



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0030989
(43) 공개일자 2010년03월19일

(51) Int. Cl.

F16C 33/10 (2006.01) *G01M 13/04* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0089996

(22) 출원일자 2008년09월11일

심사청구일자 2008년09월11일

(71) 출원인

계명대학교 산학협력단

대구 달서구 신당동 1000번지

(72) 발명자

최해운

대구광역시 달서구 신당동 계명대학교

(74) 대리인

김일환

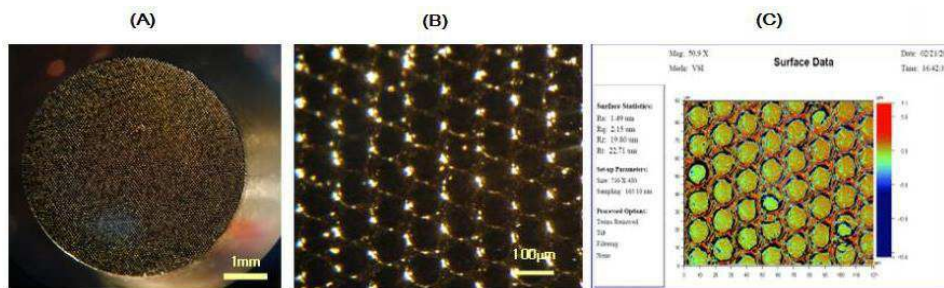
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 펄토초레이저를 이용한 미세 패턴이 형성된 직선 또는 회전베어링 및 이것의 특성을 측정하는 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 펄토초레이저를 이용한 미세 패턴이 형성된 직선 또는 회전베어링은, 마찰면 표면에 펄토초레이저를 이용하여 가공된 10 μ m 이하의 홈이 반복되는 미세 패턴을 형성함으로써 윤활제의 표면 유착을 좋게 하여 내구성 향상에 기여할 수 있고, 본 발명의 직선 또는 회전 베어링의 특성을 측정하는 방법은, 베어링의 윤활과 미세한 표면처리가 어떤 영향을 미치는지를 조사할 수 있게 됨에 따라 최적의 미세 패턴을 찾을 수 있으며, 베어링의 윤활성의 개선 및 내구력 향상에 대한 중요한 정보를 제공할 수 있게 된다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

직선 또는 회전 베어링에 있어서,

상기 직선 또는 회전 베어링의 마찰면 표면에 레이저를 이용하여 홈 또는 라인이 연속적으로 반복되는 미세 패턴이 형성된 것을 특징으로 하는 직선 또는 회전 베어링.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 레이저는 Nd:YAG 레이저 및 펄스 레이저를 사용하여 상기 미세 패턴을 형성한 것을 특징으로 하는 직선 또는 회전 베어링.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 미세 패턴은 그 크기가 $10\mu\text{m}$ 이하인 것을 특징으로 하는 직선 또는 회전 베어링.

청구항 4

직선 또는 회전 베어링 또는 상기 직선 또는 회전 베어링과 동일한 소재로 이루어진 시편을 준비하는 시편 준비 단계와;

상기 시편준비 단계에서 준비된 직선 또는 회전 베어링 또는 시편의 표면에 레이저 시스템에서 발생된 펄스 레이저를 이용하여 홈 또는 라인이 반복되는 미세 패턴을 형성하는 미세패턴 형성단계와;

정지 및 구름 마찰 시험기를 이용하여, 상기 단계에서 미세 패턴이 가공된 직선 또는 회전 베어링 또는 시편의 마찰계수의 정도와 윤활성 실험을 실시하여 마찰면 부분의 표면 특성 변화를 정량적으로 평가하는 정적 시험단계와;

상기 마찰윤활 실험단계 후에, 미세 패턴이 가공된 직선 또는 회전 베어링 또는 시편에 윤활제를 일정량 도포하고, 반복 하중을 작용시켜서 플레이킹이 발생하기까지의 베어링 또는 시편의 수명시간 또는 횟수를 비교하는 동적 시험단계를 포함한 것을 특징으로 하는 직선 또는 회전 베어링의 특성 측정 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 미세패턴 형성단계와 정적 시험단계 사이에는, 상기 단계에서 미세 패턴이 가공된 직선 또는 회전 베어링 또는 시편 표면의 거칠기 및 조도를 측정하는 표면특성 조사단계를 더 포함한 것을 특징으로 하는 직선 또는 회전 베어링의 특성 측정 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 미세 패턴은 그 크기가 $10\mu\text{m}$ 이하인 것을 특징으로 하는 이용한 직선 또는 회전 베어링의 특성 측정 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 마찰면 표면에 펄스레이저를 이용하여 가공된 미세 패턴을 갖는 직선 또는 회전 베어링 및 이것의 특성을 측정하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

- [0002] 고효율 동력전달을 위한 공학적 접근의 한 단계는 상호운동이 있는 부품들의 마찰력을 최소화 하여, 마찰로 인한 에너지손실을 줄이는 것이라고 할 수가 있다. 마찰 손실을 줄이는 대표적인 방법으로 베어링이 사용되고 있으며, 구름 마찰력을 최소화하기 위한 노력으로 각종 윤활재료가 사용되기도 한다. 이때에 윤활재료의 표면유착은 재료의 성질이나 표면의 가공 상태에 영향을 받게 되는데, 후자의 경우는 마이크로 엔지니어링 기술을 사용하여 기계강도의 저하 없이 표면의 성질을 바꿀 수 있는 기회가 만들어지게 되었다.
- [0003] 표면형상개선의 대표적인 방법인 레이저를 통한 "엔지니어링 표면처리"는 시스템의 성능향상 등에 중요한 요인을 미치는 것으로 알려져 왔다. 엑시머레이저를 통한 실린더블록 또는 실린더 라이너 내면의 표면처리를 통해서 재료 물성치와 표면의 조도를 개선함으로써, 실린더 라이너 내면과 피스톤 (링) 사이의 마찰력을 줄이는 연구를 통해서 윤활의 효과가 높은 것으로 보고되기도 한다.
- [0004] 하지만, 이와 같은 종래의 표면형상개선을 통한 처리 방법은 실린더 블록 또는 라이너 내면 표면처리를 통한 표면의 조도를 개선하여 마찰력을 최소화하기 위한 것으로서, 윤활제의 표면유착을 향상시키고, 마모특성을 개선하는 데는 한계가 있는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0005] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 직선 또는 회전베어링 표면에 10um 이하의 홈 또는 라인이 반복되는 미세 패턴을 펄소초레이저를 이용하여 형성함으로써 윤활제의 표면 유착을 좋게 하고, 이에 따라 마모 특성을 개선할 수 있는 펄소초레이저를 이용한 미세 패턴이 형성된 직선 또는 회전 베어링을 제공하는 데 목적이 있다.
- [0006] 또한, 본 발명은, 직선 또는 회전 베어링 표면에 미세패턴을 생성하여서 윤활특성을 평가하고, 이에 따른 수명 예측과 기계적강도의 특성변화 등을 연구하여 베어링의 성능 향상에 기여할 수 있는 펄소초레이저를 이용한 미세 패턴이 형성된 직선 또는 회전 베어링의 특성을 측정하는 방법을 제공하는 데 목적이 있다.

과제 해결수단

- [0007] 상기한 과제를 실현하기 위한 본 발명에 따른 펄소초레이저를 이용한 미세 패턴이 형성된 직선 또는 회전 베어링은, 직선 또는 회전 베어링의 마찰면 표면에 펄소초레이저를 이용하여 가공된 10 μ m 이하의 홈 또는 라인이 반복되는 미세 패턴이 형성된 것을 특징으로 한다.
- [0008] 또한 상기한 과제를 실현하기 위한 본 발명에 따른 펄소초레이저를 이용한 미세 패턴이 형성된 직선 또는 회전 베어링의 특성을 측정하는 방법은, 표면 거칠기가 0.5 μ m 이내인 직선 또는 회전 베어링 또는 이 직선 또는 회전 베어링과 동일한 소재로 이루어진 시편을 준비하는 시편 준비단계와; 상기 시편준비 단계에서 준비된 직선 또는 회전 베어링 또는 시편의 표면에 레이저 시스템에서 발생된 펄소초레이저를 이용하여 10 μ m 이하의 홈이 반복되는 미세 패턴을 형성하는 미세패턴 형성단계와; 정지 및 구름 마찰 시험기를 이용하여, 상기 단계에서 미세 패턴이 가공된 직선 또는 회전 베어링 또는 시편의 마찰계수의 정도와 윤활성 실험을 실시하여 마찰면 부분의 표면 특성 변화를 정량적으로 평가하는 정적 시험단계와; 상기 마찰윤활 실험단계 후에, 미세 패턴이 가공된 직선 또는 회전 베어링 또는 시편에 윤활제를 일정량 도포하고, 반복 하중을 작용시켜서 플레이킹이 발생하기까지의 베어링 또는 시편의 수명시간 또는 횟수를 비교하는 동적 시험단계를 포함한 것을 특징으로 한다.
- [0009] 여기서 상기 미세패턴 형성단계와 정적 시험단계 사이에는, 상기 단계에서 미세 패턴이 가공된 직선 또는 회전 베어링 또는 시편 표면의 거칠기 및 조도를 측정하는 표면특성 조사단계를 더 포함하여 구성되는 것이 바람직하다.

효 과

- [0010] 본 발명에 따른 펄소초레이저를 이용한 미세 패턴이 형성된 직선 또는 회전 베어링은, 마찰면 표면에 10um 이하의 홈 또는 라인이 반복되는 미세 패턴이 펄소초레이저를 이용하여 형성되기 때문에 베어링 작동시에 윤활제의 표면 유착을 좋게 하여 마찰력 감소의 효과가 오랫동안 지속되고, 이로 인하여 마모 특성이 개선되어 내구성 향상에 기여할 수 있는 효과를 갖는다.

[0011] 또한, 본 발명에 따른 펄토초레이저를 이용한 미세 패턴이 형성된 직선 또는 회전 베어링의 특성을 측정하는 방법은, 마찰이 중요시 되는 많은 공학응용분야에 유익한 정보를 제공 할 수 있고, 직선 또는 회전 베어링의 윤활과, 베어링에서 볼과 내륜 및 외륜이 접하는 부분(회전베어링)에서의 미세한 표면처리가 어떤 영향을 미치는지를 조사할 수 있게 됨에 따라 최적의 미세 패턴을 제안할 수 있으며, 또한 윤활성의 개선 및 내구력 향상에 대한 중요한 정보를 제공할 수 있게 된다. 그리고 마찰력의 최소화와 유막수명의 향상으로 안정된 직선 또는 회전 베어링의 품질을 보증할 수 있게 되어 제품에 대한 신뢰도 향상과 내구성 향상에 도움을 줄 수 있는 효과를 갖는다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0012] 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명하면 다음과 같다.
- [0013] 본 발명에 따른 직선 또는 회전 베어링은, 도 1 일반적인 실린더와 피스톤에 도시된 바와 같은 피스톤(15)(또는 피스톤 링)이 왕복운동하면서 접촉하는 실린더 라이너(10)와 같이 면접촉(면마찰)이 이루어지는 모든 슬라이딩 부분을 포함하는 것으로서, 통상 리니어 모션 가이드(Linear Guide Motion) 기구 등의 직선 베어링, 또는 축을 지지하는 부싱(Bushing) 구조의 베어링 등도 포함할 수 있다.
- [0014] 이러한 직선 또는 회전 베어링의 마찰 접동부(이하 '마찰면'이라 함) 표면에는 도 2의 (B)에서와 같이, 펄토초레이저를 이용하여 가공된 수백 μm 단위 이하의 크기를 갖는 홈(또는 라인 홈)으로 이루어진 미세 패턴이 형성된다.
- [0015] 도 2에서 (A)는 펄토초레이저를 이용한 미세 패턴이 형성된 직선 또는 회전 베어링의 마찰면을 부분적으로 나타낸 사진이고, (B)는 (A) 사진에서의 미세 패턴을 보여주는 확대도이며, (C)는 (B)에서와 같이 미세 패턴이 형성된 부분의 표면 조도를 측정한 결과를 보여준다.
- [0016] 직선 또는 회전 베어링의 마찰면에 형성된 미세 패턴은, 도 3에 도시된 바와 같은, 펄토초레이저를 발진시키는 레이저 시스템(20)을 이용하여, 수백 μm 단위 이하 또는 nm 단위의 홈(또는 라인)을 갖는 미세 패턴을 형성하게 되는데, 바람직하게는 미세 패턴은 각 홈 크기가 $10\mu\text{m}$ 이하로 형성되어 연속하여 반복되게 형성되는 것이 좋다.
- [0017] 레이저 시스템(20)은, 도 3을 참고하면, 펄토초레이저 발생장치(21)로부터 펄토초 레이저가 연속적으로 발진될 수 있도록 구성되고, 또한 외부에 레이저빔의 편광방향, 레이저에너지, 빔의 on/off 등을 조절할 수 있는 광학 시스템(23)도 구비되는 것이 바람직하다. 또한 미세 패턴을 형성할 직선 또는 회전 베어링이 장착되는 스테이지(25)는, 베어링을 X,Y축 방향으로 이송시킬 수 있도록 구성된다. 이외에도 초점렌즈를 상하로 이송시키는 장비(26)가 구비되고, 레이저가공 위치를 검색함과 아울러 가공 상태를 모니터링 할 수 있는 비전 시스템(27) 등이 구비되는 것이 바람직하다.
- [0018] 여기서 펄토초레이저는 나노급 레이저보다 향상된 레이저로서, 대략 수 펄토초 이상의 펄스폭을 갖으며, 증폭을 할 경우 테라와트($=10^{12}$ W)에 해당하는 순간 출력을 낼 수 있는 레이저로, 최근 초미세 가공기술에 응용되고 있다.
- [0019] 이와 같은 펄토초레이저 시스템을 이용하여 직선 또는 회전 베어링에 형성된 미세 패턴은 도 2의 (B)에서와 같이 일정간격마다 반복되는 홈 구조가 매트릭스 구조(격자형 구조)를 갖도록 형성되는 것이 바람직하나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니고, 연속적으로 반복되는 선형 홈(라인) 구조를 갖도록 형성될 수 있는 등 실시 조건에 따라 다양한 구조를 갖는 미세 패턴을 구성할 수 있을 것이다.
- [0020] 상기와 같이 직선 또는 회전 베어링에 미세 패턴이 형성되면, 수백 μm 이하(바람직하게는 $10\mu\text{m}$ 이하)로 반복되는 홈에 의해 윤활제의 표면 유착(흡착력)을 높일 수 있고, 이로 인하여 베어링 표면에 미세유막을 지속적으로 형성할 수 있게 되어, 마찰력 감소의 효과가 오랫동안 지속되므로 마모 특성을 개선하여 베어링의 내구성을 높일 수 있게 된다.
- [0021] 상기와 같은 미세 패턴이 형성된 직선 또는 회전 베어링에 대한 본 발명자의 실시 예를 소개한다.
- [0022] 알루미늄 냉간 성형(사출)시에 발생하는 성형다이나 알루미늄 소재간의 마찰력에 대하여 많은 연구가 진행이 되었다. 연구결과에 따르면 윤활 방법을 크게 둘로 나누었다. 우선, 비교적 연한 알루미늄일 경우에는 윤활을 오일, 그리스 또는 아연 스테아린산염 등을 사용하는 것이 유리하지만, 경한 알루미늄(5000 및 7000계열)의 성형 시에는 컨버전 코팅을 통한 윤활유의 표면 흡착으로 표면 미끄러짐과 압력과 팽창을 견딜 수 있도록 제한하였다.

- [0023] 본 발명자는 Q-switched 나노펄스 레이저(pulsed Nd:YAG laser) 및 Fiber laser 등을 사용하여 텅스텐, 세라믹, 고속도강 등에 미세패턴을 가공하는 연구를 수행하였다.
- [0024] 앞서 살펴본 도 2는 티타늄 합금(Ti6Al4V)에 새겨진 미세패턴(A), 확대사진(B), 표면조도측정(C) 결과를 보여주는 사진들이고, 도 4는 텅스텐 카바이드(WC)에 생성된 미세딴폴(A) 및 마이크로 라인(B)을 보여주는 사진들이다.
- [0025] 특히, 알루미늄 포밍다이 표면에 펄토초레이저를 이용하여 미세 패턴을 생성한 후 다양한 윤활제를 사용하여 마찰특성을 평가한 결과 마찰계수가 0.35에서 0.25로 급감하는 결과를 얻을 수 있었다. 도 5는 실험에 사용된 알루미늄 시편들을 보여주고, 도 6은 표면 처리한 알루미늄 성형다이의 마찰계수 측정실험 모식도를 개략적으로 나타낸 도면이며, 도 7은 도 5의 각 알루미늄 시편들의 마찰계수측정 결과를 보여준다.
- [0026] 이제, 상기와 같은 펄토초레이저를 이용한 미세 패턴이 형성된 직선 또는 회전 베어링의 특성을 측정하는 방법에 대하여 설명한다.
- [0027] 특성 측정 방법은, 시편 준비단계, 미세패턴 형성단계, 표면특성 조사단계, 정적 시험단계, 동적 시험단계 순으로 이루어진다.
- [0028] 먼저, 상기 시편 준비단계는 표면 거칠기가 $0.5\mu\text{m}$ 이내인 직선 또는 회전 베어링 또는 이 직선 또는 회전 베어링과 동일한 소재로 이루어진 시편을 준비하는 과정으로 이루어진다. 직선 또는 회전 베어링으로는 상용화된 베어링을 사용할 수 있으며, 이하에서는 시편으로 통일하여 설명한다.
- [0029] 시편 제작은 정밀연마사용하여서 $0.5\mu\text{m}$ 연마입자를 사용하여서, 표면거칠기(R_{max} 기준)를 $0.5\mu\text{m}$ 이내로 준비한다. 준비된 시편은 표면조도 측정기 등을 이용하여서 표면의 정보를 가공 전에 측정하여 동일 조건의 시편을 사용하여서 실험할 수 있도록 준비한다.
- [0030] 다음, 상기 미세패턴 형성단계는, 상기 시편준비 단계에서 준비된 직선 또는 회전 베어링 또는 시편의 표면에 도 3의 레이저 시스템(20)에서 발생된 펄토초레이저를 이용하여 $10\mu\text{m}$ 이하의 홈이 반복되는 미세 패턴을 형성하는 과정으로 이루어진다.
- [0031] 다음, 표면특성 조사단계는, 상기 미세패턴 형성단계 후에, 미세 패턴이 가공된 시편의 표면거칠기 및 조도를 측정하는 과정으로 이루어진다.
- [0032] 여기서, 레이저표면 가공으로 생기는 표면의 형상은 크기에 따라서 크게 마이크로 형상과 나노 형상으로 나눌 수가 있는데, 전자는 저장할 수 있는 윤활유의 양을 결정하는 반면, 후자는 윤활표면의 특성을 친수성(Hydrophilic) 및 반수성(Hydrophobic)을 결정하는 인자가 될 수 있으므로, 이에 대한 상관관계가 중요하다. 표면의 거칠기 및 조도측정은 광학 프로파일미터(Optical profilometer) 또는 원자 현미경(Nanofeature)을 사용하여서 측정할 수 있다.
- [0033] 도 8은 원자현미경 (Atomic force microscope)을 이용한 나노입자 표면조도 측정의 예를 보여주는 사진이다.
- [0034] 다음, 정적 시험단계는, 정지 및 구름 마찰 시험기를 이용하여, 상기 단계에서 미세 패턴이 가공된 시편의 마찰계수의 정도와 윤활성 실험을 실시하여 마찰면 부분의 표면 특성 변화를 정량적으로 평가하는 과정으로 이루어진다.
- [0035] 즉, 레이저 미세가공이 완료된 시편에 대해서는 정지 및 구름 마찰 시험기를 통해서 마찰계수의 정도와, 윤활성 실험을 통해서 표면의 특성변화를 정량적으로 평가한다. 이때 마찰계수 시험은 각기 다른 윤활유를 사용하여서 미세패턴이 베어링용으로 응용이 되었을 때(주로 그리스와 5W-30 oil), 또한 마찰면의 표면의 상태를 크게 선삭 및 밀링가공 등의 과정을 통해서 완성된 표면, 연마를 통한 표면, 그리고 레이저 미세패턴의 형상에 따른 표면으로 나누어서 평가할 수 있도록 실험재료를 준비하여 실험하는 것이 바람직하다.
- [0036] 다음, 동적 시험단계는, 상기 마찰윤활 실험단계 후에, 미세 패턴이 가공된 시편(또는 직선 또는 회전 베어링)에 윤활제를 일정량 도포하고, 반복 하중을 작용시켜서 플레이킹이 발생하기까지의 베어링 또는 시편의 수명시간 또는 횡수를 비교 검토하는 과정으로 이루어진다.
- [0037] 이와 같은, 펄토초레이저를 이용한 미세 패턴이 형성된 직선 또는 회전 베어링의 특성을 측정하는 방법은, 마찰이 중요시 되는 많은 공학응용분야에 유익한 정보를 제공 할 수 있을 것이다. 직선 또는 회전 베어링의 윤활과, 베어링에서 볼과 내륜 및 외륜이 접하는 부분(회전베어링)에서의 미세한 표면처리가 어떤 영향을 미치는지를 조사할 수 있게 됨에 따라 최적의 미세 패턴을 제안할 수 있고, 윤활성의 개선 및 내구력 향상에 대한 중요한 정

보를 제공할 수 있게 된다. 또한 마찰력의 최소화와 유막수명의 향상으로 안정된 직선 베어링의 품질을 보증할 수 있게 되어 제품에 대한 신뢰도 향상과 내구성 향상에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

[0038] 도 9는 본 발명에 따른 직선 베어링에 형성된 미세패턴 실예의 사진을 나타낸 도면이다. 도 9에 나타난 수십 마이크로 단위의 미세패턴을 직선 또는 회전 베어링에 형성하게 되면 상술한 바와 같이, 수백 μm 이하(바람직하게는 10 μm 이하)로 반복되는 홈에 의해 윤활제의 표면 유착(흡착력)을 높일 수 있고, 이로 인하여 베어링 표면에 미세유막을 지속적으로 형성할 수 있게 되어, 마찰력 감소의 효과가 오랫동안 지속되므로 마모 특성을 개선하여 베어링의 내구성을 높일 수 있게 된다.

[0039] 이상의 설명에서 본 발명은 특정의 실시 예와 관련하여 도시 및 설명하였지만, 특허청구범위에 의해 나타난 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 개조 및 변화가 가능하다는 것을 당 업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 쉽게 알 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0040] 도 1은 일반적인 실린더 라이너의 예를 보여주는 도면이다.

[0041] 도 2는 본 발명에 따라 제작된 미세 패턴이 형성된 구조를 보여주는 사진들로서, (A)는 펄소초레이저를 이용한 미세 패턴이 형성된 직선 또는 회전 베어링의 마찰면을 부분적으로 나타낸 사진, (B)은 (A) 사진에서의 미세 패턴을 보여주는 확대도, (C)는 (B)에서와 같이 미세 패턴이 형성된 부분의 표면 조도를 측정한 결과를 보여주는 사진이다.

[0042] 도 3은 본 발명에서 이용되는 펄소초레이저를 발진시키는 레이저 시스템이 도시된 구성도이다.

[0043] 도 4는 본 발명에서, 텅스텐 카바이드(WC)에 생성된 미세딴플(A) 및 마이크로 라인(B)을 보여주는 사진들이다.

[0044] 도 5는 실제 마찰계수 측정을 위해 사용된 알루미늄 시편들을 보여주는 사진이다.

[0045] 도 6은 도 5의 알루미늄 시편들을 마찰계수를 측정하기 위한 표면 처리한 알루미늄 성형다이의 마찰계수 측정시험 모식도를 개략적으로 나타낸 도면이다.

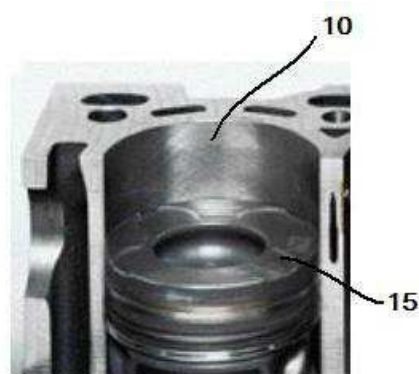
[0046] 도 7은 도 5의 각 알루미늄 시편들의 마찰계수측정 결과를 보여주는 도면이다.

[0047] 도 8은 원자현미경을 이용한 나노입자 표면조도 측정의 예를 보여주는 사진이다.

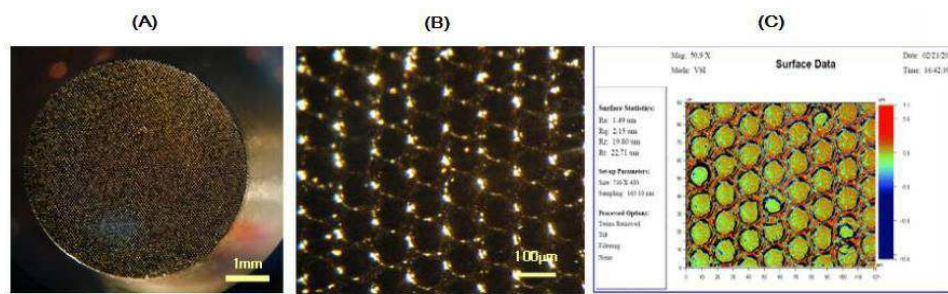
[0048] 도 9는 본 발명에 따른 직선 베어링에 형성된 미세패턴 실예의 사진을 나타낸 도면이다.

도면

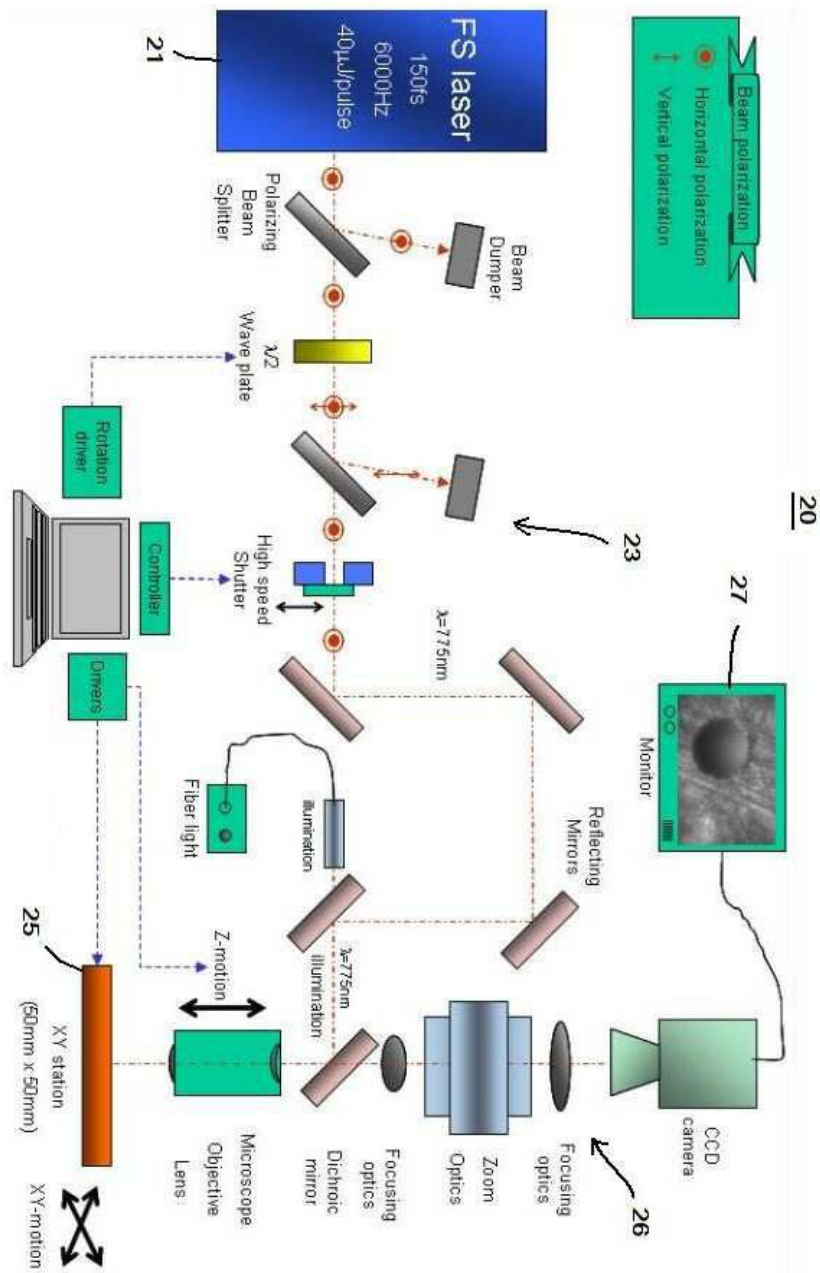
도면1



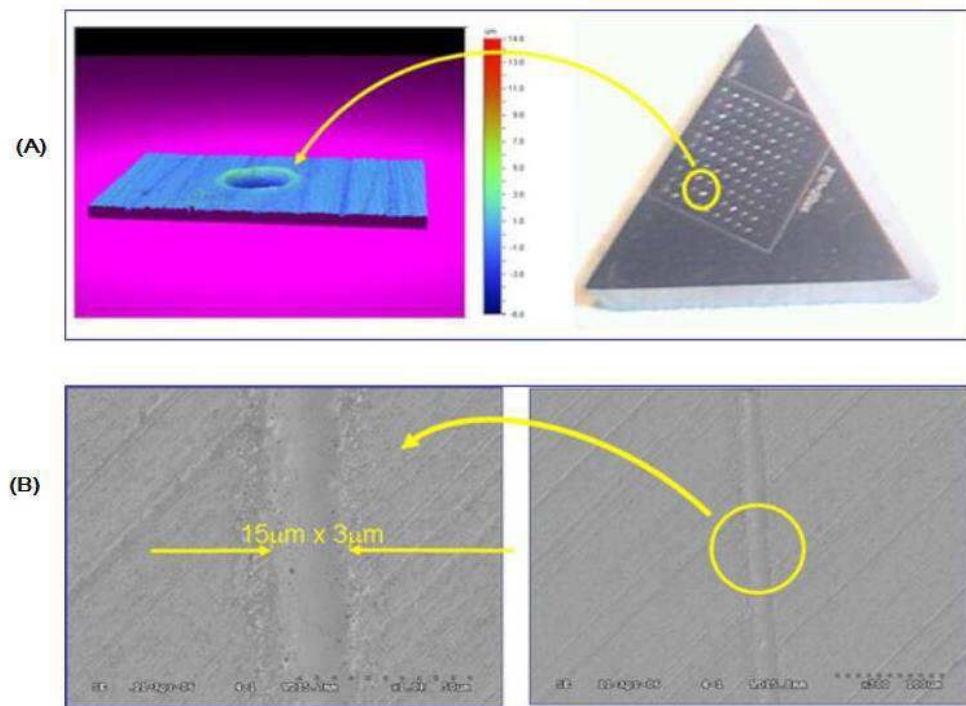
도면2



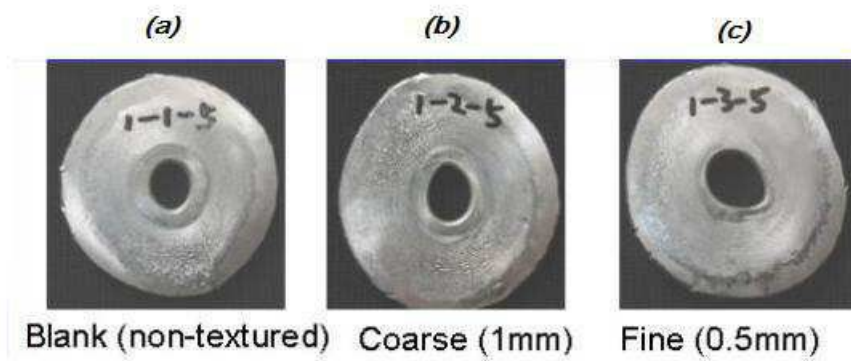
도면3



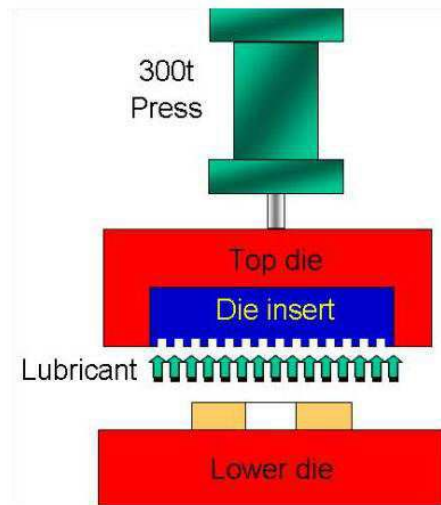
도면4



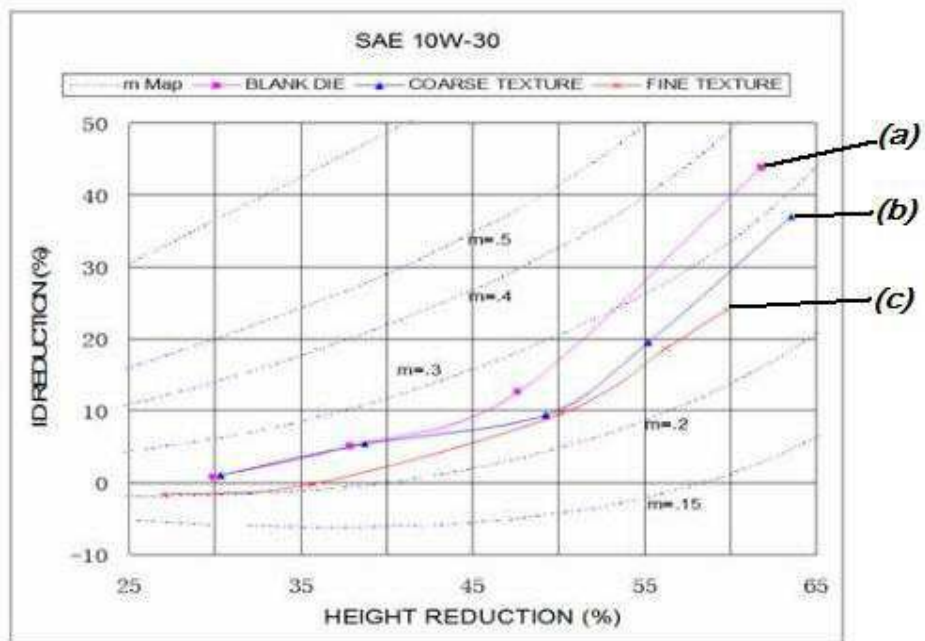
도면5



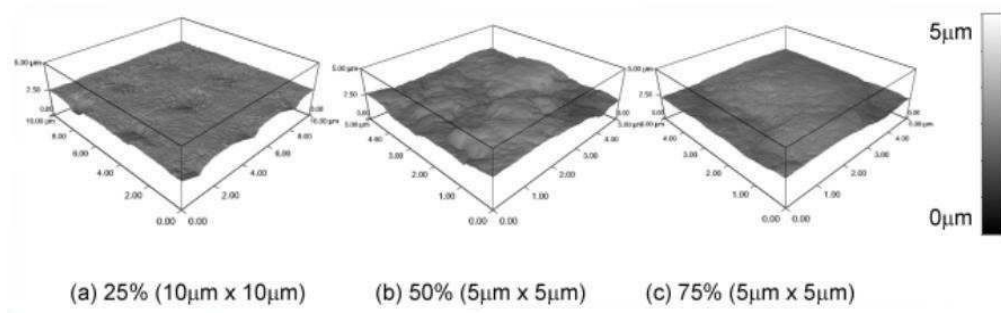
도면6



도면7



도면8



도면9

