 가열할 수 있도록 상기 간격을 유도 가열헤드와 골표면 사이에서 최소로 하며, 또한 측표면을 따라서 정해진 대로 상기 간격을 변화시키고,

(3) 상기 표면을 비교적 급속냉각시키기 위해 기어톱니쌍의 비가열된 측표면과 텁과 가열된 측면 및 골에 냉각제를 가해주는 유도경화공정에 있어서,

(a) 기어전체를 냉각제의 탱크에 담구며,

(b) 냉각제는 기름 또는 그의 비수성 급냉제이고,

(c) 유도 가열헤드의 높이가 각 기어톱니쌍의 골과 텁표면간의 공간깊이 보다 작으며,

(d) 작동매개변수인(i) 예비결정된 간격, (ii) 유도 가열헤드에 공급되는 전기에너지량과 그 횡단운동속도 및 (iii) 냉각속도가 조절되어 기어톱니쌍의 측면과 골표면을 따라 텁으로부터 텁까지 대단히 균일한 표면경화층이 형성되고, 상기 표면경화층의 내부구조는 그 표면에 적어도 각 골표면과 측표면으로 바뀌는 부분에 내부형성된 압축응력에 상당하는 상태가 부여되는 것을 특징으로 한다.

기름 또는 비수성 급냉제가 담긴 탱크에 전체기어가 잠기면 수냉에 비해 비교적 완만한 급냉이 부여되며, 필수적인 등온분위기가 조성되어 유도 가열헤드의 각 횡단중 기어에 발생된 거의 모든 열이 충분히 분산될 수 있으나 너무 급속히 분산되지는 않음으로서 희망하는 표면경화와 그 경화깊이가 달성된 후, 다음 제2차 횡단이 시작된다.

유도 가열헤드의 높이를 기어톱니쌍의 골과 텁표면간의 공간높이보다 작게함으로서 각 기어톱니의 텁표면까지 만족스러운 표면경화층이 얻어지지만 기어팁이 과열되어 기어팁의 일부에서 "스풀링(spalling)" 또는 벗겨지는 (flaking-off)현상이 일어날 위험은 없다.

작동매개변수를 조절함으로서 사용중 각 텁니에서 적어도 가장 높은 응력을 받는 표면영역, 즉 골표면(각 텁니공간의 바닥)과 골표면에서 인접 측면부분으로 이어지는 전이영역에 순수한 내부압축응력 또는 그에 상당하는 것이 효과적으로 형성된 표면경화층을 얻을 수 있다.

본 발명의 방법에 따라 처리한 후, 표면경화층 내부에 어떤 유형의 내부구조 변화가 일어나는지 정확히 알 수는 없지만, 야금학적 분석, 시험 및 작동경험에 의해 밝혀진 바로는 총표면에 내부 압축응력이 형성됨으로서 기어톱니의 사용중 텁니에 가해진 훈화중에 의해 야기된 인장 응력의 영향을 보다 용이하게 견딜 수 있는 것이며, 즉 훈피로 특성이 크게 개선된다. 실제로 표면 경화층은 내부에 압축응력이 형성된 일체형 "표피"(integral "skin")를 갖는다.

본 발명의 다른 양태로서 기어톱니의 측면과 굽곡면을 경화시켜 상기 표면을 따라 표면경화층을 부여하기 위한 유도경화장치는 인접한 쌍의 기어톱니(B, C)사이에 형성된 공간과 거의 일치하는 외부형상을 가진 전기적으로 작동되는 유도 가열헤드와, 상기 공간을 따른 유도 가열헤드의 상대적 횡단운동을 안내하는 동시에 유도 가열헤드의 외표면과 기어톱니쌍의 골 및 측면 사이에 예비결정된 간격을 유지시켜 주는 수단과, 냉각제를 채웠을 때 기어가 완전히 냉각제 속에 잠기도록 내부에 기어를 장착시키기 위한 수단을 갖춘 냉각제 탱크와, 유도 가열헤드의 횡단운동중 기어톱니쌍의 공간을 향해 그리고 그 공간으로 냉각제를 기하기 위한 수단으로 구성되어 있다.

기어휠의 텁니를 표면경화시키는 데에 본 장치를 사용할 경우, 전체 기어휠과 유도 가열헤드가 탱크 냉각제에 잠긴 상태에서 기어휠을 거의 수직으로 회전설치할 수 있는 수단이 탱크에 포함되는 것이 바람직하다. 냉각제 탱크는 경화중 필수적인 등온분위기를 부여하여 기어가 경화되기 전에 완벽한 등온상태로 되고, 따라서 단지 경화중에 발생된 응력만이 기어휠이 텁니표면에 실제로 존재하게 된다.

본 발명의 방법과 장치에서 유도 가열된 기어톱니 표면의 냉각에는 한쌍의 기어톱니 공간을 따른 유도 가열헤드의 횡단말기와 인접한 쌍의 기어톱니 공간을 따른 다음 횡단 사이에 예비결정된 지체시간이 부여된다. 탱크의 냉각제는 기어 텁니와 지체시간중 기어의 인접부분을 더욱 냉각시켜 준다. 냉각제를 냉각시키는 외부수단도 구비하는 것이 바람직하다.

유도 가열헤드의 각 횡단말기에 기어를 인덱싱하여(수동 또는 프로그램식 제어장치의 미리 선정된 작동에 따른 자동)다음 쌍의 기어톱니를 유도가열 헤드의 가이드와 일치시킨다.

기어톱니가 나선일 경우, 예비결정된 간격을 계속 유지하도록 유도 가열 헤드의 횡단운동과 동시에 기어가 회전된다.

기어휠을 유도 경화시키기 위한 공정을 수행하는데에 특히 바람직한 장치의 일예로서 최대부피의 보강재와 최소부피의 전기도체를 조합하여 불필요한 영향이 최소인 강의 최대강도가 야기되도록 수냉 유도 가열기를 구성하고, 상기 유도 가열기의 형상은 인접한 기어톱니 공간에 꼭맞고 유도 가열기와 기어골 및 측면금속간에 예비결정된 간격이 유지되는 정확한 형상이며, 가장 인접한 두 기어톱니 사이의 공간으로 그리고 그 공간을 따라 그리고 그 공간으로부터 두 번째 인접한 두 기어톱니 사이의 다음 공간으로 따라서 기어휠 둘레를 따라 점진적으로 유도 가열기를 안내하는 동시에 상기의 예비결정된 간격을 계속 유지시켜주는 제1수단과, 제1수단에 수반되어 각각의 그리고 모든 횡단중에 유도 가열기와 기어골 및 측면간의 상기 간격을 계속 유지시켜주는 제2수단과, 기어휠의 면을 가로질러 유도 가열기를 움직이고, 유도 가열기의 운동과는 무관하거나 또는 그와 관련되어 기어휠을 회전시키는 수단과, 기어톱니의 양쪽 단부에 각각 모따기식 런인(run-in) 및 런아웃(run-out)부분을 이용하여 각 횡단이 초기 또는 말기에 기어톱니로의 점진적인 열형성 및 강하를 부여하는 수단과, 각 횡단말기에 지체시간을 부여하는 수단과, 인접 기어톱니에 유도에 의한 열을 발생시키기에 적합한 형태의 전력을 유도 가열기에 공급하는 수단과, 냉각수를 상기 유도 가열기에 공급하는 수단과, 이동하는 유도 가열기에 인접한 금속표면과, 경화되고 있는 기어톱니의 비가열된 측면의 냉각을 제어할 목적으로 냉각 여과된 광유 또는 그의 비수성 급냉 매체의 제트를 다수 기어요소에 부여하는 수단과, 여과 및 온도조절된 기름을 상기 유도 가열기애 인접한 다수의 제트에 공급하는 수단과, 수직면에 기어휠이 회전되도록 설치하기 위한 수단이 부착되어 있으며, 회전가능하게 설치된 기어휠이 광유에 완전히 잠기도록 하는 이상의 충분한 깊이인 탱크와, 탱크에 광유를 채우고 사용하지 않을 때 상기 광유를 배유 및 저장하는 수단과, 탱크내부에서 대량의 기름을 순환시켜 기어휠 주위와 탱크전체에 걸쳐 필수적인 등온상태를 조성하는 수단 및, 여과 및 기름의 온도를 제어하여 상기 탱크내부에 필수적인 등온상태가 조성되도록 하는 수단으로 구성되어 있다.

각 횡단의 초기 또는 말기에 기어톱니로의 점진적인 열형성 또는 열강하시키는 수단은 유도 가열기에의 전원을 변환시키거나 기어톱니의 모서리를 모따기하는 것이다.

다른 대안으로서 각 횡단의 초기 또는 말기에 기어톱니로의 점진적인 열형성 또는 열강하시키는 수단을 상기 유도 가열기가 텁니공간으로 진입하거나 그로부터 벗어남에 따라 유도가열기의 운동속도를 변화시키는 것으로 알 수 있다.

냉각수 및 다수의 여과된 냉각유제트의 각각의 흐름을 조정하는 수단이 구비되어 예를들면 유도 가열기애로의 전원의 차단과 같은 어떠한 결합 및 방해작용을 탐지하는 것이 바람직하며, 이러한 결함은 검지되어야 한다.

첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 보다 구체적이고 상세하게 설명하면 다음과 같다.

제 1 도에서 깊은 탱크(2)에 기어휠(1)이 회전 가능하게 설치되어 있다. 탱크(2)에는 유도경화 과정 중에 발생되는 열을 제거하기 위해 광유(3) 또는 다른 비수성 급냉제와 같은 냉각제가 점선 오일레벨(4)까지 채워져 있음으로서 기어휠(1)이 완전히 잠기게 된다. 밸브가 설치된 파이프(5)를 따라 탱

크(2)로부터 개별적인 저장탱크(도시안했음)로 배유시키고 필요하면 탱크로 다시 펌핑할 수 있다.

파이프(6)는 펌프(7)에 의해서 광유(3)가 필터(8)와 냉각기(9)(필요한 경우)를 지나 탱크(2)까지 순환된다. 파이프(6)의 두 가지 목적은 광유(3)의 연속적인 여과작업을 수행하며, 발생된 열을 광유에 전체적으로 분산시키기 위해 탱크내부에서 광유를 순환시키는 것이다. 필요하다면 탱크(2)에 교반기(14)를 사용하여 추가의 순환기능을 부여할 수 있다. 유도가열조립체(11)에서의 열입력과 탱크로부터의 자연적인 열손실에 따라 냉각기(9)를 부여할 수도 있고 필요없는 경우도 있다. 필요하다면 씨모스탯 제어기를 이용하여 냉각기(9)를 조절할 수 있다.

유도가열조립체(11)는 탱크(2)위에 위치하고 실제적인 유도 가열헤드(11a)(제 2a, b 도)는 오일레벨(4)아래에서 기어휠(1)의 상부 사점에 위치한다. 유도 가열조립체(11)는 파이프(10)를 통해 여과된 냉각유를 외부에서 공급받고, 내부에는 냉각수(12)와 전원(13)으로부터 전력을 공급받는다.

제 2a, b 도에 도시된 바와같이, 유도 가열헤드(11a)의 일반적인 형상은 거의 이등변 삼각형 단면을 갖는 직각기둥으로서 두 개의 동파이프(20)에 의해 지지되어 있다. 동파이프(20)는 직각기둥형 유도 가열헤드를 강성지지하며, 금속을 따라 유도 가열헤드에 전류가 통하게 하고, 그들의 구멍을 통해 헤드에 냉각수를 순환시키는 세가지 기능을 갖는다. 동파이프(20)의 하단에는 동판으로 제작된 중공 삼각부(21)가 고정되어 있으며, 두 개의 삼각부(21)의 최하단은 장방형동관(23)에 의해 상호연결된다. 따라서 하나의 동파이프(20)는 부재(21, 23, 21)를 경유하여 다른 하나의 동파이프(20)까지 전기적인 연속성을 갖는다. 중공삼각부(21)의 내부(22)가 동파이프(20)와 장방형동관(23)에 연통되어 있음으로서 한쪽 동파이프(20)에서 부재(22, 23, 22)를 차례로 경유하여 다른 한쪽 동파이프(20)까지 냉각수가 흐른다. 직각 기둥형 유도 가열헤드(11a)의 중심부는 보강재(24)로서 철금속총 또는 전매화합물과 같은 적절한 비전도성 매체로 채워져 있다.

이와 같이 유도 가열헤드를 특이하게 설계함으로서 전도용 구리가 최소화(예를들면 사각파이프 대신에 둥근 파이프)되고, 유도 가열기의 주어진 체적에 대해 보강재(24)를 최대로 할 수 있다. 이것은 보강재의 국부보강 효과를 최대로 하는 한편 기어팁을 과열시키는 즉 금속부분이 가장 즐개 되는 범위를 최소화시켜 준다.

장방형동관(23)의 하단 모서리에 구리 총진재조각(25)을 고정시키고, 전체헤드를 표면 가공하여 외부형상을 매끄럽게 한다. 차후에 설명되는 바와 같이 어떤 간격이 있다 하더라도 특정 기어휠에서 인접 기어톱니사이의 공간형상과 일치하게 된다.

절연재블록(26)을 사용하여 금속블록(27)까지 연장된 각 동파이프(20)를 견고하게 하고 있으며, 상기 금속블록(27)은 유도 가열조립체(11)에 고정하여 전력과 냉각수가 각 동파이프(20)를 순환할 수 있도록 한다.

제 3 도는 인접한 기어톱니 사이의 공간을 따라 유도 가열헤드(30)가 횡단하는 현상을 개략적으로 도시한 것이다. 설명을 용이하게 하기 위해 기어톱니를 A-E로 표시하고, 기어톱니(B, C)의 측면을 B1, B2, C1 및 C2로 표시하였으며, 기어톱니(B, C)의 측면 사이의 공간에서 골표면은 원호(36)로서 정의되어 있다. 가이드(31)를 사용하여 수직 및 수평면에서 기어톱니에 대한 유도 가열헤드(30)의 위치를 지정하여 준다. 간단히 설명하면 볼단부(32)를 갖춘 두 개의 펀(41, 42)으로 가이드(31)가 구성되고, 그들이 인접한 기어톱니 사이의 공간에서 연속 왕복운동할 때 하나는 유도 가열헤드(30, 40)를 안내하고 나머지 하나는 그것을 추적한다. 유도 가열헤드(30, 40)와 가이드(31, 41, 42)는 유도 가열조립체(11)(제 1 도)에 부착되어 있기 때문에 서로간의 상대적 위치는 고정되어 있다. 헤드(30, 40)와 가이드(31)간의 상대적인 수직 및 측방위치의 정확한 조정은 뼈기 또는 정밀조정나사 등을 이용한다. 헤드(30)의 확실한 위치설정을 위해 약간의 압력을 가함으로서, 제 3 도에 도시된 바와 같이 가이드(31)의 볼단부(32)가 톱니의 측면과 접촉하게 된다. 헤드(30)가 이동함에 따라 가이드(31)의 볼단부(32)톱니측면을 따라 미끄러짐으로서 적어도 하나가 캡으로 그리고 캡을 따라 또한 캡을 벗어날 때 정확한 간격을 유지하면서 유도 가열헤드(30)와 항상 접촉하게 된다. 나선기어에 사용할 경우 유도 가열헤드(30, 40)가 동파이프(20)와 각도를 이룰 수 있다. 기어(스퍼기어)의 경우, 유도 가열헤드는 직각 기둥모양을 하게 될 것이다(제 2 도, 제 3 도, 제 4 도).

제 6a 도는 유도 가열헤드(60)의 상부표면에 대한 정면도로서, 스퍼기어톱니(61, 62)사이의 공간을 따라 표면경화운동할 수 있도록 직각기둥으로 되어 있다. 제 6b 도는 평행사변형 기둥의 유도 가열헤드(60a)를 도시한 것으로서 나선기어톱니(63, 64)사이의 공간을 따라 표면경화 운동하기에 적합하다.

금속기어의 기지에 형성된 균일한 두께의 유도경화 표면층에서 유효한 내측한계는 점선(33)으로 표시되어 있다. 유도 가열헤드(30)가 톱니(B, C)사이를 움직이면, 측면(B2, C1) 뿐만 아니라 골부분도 동시에 가열된다. 가열시 열흐름을 조절하고 냉각시 정해진 속도로 그것을 제거하기 위해 여과된 냉각유(34, 35)(제 4 도에서는 44, 45)제트를 단일각 또는 여러 각도로 비가열된 측면(B1, C2) 및 톱니(B, C)의 팀(B3, C3)에 가해준다. 제 4 도에 도시된 바와 같이 유도 가열헤드(30, 40)앞뒤의 공간에 다른 제트의 여과된 냉각유(46, 47)를 가한다. 세트(46, 47)는 제트(34, 35)와 같이 어떤 각도로 헤드(40, 30)의 단부에 가하거나 또는 톱니공간을 따라 기어축에 평행하도록 가할 수도 있다. 또한 기어축에 대해 어떤 각도를 가진 세트(46, 47)를 톱니공간에 가하여 난류를 유발시킬 수도 있다. 제트(44, 45, 46, 47)의 특정한 단일각 및/또는 여러 각도는 실험에 의해 결정되고, 냉각유를 금속표면에 접촉하여 흐르도록 하는 것이 중요하며, 이것은 가열된 기름의 제거경로가 있어야 하고 제트로부터의 유입량이 차단되지 않아야 한다는 것을 의미한다.

제 1 도에서 여과된 냉각유는 파이프(10)에 의해 유도 가열조립체(11)에 공급되고, 파이프에서 제트(44, 45, 46, 47)로 흐른다. 이러한 제트는 헤드(40)와 가이드(41, 42)에 대해 고정되어 있음으로서 전체는 사전에 설정된 하나의 단위로서 움직인다. 냉각수(12)와 전원(13)(제 1 도)는 유도 가열조립체(11)에 공급된 후 동파이프(20)(제 2 도)를 경유하여 유도 가열헤드(40)로 이어진다. 유도 가열조립체(11)는 유도 가열헤드를 이동시키기 위한 설비와 그에 수반된 가이드(41, 42) 및 제트(44, 45, 46, 47), 제어전원(13), 냉각수(12) 및 냉각유(10)를 포함하고 있다. 냉각유제트 또는 냉각수 흐름

에 어떠한 결핍 현상을 방지하기 위해 안전기를 이용하는 것이 바람직하다. 가이드(41, 42, 31)에 결합된 마이크로 스위치를 이용하는 서보메카니즘을 사용하여 톱니공간을 따른 유도가열헤드(30)의 횡단운동을 제어하게 된다. 나선 기어톱니가 표면경화될 때에는 유도가열헤드의 횡단과 동시에 기어휠(1)(제 1 도)의 회전도 조절된다.

또한 적절한 프로그램식 제어장치로서 유도 가열조립체(11)를 제어하여 기어휠 주위의 모든 톱니를 순차적으로 경화시킬 수도 있다.

제 1 도에서 알 수 있는 바와 같이 제 2 도의 유도 가열헤드(11a)와 그에 수반된 가이드(41, 42) 및 제트(44, 45, 46, 47)는 모두 탱크(1)의 광유(3)에 잠기게 된다.

제 3 도에서 유도 가열헤드(30)는 측면(B2, C1)을 열처리하고 있는 것으로 도시되어 있다. 톱니(B)를 통한 열전도에 의해 냉각유제트(34)의 냉각에도 불구하고 측면(B1)의 이미 경화된 층(33)이 가열될 것이다. 이것은 측면(B1)의 "역소려(back tempering)"를 일으킨다. 고성능 선박에서는 일반적으로 역추진이 요구되는 것이 전방 추진보다 작기 때문에 전방추진력을 전달할 경우 측면(A2, B2, C2 등)은 하중을 받고 측면(A1, B1, C1 등)은 후진력을 받도록 기어휠(1)을 탱크(2)에 설치한다. 유도 가열헤드(30)가 마지막 횡단할 때, 하나의 전측면(예를 들어 C2)은 역소려되고 후측면(예를 들어 C1)은 완전히 경화될 것이다. 적어도 역소려된 전측면이 설계 요구 조건에 부합되도록 경화공정의 매개변수를 선택한다.

하나의 기어휠과 그 다음 것간에 예측할 수 있고 하나의 기어휠 내에서 일관성 있는 톱니경화를 수행하는데 있어서 중요한 인자는 다음과 같다.

- (i) 기어톱니를 구성하는 재료가 충분한 기계적, 금속학적 성질을 갖추고 있어야 한다.
- (ii) 톱니와 골에서 열의 레벨, 균일성 및 분포.
- (iii) 냉각 레벨.
- (iv) 역소려의 효과.

상기 인자에 대한 필요치는 연구와 실험으로 결정하였으며 각 인자에 대한 중요한 특징은 다음과 같다.

- (i) 기어톱니의 재료

선정된 강은 충분한 기계적 성질과 적절한 화학조성을 구비하고 있어야 한다.

- (ii) 톱니와 골에서 열의 레벨, 균일성 및 분포

일관성 있는 결과를 얻기 위해서는 각각의 횡단초기에 각 톱니의 온도가 동일해야 한다. 따라서 각 횡단말기에 유도 가열헤드와 가이드(41 또는 42)가 기어공간을 완전히 움직였을 때, 유도 가열조립체의 전원이 차단되고 유도 가열 헤드(30)는 정해진 시간동안 지체한다. 이와 같은 지체시간으로 인해서 이전의 횡단시에 발생되어 기어휠(1)로 전도된 열이 광유에 분산되어 펌프(7)와 냉각기(9)로 소멸되도록 한다. 펌프(7) 및 부착되어 있다면 교반기(14)는 상당한 흐름을 유지시켜 광유(3)가 철저하게 혼합되도록 하고 지체시간을 최소화시킨다. 그러나 냉각제의 공급량을 늘리거나 및/또는 유도 가열헤드(30)의 국소에 제트의 수를 늘림으로서 각 횡단에서 충분한 냉각 효과가 일어난다면 미리 선정된 지체 시간이 없이도 상기 공정을 만족스럽게 수행할 수 있다.

금속온도를 미리 선정된 값으로 상승시키는데는 특정레벨의 열입력이 요구된다. 가열레벨은 다음에 의해 결정된다.

- (a) 유도 가열헤드(30)에서 전력의 전압, 암페어수 및 주파수(중간범위의 주파수가 바람직함).
- (b) 가열 지속시간, 즉 유도 가열헤드의 길이 및 기어공간을 통한 그 운동 속도
- (c) 측면상에 돌출된 유도 가열헤드의 면적, 즉 헤드의 길이 및 높이.
- (d) 유도 가열헤드(30)와 골사이 그리고 유도 가열헤드(30)와 기어톱니측면사이의 간격.

어떤 특정 기어톱니 크기에 대해, 인자 a, b, c는 사전에 결정될 것이고, 인자 d는 인접금속에 유도된 정확한 열량을 제어하는데 사용된다.

요구되는 표면금속 온도를 얻기 위해 측면보다 골에 보다 많은 열이 입력되어야 한다. 이것은 골부분의 금속량이 많기 때문에 따라서 측면이나 텁근방보다 전도에 의한 열손실이 보다 크기 때문이다. 이러한 점을 고려하기 위해서는 유도 가열헤드(30)의 형상을 세심하게 변형하여 유도 가열헤드(30)와 기어휠 금속간의 간격이 골근방을 최소로 하고 기어측면을 따라 점차적으로 증가되도록 한다. 상기와 같은 작업은 금속에서 발생된 열이 표면층(33)의 온도를 거의 일정하게 유지하는데 필요한 열변화량과 일치하도록 주의 깊게 행한다. 골에서 원호(36)전체에 걸쳐 거의 균일한 간격이 유지되어 금속에 최대의 열입력이 보장된다. 원호(36)의 양쪽단부에서 윗쪽으로 측면을 따라 그 간격이 점차 증가됨으로서 열입력 속도는 텁을 향해 점차 감소하게 된다. 유도 가열헤드(30)는 텁아래의 정해진 거리에서 종단되어 텁에서의 과열현상은 일어나지 않는다. 유도 가열헤드(11a)의 축에 위치한 작은 직경의 파이프(20)(제 2b 도) 입/출력도체로 이용되어 기어톱니의 텁근방에 표류전류의 유도를 최소화한다. 텁에서의 과도한 열입력은 과도한 경화 및 침투에 의해 취성파괴 및/또는 스파링(spalling)현상이 일어날 수 있다.

제 3 도에서 알 수 있는 바와 같이, 유도 가열헤드의 높이는 두개의 인접한 기어톱니의 골과 텁 사이의 공간의 방사상 깊이보다 다소 작게하여, 이것은 본 발명의 공정과 장치의 가장 중요한 측면으로서 유도 가열헤드 또는 도체가 기어 톱니사이의 공간보다 큰, 즉 방사상으로 돌출한 종래의 유도 경화기술에서 발생할 수 있는 기어톱니의 텁에서 과도한 열의 발생을 방지하는 데에 기여한다. 대표

적으로 도시된 예에서는 유도 가열헤드의 높이가 기어톱니 공간이 깊이에 대해 1/2 내지 7/8정도이다.

또한 횡단초기나 또는 말기에 유도 가열헤드(30)가 톱니공간에 진입하거나 떠날 때, 톱니의 모서리에 고르지 못한 열입력이 야기될 수도 있다. 기어톱니에서 하중을 받는 부분을 따라 균일하게 가열하기 위한 바람직한 방법이 제 5 도에 도시되어 있다. 여기에서 유도 가열헤드(50)는 평탄랙기어(50a)에서 인접톱니 사이의 공간으로 진입하려는 직전에 있는 상태이다. 가이드(51)는 이미 가까운 공간에 진입하여 유도 가열헤드(50)를 정확히 위치시키기 위해 기어톱니의 측면(53)을 따라 미끄럼 운동하고 있다. 기어톱니의 단부면은 모따기식 런인(run-in)부분(54)으로 되어 있다. 런인 부분(54)은 부하를 지탱하는 표면이 아니며, 단지 요구되는 레벨까지 열이 발생되도록 하여 유도 가열헤드(50)가 기어의 부하를 받는 부분(55)에 도달할때까지 표면층(33)(제 3 도)전반에 걸쳐 온도의 균일성이 얻어지도록 한다. 기어휠의 다른쪽 단부면은 상기와 유사한 모따기식 런아웃(run-out)부분으로 되어 있다.

후미 가이드(52 또는 51)가 런아웃부분을 떠난 후, 전원이 차단되고 유도 가열헤드(50)는 선정된 시간 동안 지체하여 이전의 횡단시에 발생된 열을 분산시키며, 기어는 한 피치만큼 이동, 즉 다음 횡단을 시작하기 전에 색인된다.

모따기 런인(런아웃)부분을 부여할 수 없는 경우는 유도 가열헤드가 기어에 진입함에 따라 그 전력을 점차로 증가시키든지 또는 유도 가열헤드(50)를 기어를 향하여 신속히 움직이고 톱니공간에 진입함에 따라 서서히 속도를 늦추고 유도 가열헤드 전체가 톱니공간에 진입되었을 때 정상속도에 달하게 함으로서 톱니모서리에 과도한 열형성을 제어할 수 있다.

### (iii) 냉각레벨

냉각속도는 경화에 미치는 가장 중요한 인자이다. 일반적으로 냉각 속도가 빠르면 그만큼 금속은 더 경화된다. 그러나 과도하게 경화되면 표면 응력이 야기되어 금속이 취약하게 되는 수가 있다. 물 또는 물을 기저로한 기름에 냉각시켜 유도 경화된 기어가 취성파괴를 일으킨다는 것은 이미 공지된 것으로서, 이러한 이유 때문에 본 발명의 방법과 장치에서는 광유 또는 다른 적절한 비수성 급냉제를 냉각제로 사용한다.

기어톱니에 대해 이상적인 것은 어느정도 연성을 보유하고 경화된 표면층(33)(제 3 도)이 상당히 두꺼운 것으로서 톱니가 부하를 받았을 때 기지 금속과 경화된 표면이 함께 휘어질 수 있는 것이다. 상기의 것은 유도가열하여 물 또는 물을 기저로 한 기름에 급냉시키기 보다는 광유제트로서 비교적 급냉시켜 달성할 수 있다. 기어휠(1)은 광유에 완전히 잠겨있기 때문에 밤낮의 온도변화에 관계없이 균일한 등온상태가 달성된다. 따라서 실제로 단지 경화중에 발생된 응력만이 기어휠에 남게된다. 기어휠 기름에 완전히 잠겨있기 때문에 경화에 의한 모든 열이 직접적으로 기름에 급속 분산되거나 또는 금속에 전도되어 기름에 흡수된다.

### (iv) 역소려의 효과

기어톱니를 유도가열하는데 있어서 역소려현상은 피할 수 없는 것이지만, 그 영향은 다음 수단으로서 최소화된다.

- (a) 기어휠 전체를 기름에 담구어 가능한 흡열을 최대로 한다.
- (b) 금속에 기름제트를 사용한다(특히 34(44) 및 46, 47).
- (c) 각 횡단말기의 지체시간은 이전 횡단중 발생된 모든 열을 제거할 수 있도록 한다.
- (d) 필요한 양의 열만이 톱니의 인접표면층에 유도될 수 있도록, 즉 역소려에 쓰일 수 있는 과열이 발생되지 않도록 유기 가열헤드와 그 운동속도를 설계한다.

상기의 공정의 결과로서 체계적이고 혁신적인 작업 및 세심한 주의에 따라 종래의 유도경화공정에서 보다 그 성능이 월등한 유도경화 기어휠을 생산할 수 있음을 알 수 있다. 상기에서 성능이 월등하다 함은 부하 전달능력 및 신뢰성에 관한 것을 의미한다. 본 발명의 공정은 생산된 기어를 다른 공정에 의해 생산된 기어와 비교 시험하여 장기간에 걸쳐 개발된 것이다. 본 방법에 의해 생산된 기어는 가능한 경우 파괴시험도 하였다.

유도 가열헤드의 각 횡단말기(지체시간중)에 기어는 다음 쌍의 인접한 기어톱니가 유도 가열 헤드 및 가이드와 일치하도록 진행하여 다음 횡단에 대비하게 된다. 이러한 증분운동은 기어휠인 경우 작은 각 운동일 것이고, 랙기어의 경우는 제한된 선형운동일 것이다. 이들은 수동식으로 수행할 수도 있고, 적절한 프로그램식 제어장치를 선정하여 자동적으로 조절되게 할 수도 있다.

공정 매개변수를 세심하게 제어함으로서 톱니표면 즉, 각 톱니의 작업면에 최인접 및 작업면을 포함하는 표면경화층에 적당한 깊이와 내부에 순수한 압축응력만이 형성된 표면경화 기어톱니를 일관성 있게 제조할 수 있다. 따라서 굴곡면과 측면 사이의 변이영역, 즉 "필릿(fillett)"(일반적으로 사용중에 가장 높은 응력을 받는 부분)에 걸쳐 굴곡면을 주위로, 또한 바람직하게는 톱니측면을 따라 표면경화층이 연장되게 된다. 압축응력의 형성은 결정적으로 중요한 인자로서 콘크리트의 예비응력과 유사한 것이다.

기어톱니의 하중을 받으면, 기어는 약간 휘게 되고 따라서 톱니의 텁과 측면에는 비교적 작은 인장응력과 압축응력이 발생하며, 어느 한쪽의 골 및 골과 측면 사이의 변이영역(즉, 골 필릿 : root fillet)에는 비교적 큰 인장응력 및 압축응력이 발생한다. 만약 기존의 표면경화 기술에서 발생될 수 있듯이 경화후 인장응력이 금속 표면에 존재한다면, 휨에 의한 인장응력이 가중되어 곧 파괴가 일어날 것이다. 그러나 예를들어 골 또는 골필릿에 내부 압축응력이 존재하면, 휨에 의한 인장응력과 내부 압축응력이 대수적으로 가산된다. 이러한 상태에서는 휨에 의한 인장응력이 내부압축응력을 극복하고 항복인장강도를 능가하여 파괴를 일으키기 전에 상당히 높은 부하를 톱니가 취할 수 있으

며, 이는 기어 톱니의 피로휨 특성이 상당히 개선된 것이다.

표면경화층(33) 내부에서 일어나는 분자 방향전위(molecular re-orientation)의 정확한 성질은 완전히 밝혀지지 않았지만, 톱니의 작업면에 형성된 압축 응력과 동등한 효과를 부여하는 것으로 믿어진다. 따라서 이러한 내부압축 응력은 실제적으로 층(33)의 적분표피(제 3 도의 (33a))인 각 기어톱니의 실제 작업면에 내포된다. 가해진 피로휨 응력하에서의 기어톱니 파괴는 통상적으로 골필릿 표면에서 시작되는 인장파괴형이며, 시험 결과, 본 발명의 공정과 장치에 따라 표면경화된 기어톱니는 기존의 유도경화에 의한 유사기어 톱니보다 그 성능이 훨씬 더 신뢰성이 있음이 밝혀졌다. 이와 같이 우수한 성능은 경화된 표면층에 압축 응력이 효과적으로 형성되었기 때문이라 생각된다. 사용중 단속적인 훈화중이 기어톱니에 가해지면, 순인장응력이 톱니표면에 가해지기 전에 이러한 압축응력이 먼저 극복되어야 한다.

본 명세서는 기어톱니를 참조로하여 설명되어 있지만, 규칙적인 형상을 한 다른 금속부품도 유사한 방법으로 경화시킬 수 있다.

이 분야의 기술자라면 지금까지 설명된 본 발명의 영역과 그 범위내에서 여러 가지 수정 및 변경이 가능할 것이다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1

기어(1)에서 톱니(B)의 측면(B2, C1)과 골(36)표면을 따라 표면 경호층(33)을 부여하기 위해, (1) 한쌍의 인접한 기어톱니(B, C)사이의 공간을 따라 전기적으로 작동하는 유도 가열헤드(11a)를 상대적 횡단운동시키며, 유도 가열헤드는 기어톱니 사이에 형성된 공간의 윤곽과 거의 일치하는 외부형상을 가지고, (2) 유도 가열헤드(11a)의 외측표면과 기어톱니쌍의 골(36) 표면 및 측면(B1, B2)사이에 사전에 정해진 간격을 유지시키기 위해 유도 가열헤드(11a)의 횡단운동을 안내(31, 32)하며, 측면과 골표면을 따라 유도경화에 적합하게 사전 결정된 일정한 온도로 가열할 수 있도록 상기 간격을 유도 가열헤드와 골표면(36)사이에서 최소로 하며, 또한 측표면(B1, B2)을 따라 정해진 대로 상기 간격을 변화시키고, (3) 상기 표면을 비교적 급속하게 냉각시키기 위해 기어톱니(B, C)쌍의 비가열된 측표면(B1, B2)과 텁(32, C3)과 가열된 측면(B2, C1) 및 골(36)에 냉각제를 가해주는 유도경화방법에 있어서, (a) 기어(1) 전체를 냉각제(3)의 탱크(2)에 담구며, (b) 냉각제(3)는 기름 또는 다른 비수성 급냉제이고, (c) 유도 가열헤드(11a)의 높이가 각 기어톱니쌍이 골(36)과 텁표면(B3, C3)간의 공간길이보다 작으며, (d) 작동 매개변수인 (i) 정해진 간격, (ii) 유도 가열헤드(11a)에 공급되는 전기에너지량과 그 횡단운동 속도 및 (iii) 냉각속도가 제어되어 기어 톱니쌍(B, C)의 측면(B2, C1)과 골표면(36)을 따라 텁으로부터 텁까지 대단히 균일한 표면경화층(33)이 형성되고, 상기 표면경화층의 내부구조는 그 표면(33a)에 적어도 각 골표면(36)과 측표면(B2, C1)으로 바뀌는 부분에 내부형성된 압축 응력에 상당하는 상태가 부여되는 것을 특징으로 하는 유도경화방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 기어가 상기 탱크(2)에 거의 수직으로 설치되는 기어휠(1)인 것을 특징으로 하는 유도경화방법.

#### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 유도 가열된 표면(B3, B2, 36, C1, C3)의 냉각에는 한쌍의 기어톱니(B, C)사이의 공간을 따라 유도 가열헤드(11a)의 횡단말기와 인접한 쌍의 기어톱니(C, D)사이의 공간을 따라 다음 횡단 사이에 사전에 선정된 자체 시간이 부여되는 것을 특징으로 하는 유도경화방법.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서, 유도 가열헤드(11a)의 각 횡단말기에 유도 가열헤드(11a)의 가이드(31, 32)가 다음쌍의 기어톱니(C, D)에 일치하도록 기어(1)가 인텍싱(index)되는 것을 특징으로 하는 유도경화방법.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서, 기어(1)가 나선기어톱니(63, 64)를 가지며, 사전에 정해진 필요간격을 계속 유지하도록 유도 가열헤드(60a)의 횡단운동과 동시에 상기 기어(1)가 회전하는 것을 특징으로 하는 유도경화방법.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서, 기어(50a)의 각 톱니는 그 단부에 모따기식 런인부분이 갖추어진 것을 특징으로 하는 유도경화방법.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서, 냉각제(3)가 광유인 것을 특징으로 하는 유도경화방법.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서, 냉각제(3)가 탱크(2) 주위로 순환되는 것을 특징으로 하는 유도경화방법.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서, 냉각제(3)가 탱크(2)의 외부(6, 7, 8, 9)로도 순환되어 냉각/여과된 후 탱크로 회수되는 것을 특징으로 하는 유도경화방법.

## 청구항 10

기어(1)의 톱니(A-E)의 측면(B2, C1)과 굴곡면(36)을 경화시켜 상기 표면을 따라 표면경화층(33)을 부여하기 위한 유도경화장치에 있어서, 인접한 쌍의 기어톱니(B, C)사이에 형성된 공간과 거의 일치하는 외형을 가진 전기적으로 작동되는 유도 가열헤드(11a)와, 상기 공간을 따라 유도 가열헤드(30)의 상대적 횡단운동을 안내하는 동시에 유도 가열헤드의 외표면과 기어톱니쌍(B, C)의 골(36) 및 측면(B2, C1) 사이에 미리 정해진 간격을 유지시켜 주는 수단(31, 32)과, 냉각제를 채웠을 때 기어(1)가 완전히 냉각제(3)속에 잠기도록 내부에 기어(1)를 장착시키기 위한 수단을 갖춘 냉각제탱크(2)와, 유도 가열헤드의 횡단운동중 기어톱니쌍(B, C)의 공간을 향해 그리고 그 공간으로 냉각제를 가하기 위한 수단(34, 35)으로 구성된 것을 특징으로 하는 유도 경화장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 유도 가열헤드(11a)의 높이가 각 쌍의 기어톱니(B, C)사이에 형성된 공간이 골표면(36)과 텁(B3, C3) 사이의 공간 깊이보다 작은 것을 특징으로 하는 유도경화장치.

## 청구항 12

제 11 항에 있어서, 유도 가열헤드(30)의 높이가 기어톱니의 공간 깊이에 대해 1/2 내지 7/8분위인 것을 특징으로 하는 유도경화장치.

청구항 13

제 10 항 내지 제 12 항중 어느 한 항에 있어서, 유도 가열 헤드(11)가 고형(비총상)보강재로 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 유도경화장치.

## 청구항 14

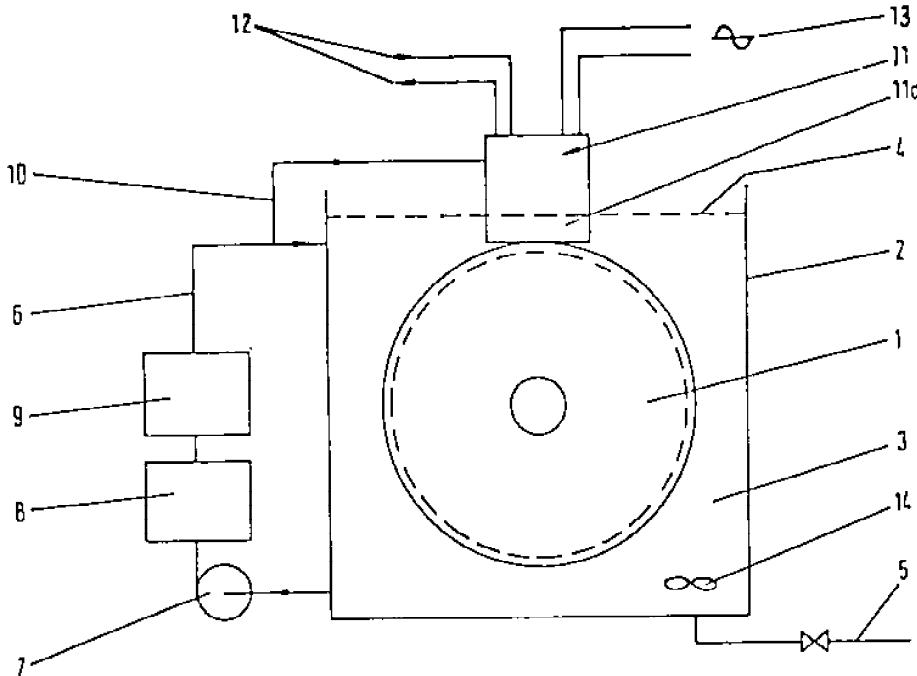
제 10 항 내지 12 항중 어느 한 항에 있어서, 냉각제(3)를 탱크(2)주위로 순환시키기 위한 수단(14)을 구비한 것을 특징으로 하는 유도경화장치.

청구항 15

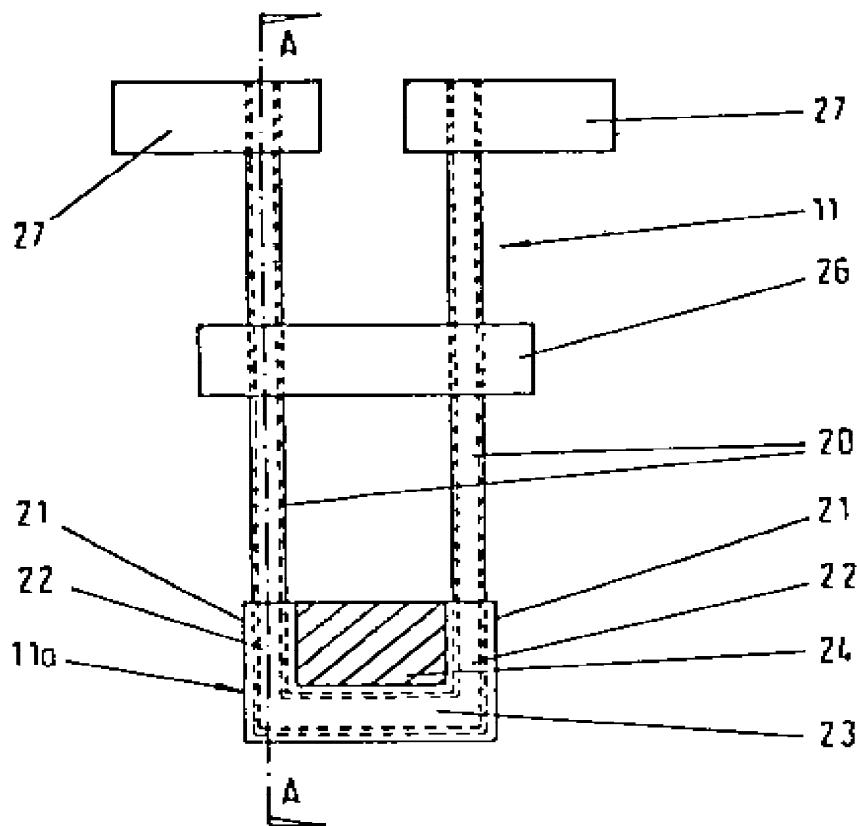
제 14 항에 있어서, 냉각제(3)를 탱크(2)의 외부로 순환시키기 위한 수단(6, 7)과 탱크 외부의 냉각제를 냉각 및/또는 여과시키기 위한 수단(8, 9)을 포함하는 것을 특징으로 하는 유도경화장치.

## 도연

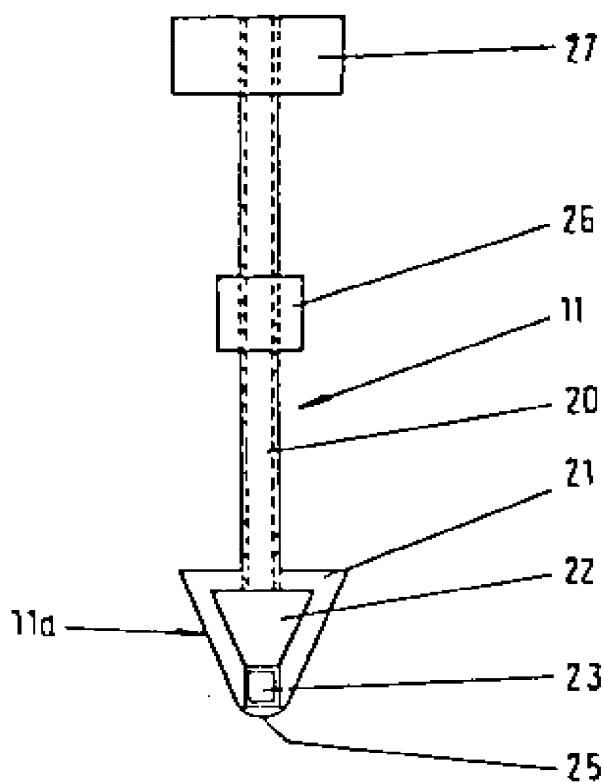
## 도면1



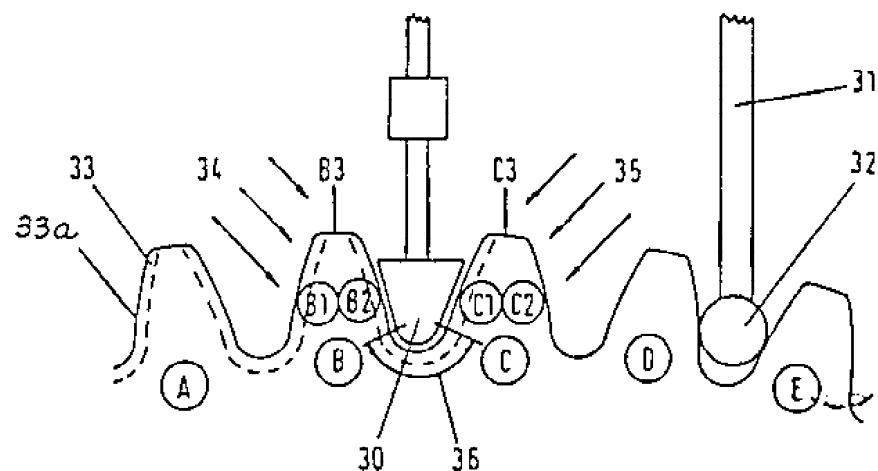
도면2-a



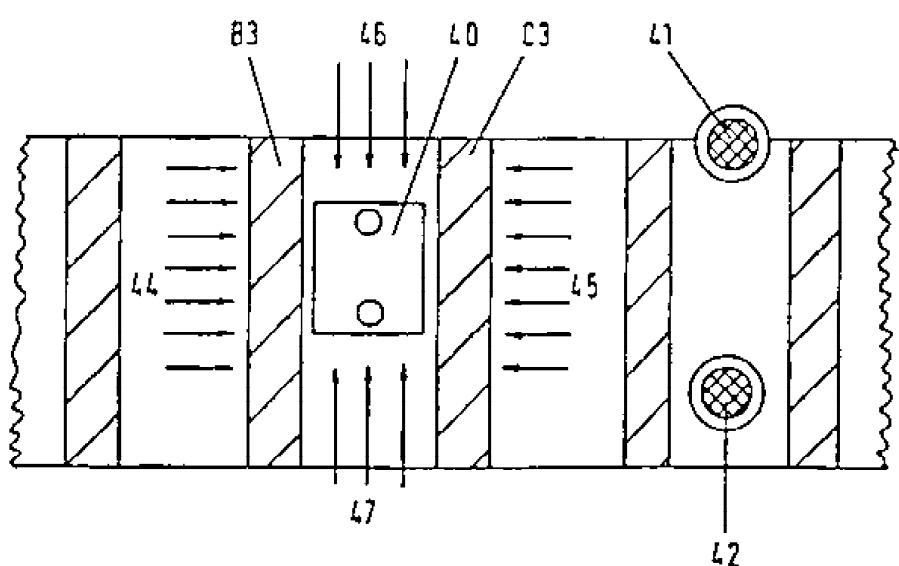
도면2-b



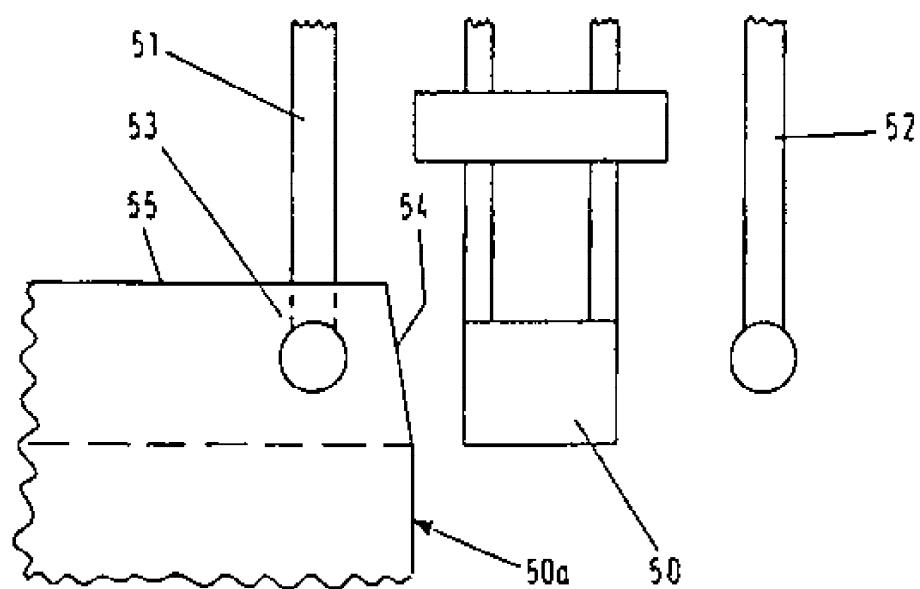
도면3



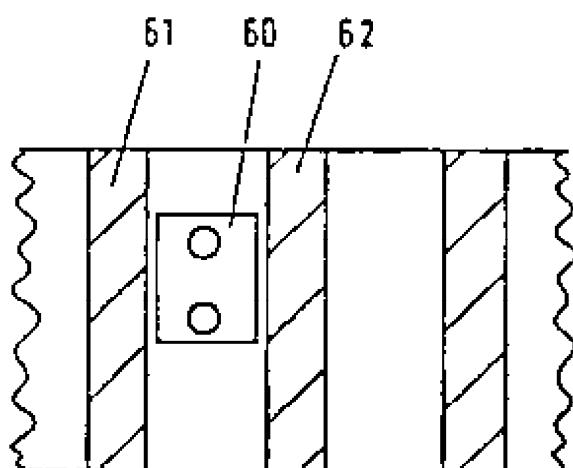
도면4



도면5



도면6-a



도면6-b

