



라즈마 층(16)은 오일 보유 용적을 증대시키기 위해 환형 홈(32)을 구비한다. 코팅 대상 표면을 모래 입자로 그 입도를 증가시키면서 여러 번 샌드블라스팅하면, 알루미늄 재료와 커넥팅 로드 아이 재료와의 사이에 특히 견고한 부착이 이루어질 수 있다.

**대표도**

도 5

**명세서**

**기술분야**

본 발명은 청구항 1의 전제부에 따른 커넥팅 로드 제조 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

현재 사용되고 있는 커넥팅 로드, 특히 내연 기관용 커넥팅 로드는 소위 절단형 커넥팅 로드(cutout connecting rod)로서 또는 크랙형 커넥팅 로드(crack connecting rod)로서 구성되어 있다. 그러한 커넥팅 로드에서는, 크랭크 샤프트의 둘레에 맞물리는 큰 커넥팅 로드 아이가 절단되거나 갈라진다. 작은 커넥팅 로드 아이는 통상적으로 직선형 볼트에 의해 피스톤과 결합되기 때문에 개방될 필요가 없다.

커넥팅 로드 아이에는 베어링 부하에 따라 상이한 베어링 셸(미끄럼 베어링)이 마련된다. 베어링 셸로서는 특히 DIN 17210 또는 SAE 1010에 따른 C 10 강으로 형성된 지지 셸 재료가 사용된다. 베어링 셸은 형상 및 용도에 따라 냉간 경화될 수 있다. 그러한 베어링 셸 재료에는 예상되는 베어링 부하에 따라서 예컨대 화이트 메탈(white metal), 연 청동(leaded bronze), 경금속, 스페터 층 등과 같은 고유의 미끄럼 베어링 층이 피복된다. 베어링 셸은 3성분 베어링 셸, 2성분 베어링 셸 또는 중실의 단일 베어링 셸 등으로 구성될 수 있다. 베어링 셸이 조립 후에 만족스럽게 확실히 고정되도록 하기 위해, 베어링 셸은 초기 응력을 수반하게 조립된다.

베어링 셸은 상당한 비용 요인을 이룰 뿐 아니라, 제조 복잡성의 요인이 되며, 잠재적인 고장의 원인이다. 예컨대 조립 시에 베어링 셸 또는 베어링 셸의 반쪽을 삽입하는 것을 실수로 잊어버릴 수 있는데, 그로 인해 엔진은 심각한 정도로 손상된다.

**발명의 상세한 설명**

본 발명의 목적은 미끄럼 층의 강도가 높은 커넥팅 로드 베어링을 제조하는 것이다.

그러한 목적은 청구항 1의 수단에 의해 달성된다.

종속 청구항들은 바람직한 실시예들을 나타내고 있다.

본 발명에 따르면, 특히 큰 커넥팅 로드 아이, 필요한 경우에는 양 커넥팅 로드 아이 모두 내에 더 이상 베어링 셸을 삽입하지 않고, 베어링 층을 용사에 의해 직접 커넥팅 로드 아이 상에 피복한다. 용사로는, 특히 플라즈마 용사를 사용한다. 특히, 커넥팅 로드에는 내연 기관의 구성 부품이다. 베어링 층의 부착 인장 강도를 높이기 위해, 코팅 대상 커넥팅 로드 아이의 재료를 거칠게 만들 수 있는데, 이 경우에 상이한 입도 구배 곡선으로 입자를 용사하여 거칠게 만드는 것이 바람직하다. 베어링 층 상에 잔류하는 오일량을 증대시키기 위해, 베어링 층에는 홈 및/또는 미세 다공이 마련될 수 있다.

본 발명에 따르면, 용사, 특히 플라즈마 용사의 진행 중에 베어링 재료를 기재 상에 용착하는 온도를 변화시키고 있다. 그러한 온도 변화는 각종의 파라미터를 변경함으로써 얻을 수 있는데, 그 경우에 하나 이상의 파라미터가 변경될 수 있다. 특히 온도를 상승시키기 위하여 변경될 수 있는 파라미터로는, 버너의 전류 또는 전압의 상승, 냉각 가스 또는 캐리어 가스의 공급 감소, 연소 가스(예컨대, 수소)의 공급 증대, 공급할 베어링 재료의 질량 유량의 감소, 베어링 재료의 입도의 축소 또는 베어링 재료의 조성 변화가 있다. 용착 온도를 낮추기 위해서는, 전술한 하나 이상의 파라미터의 경우와 반대의 조치를 취하면 된다.

용사의 진행 중에 베어링 재료의 피복 온도를 저하시키는 것이 특히 바람직하다. 원칙적으로, 추후의 시점에 피복 온도를 다시 상승시킬 수 있지만, 피복 온도를 저하시킨 상태로 유지하는 것이 바람직하다. 용사된 베어링 층의 표면을 제거하는 경우에, 그와 같이 제거되는 베어링 층의 부분은 저온에서 용사된 부분인 것이 특히 바람직하지만, 이 경우에 보다 고온에서 용사된 베어링 층의 영역까지 제거를 행하는 것이 유리하다. 특히, 이러한 방법의 경우에, 제거되는 베어링 층의 영역이 베어링 층의 후속 가공 후에 제거되는 층 부분을 비교적 작은 비율로 포함하도록, 온도를 저하시키는 것이 특히 바람직할 수 있다.

본 발명의 방법에 따르면, 베어링 재료를 커넥팅 로드 기재 상에 피복하기 시작할 때의 온도는 베어링 전체 층을 피복하는 때에 커넥팅 로드 재료를 가열하여 연화시킬 정도로 충분히 높게 상승할 수 있다. 그에 의해, 커넥팅 로드에 대한 베어링 층의 부착 강도가 매우 커지고, 베어링 층의 다공율이 유리하게 낮아진다.

본 발명에 따라 바람직하게 사용되는 상이한 입도 구배 곡선은 메시의 등급으로서 표시될 수 있는데, 본 발명에 따르면 특히 16 메시 내지 230 메시(16, 18, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 100, 120, 140, 170, 200 및 230 메시)의 등급이 사용된다. 메시의 수는 사용되는 스크린의 평방 인치(6.45 cm<sup>2</sup>)당 구멍의 수로 정의된다. 공차 및 스크린 와이어의 크기를 비롯한 개별적인 입도 구배 곡선은 예컨대 물리 화학 핸드북(Handbook of Chemistry and Physics), 64판, 1983/84, CRC Press Inc. Florida, S.F-114로부터 얻을 수 있다.

커넥팅 로드 아이를 열 코팅하는 경우, 예컨대 알루미늄 청동제의 사용 가능한 베어링 층은, 특히 다공성이 낮은 재료를 피복함으로써 증가하는 높은 층 잔류 응력을 수반하는 것으로 확인되었다. 결과적으로, 베어링 층의 부착 강도를 상승시키기 위한 조치가 필요하다는 것은 명백하다. 이것은, 초기 피복 온도를 높게 하는 것 이외에 커넥팅 로드 아이를 하나 이상의 미세한 입도 구배 곡선 및 하나 이상의 조대한 입도 구배 곡선에 의해 샌드블라스팅(sandblasting; 입자 분사)함으로써 본 발명에 따라 유리하게 구현된다. 작동 신뢰성이 높은 커넥팅 로드 베어링을 형성하는 데에는, 베어링력을 확실하게 허용 온도에서도 전달하도록 베어링의 내마모 설계 및 구조가 필요하다. 내마모성은 부하를 지지할 수 있는 윤활 막(오일 막)에 의해 미끄럼 면이 서로 분리될 경우에는 언제든지 확보된다. 그러한 윤활 막은 미끄럼 베어링의 경우에는 경미하게 편심된 샤프트 지지에 의해 유지된다. 그에 의하면, 회전 샤프트는 윤활유(엔진 오일)를 베어링 간극(편심된 베어링 간극)으로 이송하는 펌핑 작용을 하는데, 그러한 펌핑 작용 시에 수렴하는 베어링 간극에 오일 압력이 형성된다. 즉, 윤활유는 가장 좁은 횡단면부로 압박된다. 그 경우, 샤프트의 회전 이동이 시작되거나 그 회전 이동이 매우 느리게 이루어질 때에는, "임계 마찰"(샤프트 저널에 대한 베어링 재료의 계면 마찰)의 상태가 발생된다. 회전 이동이 증가되면, 고유의 오일 막이 아직 형성되지 않았더라도, 오일 막은 샤프트 저널을 지지하는 데 관여한다. 이것은 "혼합 마찰"의 상태, 즉 계면 마찰과 부유 마찰이 동시에 존재하는 상태이다. 그러한 상태는 주로 엔진을 기동시키거나 정지시킬 때에 생긴다. 이어서, 회전 속도가 더욱 증가되면, 두께가 베어링 간극의 절반인 유체 역학적 지지 윤활 막 층이 형성된다. 그러한 상태가 곧 "부유 마찰"의 상태이다. 그 경우, 베어링 간극의 크기는 통상적으로 15 내지 60 μm이다.

본 발명에 따라 미끄럼 베어링 층에 미세 다공 및/또는 홈을 마련하고 커넥팅 로드 아이(큰 커넥팅 로드 아이)를 해당 베어링 재료로 플라즈마 코팅함으로써, 커넥팅 로드 베어링 내에 큰 오일 보유 용량이 구현되며, 그에 의해 특히 임계 마찰 및 혼합 마찰 시에 상호 이동 부품의 마찰 및 그에 따른 마모가 감소된다. 오일 보유 용량은 커넥팅 로드 베어링에 하나 이상의 홈을 마련함으로써 현저히 개선되는데, 그러한 하나 이상의 홈은 반경 방향 홈으로서 형성되는 것이 특히 바람직하다. 오일 보유 용량을 더욱 증대시키려면, 그러한 홈을 다듬질 가공되지 않은 채로(적어도 대폭적인 다듬질 가공을 하지 않은 채로), 즉 제조 상의 원인으로 인한 거친 표면 구조를 수반한 채로 그대로 놔둔다.

바람직하게는 절삭 가공되는 미끄럼 베어링 면의 다공성이지만 압력에 대해 안정적인 표면 구조와 매우 거친 표면 구조를 동반한 다듬질 가공되지 않은 홈에는, 어떠한 베어링 상태에서도 회전 이동 및 오일 압력과는 상관없이 어느 정도 레벨의 오일이 저장된다. 이로 의하여, 크랭크 샤프트의 회전 속도가 낮을 때에 이미 임계 마찰 및 혼합 마찰의 상태를 지나서 마모가 없는(거의 마모가 없는) 유체 역학적 윤활의 상태에 신속하게 도달될 수 있다. 즉, 엔진 시동 상태 및 엔진 정지 상태에서 긴급히 요구되는 미끄럼 특성이 현저히 개선되고, 그에 의해 베어링 치수가 동일하더라도 더욱 높은 베어링 부하를 지지하는 것이 가능하다.

본 발명의 장점은 다음과 같다: 본 발명에 따르면, 베어링 코팅이 (커넥팅 로드 상에 삽입되는 별도의 요소가 아닌) 커넥팅 로드 재료 상에 직접 형성되므로, 통상의 커넥팅 로드 기재의 경우에 있어서 미끄럼 베어링 면을 형성하는 베어링 셸이 생략될 수 있다. 따라서, 베어링 셸을 조립할 필요도 역시 제거될 수 있다. 베어링 셸의 생략 및/또는 본 발명에 따른 미끄럼 베어링 층의 후속 절삭 가공에 의해 치수 공차가 감소된다. 통상의 커넥팅 로드 베어링에서는 3가지 공차가 존재하는데, 그 중의 제1 공차는 크랭크 샤프트의 공차이고, 제2 공차는 커넥팅 로드 기재의 (베어링 셸의) 미끄럼 층에 의해 결정되는 공차이며, 제3 공차는 베어링 셸이 삽입되는 커넥팅 로드 아이에 의해 결정되는 공차이다. 본 발명에 따라 베어링 층을 코팅하고 후속

가공함으로써 제3 공차는 제거된다. 또한, 본 발명에 따라 회복되는 베어링 층의 두께가 베어링 쉘의 두께보다 얇기 때문에, 본 발명에 따르면 볼트 구역의 재료 두께도 보다 두꺼워진다; 이로 인해, 커넥팅 로드 외형 치수가 동일하더라도 보다 큰 부하를 지지하는 것이 가능하다. 본 발명에서는 제3 공차(커넥팅 로드 아이의 공차)의 크기가 매우 커도 무방한데, 그 이유는 예컨대 정밀 스피들 가공에 의해 제2 공차 치수까지 제거되는 후속 코팅에 의해 그러한 제3 공차가 보상되기 때문이다.

본 발명에 따르면, 경우에 따라서는 층을 제거한 후에 적어도 표면에 어느 정도의 다공성을 수반하도록 베어링 층을 용사하는 것이 바람직하다. 이러한 다공성은 산화물 함유물(oxide inclusion)에 의해 형성되는 미세 다공을 갖는 베어링 층을 형성함으로써 얻어지는데, 그 산화물 함유물은 층 표면의 후속 가공 시에 속이 빈 미세 다공을 형성한 채로 제거된다. 다공률은 미끄럼 면 구역에서 0.2 내지 6 %, 특히 0.5 내지 4 %인 것이 바람직하다. 또한, 미세 다공은 상호 연결되지 않아서, 미세 다공의 다공 용적이 주로 폐쇄 다공에 의해 형성되는 것이 유리하다. 그러한 미세 다공은 유체 역학적 미세 압력실 운할 시스템을 형성하며, 그 미세 다공은 표면 가공(예컨대, 정밀 스피들 가공)의 절삭 과정에 의해 개방된다. 그 경우, 미끄럼 면 내에 있는 다공은 오일 보유실로서 작용하여, 엔진 시동 또는 엔진 정지의 순간에, 그리고 크랭크 샤프트의 회전이 시작되거나 정지되는 순간에, 미끄럼 베어링의 오일 압력이 이미 떨어졌거나 아직 상승되지 못한 경우에도, 미세 다공으로부터 나온 엔진 오일이 크랭크 샤프트에 접촉되는 작용에 의해 미끄럼 막의 형성(부유 마찰)에 충분한 오일 용량을 이용할 수 있다. 본 발명에 따라 존재하는 미세 압력실 시스템에 의하여, 혼합 마찰의 구간이 현저히 단축된다. 그에 의해, 납 합금, 아연 합금 또는 니켈 합금 등과 같은 추가의 미끄럼 베어링 재료를 도입할 필요없이, 긴급히 요구되는 베어링의 미끄럼 특성이 현저히 향상된다. 다공의 크기 및 다공의 용적은 미끄럼 면의 베어링 부하에 따라 용사 시에 설정되는 것이 바람직하다. 통상적으로, 다공 용적의 대부분은 크기가 0.2 내지 250  $\mu\text{m}$ , 특히 1 내지 50  $\mu\text{m}$  크기의 다공이다.

본 발명에 따른 베어링 층을 제조할 때의 일반적인 과정은 다음과 같다: 우선, 코팅하려는 기재 표면(예컨대, 큰 커넥팅 로드 아이)을 세정한다. 특히, 탈지시킨다. 이것은 예컨대 과열 증기에 의해 실시된다. 이어서, 기재 표면을 예컨대  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 로 샌드블라스팅하는데,  $\text{SiO}_2$  또는  $\text{SiC}$ 를 사용할 수도 있다. 블라스팅(분사) 압력은 3 내지 8 bar, 특히 4 내지 6 bar인 것이 바람직하며, 이 경우에 상이한 입도로 가공을 한다. 그 경우에 바람직한 것은 점차 증가되는 입도(점차 조대해지는 입도 구배 곡선)를 사용하는 것이다. 즉, 먼저 미세한 입자로 샌드블라스팅한 후에 조대한 입자로 샌드블라스팅한다. 특히 바람직한 것은 3가지 이상의 상이한 입도(점차 조대해지는 3개 이상의 입도 구배 곡선)를 사용하는 것이다. 그 경우, 입도는 통상의 메시 범위 내에 있는데, 입도를 미세하게 할 경우에는 80 메시 이하, 특히 100 내지 230 메시의 입자를 사용하는 것이 바람직하다. 입도를 중간 정도로 할 경우에는 100 메시 이상, 특히 40 메시까지의 입자를 사용하는 것이 바람직하고, 80 내지 45 메시의 입자를 사용하는 것이 더욱 바람직하다. 입도를 조대하게 할 경우에는 45 메시 이상, 특히 30 메시 이상의 입자를 사용하는 것이 바람직하고, 16 메시까지(600  $\mu\text{m}$  내지 1.18 mm의 표준 입도)의 입자를 사용하는 것이 더욱 바람직하다.

샌드블라스팅 시에 상이한 입도를 사용함으로써, 예컨대 과단 노치와 같은 노치 또는 홈의 구역에서도 양호한 표면 거칠기가 얻어지는데, 평탄한 구역에서는 RZ가 약 35 내지 60  $\mu\text{m}$ , 특히 42 내지 54  $\mu\text{m}$ 이면서 평균 거칠기 심도(RA)가 약 5 내지 10  $\mu\text{m}$ , 특히 6.5 내지 8  $\mu\text{m}$ 인 표면 구조가 얻어진다. 그와 같이 샌드블라스팅에 의해 기재 표면을 거칠게 함으로써, 용사되는 층이 양호한 부착 강도로 커넥팅 로드 상에 회복된다.

이어서, 예컨대 AlCuFe 합금(알루미늄 청동)으로 플라즈마 코팅을 실시한다. 용사되는 베어링 층을 그 다공성이 증가되도록 형성하는 것이 바람직한데(선택적으로 또는 부가적으로 용사 중의 온도를 상이하게 저하시키는 조치를 사용할 수도 있음), 제1 층으로서 낮은 다공율( $\leq 2\%$ , 특히  $\leq 1\%$ )의 층을 형성한다. 이를 위하여, 예컨대 크기가 약 38  $\mu\text{m}$ (400 메시)인 분말 입자가 적합하다. 그러한 하부 코팅을 약 100 내지 300  $\mu\text{m}$ , 특히 200 내지 250  $\mu\text{m}$ 의 층 두께로 형성한다. 그 다음으로, 다공률이 약 2 내지 6 %, 특히 2.5 내지 4 %인 층을 생성하는데, 이 경우에는 예컨대 크기가 약 63  $\mu\text{m}$ (230 메시)인 분말 입자를 사용한다. 그 경우, 분말의 입도는 분말의 40 중량% 이상, 특히 50 중량% 이상이 표준 입도 이하이고, 바람직하게는 70 중량% 이상, 특히 80 중량% 이상이 다음 등급 내에 있으며, 더욱 바람직하게는 90 중량% 이상이 직경의 2배(하프 메시 크기) 이내에 있도록 선택된다.

또한, 층 두께도 역시 하부 코팅에 주어지는 범위로 선택된다. 하나의 층만을 형성하는 경우, 그러한 층 두께는 100 내지 600  $\mu\text{m}$ , 특히 200 내지 400  $\mu\text{m}$ 인 것이 바람직하다.

본 발명에 따르면, 다공성이 낮아짐에 따라 층 내부의 잔류 응력이 증대되어, 층이 커넥팅 로드 아이로부터 박리될 위험이 있는 것으로 판명되었다. 본 발명은 특히 층을 높은 부착 강도로 커넥팅 로드 아이 상에 회복하는 특수한 샌드블라스팅에 의해 그러한 위험에 대처하고 있다. 다른 한편으로, 본 발명에 따라 층의 부착 온도를 상승시킴으로써, 과도하게 큰 층 내부의 잔류 응력으로 인한 층의 박리가 방지된다. 그것은 예컨대 플라즈마 버너의 전압 또는 전류를 상승시킴으로써 행해진다.

다. 그에 의해, 층이 양호하게 기재(커넥팅 로드 아이) 상에 분배되어 양호하게 피복된다. 이것은, 전술한 바와 같이 피복 층이 여전히 어느 정도 낮은 다공성을 수반하는 한도에서만 실시되는 것이 바람직하다. 한편, 부착 온도를 상승시키면, 기재가 가열되어 연화될 위험도 함께 수반된다. 즉, 기재가 과열될 수 있다. 그것은 특히 철 재료에서 문제가 된다. 본 발명에 따르면, 그러한 위험에 대처하기 위하여, 단지 하부 코팅만을 높은 부착 온도로 용착하고 있다. 추가의 층의 형성은 보다 저온으로, 그리고 특히 높은 다공성을 수반하면서 실시된다. 그러한 높은 다공성이 원하는 미끄럼 베어링에 적합한 것이 아닐 경우에도, 다공성이 높은 그러한 층을 후속 가공에서 제거하면 본 발명에서는 전혀 문제될 것이 없다. 그 경우, 다공성이 높은 층 또는 저온에서 부착된 층은 단지 후속 기계 가공을 위한 기재를 얻기 위해 사용되는 것에 불과할 뿐이다.

베어링 층을 1회의 작업 과정으로 피복하는 것, 즉 코팅 과정을 단절시키지 않고 진행하는 것이 바람직하다. 그를 위해, 자동적으로 분말 및/또는 파라미터를 조절하여 상이한 다공성을 얻는 것이 바람직하다.

하부 베어링 층은, 예컨대 베어링 쉘의 파단 시에 커넥팅 로드에서 크랙이 형성됨으로 인해 생긴 비원형 부분(전형적으로, 비원형 부분의 크기는 30 내지 150  $\mu\text{m}$ )을 차폐하는 것이 바람직하고, 후속 가공을 위한 충분한 두께가 얻어지도록 추가의 층, 특히 더욱 간단한 처리 기술로 커넥팅 로드 상에 피복될 수 있는 다공성 층으로 덮여질 수 있다. 그러한 층은 다시 큰 어려움이 없이 고유의 미끄럼 베어링 층(다공성이 낮은 층)에 이를 때까지 제거될 수 있다. 이러한 방법에 의해, 층의 잔류 응력이 조절되고, 커넥팅 로드 가열되어 연화되는 것이 배제되거나 단지 적은 정도에 불과하게 되며, 통상적으로  $\geq 20 \text{ N/mm}^2$ , 특히  $\geq 25 \text{ N/mm}^2$ 에 이르는 높은 미끄럼 베어링 층의 부착 인장 강도가 얻어진다.  $28 \text{ N/mm}^2$ 를 넘는 부착 인장 강도가 가능하다. 알루미늄 청동에서는 예컨대 약  $185 \text{ HV}_{0.3}$  이상의 층 경도를 얻을 수 있다. 디젤 엔진에서 주로 나타나는 바와 같이, 커넥팅 로드, 특히 큰 커넥팅 로드 아이에 있는 미끄럼 베어링 층에 높은 부하가 걸릴 경우에는, 미끄럼 베어링 층 내에 잔류하는 오일의 양을 증대시키는 것이 바람직하다. 그것은, 본 발명에 따라 하나 이상의 윤활유 홈을 미끄럼 베어링 층에 마련하여 엔진 정지 시의 오일 보유 용적 또는 공전 회전 속도 미만의 엔진 회전 속도에서의 오일 보유 용적을 증대시킴으로써 이루어진다. 그에 의해, 엔진 시동 또는 엔진 정지 시에 혼합 마찰의 구간이 짧은 시간 내에 지나가 버린다. 그러한 짧은 시간은 미세 다공 또는 홈으로부터 나온 엔진 오일이 크랭크 샤프트에 점착됨으로써 미끄럼 막이 더욱 오랫동안 유지되거나 더욱 신속하게 형성되는 것에 기인한 결과이다. 특히 어느 정도 다공성인 표면과 함께 베어링 층에 하나 이상의 홈을 마련함으로써, 펌프의 오일 압력이 이미 강하되었거나 이제 막 형성되기 시작된 경우에도, 윤활 막이 더욱 오랫동안 유지된다. 홈이 주로 반경 방향으로, 즉 원주 방향으로 연장될 경우에 홈에 의한 효과가 특히 유리하게 작용한다. 또한, 홈은 폐쇄되는 것, 즉 무단 홈, 특히 환형 무단 홈인 것이 매우 바람직하다. 홈은 V형 또는 사다리꼴로 형성되는 것이 바람직하는데, 그 경우에 홈의 측면은 서로 30 내지  $80^\circ$ , 특히 45 내지  $60^\circ$ 의 각도를 이루는 것이 바람직하다. 홈의 깊이로서는 0.2 내지 1 mm, 특히 0.4 내지 0.6 mm의 깊이가 적합하다. 홈의 개수는 미끄럼 베어링의 폭, 미끄럼 베어링의 지지율 및 필요한 추가의 오일 보유 용적에 따라 조정되는 것이 바람직하다. 상기 홈의 형태 및 깊이는 용사 코팅을 하기 전의 홈의 상태를 지칭하는 것이 바람직하다. 용사 코팅으로서는 플라즈마 코팅을 사용하는 것이 특히 바람직하다.

하나 이상의 홈을 마련한 후에, 기재 표면을 미끄럼 층, 특히 전술한 바와 같이 다공성이 상이한 복합 베어링 층으로 코팅하는 것이 바람직하다. 후속 가공 시에는 홈을 다듬질 가공하지 않거나 약간만 다듬질 가공하여, 거친 층 구조(플라즈마 층 구조)에 의해 오일이 매우 양호하게 보유되도록 하는 것이 바람직하다.

베어링 층을 용사할 때에는 금속을 용사하는 것이 바람직하는데, 특히 금속 합금을 사용하는 것이 좋다. 또한, 각종 금속(특히, 금속 합금)의 혼합물을 사용하는 것이 특히 바람직하다. 그러한 혼합물은, 예컨대 알루미늄과 아연의 혼합물일 수 있는데, 이 경우에 개개의 성분을 분말의 형태로 혼합하여 그러한 혼합물을 얻는 것이 특히 바람직하다. 금속 분말의 유형별 분류는 특히 개개의 용사 파라미터에 좌우되며, 일련의 실험을 통해 담당자에게 쉽게 파악될 수 있다. 베어링 재료로서는 청동, 특히 알루미늄 청동(알루미늄/아연)을 사용하는 것이 바람직하지만, 구리 청동 및 금속/연질 재료 층 및/또는 금속/고체 윤활제 층을 사용할 수도 있다. 연질 재료로서는, 경질 금속, 예컨대 알루미늄 합금(알루미늄/구리/망간/크롬) 중에 분포되는 납과 같은 연질 금속을 사용한다. 그러나, 플루오르화 중합체(예컨대, 폴리테트라플루오로에틸렌; polytetrafluoroethylene)와 같은 다른 재료를 연질 재료로서 사용할 수도 있다. 고체 윤활제로서는, 예컨대 이황화몰리브덴, 질화붕소 또는 흑연과 같은 화합물이 적합하다.

베어링 재료를 과잉량으로 용사한 후에 연이어 그 과잉량을 기계적으로 후속 가공하는 것이 특히 바람직하다. 후속 가공에는 예컨대 호닝 가공을 사용하는데, 본 발명에서는 특히 정밀 스펀들 가공이 적합하다. 호닝 가공 시에는 베어링 재료의 20 내지 300  $\mu\text{m}$ , 특히 50 내지 200  $\mu\text{m}$ 를 제거하는 것이 좋고, 정밀 스펀들 가공 시에는 제거되는 과잉량이 50 내지 1000  $\mu\text{m}$ , 특히 100 내지 500  $\mu\text{m}$ 인 것이 바람직하다.

(과잉 량을 제거한 후의) 완성된 베어링 층은 150 내지 800  $\mu\text{m}$ , 특히 200 내지 500  $\mu\text{m}$ 인 것이 바람직하다. 그러한 층은 두께가 2.5 mm의 범위에 있는 통상의 베어링 셸보다 현저히 얇다. 이는, 커넥팅 로드보다 많은 재료가 남게 된다는 것(보다 큰 부하를 견딜 수 있다는 것) 또는 커넥팅 로드보다 작은 중량으로 제조될 수 있다는 것을 의미한다.

본 발명에 따르면, 용사에 의해 베어링 재료로 코팅된 커넥팅 로드 아이를 베어링 재료의 피복 후에 비로소 개방하는 것이 바람직할 수 있다. 특히, 그러한 처리 형식은 커넥팅 로드 아이를 파단할 경우(크랙을 형성할 경우)에 사용된다. 그러한 처리 시에는, 커넥팅 로드(커넥팅 로드의 내측)의 원하는 파단 부위에 각각 노치를 마련한다. 레이저에 의해 노치를 마련하는 것이 특히 바람직한데, 그 경우에 예컨대 FK-레이저는 약 45°의 각도를 이룬 채로 커넥팅 로드 아이 속으로 도입된다. 레이저 출력으로서 특히 5 내지 10 kW를 사용한다. 노치를 0.3 내지 0.8 mm의 폭과 0.2 내지 0.7 mm의 깊이로 마련하는 것이 바람직하다. 파단 부위는 통상적으로 커넥팅 로드 아이의 대략 중앙에 위치된다. 선택적으로, 노치를 에칭에 의해 마련하거나 예컨대 브로치(broach) 공구로 긁어냄으로써 마련할 수도 있다.

커넥팅 로드 아이에 노치를 마련하여 커넥팅 로드 아이를 파단할 경우에는, 우선 커넥팅 로드 아이에 (예컨대, 공구, 레이저 또는 에칭에 의해) 노치를 마련하고, 이어서 용사에 의해 베어링 재료를 부착한 후에 파단을 행하는 형식으로 처리하는 것이 바람직하다. 그렇지 않은 경우에 파단 부위 또는 개개의 베어링 셸 사이에 존재하였을 간극이 상기 처리 형식에 의해 없어진다(또는 최소화된다). 그러한 간극은 높은 엔진 부하가 걸릴 때에 오일 막의 파열을 촉진한다. 베어링 재료를 코팅하기 전에 노치를 마련하는 처리 형식에 의해 윤활 특성이 양호해진다. 사정에 따라서는 파단도 베어링 재료를 코팅하기 전에 실시할 수 있는데, 그 경우에는 코팅된 베어링 재료를 한번 더 (바람직하게는 노치를 마련할 필요 없이) 파단하게 된다.

커넥팅 로드 아이를 절단에 의해 개방할 경우에, 이것은 베어링 재료를 용사에 의해 피복하기 전에 실시하는 것이 바람직하다. 이러한 처리에서는, 커넥팅 로드 아이를 절단하고, 남겨진 커넥팅 로드 본체와 커넥팅 로드 캡의 분리면을 각각 평활하게 깎는다. 이어서, 이들 부품을 다시 조립하고, 볼트 구멍 및 나사부를 마련하여 함께 나사 결합시킨다. 그 경우에도, 다시 나사 결합된 커넥팅 로드 아이에는 특히 베어링 재료로 코팅되기 전에 (분리 부위에) 노치를 마련하는 것이 바람직하다. 이어서, 베어링 층을 분리하기 위해 다시 커넥팅 로드 아이를 파단한다. 이 경우에, 파단이 지나치게 불균일하게 이루어지면, 베어링 층 자체에 노치를 마련할 필요가 있다.

전술한 베어링 층의 가공(호닝 가공 또는 정밀 스피들 가공)은 커넥팅 로드 아이를 개방한 후에 진행되는 것이 특히 바람직하다. 이로 인하여, 베어링 층의 파단 시에 경우에 따라 생길 수 있는 파단 에지의 버어(burr)가 과잉 량의 제거와 동시에 제거된다.

본 발명에 따라 커넥팅 로드를 제조함에 있어서, 커넥팅 로드 아이에 오일 채널을 마련할 수도 있다. 베어링 층을 피복한 후에, 특히 그 베어링 층을 후속 가공한 후에 상기 오일 채널을 보링 가공하는 것이 바람직하다. 이 때, 오일 채널을 커넥팅 로드를 통하여 반대측의 커넥팅 로드 아이까지 보링 가공할 수도 있다.

본 발명에 따르면, 커넥팅 로드의 평탄면(넓은 측면)도 베어링 층을 피복한 후에 후속 가공되는 것이 바람직하다. 이 경우에, 그러한 후속 가공을 평탄 면의 연마에 의해 실시하는 것이 바람직하다.

본 발명에 따른 처리 방법에서는, 코팅에 선행하여 커넥팅 로드 아이를 거칠게 만드는 작업 단계를 실시하는 것이 바람직하다. 샌드블라스팅에 의해 거칠게 만드는 것이 특히 바람직하지만, 고압 유체를 분사하는 것도 가능하다. 이 경우, 커넥팅 로드 아이의 재료, 특히 C 70 강을 4 내지 30  $\mu\text{m}$ , 특히 8 내지 12  $\mu\text{m}$ 의 평균 거칠기 심도( $R_a$ )로 거칠게 만드는 것이 좋다. 이러한 평균 거칠기 심도의 경우에, 베어링 재료는 커넥팅 로드 아이의 재료에 매우 양호하게 피복된다.

커넥팅 로드 아이에 베어링 층을 매우 유리하게 제조하기 위하여, 커넥팅 로드 아이의 하나 이상의 평탄면은 커넥팅 로드 아이의 구역에 개구부를 구비한 마스킹 프레임에 의해 차폐된다. 그러한 개구는 커넥팅 로드 아이와 대략 동일한 크기이어야 하는데, 그래야만 한편으로는 코팅 과정이 마스킹 프레임에 의해 방해받지 않고 다른 한편으로는 커넥팅 로드 아이의 구역에 있는 평탄면이 코팅되는 것을 대폭적으로 방지하게 된다. 하나의 평탄면만을 마스킹 프레임으로 차폐할 경우에, 다른 평탄면을 마스킹 프레임과 마찬가지로 커넥팅 로드 아이의 구역에 개구를 구비한 팔레트 상에 놓는 것이 바람직하다.

본 발명에 따르면, 개개의 커넥팅 로드의 커넥팅 로드 아이를 1회의 작업 과정으로 코팅한다. 이를 위하여, 2 내지 10개, 특히 4 내지 8개의 다수의 커넥팅 로드를 코팅할 커넥팅 로드 아이가 원통을 형성하도록 서로 겹쳐 놓는다. 이를 위하여, 특수한 팔레트 상에 커넥팅 로드를 정렬시키는 홀더를 마련하고, 그 속에 커넥팅 로드를 끼워 넣는 방안이 있을 수 있다. 그러한 처리에서, 실질적으로 동시에 코팅된 커넥팅 로드를 그룹으로서 지속적으로 취급하고, 이어서 함께 내연 기관에 내

장하는 것이 바람직하다. 내연 기관에 있는 모든 커넥팅 로드(동일한 유형의 커넥팅 로드)를 서로 겹쳐 놓고 함께 코팅하는 것이 바람직하다. 실린더의 개수(예컨대, 12기통)로 인해 그것이 구조적으로 불가능한 경우에는, 적어도 동일 계열의 실린더(12기통 엔진에서는 6개)의 커넥팅 로드를 서로 겹쳐 놓고 코팅한다. 그러한 처리 형식에 의해 동일 품질의 커넥팅 로드를 내연 기관에 내장하는 것이 실현된다.

특히 복수의 커넥팅 로드 아이를 코팅할 때, 용사 중에, 커넥팅 로드 아이를 통해 가스류를 통과시키는 것이 특히 바람직하다. 가스류로서는 조건에 맞게 조절되고 정화된 공기가 적합하다. 특히, 공기류는 실질적으로 탈지되고 습기가 없어야 하며, 가능한 한 예정된 온도 대역(약 20°C 정도)에 있어야 한다. 공기류의 유속(공기 하강 속도)은 3 내지 15 m/s, 특히 5 내지 8 m/s인 것이 바람직하다. 그러한 가스류에 의해 용사 시에 생기는 과잉 분사물이 날아가 버린다.

회전 분사 노즐, 특히 커넥팅 로드 아이의 상부에서 회전하여 커넥팅 로드 아이(다수의 커넥팅 로드 아이) 속에 들어가는 회전 분사 노즐에 의해 베어링 재료의 용사를 실시하는 것이 바람직하다. 그러한 분사 노즐에 의해 커넥팅 로드 아이에 매우 균일한 코팅이 이루어진다. 본 발명에 따라 커넥팅 로드 아이를 코팅할 때에는, 분사 노즐을 0.5 내지 20 mm/s, 특히 2 내지 8 mm/s의 전진 속도로 커넥팅 로드 아이를 통과시키는 것이 바람직하다.

용사에 의한 피복 시에는 베어링 재료의 복수의 층을 커넥팅 로드 아이 상에 피복하는 것이 매우 바람직한다, 특히 4 내지 30개의 층을 형성할 수 있다. 그 경우에, 층을 상이한 방향으로 피복하는 것이 바람직한다, 이는 층의 품질을 개선하는 역할을 한다. 이것은, 커넥팅 로드 아이에서 회전 분사 노즐이 그 회전 방향을 그대로 유지하면서 커넥팅 로드 아이 속으로 들어가고 나오는 동안에 커넥팅 로드 아이를 코팅함으로써 실현된다.

본 발명에 따르면, 커넥팅 로드는 대량 생산으로 베어링 재료로 코팅된다. 그 경우, 일련의 개별적인 커넥팅 로드를 측정하여 검사하는 것이 바람직하다. 그와 관련하여, 특히 평균 거칠기 심도(Ra) 및/또는 베어링 재료 자체(예컨대, 혼합물을 사용할 경우에 베어링 재료의 분포의 균일성)를 측정 검사한다. 커넥팅 로드 측정 검사를 비파괴 형식으로 실시하는 것이 특히 바람직하다.

전술한, 그리고 후술하는 특징 및 조치는 본 발명에 따른 방법에 대해서도 커넥팅 로드와 동일하게 적용된다.

### 도면의 간단한 설명

도 1은 커넥팅 로드의 정면도.

도 2는 커넥팅 로드의 측면도.

도 3은 큰 커넥팅 로드 아이에서의 층 구조를 나타낸 도면.

도 4는 크랭크 샤프트 베어링 핀 및 미세 다공성 베어링 층을 구비한 커넥팅 로드 캡을 나타낸 도면.

도 5는 반경 방향 유희유 홈을 구비한 도 4의 커넥팅 로드 캡을 나타낸 도면.

도 6은 다수의 반경 방향 유희유 홈을 구비한 커넥팅 로드 캡을 나타낸 도면.

### 실시예

이하, 본 발명을 첨부 도면 및 실시예에 의거하여 더욱 상세히 설명하기로 한다.

실시되는 처리 단계들은 일부만이 필수적이다. 원칙적으로, 개별 처리 단계의 생략, 보충, 선택적 실시 및/또는 다른 처리 단계로의 교체가 가능하다.

### 크랙형 커넥팅 로드 제조 공정

예컨대 C 70 강으로 이루어지고 종래에는 베어링 웰을 구비하였던 통상의 커넥팅 로드(1)(도 1 및 도 2)를 제조 라인 상에 놓는다. 그 다음으로, 측면(2)을 예비 연마한다. 이어서, 큰 커넥팅 로드 아이(3) 및 작은 커넥팅 로드 아이(4)를 예비 가공한다. 즉, 해당 치수로 만든다. 또한, 커넥팅 로드 캡에 대해 측면(2)에서의 나사 천공 가공을 실시한다. 즉, 구멍(5)과 나사부(6)를 마련한다.

크랙을 준비하기 위해, FK-레이저(7)를 45°의 각도로 큰 커넥팅 로드 아이(3) 속으로 들여보낸다. 레이저(7)에 의해 큰 커넥팅 로드 아이(3)의 양쪽 및 중앙에는 폭이 약 0.5 mm이고 깊이가 약 0.3 내지 0.5 mm인 노치(8)가 각각 태워져 새겨진다. 선택적으로, 노치를 브로치(broach)에 의해 마련할 수도 있다.

노치(8)를 마련한 후에는 상세히 후술하는 바와 같이 큰 커넥팅 로드 아이(3)를 플라즈마 코팅한다. 플라즈마 층을 피복한 다음에는 큰 커넥팅 로드 아이(3)를 플라즈마 층과 함께 파단 장치에 의해 약 100 kN의 파단력으로 파단하여 크랙을 형성한다. 파단 부위를 세정하고(압축 공기를 송풍하고), 파단 분리된 커넥팅 로드 캡(9)을 나사(10)에 의해 예정된 토크로 조립한다. 작은 커넥팅 로드 아이(4)도 역시 부시(11)를 압입함으로써 조립한다. 그 다음으로, 평탄면(12)을 마감 연마한다.

이제, 큰 커넥팅 로드 아이(3)는 물론 경우에 따라서는 작은 커넥팅 로드 아이(4)를 해당 치수(16)(도 3을 참조)로 만든다. 이는 정밀 보링 가공 또는 정밀 스피들 가공에 의해 이루어진다. 이어서, 커넥팅 로드를 완전히 세정하고, 측정 검사하여 분류한다.

### 절단형 커넥팅 로드의 제조 공정

절단형 커넥팅 로드의 제조 과정은 근본적으로 전술한 과정과 동일하지만, 다만 측면, 헤드면 및 나사 접촉면을 브로치 가공한 후에 커넥팅 로드 아이를 절단에 의해 분리시킨다. 그와 같이 절단한 후에는 커넥팅 로드 본체와 커넥팅 로드 캡에 있는 분리 면을 개별적으로 브로치 가공한다. 이어서, 세정 단계를 실시한 후에 작은 커넥팅 로드 아이를 예비 가공 및 마감 가공한다. 이제, 측면에 구멍 및 나사부를 마련함으로써, 캡 볼트를 장착한다. 커넥팅 로드 본체와 커넥팅 로드 캡에 있는 분리면을 마감 가공하고, 다시 한번 세정한 후에 커넥팅 로드 캡을 커넥팅 로드 본체에 조립한다. 다시 FK-레이저에 의해 절단면에 노치를 마련하고, 큰 커넥팅 로드 아이에 베어링 층을 마련한 후에 다시 베어링 층을 파단한다.

예컨대, 작은 커넥팅 로드 아이(4) 속에 베어링 셸(11)을 압입하는 것과 같은 개별적인 제조 단계는 전체 과정 중의 상이한 시점에 실시될 수 있는데, 예컨대 플라즈마 코팅 전에 실시될 수 있다.

### 큰 커넥팅 로드 아이를 플라즈마 코팅하는 제조 공정

플라즈마 코팅을 위해, 커넥팅 로드를 세정하고, 큰 커넥팅 로드 아이를 탈지시킨 후에 건조시켜 실질적으로 습기를 제거한다. 그와 같이 전처리된 커넥팅 로드를 4개 내지 8개로 서로 겹쳐 쌓아서 큰 커넥팅 로드 아이가 동심상으로 해당 팔레트의 개구부에 놓여지도록 한다. 이 경우, 커넥팅 로드를 전처리된 작은 커넥팅 로드 아이 및 커넥팅 로드 본체 또는 측면에 의해 정향 및 고정시키는 것이 바람직하다. 커넥팅 로드를 적재한 팔레트를 준비 구역을 경유하여 샌드블라스팅 유닛에 도달시키고, 그 샌드블라스팅 유닛에서 큰 커넥팅 로드 아이를 샌드블라스팅에 의해 약 8 내지 12  $\mu\text{m}$ 의 평균 거칠기 심도로 거칠게 만든다. 이어서, 커넥팅 로드를 세정 스테이션으로 이송하고, 샌드블라스팅된 표면에 압축 공기를 송풍하여 그 표면을 세정한다. 끝으로, 전처리된 커넥팅 로드를 플라즈마 스테이션으로 이송하고, 그 플라즈마 스테이션에서 큰 커넥팅 로드 아이를 회전 플라즈마 버너에 의해 약 0.5 mm의 층 두께(15)(도 3을 참조)의 알루미늄 청동으로 코팅한다. 그 다음으로, 코팅된 커넥팅 로드를 냉각 구역으로 이송하고, 냉각된 커넥팅 로드를 특수 팔레트에 의해 그 냉각 구역으로부터 인출하여 전술한 후속 가공부에 공급한다.

본 발명에 따라 제조된 커넥팅 로드의 장점은, 큰 커넥팅 로드 아이 속에 베어링 셸이 들어가지 않아서 베어링 셸의 조립 자체가 생략되고, 베어링 셸을 위한 유지 홈을 마련하는 작업과, 베어링 셸의 버어를 제거하는 작업이 생략된다는 것이다. 그에 의해, 플라즈마 층을 부착하는 것이 비용상으로 경쟁력이 있게 된다. 또한, 플라즈마 코팅된 커넥팅 로드에서는 조립 시에 베어링 셸을 빠뜨릴 수가 없기 때문에 조립의 신뢰성이 향상된다.

본 발명에 따른 커넥팅 로드에서는 큰 커넥팅 로드 아이가 베어링 캡을 고정시키는 구역에서 보다 두꺼운 브리지 폭을 갖게 되는데, 그 이유는 플라즈마 층이 후속 가공 후에 약 0.3 mm의 두께로 되는 데 반해 베어링 셸의 두께가 2.5 mm에 달하기 때문이다. 이로 인해, 고부하 엔진에서의 커넥팅 로드 부하 지지력의 상승 및/또는 중량 절감이 가능하다. 또한, 2개의 베어링 셸 반쪽 사이에 생기는 간극이 없어지는데, 그러한 간극은 고부하의 경우에 오일 막의 파열 시작 지점에 해당한다. 즉, 본 발명에 따라 제조된 커넥팅 로드는 양호한 윤활 특성을 수반한다.

### 피복 공정

전술한 제조 공정에서 설명한 바와 같이, 반경 방향 홈을 구비한 코팅 대상 표면을 과열 증기로 세정할 수 있다. 그 경우, 실질적으로 100%의 탈지가 이루어진다. 기재 표면(철 재료, 예컨대 C 70)을 약 4 내지 6 bar의 블라스팅 압력에서 입자 크

기를 증가시키면서  $Al_2O_3$ 로 여러 번 샌드블라스팅함으로써 거칠게 만든다: 크랙형 커넥팅 로드 또는 절단형 커넥팅 로드 의 에칭된 파단 노치에 대한 제1 블라스팅 작업은  $\phi 0.063$  내지  $0.15$  mm(230 내지 100 메시)의 입도로 실시되고, 기재 표면과 반경 방향 홈에 대한 제2 블라스팅 작업은  $\phi 0.18$  내지  $0.35$  mm(80 내지 45 메시)의 입도로 실시되며, 기재 표면과 반경 방향 홈에 대한 제3 블라스팅 작업은  $\phi 0.6$  내지  $1.1$  mm(30 내지 16 메시)의 입도로 실시된다. 이어서, 후속 작업 단계로서 알루미늄/구리/철 합금으로 플라즈마 코팅을 실시하는데, 그 경우에 예컨대 5 내지 15 %의 알루미늄, 1 내지 5 %의 철, 1 내지 4 %의 코발트 및 0.5 내지 4 %의 망간을 함유한 알루미늄 청동, 특히 9 내지 12 %의 알루미늄, 약 2 %의 망간, 약 2 내지 2.5 %의 코발트 및 약 3 내지 4 %의 철을 함유한 알루미늄 청동을 사용할 수 있다. 코팅 재료의 평균 입도를 약  $38 \mu m$ 로 하여 제1 플라즈마 코팅을 약 200 내지  $250 \mu m$ 의 두께로 실시하는데, 그와 같이 플라즈마 코팅할 때에는 사용되는 각 버너와 관련된 피복 파라미터에 의해 층의 다공률을  $\leq 1$  %로 조절한다. 작업을 단절시키지 않고 약간 더 조대한 입자 크기 ( $\phi$ 약  $65 \mu m$ )로 추가의 코팅을 실시하는데, 이 때에도 역시 약 200 내지  $250 \mu m$ 의 층 두께를 형성한다. 그 경우, 장치 파라미터를 다공률이 1.5 내지 3.5 %의 범위에 이르도록 조절한다.

그러한 형식의 코팅은 반경 방향 홈이 없는 베어링에서도 실시할 수 있다.

### **반경 방향 홈을 구비한 절단형 커넥팅 로드 의 제조 공정**

이하에서는 전체 제조 과정을 설명하지만, 전술한 바와 같이 개개의 작업 단계는 작업 플랜에 따라 생략되거나, 상호 교환되거나, 보충되거나 다른 것으로 대체될 수 있다.

반제품 커넥팅 로드 를 공급받은 후에 그것을 제조 라인 상에 놓고, 그 제조 라인에서 평탄면(12)을 예비 연마하고 브로치 가공한다. 이어서, 측면(2), 헤드면 및 나사 접측면을 브로치 가공하고, 큰 커넥팅 로드 아이(3)를 절단한다. 그 다음으로, 분리면(30) 및 큰 커넥팅 로드 아이(3)를 브로치 가공하는데, 이 때 커넥팅 로드 본체와 커넥팅 로드 캡(9)을 별개로 가공한다. 각 부품을 세정한 후에 작은 커넥팅 로드 아이(4)를 예비 가공 및 마감 가공하고, 커넥팅 로드 나사(10)를 위한 구멍 및 나사부를 절삭한다. 작은 커넥팅 로드 아이(4) 속에 베어링 부시(11)를 압입하여 밀착시키고, 그 베어링 부시(11)에 대해 모따기를 한다. 커넥팅 로드 본체와 커넥팅 로드 캡(9)의 분리면(30)을 마감 연마하고 다시 한번 완전히 세정한다.

그 다음으로, 커넥팅 로드 캡(9)을 커넥팅 로드 링크 상에 얹고 커넥팅 로드 캡 볼트(10)를 예정된 토크로 조이고, 반경 방향 홈(32)을 채용할 경우에는 예컨대 프레이즈 절삭 또는 회전 절삭에 의해 홈을 큰 커넥팅 로드 아이에 마련한다.

추후에 플라즈마 층(15, 16)을 개방하기 위해, 예컨대 에칭 또는 레이저에 의해 큰 커넥팅 로드 아이에 파단 노치를 마련한다. 이어서, 큰 커넥팅 로드 아이를 플라즈마 코팅한다.

커넥팅 로드 의 유형에 따라 필요한 경우에는 오일 채널(큰 커넥팅 로드 아이로부터 커넥팅 로드 본체를 통해 작은 커넥팅 로드 아이까지 관통)을 보링 가공하는데, 이것은 가솔린 엔진의 경우에도 실시될 수 있지만, 대부분 디젤 엔진의 경우에 실시된다.

커넥팅 로드 캡 볼트(10)를 분리시킴으로써 피복된 플라즈마 층(15)에 크랙을 형성하는데, 이것은 플라즈마 코팅에 따라서는 흔히 플라즈마 층(15)의 잔류 응력에 의해 이미 이루어져 있다. 커넥팅 로드 캡(9)을 떼어내고, 파단 부위를 예컨대 공기 송풍에 의해 세정한다. 이어서, 커넥팅 로드 캡(9)을 다시 조립하고, 커넥팅 로드 캡 볼트(10)를 소정의 토크로 조인다. 큰 커넥팅 로드 아이(9)에 대해 양쪽에서 모따기를 하고, 선택 사양에 따라 반경 방향 홈의 모서리를 잘라낸다(등글게 가공한다).

그 다음으로, 평탄면(12)을 마감 연마하고, 작은 커넥팅 로드 아이(4)를 마감 보링 가공하며, 큰 커넥팅 로드 아이(3)를 마감 스핀들 가공하여 고유의 미끄럼 면(35)을 생성하고 베어링 층(16)의 미세 다공(33)을 개방한다. 추가의 세정 과정 후에 커넥팅 로드 를 측정 검사하여 분류하는데, 그러한 분류 시에는 2가지의 공차를 선택하는 것이 바람직하다.

그와 같이 제조된 커넥팅 로드 를 조립 라인에서 분해하고, 다시 그 조립 라인에서 내연 기관의 크랭크 샤프트(34) 상에 조립한다.

큰 커넥팅 로드 아이를 플라즈마 코팅하고 경우에 따라 오일 채널을 보링 가공한 후에 큰 커넥팅 로드 아이에 대해 양쪽에서 모따기를 하고, 선택 사양에 따라 반경 방향 홈의 모서리를 잘라낼 수도 있다. 그 경우, 연이어서 평탄면을 마감 연마하고, 작은 커넥팅 로드 아이를 마감 보링 가공하며, 큰 커넥팅 로드 아이(3)를 마감 스핀들 가공한다. 이어서, 커넥팅 로드 를

세정하고 측정 검사하여 분류한 후에, 특히 조립 라인에서 직접 커넥팅 로드 캡 볼트의 분리에 의해 플라즈마 층에 크랙을 형성한다. 커넥팅 로드 캡을 떼어내고, 파단 부위를 예컨대 공기 송풍에 의해 세정한다. 그 다음으로, 커넥팅 로드를 내연 기관의 크랭크 샤프트 상에 조립한다.

예컨대 커넥팅 로드 캡 볼트의 구멍을 약간 엇갈리게 위치시킴으로써 캡이 뒤집어진 채로 조립되는 것을 방지하는 것이 바람직한데, 그에 의해 크랙을 형성할 때에 플라즈마 층에 생긴 틈니형 부분이 다시 합치되는 상태로 서로 맞대어진다.

**반경 방향 홈을 구비한 크랙형 커넥팅 로드의 제조 공정**

(예컨대 C 70 강으로 이루어진) 반제품 커넥팅 로드를 제조 라인 상에 놓고, 측면을 평탄하게 연마하는 예비 연마를 실시한다. 큰 커넥팅 로드 아이 및 작은 커넥팅 로드 아이를 예비 가공하고, 베어링 캡에 대해 나사 천공 가공을 실시한다(구멍 및 나사부 절삭). 베어링 유형에 따라 바람직한 경우에는 예컨대 프레이즈 절삭 또는 회전 절삭에 의해 하나 이상의 반경 방향 홈을 큰 커넥팅 로드 아이에 마련한다. 이어서, 예컨대 45°의 각도를 이룬 채로 큰 커넥팅 로드 아이 속으로 도입되는 FK-레이저에 의해 큰 커넥팅 로드 아이에 노치를 형성한다. 이 때의 레이저 출력은 약 7 kW이다. 그 경우, 큰 커넥팅 로드 아이의 양쪽에, 폭이 약 2 mm에 못 미치고 깊이가 약 0.5 mm에 못 미치는 노치를 중앙에 마련한다. 노치를 브로치 또는 에칭에 의해 마련할 수도 있다. 커넥팅 로드 아이를 파단 장치에 의해 약 100 kN의 파단력으로 파단하여 크랙을 형성한다. 커넥팅 로드 베어링 캡을 떼어내고, 파단 부위를 예컨대 압축 공기에 의해 세정한다. 이어서, 커넥팅 로드 베어링 캡을 다시 조립하고, 커넥팅 로드 베어링 캡 볼트를 소정의 토크로 조인다. 그 다음으로, 큰 커넥팅 로드 아이를 플라즈마 코팅하고, 작은 커넥팅 로드 아이 속에 베어링 부시를 압입한다. 큰 커넥팅 로드 아이에 대해 양쪽에서 모따기를 하고, 커넥팅 로드의 측면을 마감 연마하며, 큰 커넥팅 로드 아이 및 작은 커넥팅 로드 아이를 정밀 보링 가공하거나 정밀 스핀들 가공한다. 이어서, 커넥팅 로드를 완전히 세정하고, 측정 검사하여 분류한다. 커넥팅 로드를 조립 라인에서 분해하고, 다시 내연 기관의 크랭크 샤프트 상에 조립한다.

특히 커넥팅 로드 베어링 캡 볼트를 분리시켜 플라즈마 층에 크랙을 형성하는 것은 조립 라인에서 직접 실시되거나 그 이전의 시점에서 실시할 수도 있다. 플라즈마 층에 크랙을 형성한 후에는 커넥팅 로드 베어링 캡의 파단 부위를 세정(공기 송풍)하는 것이 좋다.

**플라즈마 코팅의 제조 공정**

커넥팅 로드를 세정하고 적어도 큰 커넥팅 로드 아이를 과열 증기로 탈지시킨 후에 잔류 습기의 함량이 가능한 한 낮아지도록 건조시킨다. 커넥팅 로드를 큰 커넥팅 로드 아이에 대해 동심으로 특수 팔레트 상에 겹쳐 쌓는다(통상, 4 내지 8개의 커넥팅 로드). 그 경우, 커넥팅 로드를 작은 커넥팅 로드 아이 및 커넥팅 로드 본체 또는 측면에 의해 고정시킬 수 있다. 커넥팅 로드를 적재한 특수 팔레트를 중립 구역을 경유하여 샌드블라스팅 유닛으로 이송하여 정해진 장소에 위치시킨다. 큰 커넥팅 로드 아이를 전술한 샌드블라스팅 등급으로 샌드블라스팅하여 약 6.5 내지 8 μm의 평균 거칠기 심도로 거칠게 만든다. 이어서, 샌드블라스팅된 커넥팅 로드와 함께 특수 팔레트를 세정 스테이션으로 이송하고, 그 세정 스테이션에서 샌드블라스팅된 표면에 압축 공기를 송풍하여 그 표면을 세정한다. 계속적으로, 커넥팅 로드를 플라즈마 스테이션으로 이송하고, 그 플라즈마 스테이션에서 큰 커넥팅 로드 아이를 우선 다공성이 낮은 알루미늄 청동 층으로, 이어서 다소의 다공성을 수반한 알루미늄 청동 층으로 플라즈마 코팅하여 전체 두께가 약 0.5 mm로 되도록 한다. 코팅된 커넥팅 로드를 냉각 구역으로 이송하고, 냉각 후에 커넥팅 로드를 특수 팔레트에 의해 인출하여 후속 가공부에 인도한다.

본 발명의 장점은 베어링 셸 및 그것의 조립이 생략되고, 베어링 셸을 위한 유지 홈을 마련하는 작업과 베어링 셸의 버어를 제거하는 작업이 생략된다는 데 있다. 그에 의해, 조립의 신뢰성이 향상된다. 플라즈마 코팅으로 인해 베어링 캡을 고정시키는 구역에서의 브리지 폭이 보다 두껍게 되는데(커넥팅 로드 아이의 직경이 보다 더 작아지는데), 그 이유는 베어링 셸의 두께가 약 2.5 mm인데 반해 플라즈마 층이 0.5 mm 미만에 불과하기 때문이다. 그에 의해, 고부하 엔진에서의 커넥팅 로드 부하 지지력이 상승되거나 중량이 절감될 수 있다. 또한, 2개의 베어링 셸 반쪽 사이에 생기는 간극이 없어지는데, 그러한 간극은 상황에 따라서는 구조적 조건으로 인해 오일 막을 파괴시킬 수 있다. 즉, 플라즈마 코팅에 의해 양호한 윤활 특성이 얻어진다. 동시에, 한 부류의 공차가 플라즈마 코팅에 의해 생략되기 때문에 공차의 수가 감소된다. 그에 수반하여, 제조 공차가 작아짐으로써 엔진의 운전도 양호해진다. 플라즈마 코팅에 반경 방향 홈을 채용함으로써 베어링 부하가 향상되고 혼합 마찰 시간이 단축된다. 미세 압력실 시스템은 특히 하나 이상의 홈과 조합하여 마찰치를 개선시킨다. 홈은 코팅의 절삭 가공 후에도 실질적으로 그 홈 속에만 여전히 존재하는 다른 미끄럼 베어링 재료로 코팅될 수도 있다. 그러한 베어링 재료는 납, 아연 또는 니켈을 기조로 하는 재료일 수 있다. 그에 의해서도 역시 베어링 부하 및 내구 수명의 향상이 가능하다.

**(57) 청구의 범위**

### 청구항 1.

커넥팅 로드 아이를 구비하는 커넥팅 로드의 제조 방법으로서,

베어링 재료의 용사에 의해 커넥팅 로드 아이에 피복되는 베어링 층을 커넥팅 로드 아이 내에 배치하고, 용사의 진행 중에 베어링 재료를 커넥팅 로드 아이 상에 용착하는 용착 온도를 변화시키고,

상기 용착 온도는 버너의 전류 또는 전압의 변화, 연소 가스량의 변화, 냉각 가스량의 변화, 베어링 재료의 공급 변경 중 하나 이상에 의해 변화되는 것을 특징으로 하는 커넥팅 로드의 제조 방법.

### 청구항 2.

커넥팅 로드 아이를 구비하는 커넥팅 로드의 제조 방법으로서,

베어링 재료의 용사에 의해 커넥팅 로드 아이 상에 피복되는 베어링 층을 커넥팅 로드 아이 내에 배치하고,

베어링 재료를 커넥팅 로드 아이에 용착하는 용착 온도는 전체 베어링 층을 용착할 때에 커넥팅 로드 아이 재료를 가열하여 연화시킬 정도로 높게 선택되는 것을 특징으로 하는 커넥팅 로드의 제조 방법.

### 청구항 3.

제1항 또는 제2항에 있어서, 베어링 재료의 용착 온도는 용사 진행 중에 저하되는 것을 특징으로 하는 커넥팅 로드의 제조 방법.

### 청구항 4.

제1항 또는 제2항에 있어서, 용사된 베어링 재료는 기계적으로 후속 가공되는 것을 특징으로 하는 커넥팅 로드의 제조 방법.

### 청구항 5.

제1항 또는 제2항에 있어서, 저온에서 용착된 베어링 재료는 부분적으로 또는 전체적으로 제거되는 것을 특징으로 하는 커넥팅 로드의 제조 방법.

### 청구항 6.

제1항에 있어서, 베어링 재료의 공급 변경은 베어링 재료의 원료의 변경, 공급되는 베어링 재료의 입도의 변경, 단위 시간당 공급되는 베어링 재료량의 변경 중 하나 이상인 것을 특징으로 하는 커넥팅 로드의 제조 방법.

### 청구항 7.

제1항 또는 제2항에 있어서, 베어링 층을 용사하여 형성하기 전에, 커넥팅 로드 아이는 샌드블라스팅(입자 분사)에 의해 거칠게 되는 것을 특징으로 하는 커넥팅 로드의 제조 방법.

**청구항 8.**

제1항 또는 제2항에 있어서, 커넥팅 로드 아이는 4 내지 30  $\mu\text{m}$ 의 평균 거칠기 심도( $R_A$ )로 거칠게 되는 것을 특징으로 하는 커넥팅 로드의 제조 방법.

**청구항 9.**

제1항 또는 제2항에 있어서, 베어링 재료는 플라즈마 용사에 의해 피복되는 것을 특징으로 하는 커넥팅 로드의 제조 방법.

**청구항 10.**

제1항 또는 제2항에 있어서, 베어링 재료로서 금속이 피복되는 것을 특징으로 하는 커넥팅 로드의 제조 방법.

**청구항 11.**

삭제

**청구항 12.**

삭제

**청구항 13.**

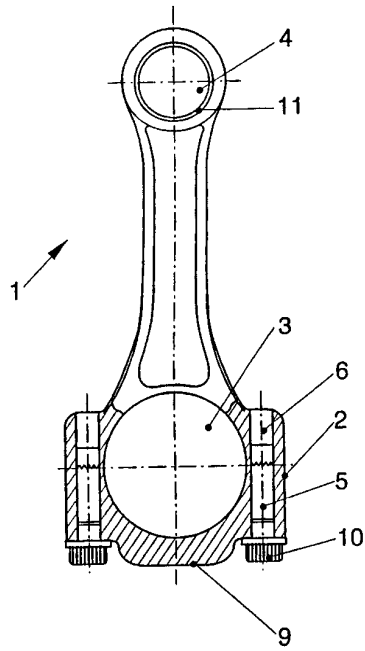
삭제

**청구항 14.**

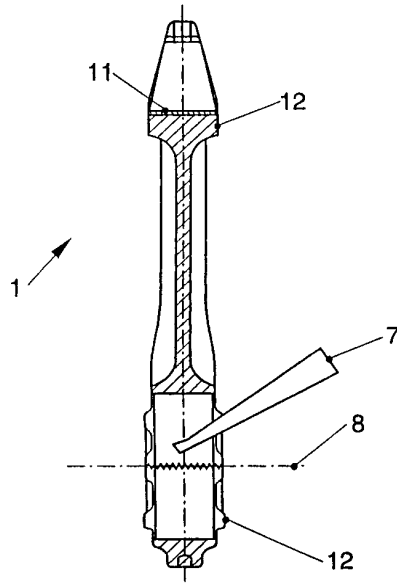
삭제

도면

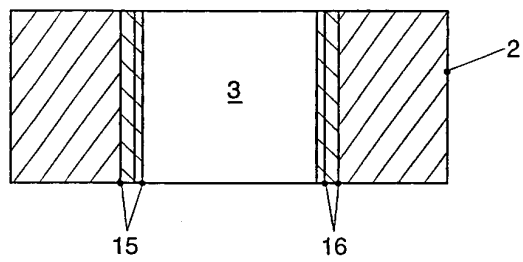
도면1



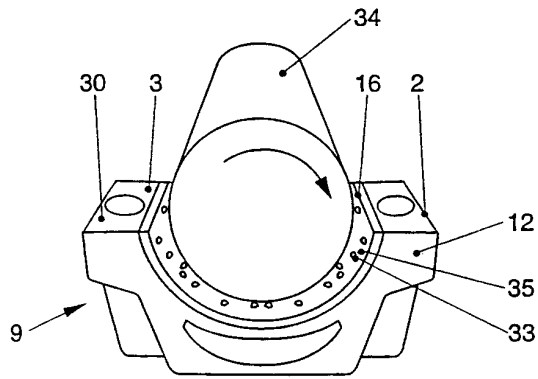
도면2



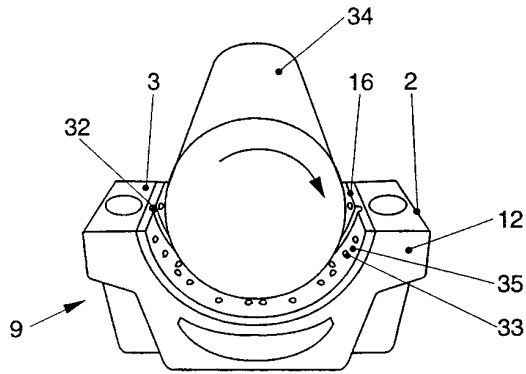
도면3



도면4



도면5



도면6

