

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup> C21D 1/04	(45) 공고일자 2002년02월 19일
	(11) 등록번호 10-0319962
	(24) 등록일자 2001년12월24일
(21) 출원번호 10-1998-0705395	(65) 공개번호 특1999-0077250
(22) 출원일자 1998년07월 15일	(43) 공개일자 1999년10월25일
번역문제출일자 1998년07월 15일	
(86) 국제출원번호 PCT/US1997/00753	(87) 국제공개번호 WO 1997/26388
(86) 국제출원일자 1997년01월 15일	(87) 국제공개일자 1997년07월24일
(81) 지정국 국내특허 : 아일랜드 오스트레일리아 브라질 캐나다 중국 체코 이스라엘 일본 대한민국 멕시코 EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 독일 덴마크 스페인 프랑스 영국 그리스 이탈리아 룩셈부르크 모나 코 네덜란드 포르투갈 스웨덴 독일	
(30) 우선권주장 08/587,553 1996년01월 15일 미국(US) 08/679,282 1996년07월 12일 미국(US)	
(73) 특허권자 더 유니버시티 오브 테네시 리써치 코포레이션 앤 제이. 로베르슨 미국 37996-1527 테네시 녹스빌 화이트 애버뉴 1534	
(72) 발명자 맥케이, 델맨, 데인 미국 37398 테네시 윈체스터 올드 에스틸 스프링즈 로우드 1296 맥케이, 매리, 헬렌 미국 37398 테네시 윈체스터 올드 에스틸 스프링즈 로우드 1296 다호트르, 나렌드라, 비. 미국 37388 테네시 툴라호마 플랜톤 코오트 102	
(74) 대리인 남상선	

심사관 : 소현영

(54) 레이저에 의한 표면처리장치및방법

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 산화, 부식, 및 산화 변색되기 쉬운 금속 표면을 처리하고, 평활 표면을 갖는 금속 부재를 제조하고, 그리고 평활 표면 또는 평면을 갖는 금속 제품을 제조하는 것이다.

배경기술

<2> 강(steel) 및 알루미늄 등의 노출된 금속성 표면은 부식, 산화 변색, 수소 취화(hydrogen embrittlement), 및 마모 플래시 부식(wear flash erosion) 된다. 일반적으로, 이러한 금속 표면들은 표면의 도료(painting), 클래딩(cladding), 코팅, 또는 전자 도금에 의해 보호된다. 그러나, 전술한 방법들은 빈번하게 재도포를 요하며, 보호층과 기판의 접합점에서 보호층이 기판 표면으로부터 박리되거나 또는 분리된다.

<3> 지형적으로 거칠지 않는 평활 표면을 갖는 금속 표면은 와인, 맥주, 우유, 쥬스, 또는 미세한 화학물질과 같은 식품을 저장하는데 사용되는 탱크 및 큰 통의 벽(내부 및 외부)과 같이, 다양한 분야에서 사용되는 장치의 주요한 구성 요소이다. 이러한 장치 내의 벽의 매끄러움의 결함은 먼지, 산화 변색, 불순물, 박테리아, 또는 식품 입자의 축적, 또는 다른 문제점을 초래한다.

<4> 현재, 전술한 장치는 평활 표면을 연마한 스테인리스강(stainless steel)으로 제조된다. 그러나, 스테인리스강은 고가이며 완전히 평활 표면이 될 수 없다. 그러므로, 전술한 장치의 구성 성분으로 사용되기 위한 스테인리스강보다 더 저렴하고 스테인리스강으로 얻어질 수 있는 평활 표면보다 더 평활하게(매끄럽게) 제조될 수 있는 금속 기판이 요구된다.

발명의 상세한 설명

<5> 본 발명의 목적은 박리 또는 분리되지 않고 산화, 부식, 및 산화 변색되기 쉬운 금속성 표면을 보호하고, 빈번한 재도포를 요하지 않도록 표면 합금층을 갖는 금속성 표면을 제공하는 것이다.

<6> 전술한 목적 및 또 다른 목적은 금속 기판 표면을 처리하거나 그렇지 않으면, 기판의 표면 및 표면하에 합금을 형성함으로써 부식으로부터 보호하는 방법을 제공하는 것이다. 이러한 합금은 코팅, 클래딩, 및 전자도금과 같은 금속 표면을 보호하는 방법과는 달리 기판과 일체부를 형성한다.

- <7> "레이저에 의한 표면 처리의 개선(또는 LISI:laser induced surface improvement)"으로 지칭되는 본 발명의 공정에 따라, 소정의 합금 금속이 처리되어질 금속 표면에 도포되어, 레이저 비임에 의해 투사된다. 이러한 공정은 금속 표면에 합금 형성을 초래한다. 본 발명에 따른 공정을 수행하기 위한 시스템의 주요 구성요소는 레이저, 대응 전달 시스템, 이동 시스템, (품질 제어를 포함한)제어 시스템, 접합재 내의 분말과 같은 전조 합금 재료(precursor alloying material)로 구성된다.
- <8> 본 명세서에서 사용되는 용어 중 "평활(smooth)" 또는 "평활도(smoothness)"는 "거칠거나(rough)"또는 "거칠기(roughness)"가 없다는 의미이다. "평활(smooth)"은 표면에 결함, 움기, 침하, 기복, 또는 다른 거칠음이 없다는 의미이다. 예를 들어, 완전히 평활한 편평한 표면은 완전한 평면이며, 완전하게 평활한 둥근면은 둥근 표면으로부터 결함이 없는 완전히 둥근 형상이다. 본 명세서 내에서 사용되는 용어 "평면(planar)"은 편평한 표면을 지시하는데 사용된다. 용어 "평활(smooth)"은 편평하고 평면인 표면을 포함한다.
- <9> 본 발명의 금속 부재는 직사각형, 둥근형, 정사각형의 다중면, 오목면, 볼록면 등의 임의의 금속 판이 될 수 있다.
- <10> 본 명세서 내에서 사용되는 동사 "평활하게 한다(to smooth)"는 표면 처리 이전 보다 더 평활하게 할 수 있도록 합금 표면을 처리하며, "지형적인 거칠음을 제거한다(to remove topographical irregularities)", "평면으로부터 편향을 제거하거나 감소시킨다(to remove or reduce deviation from planar)", 및 "평면화한다(to make planar)"등의 표현으로 사용된다.
- <11> 본 발명의 당업자들은 평활도 또는 평면도(planarity)의 정도는 "완전(perfect)" 으로부터 금속 부재가 요하는 특정 적용 분야의 필요에 따라 보다 덜 완전으로 변화할 수 있다.
- <12> 본 발명에 따른 실시예는 레이저 합금 처리되지 않은 금속 기판보다 더 평활한 표면을 갖는 레이저 합금 기판이다.
- <13> 본 발명의 또 다른 실시예는 레이저에 의해 합금된 금속 부분 또는 금속 부재의 표면을 매끄럽게 하기 위한 방법에 관한 것이다. 본 발명의 방법에 따라, 레이저로 합금된 금속 기판은 평활하지 않은 레이저 합금 금속 부분 또는 레이저 합금되지 않은 금속 표면 보다 더 평활한 표면으로 처리된다.
- <14> LISI 공정, LISI 공정을 수행하기 위한 장치 및 처리되어 제조된 금속성 표면에 관한 보다 상세한 설명은 첨부 도면과 연관해서 하기의 실시예를 참조하기 바란다.

#### 도면의 간단한 설명

- <15> 도 1a, 도 1b, 및 도 1c는 본 발명에 따른 레이저에 의해 개선된 표면을 개략적으로 도시한 횡단면도이다.
- <16> 도 1d 및 도 1e 는 도 1a, 도 1b, 및 도 1c에 도시된 횡단면도를 그래프로 도시한 도면이다.
- <17> 도 2는 본 발명을 수행하기 위한 시스템의 블록선도이다.
- <18> 도 3은 레이저 전달 시스템의 횡단면도이다.
- <19> 도 4는 두 세트의 오버랩 트랙 내의 크롬으로 레이저 합금된 강 부재를 찍은 사진을 도시하고 있다. 인접한 트랙 사이의 콘택트는 평행한 리지(ridge)의 형성을 초래하는 요동면(wavy surface)을 형성한다.
- <20> 도 5는 레이저 트랙 간격이 도 4의 샘플보다 더 조밀한 크롬으로 레이저 합금된 강 부재를 찍은 사진을 도시하고 있으며, 인접한 트랙 사이의 콘택트에 리지가 형성되어 있다.
- <21> 도 6은 기계가공(machining)에 의해 평면으로 평활하게 마무리한 도 5의 강을 찍은 사진을 도시하고 있다. 레이저 합금 처리된 강 부분은 라벨(A)이 붙어있고 레이저 합금 처리되지 않은 강 부분은 라벨(B)이 붙어있다. 두 섹션 A 및 B는 동일한 방식으로 기계가공된다. 레이저 합금처리된 부분은 합금처리되지 않은 부분 보다 차후의 기계가공시 보다 편평해진다. 섹션 A의 증가된 편평도는 접촉 또는 형상계(profilometry)에 의해 육안으로 탐지할 수 있다.
- <22> \*도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명\*
- <23> 10 : LISI 시스템 11 : 레이저
- <24> 12 : 비임 13 : 전달 시스템
- <25> 15 : 공작물 16 : 이동 시스템
- <26> 17 : 제어기 18 : 도포 유닛
- <27> 20 : 제 1 섹션(광학 섹션) 21 : 평광자
- <28> 22 : 아연 셀렌 윈도우 23 : 구리 반사경
- <29> 25 : 제 2 섹션(초점 섹션)

#### 실시예

- <30> 본 발명에 따라 생산된 최종 제품은 상당히 개선된 표면을 갖는다. 예를 들어, 강 기판의 경우에 있어서, LISI 공정에 따른 크롬 처리는 스테인리스강과 본질적으로 동일한 구성을 갖는 제품을 생산한다. 이러한 실시예에서, 기판의 얇은 영역(500  $\mu$  이하)에 충분한 양의 크롬과 가능하게 니켈이 부가되어 다양한 크롬 카바이드의 형성으로 인해 매우 단단해진 스테인리스강 동등물이 제조된다.

- <31> 최종적인 스테인리스강 동등물은 부식되거나 침식되지 않고 내마모성을 갖는다. 따라서, 교체시(고가이며 크롬의 함량이 많은)스테인리스강으로 형성된 교체 부품의 사용을 필요로 하였으나, 이런 강 구조물은 주기적으로 교체할 필요없이 유지될 수 있다.
- <32> 더욱이, LISI 공정을 수행하기 이전에 강 기판의 정화 작업은 필요하지 않다. 사실상, 적당한 두께의 산화물 층은 레이저 빔의 흡수를 보조하며, 그 결과 총괄적인 공정을 신속하게 한다.
- <33> 처리되어질 금속은 알루미늄, 니켈, 1010 강 또는 A36 강과 같은 강 등의 철 및 비철 재료를 포함할 임의의 조직을 갖는 금속으로 이루어질 수 있다. 바람직한 실시예에서, 기판 금속은 "연강(mild steel)"으로 지칭되는 보통 탄소강(plain carbon steel)이다. 조직 금속(기판)으로 합금되는 합금 금속은 크롬, 알루미늄, 아연, 구리, 니켈, 몰리브덴, 망간, 코발트, 규소, 텅스텐, 티타늄, 및 그 혼합물을 포함할 수 있다. 본 발명의 방법에 적합한 또 다른 전조 합금 재료는 금, 은, 백금, 팔라듐, 및 그 혼합물과 같은 귀금속을 포함한다. 바람직한 실시예에서, 전조 합금 재료는 크롬 또는 크롬 합금이다.
- <34> 전조 합금 재료는 분말 형태 또는 슬러리 성분으로 도포될 수 있다. 바람직한 실시예에서, 전조 합금 재료(precursor alloy material)는 접합재와 혼합된 분말로서, 분사 또는 도료에 의해 금속 표면에 도포된다. 접합재는 유기성 수지 또는 래커이거나, 또는 수용성 접합재이다. 하기에 기술되어질 것처럼, 접합재는 처리중에 태워져 최종적인 제품에는 존재하지 않는다.
- <35> 전조 합금 재료로 도포되는 기판 금속은 기판 금속이 용해되도록 충분한 온도에서 가열된다. 그 결과, 전조 합금 재료는 용융 기판과 혼합되어 합금된다.
- <36> 하나의 실시예에서, 전조 합금 재료는 수용성 분말( $CrO_3$ )의 형태를 띠고 있다. 이러한 분말은 물과 혼합했을 때 분홍색으로 변화되므로, 분말이 도포된 영역을 육안으로 볼 수 있다. 분말은 도포시에 박막으로 경화된다. 박막이 가열될 때,  $CrO_3$ 는 분리되며 크롬은 용융 금속성 기판과 혼합된다. 또 다른 실시예에서, 전조합금 재료는 Cr이며, 기판에 도포되었을 때 회색으로 변하며, 도포되어진 영역은 다시 볼 수 있다.
- <37> 레이저는 (강과 같은) 기판을 용융시키기 위한 열원으로 바람직하게, 이는 레이저가 강, 철, 니켈, 및 알루미늄과 같은 소정의 기판 재료를 용융시키기 위해 충분한 온도를 발생시킬 수 있으며 기판의 용융 깊이를 제한하기 위해 제어될 수 있기 때문이다. 본 발명의 방법에서 유용한 레이저는 전조 합금 재료 및 기판 재료의 표면 및 표면 일부분을 용융시킬 수 있는 초점이 맞춰지거나 맞춰지지 않은 비임을 제공할 수 있는 임의의 다양한 레이저이다. 적합한 레이저 원은  $CO_2$  및 Nd:YAG 레이저를 포함한다. YAG 레이저는 광섬유(fiber optics)를 통해 전달되기 때문에  $CO_2$  레이저보다 바람직하며, 이는 YAG 파장이 금속에 의해 보다 용이하고 효율적으로 흡수될 수 있기 때문에, 보다 정밀하게 전달될 수 있기 때문이다.
- <38> 전조 합금 재료 및 레이저 변수를 포함한 다양한 공정 변수는 특정한 깊이의 합금 및 구조물을 제조하기 위해 변경될 수 있다. 일부 기판은 분열이나 공극없이 다른 기판보다 높은 온도에서 견딜 수 있다. 따라서, 일부 특정 실시예와 본문에 기술된 LISI 공정의 일반적인 기술은 본 발명의 당업자라면 이해할 수 있을 것이다.
- <39> 본 발명에 따른 공정은 전조 합금 금속의 부가와 레이저와 같은 고에너지 공급원의 인가에 의해 금속성 표면 또는 표면 밑의 물리적 및 화학적 변형을 기초로 한다. 전조 합금 재료는 처리되어질 기판의 표면에 증착된다. 또한 전술한 바와 같이, 전조 합금 재료는 레이저 기판 상호작용중에 제공된다. 기판 표면 및 전조합금 재료는 레이저 처리에 의해 용융되며, 기판의 표면 또는 표면밑에 합금을 형성한다. 시일링 가스는 바람직하게 비활성 가스(주기율표의 0족의 가스상 원소)와 같이 레이저가 인가되는 표면의 상호작용 영역 부근에 제공되며, 수소와 같은 환원 가스를 포함한다. 다음의 레이저 표면 처리에서, 합금 영역은 바람직하게 기판 재료의 주의 부분(대부분)으로 인해 급냉(rapid quenching)되어 냉각되고 경화되게 되며, 처리 공정시 이런 냉각 상태로 유지된다.
- <40> LISI 공정은 종래의 금속 표면의 처리 방법보다 여러 잇점들을 갖는다. LISI 공정은 비접촉(non-contact) 공정이며, 공구 마모 및 기계적인 응력이 부족하나, 신속하다. 예를 들어, 152.4 내지 304.8  $cm^2/min$ (30 내지 60  $inch^2/min$ )의 영역을 단일 레이저를 사용하여 처리할 수 있다. 공정은 선택적이며, 국부적인 영역에서 수행될 수 있으며, 불필요한 재료의 처리를 방지하여 비용 및 시간의 절감을 초래한다. 유해한 물질의 노출을 최소화하며 공정의 정확성을 증가시키고 원격 처리 및 자동화에 아주 적합하다.
- <41> 부가적으로, LISI 공정은 기판의 표면 또는 표면하에 1/5 마이크로에서 2 밀리미터의 깊이의 변형을 초래한다. 일반적인 변형 깊이는 대략 50 과 500 내지 600 마이크로 사이의 범위이다. 기판의 나머지 부분(변형된 영역보다 더 깊은 부분)은 변형되지 않는 채로 남아 있으며, 레이저 처리 영역에 인접한 금속 기판의 부분에서도 변형되지 않는 채로 유지된다.
- <42> 공정은 피복되지 않고 명확한 계면이 없는 기판 재료의 고유 부분의 표면 및 표면하의 합금층을 초래한다. 따라서, 기판의 나머지 부분으로부터 합금 영역이 분리되는 문제점은 막을 수 있다.
- <43> 소량의 전조 합금 재료는 본 발명의 LISI 공정에 필요로 한다. 기판을 보호하기 위해 필요한 전조 합금재의 양은 기판의 코팅 또는 전자 도금용으로 필요한 양보다 더 적으며 1/2 내지 1/500 의 율로 감소된다. 부가적으로, 본 발명에 따른 공정은 일회(one-time) 공정이다. 즉, 기존의 피복물에서 요구되는 것과 같이 기판을 검사하고 재피복시킬 필요가 없다.
- <44> 더욱이, 전조 합금 재료의 조성 및 레이저 비임 변수를 변화시킴으로써, 새로운 합금이 기판의 표면 및 표면 아래의 영역내에서 합성될 수 있다. 예를 들어, 본 발명에 따라 Al-W, Al-Cr, Ni-Au, Al-Si-C, Al-Ti-C, 또는 Al-W-C 가 합성될 수 있다.
- <45> LISI 공정은 합금 재료 및 하부 재료 부분을 용융시키기 위해 초점이 맞춰지거나(focused) 흐려진(defocused) 레이저 공급원으로부터 이용가능한 고출력 밀도를 사용한다. 이는 표면에서만 신속하게

용융되고 대부분의 재료는 냉각된 상태로 있으므로 급냉 및 경화를 초래한다. 다양한 화학적 미세구조물 상태는 액체 상태의 급냉으로부터 유지된다. 이는 합금된 요소가 극소면(atomic surface)부근에서 상당히 농축되고 얇은 깊이로 갈수록 농도가 감소되는 화학적 프로파일, 및 전체 용융 영역을 통해 농도가 동일한 균일한 프로파일을 포함한다. 관찰된 미세구조물의 형태는 뚜렷한 결정상을 갖는 고용체으로부터 금속성 유리까지 변화한다.

- <46> 레이저 표면 처리는 AISI 1018 강 기판상에 Fe-Cr-C 합금을 원 위치(in-situ)에 형성하기 위해 사용되어 졌다. 보통 탄소강을 크롬으로 처리함으로써, 페라이트 미세 구조물, 래드 마르텐사이트, 및 카바이드 석출물( $M_{23}C_6$ )이 발생된다. 마르텐사이트 구조물은 전위되며 마르텐사이트의 결정 구조물은 bcc 이다.  $M_{23}C_6$ (fcc) 카바이드 석출물이 형성된 이후에 고용도 및 냉각 속도의 증가는 먼저 고온의 페라이트와 함께 마르텐사이트를 생산한다. 카바이드 석출물은 매트릭스 내에 균일하게 분포되어 있으며 많은 양의 크롬을 갖는다. 표면 및 표면하에 새롭게 제조된 합금은 임의의 오스테나이트 상을 나타내지 않는다. 보통 탄소강 내의 이러한 변화로 내부식 및 내마모성이 개선된 표면이 제공된다.
- <47> LISI 공정은 부식, 산화 변색, 수소 취화, 및 기판의 마모 플래시 부식이 방지된 표면 및 표면하 합금 영역을 제조하기 위해 부식되지 않거나(non-corroded) 또는 새로운 금속 표면에 사용된다. 바람직한 실시예에서, 처리되어질 금속 표면은 보통 탄소강이다.
- <48> LISI 공정은 또한 강과 같은 부식되어진 금속 표면을 개선하기 위해 사용된다. 본 발명에 따른 공정은 기존의 부식을 제거시키며 차후의 부식을 방지시킨다. 따라서, 본 발명에 따른 공정은 산화된 표면을 다시 회복시켜 그 이후의 부식, 산화 변색, 수소 취화, 및 기판의 마모 플래시 부식을 방지한다. LISI 공정은 부식(녹)을 없애고 표면을 부식에 저항하도록 한다. 게다가, 이러한 LISI 공정은 부식된 표면의 품질을 보다 개선시키며 녹슬은 표면의 평활도와 내마모성을 증가시킨다. 본 발명의 방법에 의해 산화된(부식되거나 녹슬은) 표면을 처리할 때, 종래의 피복 기술에서 요구되는 것처럼 산화된 표면을 제거하는 것은 필요치 않다. 기판 표면에 단단하게 부착된 녹은 기판상에 남게된다. 그러나, 떨어지거나 벗겨진 녹은 LISI 공정으로 처리되기 이전에 부드러운 브러쉬 또는 다른 적합한 수단으로 제거한다.
- <49> LISI 공정은 수소 취화가 감소된 변형된 표면을 갖는 초합금(super alloy)을 형성하기 위해 니켈 또는 그 합금과 같은 금속 기판에 금, 은, 백금, 또는 팔라듐과 같은 귀금속으로 합금하는데 사용된다. 항공 산업은 니켈 표면에 수백 마이크론의 두께를 갖는 금을 도포한다. LISI 공정은 비용면에서 상당한 절감 효과를 가지고 표면을 보호할 수 있는데, 이는 일부 극소 표면층을 합금하는데 요구되는 금의 함량이 극소량이기 때문이다. 기판의 깊이가 1 또는 심지어 2 내지 5 마이크론의 몇 마이크론일 때만 금으로 합금된다. 따라서, 상당히 얇은 금 피복이 요구됨으로 인해, 본 발명에 따른 공정으로 이러한 표면을 보호하기 위해 필요로 하는 금의 함량을 1/2 내지 1/500 율로 감소시킬 수 있다. 또한, LISI 공정은 종래의 피복과 대조적으로, 주기적으로 재도포시킬 필요가 없으므로 시간 및 비용을 절감할 수 있다.
- <50> LISI 공정은 금속 표면의 기판에 종래의 방식이 아닌 신규한 합금을 생성하기 위해 사용된다. 바람직한 실시예에서, 금속 기판은 알루미늄 또는 알루미늄 합금이며 합금 금속은 텅스텐, 크롬, 코발트, 망간, 마그네슘, 또는 니켈이다. LISI 공정의 변수를 변화시킴으로써(기판 및 전조 합금 재료의 조성 및 상기 레이저와 연관된 변수), 다른 합금이 제조된다. LISI 공정은 크롬 분말 및 텅스텐 카바이드를 사용하여 알루미늄 합금(예를 들어, 7075)의 표면을 개선시키기 위해 CO<sub>2</sub> 레이저 및 Nd:YAG 레이저가 사용된다. LISI 공정은 금을 이용하여 (인디애나, 코코모, 헤이네스 인터내셔널 인코포레이티드사의 상표명 "해이스테로이(Hastelloy)"로 시판된) 니켈 합금의 표면을 개선시키는데 사용된다.
- <51> 레이저에 의해 합금된 금속 기판은 후처리에 의해 평활하게 제조될 수 있다. 평활도의 정도는 금속 기판의 사용 용도에 따라 변화될 수 있다. 예를 들어, 레이저로 합금된 금속 표면은 평활하지 않은 레이저 합금 금속 보다 더 평활해지도록 평활하게 처리된다. 선택적으로, 레이저로 합금된 금속 기판의 표면은 지형적인 완전한 평면으로부터 결함이나 변형이 없는 미러 형상(mirror-like)의 품질과 같은 정도로 제조된다. 이러한 두 개의 평활한 정도 사이의 임의의 평활한 정도는, 후처리 변수 예를 들어, 평활도를 얻는 방식, 시간, 및 평활하게 처리하는데 사용되는 힘 등을 변화시킴으로써 얻어진다.
- <52> 평활도의 정도는 임의의 적합한 방법에 의해 결정된다. 요구되는 측정의 정확성에 따라, 감촉 또는 금속 기판의 표면을 나타내는 시각에 의해서 또는 형상계 또는 광학 형상계와 같은 기구에 의해서 평활한 정도가 정확하게 측정될 수 있다.
- <53> 평활하게 또는 편평하게 레이저 합금된 금속 표면은 식품, 화학품, 운송, 또는 다른 산업물에서 사용되는 탱크와 같은 액체 또는 화학약품을 보관하기 위한 탱크의 일부분이 된다. 선택적으로, 평활하게 처리된 레이저 합금 금속 표면은 풍동(wind tunnel)의 내부면이며, 공기 난류의 정확한 측정, 또는 공기 흐름 저항을 보다 정확하게 제공할 수 있다. 평활한 금속 합금 기판 표면을 갖기 위한 임의의 적용으로 본 발명의 평활한 레이저 합금 금속 기판으로 구성된다. "표면"을 몸체의 내부면으로 하기 위해, 합금 표면을 처리하여 관형 형상과 같은 금속 부분의 내부면이 되도록 "밀폐부"를 형성한다.
- <54> 평활한 처리는 미국 특허 제3,083,551 호에 기술되어진 것과 같이, 기계 가공 등의 기계적 수단, 화학적 수단, 그리고 용융 및 재경화 또는 용융 금속의 부유 등의 물리적인 상변화를 포함한 불규칙한 불균형이 없는 평활한 금속으로 제조하기 위한 적합한 방법이다. 현재, 합금된 표면의 불규칙함을 감소시키는 것은 기계 가공과 같은 물리적인 수단에 의해 종래에 수행되어져 왔다. 기계 가공은 분쇄(grinding), 호오닝(honing), 버핑(buffing), 천공(boring), 밀링(milling), 샌딩(sanding), 연마(polishing)를 포함하는, 금속 기판을 기계 가공하는데 사용되는 임의의 적합한 수단에 의해 형성될 수 있다.
- <55> 본 발명의 방법에 따라, 레이저로 합금된 금속 기판은 기판 표면의 전체 또는 일부분이 평활하게 된다. 본 발명에 따라, 합금된 표면은 그 전체가 평활할 필요는 없다. 이러한 표면은 침하부, 오목면, 또는 임의의 필요에 따라 그와 반대의 볼록면으로 정의된다. 그러나, 본 발명에 따라, 상기 오목면 및 볼록면의 각 면은 평활해 질 것이다. 예를 들어, 제 1 레이저 합금 기판은 그 내부의 회전축이 금속 기판의 표면과 평행한 회전평면 장치에 의해 기판 표면의 일부 상에서 평활해 진다. 이와 같은 방식으로,

평활하거나 평활하지 않은 편평한 기판의 어깨부에 의해 하나 또는 양 측면상에 결합한 평활한 라운드형 골(smooth rounded valley)이 얻어질 수 있다.

- <56> 본 발명에 따라, 레이저 합금 금속 기판의 편평함 또는 평활도는 충분한 두께의 임의의 레이저 합금 표면 층 위에서 수행되어, 평활도는 표면 아래의 비 레이저 합금을 나타내는 정도까지 합금된 층의 전체 두께를 제거시키거나 완전성에 영향을 주지 않는다. 레이저 합금 기판은 두께가 50 내지 600 또는 2000 마이크로미터 또는 그 이상의, 대략 10 내지 2000 마이크로미터 또는 그 이상의 몇 마이크로미터 사이의 합금된 층을 갖는다.
- <57> 평활하게 처리하기 위한 작업의 시간은 표면, 사용된 수단, 평활도의 정도 또는 요구되는 광(shine)에 따라 몇 초 내지 1시간 또는 그 이상으로 변화한다.
- <58> 본 발명에 따른 평활하게 가공하기 위한 방법은 합금된 금속이 탱크와 같은 완성된 제품 즉, 완성된 제품의 부분으로 제조하는데 사용되기 이전에 레이저 합금 금속 부분에서 수행된다. 이러한 방법은 상기 부분의 하나 또는 그 이상의 측면 상에서 수행된다.
- <59> 본 발명의 방법에 따른 평활한 가공 처리는 크롬으로 레이저 합금된 기판과 같은 제한되지 않은 실시예에 나타나 있다. 평활한 처리는 전술된 바와 같이 크롬 이외에도 크롬 이외의 금속으로 레이저 합금된 기판에 적용가능하다.
- <60> 본 발명의 공정에 대한 전술한 사항 이외에도, 또 다른 특성이 본 발명의 당업자들로부터 명확하게 인지되어질 것이다.
- <61> LISI 공정은 도 1a, 도 1b, 및 도 1c에서 개략적으로 도시되어 있다. 도 1a에 되어진 것처럼, 레이저 표면 처리 이전에 전조 합금 재료(1)는 기판(2)의 표면에 놓여있으며 전조 합금 재료와 기판 사이에 명확한 경계가 발생한다(도 1d 참조). 도 1b에 도시되어진 것처럼, 레이저에 의한 표면 처리중에(대부분의 적용예에서 1Kw 이상의) 고 에너지 레이저 공급원(3)은 전조 합금 재료(1)층 및 기판(2) 위로 향하여, 처리되어진 합금 영역(4) 및 처리되지 않은 비합금 영역(5)을 초래한다. 도 1c에 도시되어진 레이저에 의한 표면 처리 이후에, 최종적인 합금 재료가 기판(2)의 표면에서(약 1 내지 5 마이크로미터) 몇 마이크로미터의 합금 영역(4) 내에서 발견된다. 합금 영역(4)내에서, 감소된 기판 재료 물질은 합금된 영역 아래의 기판 재료의 영역내에서 발견되어지는 것과 비교하여 나타난다(도 1e 참조).
- <62> 전술한 실시예에 따라, LISI 공정은 보통 탄소강 기판의 표면을 개선시키는데 사용되어졌다. 전술되어진 바와 같이, 기판 표면은 정화되거나 산화층을 갖는다. 현 실시예에서, 기판의 표면은 비교적 정화되었으나 처리 이전에는 정화되지 못했다. (아칸소주, 호프의 미시건 크롬 케미컬 코포레이션의 "마이크로시일드(microshield)"의 명칭으로 시판되는) 메틸 에틸 케톤, 테트라하이드로푸란, 톨루엔, 및 프로필렌 산화물을 포함하는 유기성 결합재내의 크롬은 0.5 mm(500 $\mu$ )의 강 기판에서 적용된다. 1.5 내지 2.0 kw의 전력과 50 내지 66 x 10<sup>5</sup> watt/cm<sup>3</sup>의 전력 밀도를 갖는 가우스 고정 배치를 사용한 CO<sub>2</sub> 레이저는 강을 용융시키기 위해 충분한 온도에 이르기까지 강 기판의 표면을 가열시키기 위해 25 mm/sec의 처리 속도로 기판의 표면에 적용된다. 아르곤 시일링 가스는 처리되어질 영역에 도입된다. 결합재는 처리중에 증발되어 제거된다. 0.5 mm 내지 2.0 mm의 두께를 가지며 10 내지 45 wt%의 합금 함량을 갖는 크롬 강 합금 영역이 제조된다.
- <63> 최종적인 표면은 스테인리스강 동등물이며 부식되거나 침식되지 않고 내마모성을 갖는 표면 합금으로 형성된다. 상기 합금은 기본 강 구조물로 형성된다. 결과적으로, 클래딩 또는 코팅과는 달리, 표면 합금 층은 깎이거나 굽히지 않는다.
- <64> 보통 탄소강이 크롬 및 다른 구성요소로 개선되어지는 상기 방법 및 LISI 처리는 도표 1에 도시되어 있다. 전술한 실시예는(도표 1의 오른쪽에 나타나 있는 "화합물 5"로 나타나 있다.

도표 1. 크롬을 함유한 보통 탄소강의 LISI 작업 조건

변수	화합물 1	화합물 2	화합물 3	화합물 4	화합물 5
합금 요소	Cr, Cr+C, Cr+C+Mn, Cr+C+Mn+Al	Cr, Cr+ nI	Mo+Cr+Ni+Si	Ni	Cr
도포 방법	유기성 접합재 분사 내의 슬러리	스퍼터링 증착	유기성 접합재 분사 내의 슬러리	전기 도금	유기성 접합재 내의 슬러리 증착
피복두께 (mm)	0.025 내지 0.75	0.002 내지 0.018	규정되지않음	0.001	0.5
레이저 전력(Kw)	3.4, 5.0, 12.5	7.5	8.0 내지 12.0	4.0 내지 6.0	1.5 내지 2.0
전력 밀도(W/cm <sup>2</sup> )	2800 내지 4500	10 <sup>7</sup>	12500 내지 18750	46 내지 80 x 10 <sup>4</sup>	50 내지 66 x 10 <sup>5</sup>
처리 속도 (mm/s)	1.69 내지 21.17	100 내지 3750	5 내지 15	25 내지 50	25
비임 배치	사각 상층부 고정식/진동	초점이 맞춰어진 /가우스 고정식	사각 상층부 진동	규정되지않음	가우스 고정식

시일딩 가스	없음, He, He+ Ar	He	CO <sub>2</sub> , Ar, He, N <sub>2</sub>	He	N <sub>2</sub>
합금 함량 (wt%)	0.9 - 43 Cr, 0.5Al, 1.4 - 4.4 C, 0.5 - 1.3 Mn	1 내지 80 Cr	규정되지않음	0.5 내지 3.0	10 내지 45

- <67> 본 발명에 따른 합금 영역은 500 μ (0.5 mm) 이하의 깊이에서 발생된다. 처리 속도(비임 운동)는 대략 2.54cm/sec(1 inch/sec)이다. 따라서, LSI 공정에 의해, 6 ft<sup>2</sup> 또는 그 이상의 영역은 한시간 이내에 처리될 수 있다. 보다 빠른 처리 속도를 얻기 위해서는, 필요에 따라 부가의 레이저가 사용될 수 있으며, 단일 레이저 공급원으로부터 복수의 비임이 전달될 수 있다.
- <68> 본 발명의 당업자들은 제조된 요구되는 상에 적절한 냉각 속도를 함께 제공하는 전력 밀도 및 처리 속도의 수치가 기판 재료(탄소 및 다른 합금 재료의 함량), 도포 방법, 레이저/기판 영역에서 표면 합금 재료의 양, 비임 배치(정사각/직사각 (상층부: top hat), 초점 맞춤/가우스, 고정/진동), 및 시일딩 가스 등과 같은 일부 관련공정 및 재료의 변수의 함수이라는 것을 이해할 것이다.
- <69> 도 2는 본 발명에 따라 레이저에 의해 유도된 표면을 개선하기 위한 시스템(10)을 도시하고 있다. 시스템(10)은 공지된 방식으로 평행한 비임을 제조하기 위해 CO<sub>2</sub> 레이저, Nd:YAG 레이저, 또는 동등물(또는 동등 열원)의 레이저(11)를 포함한다. 전달 시스템(13)은 비임(12)을 수용해서 공작물(15)의 표면(14)에 적절하게 전달하기 위해 제공된다. CO<sub>2</sub> 레이저의 경우에 있어서, 전달 시스템(13)은 전달 시스템(13)을 통해 공작물(15)의 표면(14) 상으로 레이저(11)로부터 비임(12)을 적절하게 향하게 하기 위해 일련의 반사경으로 구성된다. Nd : YAG 레이저인 경우에, 전달 시스템(13)은 레이저(11)로부터 비임(12)을 수용하고 상기 공작물(15)의 표면(14) 상으로 비임(12)을 적절하게 지향하기 위한 광 섬유 시스템으로 구성된다. 후자인 Nd : YAG 레이저인 경우에, 광 섬유 전달 시스템의 편리함은 본 발명의 시스템(10)을 수행하기 위해 많은 장점을 가지며 유연성을 갖는다.
- <70> 전달 시스템(13)과 공작물(15) 사이에 상대적인 이동을 초래하기 위해 적절한 장치가 제공된다. 전술한 실시예에서, 이는 공작물(15)을 수용하고 전달 시스템(13)에 대해 공작물(15)을 이동시키기 위한 이동 시스템(16)으로 이루어져 있다. 그러나, 보다 규모가 큰 경우에는 공작물(15)과 관련된 전달 시스템(13)의 이동을 초래하기 위해 상기 전달 시스템과 연관된 이동 시스템(16')을 제공하는 것이 바람직하다. 후자(16')의 배치는 특히 공작물의 이동이 실행될 수 없는 경우에 바람직하며, 규모가 큰 상업 분야에서 전달 시스템(13)과 공작물(15) 사이에 관련 이동을 발생시키기 위한 바람직한 수단으로 간주된다.
- <71> 제어기(17)는 레이저(11), 전달 시스템(13), 이동 시스템(16 또는 16')과 연통하는데, 이는 서로 간의 상호작용 및 상기 구성요소를 제어하기 위한 목적이다. 예를 들어, 상기 제어기(17)는 출력 전력, 파동 형상, 비임(12)의 파장 및 펄스와 같은 레이저의 다양한 작동 변수를 제어하기 위한 목적으로 레이저(11)와 연통한다. 유사하게, 상기 제어기(17)는 전달된 비임 주로, 상기 공작물(15)의 표면(14)에 대해 비임의 초점을 제어하기 위한 목적으로 레이저(11)와 연통한다. 상기 제어기(17)는 속도 및 방향과 같은, 전달 시스템(13)과 공작물(15) 사이의 상대 이동을 조절하기 위해 이동 시스템(16 또는 16')과 연통한다.
- <72> 이미 지적한 바와 같이, 합금 재료는 다양한 방식으로 공작물(15)에 전달될 수 있다. 합금 재료가 분사되거나 그렇지 않으면 표면이 레이저를 받거나, 도포 유닛(18)이 상기 전달 시스템(13)과 연관된 부분으로 제공됨에 따라 상기 공작물(15)의 표면에 전달된다. 상기 경우에, 제어기(17)는 상기 공작물(15)의 표면(14)에 합금 재료의 도포 속도(전력 전달)를 조절하기 위해 도포 유닛(18)과 연통한다.
- <73> 본 발명에 따른 LSI의 실시예로서, 표면 합금은 빠른 축선 흐름 여기된 무선 주파수 RF(27.12 MHz)의 모델 RS3000(Ropin-Sinar:로핀-시나) 레이저로 이루어지며, 상기 데이터는 0.2 내지 3.7 kw 범위의 평균 전력 수치에서 작동가능한 (10.6 μm 파장) CO<sub>2</sub> 레이저(레이저 11)이다. RS 3000은 150 mm, f/6 광학 및 원형 분극을 포함한 모델 RS3000 용접 헤드(로핀-시나)와 결합된다. 최종적인 비임은 표준 펄스 배치(SPC)를 사용한 TEM<sub>10</sub> 모드 내에서 작동한다. 상기 표준 펄스 배치에서, 상기 비임은 5 KHz에서 맥동하며 평균 비임 전력은 펄스의 듀티 주기를 변화시킴으로써 조절된다(유사 연속 파장 작동 모드). 순수 질소는 시일딩 가스로 제공하기 위해 공작물(15)의 부근에서 레이저 비임과 동축의 방향과 대략 4 리터/분의 속도로 도입된다.
- <74> 이러한 배치에 있어서, CO<sub>2</sub> 레이저에 적합한 전달 시스템(13)이 사용되며, 도 3에 개략적으로 도시되어 있다. 도시된 전달 시스템(13)은 레이저 비임을 적절하게 안내하기 위한 광학을 갖는 제 1 섹션(20)을 갖는다. 이는 도면에 도시된 유전체로 피복된 구리 원형 편광자(21), 아연 셀렌 원도우(zinc-selenide window)(22), 평활한 몰리브덴으로 피복된 구리 반사경(23)과 같은 종래의 수단을 포함한다. 광학 섹션(20)은 공작물(15)의 표면(14) 상에서 레이저 비임을 최종적으로 작동시키는 제 2 초점 섹션(25)과 연통한다. 이러한 목적에 따라, 초점 섹션(25)은 필요에 따라 레이저 비임의 초점을 조절할 수 있는 포물선 형상의 구리 반사경(26)을 포함한다.
- <75> 공작물(15)은 일정한 선형 변이(이동 시스템: 16)를 위해 컴퓨터 수치 제어식(CNC) 5개의 축의 유니덱스(UNIDEX)-16 워크스테이션(항공 기술:AEROTECH) 위에 장착되어 있다. 이러한 목적을 위해, 강판은 공작물 표면 위의 25mm 지점에 초점이 맞춰진 레이저 비임을 수용하기 위해 위치된다. 레이저 처리는 공작물의 표면에서 약 100 와트/mm<sup>2</sup>의 에너지(전력 밀도)를 제공하기 위해 2000 와트의 평균 비임 전력으로 도전된다. 전체 영역을 처리하기 위해서는, 공작물은 1500 mm/분의 속도와 20%의 중첩부(즉, 5mm 너비의 레이저 트랙에서 대략 1mm) 레이저 비임 아래에서 변형된다. 이러한 속도는 공작물의 처리시에

유지된다.

- <76> 이러한 배치에서, AISI 1010 탄소 강 판(250 mm x 250 mm x 6 mm의 크기)은 크롬의 레이저 표면 합금층을 수용하기 위해 처리된다. (알칸사스, 호퍼, 토블러 디비전(TOBLER Division)의 "마이크로시일드"의 이름하에서 시판되는) 상업상 이용가능한 래커는 크롬용 유기성 접합재 용액으로 사용된다. 아세톤 내의 5 체적%의 용액내의 래커의 크롬 분말(위스콘신, 밀와키, 세락(CERAC)으로부터 평균 5  $\mu\text{m}$ 의 입자 크기와 99.6%의 순도를 갖는)부유물은 상기 강판위에 얇고 평활하고 균일한 층으로 도포된 핸드 브러시이다. 크롬과 유기성 접합재 용액의 증착된 혼합물은 레이저 처리되기 이전에 공기중에 완전히 건조된다. 강판(기판)은 크롬층이 증착되기 이전에 메탄올로 세정되고 공기 중에서 건조된다. 이는 대략 50  $\mu\text{m}$ 의 두께를 갖는 크롬 층을 초래한다.
- <77> 처리되어진 AISI 1010 강판은 균일하게 표면이 합금된 영역위에 분명하게 나타난다. 주사 전자 현미경뿐만 아니라 광학하에서의 횡단 및 교차면의 초기 관측은 견고한(틈이나 공극이 없는)층에서 발생한다. 합금된 영역의 두께는 대략 1.23 mm이며, 평균 크롬 농도 5 중량 %이다. 메탄올 내의 5 체적 %로 농축된 질산 농도를 갖는 횡단면 내의 합금된 샘플의 예청은 기판 재료에서 화학적으로 침식된 흐릿한 표면으로 제조된다. 그러나, 합금된 영역을 침식하지 못하며 반사경 형상으로 유지된다. 상기 반응은 부식 저항 표면 내부로의 기판의 변형을 나타낸다.
- <78> 표면 합금 영역은 다양한 기계적인 하중 조건에 샘플을 노출시킴으로써 기판의 물리적인 완전성이 시험된다. 레이저 합금 샘플은 정적 캔틸레버식 굽힘 시험을 받게 된다. 이러한 샘플은 응력 하에서 임의의 분리 또는 분열없이 250 lb의 정상적인 힘 하에서 110°로 굽혀진다. 샘플이 활동 영역(원형), 라인 및 포인트 접촉 하중으로 반복적으로 노출된다 하더라도, 기판으로부터 임의의 분리 또는 분열이 나타나지 않는다. 완전하고 기계적으로 강하고 화학적으로 저항력을 갖는 합금 층은 AISI 1010 강 표면에서 제조된다.
- <79> 전술된 성분은 다른 적용예와 관련하여 유용한 결과를 발생시키기 위한 목적으로 본 발명에 따라 변형될 수 있다. 예를 들어, 전술되어진 바와 같이, 다른 레이저는 도 2의 레이저(11)를 실시하기 위해 사용된다. 이러한 실시예는 대응 전달 시스템의 관점에서 제공되는 보다 큰 유연성으로 인해 관심있는 Nd :YAG 레이저이다.
- <80> 바람직한 실시예로서, 표면 합금은 JK-701 레이저(루오닉스)로 완성되며, 네오디뮴으로 도핑처리된 단일 결정 이트륨-알루미늄-가넷으로 이루어진 레이저 매체를 갖는 Nd : YAG 레이저(1.06  $\mu\text{m}$ 의 파장)로 펄스화된다. 출력 비임은 (강도 프로파일과 혼합하는)15 피트 광 섬유 케이블과 결합되어, 프로파일(TEM<sub>00</sub> 모드)내의 상층부 강도와 근접한 강도의 레이저 비임을 초래한다. 광학 섬유 케이블로부터 방출된 비임은 렌즈(75mm 초점 길이)에 의해 400 $\mu\text{m}$ 의 스폿 직경에 집중된다. JK-701 레이저는 400 와트의 최대 평균 전력과 55 joule의 펄스당 에너지로 펄스를 전달한다. 펄스 존속 시간은 0.5 내지 20 밀리초로 변화하며, 펄스 속도는 500 Hz에 이른다. 각 펄스의 정확한 형상, 크기 및 에너지는 존속시간(폭), 진폭(높이), 및 제어 패널을 사용하여 주파수를 조절함으로써 얻어진다.
- <81> 크롬으로 피복된 강판은 50 cm/sec의 최대 횡단 속도와, 30 mm의 최대 양쪽 직교 방향 횡단거리 구동기(10 마이크로스텝/스텝)를 제공하는 (200 완전 단계/rev) X 및 Y 단계(2 mm/rev)로 작동된 리드 스크류를 갖는 (NY, 뉴 하이드 파크, DSG 컴퍼니의) 컴퓨터 수 제어식(CNC)의 두 개의 축의 워크스테이션 상에 장착된다. 상기 강판은 표면 아래의 2.6 mm 이하에서 초점이 맞춰진 비임을 수용하도록 위치된다. 레이저 처리는 20 Hz 펄스 반복 속도에서 18 밀리초(펄스 지속시간)동안 9.5 joule(펄스 전력)에서 이루어진다. 이러한 설정은 강 판의 표면에서 대략 20 와트/mm<sup>2</sup>로 제공된다. 전체 영역을 덮기 위해서는, 360 mm/min의 횡단 속도, 연속 트랙 사이의 20%의 오버랩(즉, 1 mm 폭을 갖는 레이저 트랙에서 0.2 mm), 연속 스폿사이의 40%의 오버랩(즉, 1mm의 직경을 갖는 비임 스폿에 대한 0.4 mm)에서 레이저 비임 하에서 전달된다. 이러한 조건은 처리중에 계속 유지된다. 순수 질소는 시일링 가스로 제공하기 위해 레이저 비임에 동축 방향으로 대략 4 리터/min의 속도로 상기 공작물의 부근에 유입된다.
- <82> AISI 1010 탄소 강판(250mm x 250mm x 6mm)은 레이저로 표면이 합금된 크롬 층을 수용하기 위해 처리된다. (알칸사스, 호퍼, 토블러의 상표명 "마이크로시일드"로 시판되는)상업상 이용가능한 래커는 크롬에 대한 유기성 접합재 용액으로 사용된다. 5 체적%의 아세톤 용액 내의 (위스콘신, 밀와키, 세락)로부터 평균 5 $\mu\text{m}$ 의 입자 크기와 순도 99.6%의)크롬 분말의 부유물은 강판위에 박막의 평활하고 균일한 층으로 핸드 브러쉬로 도포된다. 크롬 및 유기성 접합재 용액의 증착된 혼합물은 레이저 처리되기 이전에 공기 중에서 완전히 건조된다. 강판(기판)은 크롬 층이 증착되기 이전에 메탄올로 세정되어 공기 중에 건조된다. 이는 대략 50  $\mu\text{m}$ 의 두께를 갖는 크롬층을 초래한다.
- <83> Nd:YAG 레이저의 사용은 총괄적인 LISI 공정에 다양한 개선점을 제공한다. 이는 주로 Nd:YAG 레이저가 광 섬유 전달 시스템과 연동할 수 있고, 발생된 파장이 공작물에 의해 보다 많이 흡수되기 때문이다. 본 발명에 따라 표면을 효과적으로 처리하기 위해 필요한 레이저의 크기는 대략 2000 파운드이며, 처리되어질 표면에 대해 레이저가 이동하는 것을 어렵게 한다. 그러나, 광 섬유 전달 시스템으로, 레이저는 처리되어질 영역 외부에 유지될 수 있도록 하며, 레이저 비임은 광 섬유 표면에 전달될 수 있다. 광 섬유 및 관련 비임 작동기(즉, 비임을 소정의 형상으로 표면맞춤 및 형상화하기 위한 전달 시스템(13))는 비교적 소형이며 (예를 들어, 적합한 로봇 또는 관련 제어기를 사용하여) 쉽게 조절된다. 표준 길이의 섬유는 대략 100 내지 250 미터이며, 개별 섬유는 보다 긴 연장부를 형성하기 위해 연결될 수 있다. 광 섬유와 함께 사용될 수 있는 이동 시스템(16')은 보다 가벼운 광 섬유 및 비임 조종기를 필요로 하기 때문에 보다 간단해질 것이다. 그 결과, 유용한 결과를 얻기 위해 요구되는 것은 처리되어질 표면을 따라 광 섬유(비임 조종기)의 단부를 이동하는 것이며, 비임 조종기로부터 표면까지 적당한 거리를 유지하는 것이다.
- <84> 이러한 이동은 초점이 맞춰어진 배치 구성, 주로 평행광(CO<sub>2</sub> 레이저에 또한 가능함)으로부터 초점이 흐려진 배치 구성으로 레이저 비임의 배치 구성의 조절과 관련하여 수행될 수 있다. 이와 같은 이유로, 비임 조종기로부터 공작물의 표면에 이르기까지의 거리는 중요하지 않으며, 몇 센티미터까지 변화될

수 있으며, 더욱이 이동 시스템 및 관련 레이저 비임의 제어를 보다 단순화시킨다. 전술한 바와 같이, CO<sub>2</sub> 레이저가 유익한 LISI를 제공한다 하더라도, 이러한 레이저의 사용은 별로 바람직하지 못한 것으로 간주되는데, 이는 실행가능하나 반사경 등을 요구하는 비임 전달 시스템이 실제적인 근거하에서 수행하기 어렵기 때문이다. 그럼에도 불구하고, 이러한 시스템은 동일한 유용한 결과를 얻기 위해 사용될 수 있다.

- <85> 이에 대응하는 변경예가 전달 시스템(13), 이동 시스템(16,16'), 및 제어기(17)에서 일어날 수 있다. 광 섬유 전달 시스템은 바람직하게 전술된 Nd:YAG 레이저와 함께 사용된다. 전달 시스템(13)은 레이저(11)의 형태(또는 동등한 열원)가 특정 적용예에 선택되어도 계면을 제공하기 위해 선택된다.
- <86> 이동 시스템(16,16')은 특정 적용에 적합하도록 유사하게 변형 가능하다. 이는 명료하게 표현된, 2-축 선형 이동 시스템, 1-축 선형 및 1-축 회전 시스템, 결합식 1-3 선형 및 1-3 회전 스테이지 완전 관절 이동식(다중 자유도)로봇 시스템 및 다중 접근 "크롤러" 기구와 같은 임의의 다양한 이동가능한 이동 시스템을 포함할 수 있다. 전술한 바와 같이, 이러한 이동 시스템은 공작물(15)(이동 시스템:16) 또는 전달 시스템(13)(이동 시스템:16')과 결합한다.
- <87> 대형 구조물의 표면의 변형이 가능한 도포 시스템은 원거리 영역에 접근하고 원거리 및 고르지 못한 표면을 가로지르기 위해, 여러 가지 형태를 갖는다. 대형 영역에서, 접근에 제한이 없으며, 이동 기저부 상에 장착된 관절 이음식 로봇 아암은 쉽게 바닥, 벽, 및 천장 표면에 도달할 수 있다. 이러한 시스템은 표면 지형을 따르도록 설계되어 있으며 임의의 불균일은 구조물위로 일관된 처리 조건을 제공하기 위해 (바람직하게 이동 제어 시스템에 포함된 높이 센서와 연결되어) 나타난다. 아암의 단부에 있는 처리 헤드는 필요에 따라 처리 제어를 위한 다른 진단 기구를 포함한다.
- <88> 소영역 및 제한된 접근 영역에서는 보다 작은 로봇 아암이 구조물 내에 배치되거나, 소형의 전달 헤드가 (마우스와 같이) 표면을 횡단하는데 배치될 수 있다. 이러한 장치의 추적 시스템은 공지되어 있으며, 현재 파이프 용접에 사용되며(벽 및 천장 표면을 처리하기 위해 자석 또는 추적 시스템을 사용한다). 필요한 임의의 추적 시스템은 발판 구조물 또는 자석을 사용하여 물리적으로 장착된다. 소형 진단 기구는 대형의 로봇 아암에서와 같이, 전달 헤드내에 포함된다.
- <89> 작동 상태에 대한 LISI 공정의 상대 불감도는 적절한 적용분야(주위 공기 덕트 밸브, 흐름 교정기, 배수로, 및 접근 포트 등의)에 손바닥 크기의 수동 작업이 수행가능하다. 이는 접근하기 힘든 경우와 고르지 못한 구조물 및 표면에서 사용될 수 있다. 용접의 경우에서와 같이, 작동자는 감각 피드백(sensory feedback) 및 숙련된 공정 추적(skilled process tracking)을 이용하여 표면을 가공할 것이다.
- <90> 실행과 관계없이, 처리 속도와 관련된 중요 관점은 비임의 형상과 표면을 가공하기 위해 어떻게 비임이 사용되는 것인가에 있다. 전술되어진 실시예는 테두리에서 제로 강도로 평활하게 부식되는 고정된 원형의 비임을 사용한다. 그러나, 다른 시스템은 직사각 또는 라인 형상의 비임 형상을 갖거나 높은 강도를 갖는 비임을 사용한다. 이러한 형상은 보다 미세하게 공정을 제어하고 처리 속도를 보다 신속하게 한다.
- <91> 이러한 비임 형상은 일부 미용 목적으로 레이저 기술에 사용되는 것과 같이, 주사하는 반사경 장치와 관련하여 사용될 수 있다. 이러한 시스템은 비임이 처리된 영역을 가로지르는 것과 같이 소정의 형상의 영역을 보다 신속하게 주사하기 위해 회전 또는 진동 미러를 사용한다. 이는 비임 영역을 성형하는 효과를 주며, 비임을 효과적으로 더 크게 한다. 주사 주파수의 적당한 제어는 정확한 상호작용 시간을 제공한다.
- <92> 제어기(17)는 레이저(11)를 제어하기 위한 임의의 다양한 시스템 및 보조 시스템과, 필요에 따라 전달 시스템(13) 및 이동 시스템(16,16')을 포함한다. 예를 들어, 전술되어진 이동 시스템(16)(CNC:AEROTEC UNIDEX-16)은 적절한 레이저 발사 카드와 연결된 6-축 이동 제어 시스템을 사용한다. (레이저 발사 제어 카드 또는 레이저 제어 시스템에 작동되는)PC 기저 다중 축 제어 시스템이 이러한 이동 제어 시스템과 결합된다. 선택적으로, 독립 처리기(다중 축 제어 시스템)가 사용될 수 있으며, 이것은 외부 레이저 제어 시스템에 지배적으로 작동되거나 또는 외부 레이저 제어 시스템에 종속적으로 작동된다.
- <93> 전술한 장치의 제어 및 수행되는 공정은 본 발명의 LISI의 중요한 부분이다. 이미 나타난 것과 같이, 상기 장치의 적절한 제어 및 대응 공정은 레이저(11) 및 이동 시스템(16,16')을 제어하기 위한 주 장치로서 작동하는 PC 기저 피드백 제어 시스템으로 이루어진다. 프로그램 로직제어(PLC) 피드백 제어 시스템의 사용이 독립된 단일의 카드 피드백 제어 시스템과 함께 바람직하다.
- <94> 제어기(17)의 총괄적인 작동은 상기 시스템은 기관 표면을 충분한 깊이까지 적당하게 용융시키는 기능을 가지고 있으며, 그 결과 표면에 보정된 합금이 제조되도록 하는 것이다. 제어기(17)는 레이저(11)의 전력 전달 시스템(13)의 초점 섹션(25)을 사용한 레이저 비임의 초점, 및 이동 시스템(16,16')의 이동 속도를 조절함으로써 이루어진다. (사용되어진 경우에도)도포 유닛(18) 및 관련 가스(즉, 시일링 가스) 흐름 속도와 같은, 상기 공정과 관련된 다른 변수들은 필요에 따라 제어기로부터 수신된 신호에 반응함으로써 제어될 수 있다.
- <95> 더욱이, 도 2를 참조하여, 다양한 변환기(19)는 추가로 제어기(17)와 연결되고 장치 및 대응 공정을 보다 잘 제어하기 위해 레이저 전달 시스템(13) 및 공작물(15)의 부근에 놓여질 수 있다. 이러한 결과를 달성하기 위한 변환기(19)는 다음 사항을 포함한다.
- <96> 온도 측정은 레이저 비임으로부터 공작물에 에너지 전달의 총괄적인 효율을 결정하는데 유용하다. 이러한 온도 측정은 레이저의 작업 변수, 주로 레이저 비임의 전력(샘플 속도), 또는 이동 시스템의 전달 속도를 변경하기 위한 목적으로 피드백을 제공하기 위해 이용될 수 있다. 이러한 온도 측정을 달성하기 위한 변환기의 실시예는 공작물 표면(레이저와 표면의 상호작용 영역 부근)의 열측정 온도뿐만 아니라, 공작물의 접촉 온도 측정, 공작물 부근 주변(레이저와 표면의 상호작용 영역을 둘러싼 부분)의 온도 측정을 포함한다.

- <97> 레이저와 표면의 상호작용 영역의 영상은 공작물의 표면과 관련된 레이저 비임의 적절한 위치선정을 위해 유용하다. (공지된 기술을 이용하여) 높은 셔터 속도에서 얻어진 영상은 레이저와 표면의 상호작용 영역의 위치를 명확하게 나타내는데 유용하며, 이러한 데이터는 레이저 비임 이동의 피드백 제어를 제공하기 위해 사용될 수 있다.
- <98> 레이저와 표면의 상호작용 영역에 기존에 형성된 플라즈마로부터 방사되는 방출 스펙트럼은 기체 온도 및 종의 농도(species concentration)에 관련된 데이터를 제공하는데 유용하며, 이들은 총괄 공정의 품질과 관련되어 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 낮은 온도의 탐지는 합금 금속의 깊이가 바람직하지 못하게 지나침을 나타내고 있다. 온도 측정과 관련된 방출된 스펙트럼은 레이저 비임의 작업 변수(샘플 속도) 또는 이동 시스템의 전달 속도를 조절하기 위해 측정되고 사용될 수 있다.
- <99> 음향 신호(acoustic signal)는 공작물의 표면에서 발생되며, 지형 및 총괄 공정의 물리적인 동역학과 관련되어 있다. 표면의 (용융 액체의) 특성이 조성물의 변화에 따라 깊이에 따라 변화함에 따라, 최종적인 용해 및 발생되어진 음향 신호는 변화된다. 이러한 변화는 레이저 비임의 작업 변수(샘플 속도) 및 작동 시스템의 전달 속도를 조절함으로써 처리된 표면의 깊이를 제어하기 위한 피드백을 제공한다.
- <100> 최종적인 공정의 총괄적인 개선을 나타내기 위해 다른 변수가 측정될 수 있다. 예를 들어, 레이저 전력은 레이저 전력에서 변동을 측정하기 위해 적외선 탐지기를 사용하여 측정될 수 있으며, 이렇게 측정된 전력을 예상된 성과와 관련된 정보로 제공할 수 있다. 낮은 전력 수치인 경우에 제조된 표면 깊이가 너무 얕으므로, 레이저 전력의 제한값을 설정하여 총괄 공정의 동역학적 측정에 대한 허용가능한 기준치로 이용할 수 있다. 레이저/표면 상호작용 영역 부근에서 수행된 습도 측정은 허용가능한 작업 조건 환경을 측정하기 위해 사용될 수 있다.
- <101> 실시예 1
- <102> 보통 탄소 1010 강 기판은 탄소 강 기판내에 대략 600 마이크로미터 두께의 합금 표면 층을 제조하기 위해 유기성 접합재내에 크롬 분말을 부유하여 YAG 레이저로 처리함으로써 합금된다. 레이저 장치를 적용시의 트랙 특성에 의해, 표면층의 두께는 450 내지 600 마이크로미터 범위에서 변화된다. 레이저로 합금된 금속 표면이 평활하지 못함을 시각 및 촉각으로 결정된다. 레이저 트랙 사이의 파동은 볼 수 있으며 손으로 느낄 수 있다.
- <103> 레이저로 합금된 크롬 강 표면은 표면으로부터 대략 250 마이크로미터를 제거하기 위해 회전식 밀링 헤드로 기계가공된다. 회전식 밀링에서, 5 내지 10 마이크로미터 깊이의 기계 표시는 표면에 나타난다. 이러한 마크는 눈으로 표시되며 형상계(profilometer)에 의해 결정될 수 있다.
- <104> 밀링된 기판은 표면 그라인더 상에 놓여 있으며 전방면으로부터 대략 50 마이크로미터 평삭되며, 최소의 광택을 갖는 평활한 표면이 된다.
- <105> 상기 평활한 표면은 천 버핑 휠(cloth buffing wheel)에 의해 닦혀져 표면이 폴리싱되어 반사경 형상의 품질로 광택 및 표면 마무리로 보강된다. 최종 표면은 150 내지 300 마이크로미터의 두께를 갖는다.
- <106> 평활한 금속 기판이 놓여지는 궁극적인 사용 목적에 따라, 당업자들은 금속 표면을 반사경 형상의 품질로 평활하게 할 수 있거나 반사경 형상의 품질이 달성되기 전의 임의의 순간에서 평활 작업을 종결할 수 있다.
- <107> 실시예 2
- <108> 알루미늄 기판은 대략 500 마이크로미터의 두께를 갖는 알루미늄/크롬 합금 표면을 제조하기 위해 유기성 접합재 내에 크롬 분말을 부유하여 펄스 YAG 레이저를 처리함으로써 합금된다. 알루미늄/크롬 합금 층은 대략 100 내지 150 마이크로미터의 두께를 갖는 반사경 형상의 다양한 정도의 평활도를 갖는 표면을 얻기 위해 실시예 1의 강 크롬 합금에서와 같은 방식으로 후 처리된다.
- <109> 실시예 3
- <110> 니켈 기판은 대략 500 마이크로미터의 두께를 갖는 니켈/크롬 합금 표면층을 제조하기 위해 유기성 접합재 내에 크롬 분말을 부유하여 CO<sub>2</sub> 레이저로 처리함으로써 합금된다. 니켈/크롬 합금 층은 150 내지 250 마이크로미터의 두께를 갖는 반사경 형상의 표면을 얻기 위해 실시예 1의 강 크롬 합금과, 실시예 2의 알루미늄 크롬 합금과 같은 방식으로 후처리된다.
- <111> 실시예 4
- <112> 레이저 합금처리되지 않은 스테인리스강 기판 샘플은 실시예 1의 레이저 합금 강 샘플의 방식과 동일하다. 광학 형상계에 의한 레이저 합금 강 샘플은 비-레이저 합금 강 샘플보다 더 평활하다.
- <113> 레이저 합금처리되지 않은 알루미늄-크롬 합금 샘플은 실시예 2의 레이저 합금된 알루미늄 샘플과 동일한 방식으로 기계가공된다. 광학 형상계에 의한 레이저 합금 강 샘플은 비-레이저 합금 강 샘플보다 더 평활하다.
- <114> 레이저 합금 처리되지 않은 니켈-크롬 합금 샘플은 실시예 3의 레이저 합금 니켈 샘플과 동일한 방식으로 기계가공된다. 광학 형상계에 의한 레이저 합금 강 샘플은 비-레이저 합금 강 샘플보다 더 평활하다.
- <115> 본 기술 분야의 숙련된 당업자들은 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역을 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있다.

### (57) 청구의 범위

**청구항 1**

레이저 비임에 대해 이동가능한 금속 공작물의 레이저 합금 깊이 및 화학적 특성을 제어하기 위한 장치에 있어서,

(a) 비임 제어 신호에 응답하여 소정의 초점 및 전력 밀도에서 레이저 비임 펄스의 전달이 가능한 레이저 비임 전달 시스템과,

(b) 상기 비임 전달 시스템으로부터 방출된 레이저 비임과 상기 비임에 의해 투사되는 공작물 사이에서 이동 제어 신호에 반응하여, 소정의 속도에서 소정의 거리 증가에 따라 발생하는 상대 이동을 초래하는 이동 시스템과,

(c) 소정의 속도로 이동 공작물의 표면에 전조재를 도포할 수 있는 전조재 도포 시스템과,

(d) 상기 비임 전달 시스템에 의해 전달되는 레이저 비임에 대한 이동 시스템에 의해 이동되는 공작물의 레이저 합금 깊이 및 화학적 특성을 제어하기 위해, 측정된 하나 이상의 공정 변수를 나타내는 입력 신호의 수용, 상기 신호의 처리, 상기 비임 전달 시스템에 비임 제어 신호의 전달, 및 상기 이동 시스템에 이동 제어 시스템의 전달이 가능한 피드백 제어 시스템과, 그리고

(e) 상기 비임 전달 시스템에 의해 전달되는 레이저 비임에 의해 투사되는 공작물의 표면 온도를 측정하기 위해 위치한, 상기 제어 시스템의 표면 온도를 나타내는 입력 신호를 전달하기 위해 상기 제어 시스템에 연결되는 적어도 하나의 온도 변환기를 포함하는 장치.

**청구항 2**

제 1항에 있어서, 상기 온도 변환기는 고온의 온도 측정이 가능한 장치.

**청구항 3**

제 1항에 있어서, 상기 레이저 비임 전달 시스템에 의해 투사되는 공작물의 표면으로부터 방사되는 방출 스펙트럼을 측정하기 위해 위치한 방출 스펙트럼 측정 장치를 더 포함하고 있으며, 상기 측정 장치는 상기 제어 시스템에 입력 신호로서 방출 스펙트럼 데이터를 나타내는 신호의 전달이 가능한 장치.

**청구항 4**

제 1항에 있어서, 상기 전조재 도포 시스템은 도포 제어 시스템에 반응하여 소정의 속도에서 전조재의 도포가 가능하며, 상기 제어 시스템은 상기 도포 시스템에 도포 제어 신호의 전달이 가능한 장치.

**청구항 5**

제 4항에 있어서, 상기 비임 전달 시스템으로부터 레이저 비임에 의해 투사되는 공작물의 영역에 가스를 전달하기 위해 위치한 가스 전달 시스템을 더 포함하고 있으며, 상기 시스템은 가스 전달 신호에 반응하여 제어된 유량으로 가스를 전달할 수 있으며, 상기 제어 시스템은 상기 가스 전달 시스템에 가스 제어 신호의 전달이 가능한 장치.

**청구항 6**

제 5항에 있어서, 상기 가스 전달 시스템에 의해 전달된 가스는 반응 가스인 장치.

**청구항 7**

제 6항에 있어서, 상기 가스 전달 시스템에 의해 전달된 가스는 환원 가스인 장치.

**청구항 8**

레이저 비임에 대해 이동가능한 금속 공작물의 레이저 합금 깊이 및 화학적 특성을 제어하기 위한 장치에 있어서,

(a) 비임 제어 신호에 응답하여 소정의 초점 및 전력 밀도에서 레이저 비임 펄스의 전달이 가능한 레이저 비임 전달 시스템과,

(b) 상기 비임 전달 시스템으로부터 방출된 레이저 비임과 상기 비임에 의해 투사된 공작물 사이에서 이동 제어 신호에 반응하여, 소정의 속도에서 소정의 거리 증가에 따라 발생하는 상대 이동을 초래하는 이동 시스템과,

(c) 소정의 속도 및 두께에서 이동 공작물의 표면에 전조재를 도포할 수 있는 전조재 도포 시스템과,

(d) 상기 비임 전달 시스템에 의해 전달된 레이저 비임에 대한 이동 시스템에 의해 이동된 공작물의 레이저 합금 깊이 및 화학적 특성을 제어하기 위해, 측정된 하나 이상의 공정 변수를 나타내는 입력 신호를 수용, 상기 신호를 처리, 비임 제어 신호를 상기 비임 전달 시스템에 전달, 및 상기 이동 시스템에 이동 제어 시스템의 전달이 가능한 피드백 제어 시스템과, 그리고

(e) 상기 레이저 비임 전달 시스템에 의해 투사되는 공작물의 표면으로부터 방사되는 방출 스펙트럼을 측정하기 위해 위치한 상기 제어 시스템에 방출 스펙트럼 데이터를 나타내는 신호의 전달이 가능한 방출 스펙트럼 측정 기구를 포함하는 장치.

**청구항 9**

제 8항에 있어서, 상기 전조재 도포 시스템은 도포 제어 신호에 반응하여 소정의 속도에서 전조

재를 도포할 수 있으며, 상기 제어 시스템은 상기 도포 시스템에 도포 제어 신호의 전달이 가능한 장치.

#### 청구항 10

제 9항에 있어서, 상기 전조재 도포 시스템은 추가로 상기 제어 시스템에서 나온 도포 제어 신호와 반응하여 소정의 두께에서 도포가 가능한 장치.

#### 청구항 11

제 8항에 있어서, 상기 레이저 전달 시스템으로부터 나온 레이저 비임에 의해 투사되어질 상기 공작물 영역의 영상을 제공하기 위해 위치한 영상 장치를 더 포함하고 있으며, 상기 제어 시스템에 상기 영상을 나타내는 제어 신호를 전달할 수 있는 장치.

#### 청구항 12

제 11항에 있어서, 상기 레이저 비임 전달 시스템은 상기 제어 시스템으로부터 나온 제어 신호에 반응하여 레이저 비임을 조준할 수 있는 장치.

#### 청구항 13

금속 기판의 표면에 합금을 형성하기 위한 방법에 있어서,

(a) 금속 공작물의 표면에 합금 전조재를 포함하는 접합재를 도포하는 단계와,

(b) 이동 시스템을 이용하여 레이저 비임에 대해 상기 공작물 및 전조재를 이동시키는 동안 상기 공작물 및 전조재의 표면을 용융시키기에 충분한 전력과 충분한 시간동안 레이저 유도된 표면을 개선하기 위한 시스템으로부터 방출된 레이저 비임으로 상기 공작물의 표면 및 합금 전조재를 투사하는 단계와,

(c) 투사 중에 상기 공작물 표면의 온도를 측정하는 단계와, 그리고

(d) 상기 공작물 내의 합금의 깊이와 화학적 특성을 제어하기 위해 측정된 온도에 반응하여 접합재 도포 속도를 제어하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 14

제 13항에 있어서, 상기 레이저 유도된 표면을 개선하기 위한 시스템은 Nd:YAG 레이저를 포함하는 방법.

#### 청구항 15

제 13항에 있어서, 상기 레이저 유도된 표면을 개선하기 위한 시스템은 CO<sub>2</sub> 레이저를 포함하는 방법.

#### 청구항 16

제 15항에 있어서, 상기 CO<sub>2</sub> 레이저는 5 내지 6.6 메가와트/cm<sup>3</sup> 범위의 출력 밀도와 1.5 내지 2.0 킬로와트 범위의 출력을 갖는 방법.

#### 청구항 17

제 15항에 있어서, 상기 CO<sub>2</sub> 레이저는 0.2 내지 3.7킬로와트 범위내의 출력에서 작동하며, 상기 투사 단계는 5 KHZ의 주파수에서 상기 레이저를 펄스화함으로써 수행되는 방법.

#### 청구항 18

제 13항에 있어서, 투사되어질 상기 공작물의 영역에 가스를 도포하는 단계를 더 포함하는 방법.

#### 청구항 19

제 18항에 있어서, 상기 가스는 환원 가스인 방법.

#### 청구항 20

금속 공작물의 표면 영역내에 합금 형성을 소정의 깊이로 제어하기 위한 방법에 있어서,

(a) 상기 금속 공작물의 표면에 전조 합금재로 이루어지는 접합재를 도포하는 단계와,

(b) 이동 시스템을 이용하여 레이저 비임에 대해 공작물 및 전조재를 이동시키는 동안 상기 공작물 및 전조 합금재에 레이저 전달 시스템으로부터 나온 레이저 비임을 투사하는 단계와,

(c) 레이저와 표면의 계면으로부터 나온 방출 스펙트럼 데이터를 측정하는 단계와,

(d) 상기 방출 스펙트럼 데이터를 피드백 제어 시스템에 전달하는 단계와, 그리고

(e) 공작물 내의 합금 깊이 및 화학적 특성을 제어하기 위해 방출 스펙트럼 데이터에 응답하여 상기 접합재 도포 속도를 제어하도록 상기 피드백 제어 시스템을 이용하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 21

제 20항에 있어서, 상기 제어는 상기 이동 시스템 및 상기 레이저 전달 시스템으로부터 입력량을 수용하기 위해 결합된 제어를 포함하는 피드백 제어 시스템을 이용하는 방법.

**청구항 22**

제 21항에 있어서, 상기 제어기는 공작물의 온도를 나타내는 측정 데이터를 수용하는 방법.

**청구항 23**

제 21항에 있어서, 상기 제어기는 상기 합금 공정의 동역학을 나타내는 음향 신호를 수용하는 방법.

**청구항 24**

제 21항에 있어서, 상기 레이저와 표면의 계면 부근에서 습도 측정을 수행하며 상기 제어기에 습도 데이터를 전달하는 방법.

**요약**

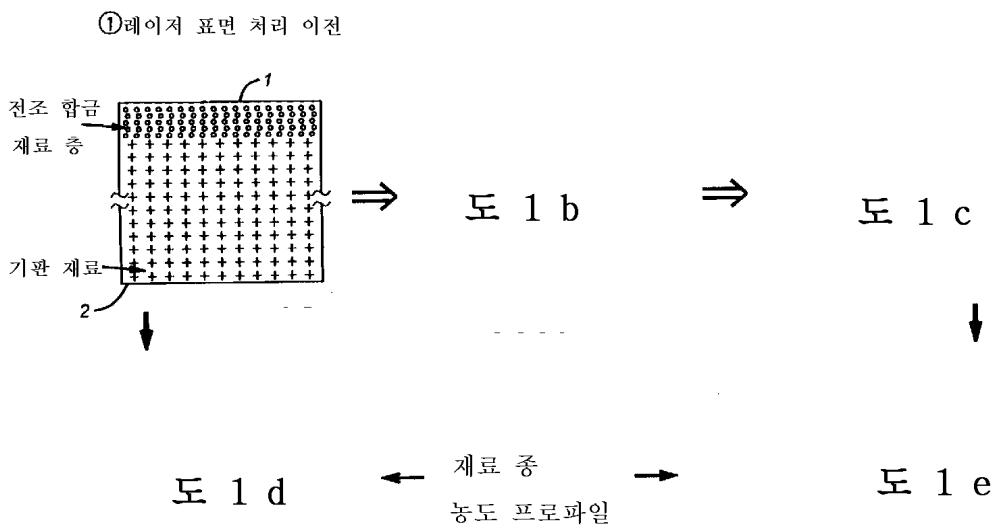
부식되기 쉬운 금속 표면을 처리하기 위한 방법은 전조 합금 재료 및 금속성 기판의 레이저 처리에 의해 금속의 표면 및 표면하에 보호성 합금을 형성한다. 또한 금속 표면의 처리 장치 및 처리된 표면에 대해 기술되어 있다. 후처리에 의해 레이저 합금 부분을 매끈하게 하는 방법이 기술되어 있다. 매끈한 레이저 합금 부재가 또한 기술되어 있다.

**대표도**

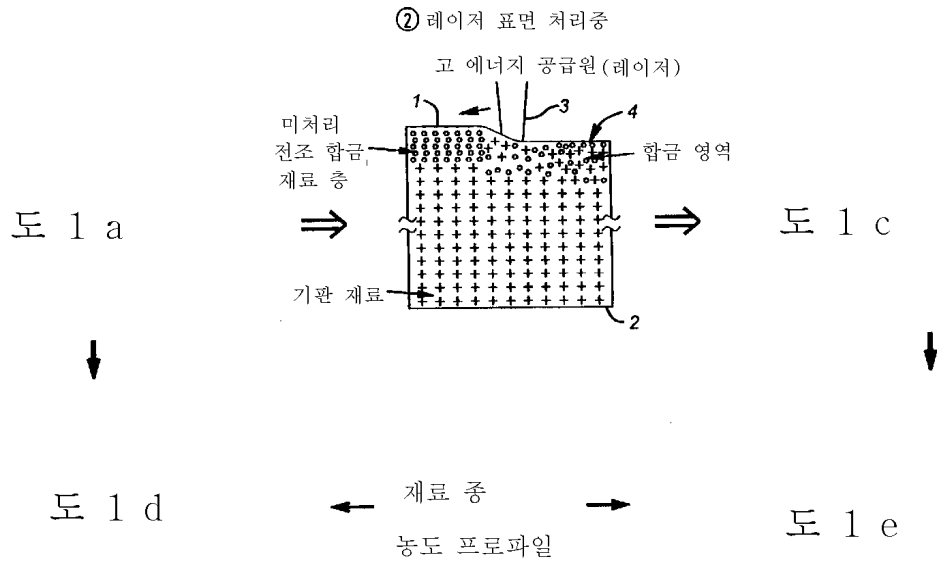
**도 1b**

**도면**

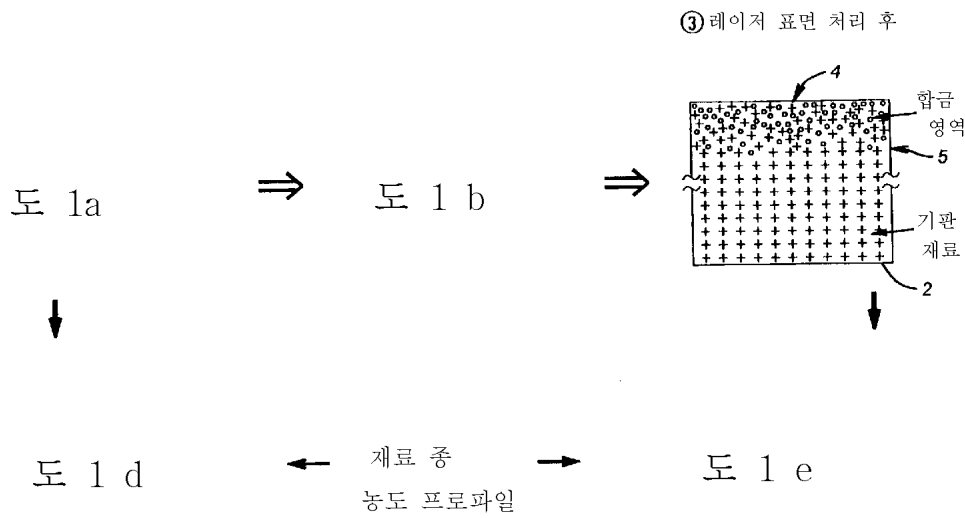
**도면 1a**



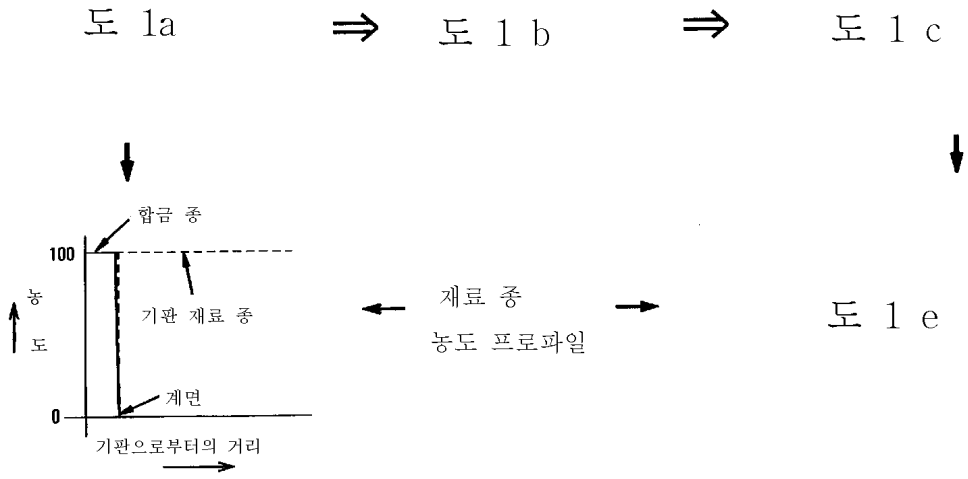
도면 1b



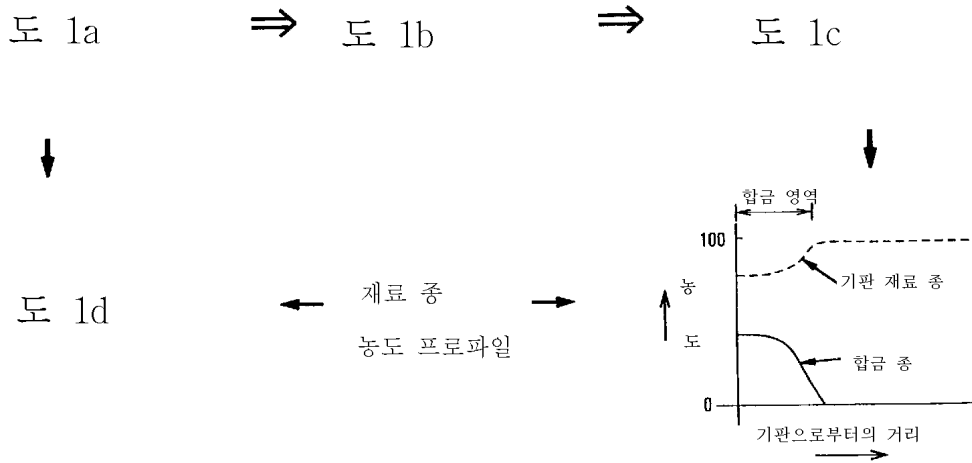
도면 1c



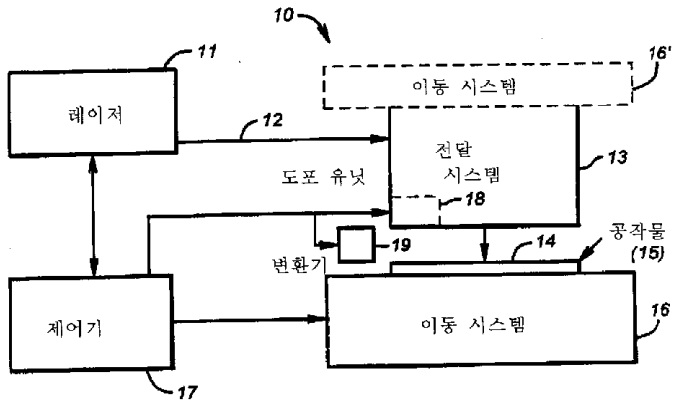
도면 1d



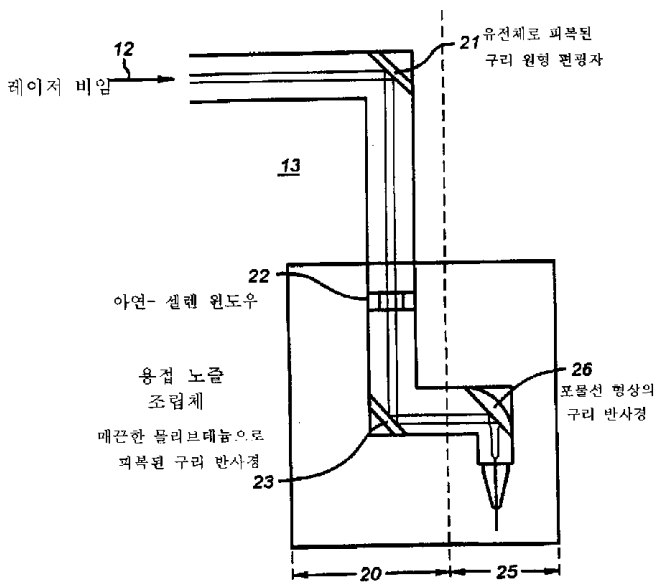
도면 1e



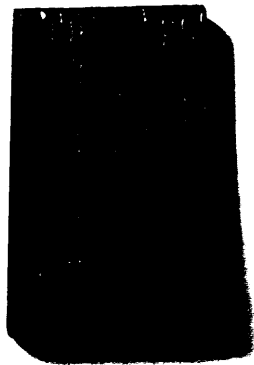
도면2



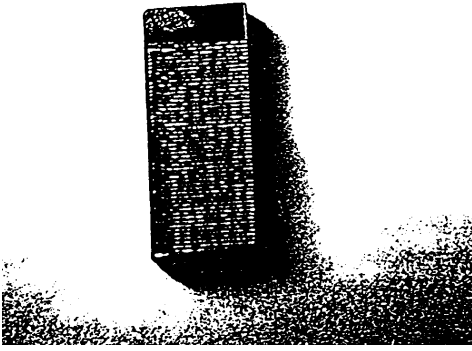
도면3



도면4



도면5



도면6

