(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl. [6]
B24C 1/10

(45) 공고일자 2002년09월26일
(11) 등록번호 10-0324088
(24) 등록일자 2002년01월29일

(21) 출원번호 10-1997-0013076
(22) 출원일자 1997년04월09일

(65) 공개번호 특1997-0069245
(43) 공개일자 1997년11월07일

(30) 우선권주장 96-92786 1996년04월15일 일본(JP)

(73) 특허권자
산코루 가부시키가이샤
일본국 쿄토후 쿄토시 우쿄쿠 우메즈니시우라 - 14
가부시끼가이샤 후지세이사쿠쇼
일본국, 도꾜도, 에도가와-쿠, 마쓰에 5-2-24
가부시키가이샤 후지키한
일본국 아이치켄 나고야시 키타쿠 마루신쵸 471

(72) 발명자
야마다 요시로오
일본국 쿄오토후 쿄오토시 우쿄오쿠 우메즈니시우라쪼오 14 산코오루 카부시키가이샤 나이
이시다 마사아키
일본국 아이찌켄 토요타시 미켄쪼오 4쪼오메 1 산코오루 카부시키가이샤 토요타코오죠오 나이
우즈마키 카주히로
일본국 쿄오토후 쿄오토시 우쿄오쿠 우메즈니시우라쪼오 14 산코오루 카부시키가이샤 나이

(74) 대리인
임정진
하상구
하영욱

심사관 : 최중일

(54) 강철제공작물의표면처리방법

요약

미세한 투사재를 사용한 숏피닝으로 한층 피로특성의 향상을 도모하는 것이다.

20 100㎛의 다수의 경질금속입자를, 강철제공작물의 표면으로 80m/sec이상의 충돌속도를 투사한다. 그 때, 충돌에 의한 공작물 표면의 승온한계를 150℃보다도 고온으로서, 강철의 회복재결정과 오스테나이트화를 야기시키는 온도보다는 저온으로 되도록 충돌속도를 제어한다.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 미세한 금속입자의 고속 숏 피닝(shot peening)에 의한 강철제공작물의 표면처리방법에 관한 것이다.

엔진의 밸브스프링이나 클러치스프링 등의 코일스프링은 내피로성이 요구되므로 보통 숏 피닝 처리된다. 상기 숏 피닝에는 강철제 금속입자(강철구 또는 커트와이어)가 사용되며, 그 크기는 일반적으로는 0.6 0.8㎜이다. 이와 같이 비교적 큰 금속입자를 속도 100m/sec 미만의 속도로 투사하고 있지만, 이것만으로는 공작물 표면의 압축잔류응력, 표면조도, 표면경도가 불충분한 경우가 있다. 그래서 이와 같은 경우에는 0.2 0.3㎜의 비교적 작은 금속입자를 100m/sec 이하로 투사하는 2회째의 숏 피닝을 실시하여 압축잔류응력, 표면조도, 표면경도를 개선하는 경우도 있다. 또, 공작물을 150 400℃로 가열한 상태에서 이와 같은 숏 피닝을 실시하여 내피로성을 한 단계 향상시키는 방법도 알려져 있다.

일반적으로는, 투사재의 입자지름이 커짐에 따라 공작물의 표층에 형성되는 압축잔류응력의 영역은 깊어지므로, 표층피하의 깊이 0.2 0.5㎜에 산재하는 비금속 개재물, 예컨대, 입자지름 20 40㎛의 Al_2O_3나 $MgO \cdot Al_2O_3$(스피넬) 덩어리에서의 피로절손의 방지에 대해서는 600 800㎛ 크기의 투사재가 유효하다.

그러나, 투사재가 커지면 표면의 요철(표면조도)이 커지며, 특히 투사속도가 커짐에 따라 그와 같은 경향이 가속되므로 공작물의 표면근방에서의 절손이 발생하기 쉽게 된다.

그래서, 최초에 600 800㎛의 투사재를 사용하여 숏 피닝을 실시하고, 그 후 200 300㎛ 정도의 작은 입자지름의 투사재를 사용하여 숏 피닝을 실시함으로써 표면에서의 피로절손을 방지하는 소위 2단 쇼트법도 실용되어 있다.

한편, 40 200㎛의 미세한 투사재를 100m/sec 이상으로 고속투사하여 공작물표면을 A_3변태점 이상으로 승온시키는 표면처리법도 제안되어 있다(특공평 2-17607호).

상기 처리법은 A_3변태점 이상의 승온 열처리에 의한 공작물 표면 부근의 조직변화와, 숏 피닝에 의한 고압축 잔류응력 등에 의하여 극히 높은 표면경도와 피로강도를 얻는 것을 목적으로 하고 있다.

그러나, 이와 같은 고속투사에서는 공작물 표층부에 국부적인 고속단열전단변형대(adiavatic shear band)가 발생하기 쉽고, 특히 단열 전단변형장소에서 마텐자이트나 베이나이트 등의 과냉조직이 국부적으로 발생하면 그곳에서의 절손의 가능성이 높아지고, 공작물의 피로특성에 악영향을 부여한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 목적은 미세한 투사재를 사용한 숏 피닝에서 피로특성의 향상을 도모하는데 있다.

일반적으로 밸브스프링 등에 실시되어 있는 0.6 0.8㎜의 투사재를 사용한 숏 피닝에서는 최표층에서 수십㎛의 깊이 위치에서 압축잔류응력과 경도의 피크가 생기며, 이것은 표층피하의 비금속 개재물에서의 절손을 방지하기 위해서는 유효하지만, 표면조도의 점에서 문제가 있다는 것은 이미 설명하였다. 이와 같이 내피로성은 압축잔류응력, 표면조도, 경도, 비금속 개재물 등 다양한 요인과 복잡하게 관계되어 있고, 특정한 요인에만 착안하더라도 내피로성을 효과적으로 향상시킬 수는 없다.

본 발명자들은 숏 피닝 시 공작물의 표면온도에 착안하여 이 표면온도를 시멘타이트(Fe_3C)의 용해도가 실온보다도 증대하는 150℃ 이상이며, 또한 강철 회복재결정과 오스테나이트화를 야기시키는 온도보다는 저온이 되도록, 20 100㎛의 다수의 경질 금속입자를 강철제공작물의 표면으로 80m/sec 이상의 소정속도로 제어하여 충돌시키도록 하였다.

20 100㎛의 미세한 경질 금속입자가 80m/sec 이상의 고속으로 강철제 공작물의 표면에 충돌하면, 공작물 표층 속의 시멘타이트가 잘게 파쇄됨과 아울러 충돌에 의한 공작물표면의 소성변형에 의해 발생하는 발열에 의하여 파쇄 시멘타이트가 150℃ 이상으로 승온되며, 이것에 의하여 시멘타이트의 용해도가 상승되어, 파쇄 시멘타이트의 일부가 분해하며, 시멘타이트의 결정격자로부터 튀어나와서 자유롭게 된 탄소원자가 충돌에 의한 소성변형으로 생긴 α철 속의 전위부분으로 편석(偏析, segregation)하는 소위 코트렐분위기의 형성에 의해 전위가 고착됨으로써 전위운동을 방해하여 항복강도가 강화된다. 이와 같은 메카니즘에 의하여 공작물의 최표층부가 경화된다.

또, 본 발명은 20 100㎛의 미세한 금속입자를 사용하므로 표면조도를 매끈하게 유지할 수 있고, 또한 압축잔류응력과 경도의 피크를 최표층 측으로 접근시켜서 큰 값으로 형성할 수 있으므로, 전위의 고착효과와 서로 작용하여 내피로성이 향상된다.

단, 전위고착은 온도의존성이 크므로 미세한 입자의 충돌에 의한 공작물표면의 고온측 승온한계는 전위고착의 상한온도인 450℃ 이하로 하면 좋다.

또한, 100㎛ 보다 큰 입자에서는 80m/sec 이상의 고속투사를 하여도 시멘타이트가 충분히 작은 조각으로 파쇄되지 않기 때문에, 표면 잔류응력과 경도 및 피로강도의 개선효과가 두드러진 것은 아니다. 또, 20㎛ 미만의 미세한 입자에서는 공기 등의 가스를 단체로서 투사해도 80m/sec 이상의 고속투사는 곤란하다.

또, 0.6㎜ 0.8㎜의 투사재에 의한 제1단 쇼트 후에, 0.2 0.3㎜의 투사재에 의한 제2단 쇼트를 실시한 후, 다시 제3단 쇼트로서 본 발명에 의한 미세입자에 의한 고속 숏피닝을 실시하면, 표층피하의 비교적 얕은 곳에서 깊은 곳까지 넓은 깊이 범위에서 큰 값으로 압축잔류응력을 부여할 수 있고, 또 표면조도와 표면경도 역시 미세한 입자의 투사로 개선되므로 더욱 양호한 피로특성의 개선효과가 얻어진다.

발명의 구성 및 작용

아래에서, 본 발명의 실시형태에 대하여 설명한다. 본 발명에서 사용하는 투사재(쇼트)는 20 100㎛의 경질금속입자이고, 보통은 강철구 또는 커트와이어를 사용한다. 이와 같은 미세한 금속입자를 강철제 공작물, 예컨대 밸브스프링이나 클러치스프링의 표면에 80m/sec 이상의 속도로 충돌시킨다. 이와 같은 미세입자의 고속투사는 임펠러투사 혹은 공기 등의 가스를 단체로서 투사한다. 숏피닝의 정도는 본 발명에서는 100% 이상으로 한다. 100% 이상으로부터 몇 %까지 진척되어 있는지는 쇼트시간으로부터 비례계산한다.

투사속도가 커짐에 따라 공작물의 표면온도가 상승하지만, 본 발명에서는 이 승온의 하한과 상한을 규제하고 있다. 즉, 최저 승온한계를 150℃로 하고, 최대승온한계를 강철의 회복재결정과 오스테나이트화를 야기시키는 온도보다 저온으로 규제하고 있다. 공작물의 표면온도는 투사하는 금속입자의 크기, 속도, 투사시간과 공작물의 종류에 따라 대략 근본적으로 결정되므로, 이들 제 조건과 온도간의 관계를 미리 제어용 데이터로서 집적해두고, 이 데이터에 의거하여 투사시간과 투사속도를 제어한다.

또, 표층피하의 비금속 개재물로부터의 절손 예방효과를 강화하기 위해서는, 본 발명의 미세입자의 숏 피닝과 100㎛ 보다 큰 투사재를 사용하는 종래의 숏 피닝 등을 결합한 소위 다단 쇼트로 하는 것이 바람직하다. 예컨대 2단 쇼트로서,

강철제 공작물의 표면에 100㎛ 1.0㎜의 쇼트입자를 투사하여 공작물의 표면에서 0.05㎜ 0.5㎜의 깊이 위치에서 압축잔류응력을 부여한 후, 본 발명의 미세입자의 숏피닝처리를 실시한다. 또, 3단 쇼트로서 밸브스프링이나 클러치스프링 등의 코일스프링에 300㎛ 이상의 쇼트입자를 투사하고, 다음에 100㎛를 초과하여 300㎛ 미만의 쇼트입자를 투사하여 공작물의 표면조도와 압축잔류응력을 개선한 후, 본 발명의 미세입자의 숏 피닝처리를 실시한다.

두께가 비교적 엷은 예컨대 박판스프링 등의 공작물에 대해서는, 공작물 내부의 응력경사도가 급해지고 깊은 곳까지 압축잔류응력을 부여할 필요성이 없다는 점에서 비교적 작은, 예컨대 20㎛ 60㎛의 금속입자를 투사하는 것이 바람직하다.

또, 압축잔류응력을 특히 증대시킬 필요가 있는 공작물에 대해서는 공작물에 외부응력을 작용시킨 상태에서 소위 스트레스피닝을 실시하면 좋다.

밸브스프링이나 클러치스프링 등에서는 스프링단체를 숏 피닝한 후에 냉간 또는 온간 세팅함으로써 잔류응력을 부여하여 침강을 방지할 수 있다.

또, 필요에 따라 100㎛ 이하, 바람직하게는 20 60㎛ 이하의 금속입자에 의한 고속쇼트를 실시한 스프링을 예컨대 230℃의 저온으로 템퍼링한다.

단, 본 발명의 미세입자의 숏피닝에 의하면, 공작물 표면만을 예컨대 150 450℃로 승온시킨 후 냉각시키는 일종의 부분저온 템퍼링이 가능하므로, 공작물의 표층에서는 저온템퍼링에 의한 인성향상이 필요하지만 중심부의 경우에는 특히 저온템퍼링에 의한 인성향상을 필요로 하지 않는 공작물에 대해서는 이 저온템퍼링을 생략할 수도 있다.

(실시예)

(1) 실시예1과 비교예1에 사용한 강철제 공작물은 4.5㎜φ, JIS SWOSCV의 코일스프링이다.

(실시예1)

다음의 2단 숏피닝을 실시하였다.

①제1단 쇼트

0.6㎜φ의 커트와이어를 충돌속도 V=70m/sec, 커버리지 300%로 설정하여 투사하였다.

②제2단 쇼트

0.3㎜φ의 스틸쇼트를 충돌속도 V=80m/sec, 커버리지200%로 설정하여 투사하였다.

③제3단 쇼트

평균 40㎛의 스틸쇼트를 충돌속도 V=180m/sec, 커버리지 400%로 설정하여 투사하였다.

이 제3단 쇼트에서 공작물의 표면온도의 상한을 150 450℃ 사이로 제어하였다.

④피로강도

반복회수=3×10^7 회까지 성형시험기를 사용하여 실시하였다.

이 결과, 피로강도= 686±637(MPa)이였다.

(비교예1)

①제1단 쇼트

0.6㎜φ의 커트와이어를 충돌속도 V=70m/sec, 커버리지 300%로 설정하여 투사하였다.

②제2단 쇼트

0.3㎜φ의 스틸쇼트를, 충돌속도 V=80m/sec, 커버리지 200%로 설정하여 투사하였다.

①과 ②의 각 쇼트에서, 공작물의 표면온도의 상한을 150 450℃ 사이로 제어하였다.

③피로강도

반복회수=3×10^7 회까지 성형시험기를 사용하여 실시하였다.

이 결과, 피로강도= 686±588(MPa)이였다.

(피로강도의 비교)

실시예1의 피로강도…686±637(MPa)

비교예1의 피로강도…686±588(MPa)

실시예1이 637-588=49(MPa) 만큼 피로강도가 향상된 것을 알 수 있다.

(2) 실시예2와 비교예2에 사용된 강철제공작물은 밸브스프링용 Si-Cr강을 냉간압연하여 박판으로 제작한 200개의 박판성형스프링이다.

이 박판성형스프링은 상세하게는 다음의 공정으로 제작된다.

밸브스프링용 Si-Cr강의 표면피 절삭→납패턴팅(patenting)→산 세정→신선→평압연재(단면치수 1.4㎜ 두께×5.5㎜ 폭, 평균단면경도 Hv=540)→코일링

(실시예2)

①다음의 숏피닝을 실시하였다.

0.05㎜φ의 스틸쇼트를 압축에어에 의하여 충돌속도 V=180m/sec, 커버리지 100% 이상, 투사시간 t=13초로 설정하여 투사하였다.

이때, 공작물의 표면온도의 상한을 150 450℃ 사이로 제어하였다.

②피로강도

피로한도를 10^8 회로 하고, 평균응력 = 진폭응력의 조건에서 편진동 피로시험을 실시한 결과, σ_{max} = 165kgf/㎟였다.

(비교예2)

①다음의 숏피닝을 실시하였다.

0.3㎜φ의 스틸쇼트를 임펠러에 의하여 충돌속도 V=80m/sec, 커버리지100% 이상, 투사시간 t=30분으로 설정하여 투사하였다.

이때, 본 발명에서는 공작물의 표면온도의 상한을 150 450℃ 사이로 제어하였다.

②피로강도

피로한도를 10^8 회로하고, 평균응력 = 진폭응력의 조건에서 편진동 피로시험을 실시한 결과, σ_{max} = 125kgf/㎟였다.

(피로강도의 비교)

실시예2가 165-125=40kgf/㎟만큼 피로강도가 향상된 것을 알 수 있다.

③X선 회절

실시예2의 0.05㎜φ의 미세한 쇼트를 실시한 웨이브 스프링과, 비교예2의 0.3㎜φ의 스틸쇼트를 실시한 웨이브스프링의 각 표층으로 X선(Cu kα선)을 조사하여 X선 회절을 실시하였다.

그 결과, 쇼트 전의 압연 내지 스프링성형된 공작물 표면(압연면)에는 α철을 압연했을 때에 보통 발달하는 {200}〈110〉 집합조직이 발달하고 있는 즉, 압연면에 평행하게 {200}면이 우선적으로 배향하며, 압연방향으로 〈110〉 방위가 우선적으로 배향하고 있다.

그러나, 이것과 실시예2와 비교예2의 쇼트를 각각 실시하면, 압연면 상에는 α철의{110}면이 우선적으로 배향되고, 압연상태에서 존재한 〈110〉 방향(압연방향)의 우선방위가 소멸하는 것을 알 수 있었다.

이 때에 주목해야 할 점은 본 발명에 의한 미세쇼트보다도 종래의 쇼트 쪽이 투사에 의한 α철의 {110}집합조직이 잘 발달하여 있다는 점이다. 이것은 종래의 방법에서는 30분간의 장시간 쇼트투사에 의하여 쇼트의 커버리지가 충분히 크고, 다수의 쇼트가 반복하여 투사되며, 그 누적결과에 따라 집합조직이 잘 발달된 것으로 생각되지만, 본 발명의 경우 쇼트투사시간은 약 13초이고, 커버리지는 100%이상으로 되어 있지만, 종래의 쇼트보다도 집합조직의 발달이 작은 것이 주된 원인으로 생각된다.

동일한 X선회절 측정의 결과에서 α철의 (110)(200)(211)의 피크의 위치는 거시적 잔류응력생성에 의한 약간의 변화는 인정되만, 마텐자이트생성에 의한 것 같은 대폭적인 피크위치의 변화는 없다. 그러나, 실시예2의 쪽이 비교예2보다도 이들 회절피크위치의 변화가 크고, 표층에 의하여 큰 압축잔류응력이 생성한다는 것도 판명되었다.

또, 주사전자현미경에 의한 표층조직관찰에서 표층으로부터 수㎛의 깊이까지는 실시예2와 비교예2는 마찬가지의 금속조직을 나타내고 있고, 실시예2에 마텐자이트조직이나 단열전단변형대는 인정되지 않는다. 따라서, 실시예2의 쇼트처리는 적절한 조건에서 이루어졌다고 할 수 있다.

또, 표층부의 경도분포를 산출한 결과와, 전자현미경관찰결과 및 잔류응력측정 결과에서도, 실시예2는 비교예2보다도 숏피닝의 효과가 비교적 얕은 영역에 멈추어 있지만 효과는 크다.

발명의 효과

본 발명은 상술한 바와 같이, 투사입자의 지름을 작게 함으로써, 숏피닝의 효과가 비교적 얕은 영역으로 멈추고 있지만, 표층의 가공경화에 의한 경도상승과, 압축잔류응력을 보다 크게 부여할 수 있고, 표층의 조도도 작아져서 표면 오목부에 의한 응력집중이 작아지며, 이들의 상승효과에서 대단히 양호한 내피로성을 얻을 수 있으며, 특히 공작물 표면의 승

온한계를 150℃보다 고온으로서 강의 회복재결정과 오스테나이트화를 야기시키는 온도보다는 저온으로 제어하면서 충돌시키므로, 단열전단변형대 및 마텐자이트나 베이나이트 등의 과냉조직이 발생하지 않고, 또 미세입자의 사용에 의하여 시멘타이트의 파쇄세분화를 촉진시켜 대규모의 유리 탄소원자의 생성과 전위고착에 의하여 항복강도를 강화할 수 있으므로, 종래의 숏피닝에 비하여 내피로성을 크게 향상시킬 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

20 100㎛의 다수의 경질 금속입자를 강철제 공작물의 표면에 80m/sec 이상의 충돌속도로, 또한 충돌에 의한 공작물 표면의 승온한계를 150℃보다 고온으로, 강의 회복재결정을 야기시키는 온도보다는 저온으로 제어하면서 충돌시키는 것을 특징으로 하는 강철제 공작물의 표면처리방법.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 승온한계의 고온측을 전위고착의 상한온도로 한 것을 특징으로 하는 강철제공작물의 표면처리방법.

청구항 3.

제1항에 있어서, 공기 등의 가스를 단체로 하여 상기 금속입체를 투사하는 것을 특징으로 하는 강철제공작물의 표면처리방법.

청구항 4.

제1항에 있어서, 강철제공작물의 표면에 지름 100㎛ 1.0㎜의 쇼트입자를 투사하여 공작물의 표면으로부터 0.05㎜ 0.5㎜의 깊이표면영역에 압축잔류응력을 부여한 후 표면처리를 실시하는 것을 특징으로 하는 강철제공작물의 표면처리방법.

청구항 5.

제1항에 있어서, 밸브스프링이나 클러치스프링 등의 코일스프링에 300㎛를 초과하는 치수의 쇼트입자를 100m/sec 이상에서 투사하고, 다음에 100㎛를 초과하고 300㎛ 이하인 쇼트입자를 투사하여 공작물의 표면조도와 압축잔류응력을 개선한 후 표면처리를 실시하는 것을 특징으로 하는 강철제공작물의 표면처리방법.

청구항 6.

제1항에 있어서, 20㎛ 60㎛의 금속입자를 박판스프링의 표면으로 투사하는 것을 특징으로 하는 강철제공작물의 표면처리방법.

청구항 7.

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 강철제 공작물의 표면에 외부응력을 작용시킨 상태에서 실시하는 것을 특징으로 하는 강철제공작물의 표면처리방법.

청구항 8.

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 표면처리를 실시한 강철제공작물를 냉간 또는 온간 세팅하는 것을 특징으로 하는 강철제공작물의 표면처리방법.

청구항 9.

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 표면처리를 실시한 강철제 공작물을 저온에서 템퍼링하는 것을 특징으로 하는 강철제공작물의 표면처리방법.

청구항 10.

1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 기재된 표면처리를 실시한 스프링.