



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

|                      |           |             |
|----------------------|-----------|-------------|
| (51) 。 Int. Cl.      | (45) 공고일자 | 2007년05월02일 |
| C22C 38/00 (2006.01) | (11) 등록번호 | 10-0711370  |
| C22C 38/48 (2006.01) | (24) 등록일자 | 2007년04월18일 |

|             |                   |             |                 |
|-------------|-------------------|-------------|-----------------|
| (21) 출원번호   | 10-2005-7017198   | (65) 공개번호   | 10-2005-0105281 |
| (22) 출원일자   | 2005년09월14일       | (43) 공개일자   | 2005년11월03일     |
| 심사청구일자      | 2005년09월14일       |             |                 |
| 번역문 제출일자    | 2005년09월14일       |             |                 |
| (86) 국제출원번호 | PCT/JP2004/004195 | (87) 국제공개번호 | WO 2004/087978  |
| 국제출원일자      | 2004년03월25일       | 국제공개일자      | 2004년10월14일     |

(30) 우선권주장 JP-P-2003-00092600 2003년03월28일 일본(JP)

(73) 특허권자 가부시킴가이샤 고베 세이코쇼  
일본 효고켄 고베시 주오구 와키노하마쵸 2쵸메 10번26고

니혼 하츠쵸 가부시킴가이샤  
일본 가나가와켄 요코하마시 가나자와구 후쿠우라 3쵸메 10번치

신코코센고교 가부시킴가이샤  
일본국 효고켄 아마가사키시 나카하마쵸 10-1

(72) 발명자 수다, 스미에  
일본국 효고켄 고베시 나다구 나다하마히가시쵸 2반,가부시킴가이샤 고베세이코쇼 고베제철소 내

이바라키, 노부히코  
일본국 효고켄 고베시 나다구 나다하마히가시쵸 2반,가부시킴가이샤 고베세이코쇼 고베제철소 내

타카무라, 노리토시  
일본국 가나가와 아이코군 아이카와마치 나카즈 아자사쿠라다이4056반치 니혼하츠쵸 가부시킴가이샤 내

테라카도, 나오키  
일본국 나가노 카미이나군 미야다무라 3131반치 니혼하츠쵸가부시킴가이샤 내

텐도, 사토루  
일본국 나가노 카미이나군 미야다무라 3131반치 니혼하츠쵸가부시킴가이샤 내

후지와라, 타다요시  
일본국 효고켄 아마가사키시 나카하마쵸 10번치 1, 신코코센고교가부시킴가이샤 내

진보, 테츠오  
일본국 효고켄 아마가사키시 나카하마쵸 10반치 1, 신코코센고교가부시  
키가이샤 내

(74) 대리인 김철수

(56) 선행기술조사문헌  
12169937 \*  
\* 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 김수성

전체 청구항 수 : 총 6 항

## (54) 가공성이 우수한 고강도 스프링용 강선 및 고강도 스프링

### (57) 요약

본 발명의 스프링용 강선은 템퍼 마르텐사이트조직을 갖고, 필수원소로서 C: 0.53 ~ 0.68%, Si: 1.2 ~ 2.5%, Mn: 0.2 ~ 1.5%, Cr: 1.4 ~ 2.5 %, Al: 0.05 % 이하를 함유하고, 선택원소로서 Ni: 0.4% 이하, V: 0.4% 이하, Mo: 0.05~0.5%, Nb: 0.05~0.5% 등을 함유하고, 잔부는 Fe 및 불가피불순물로 이루어지며 구(舊)오스테나이트립의 결정입도번호가 11.0 이상, 내력비( $\sigma_{0.2}/\sigma_B$ )가 0.85 이하인 것을 특징으로 한다. 이에 의해, 내 셋팅성과 피로특성 모두 우수하고 가공성(냉간가공성)도 우수한 고강도 스프링용 강선을 얻을 수 있다.

### 특허청구의 범위

#### 청구항 1.

템퍼 마르텐사이트 조직을 가지는 스프링용 강선으로서, 이 스프링용 강선은,

C : 0.53 ~ 0.68 질량 % (이하 모두 같음)

Si : 1.2 ~ 2.5 %

Mn : 0.2 ~ 1.5 %

Cr : 1.4 ~ 2.5 %

Al : 0.05 % 이하 (0 % 불포함)를 필수적으로 함유하고, 또한

Ni : 0.4% 이하 (0% 불포함),

V : 0.4% 이하 (0% 불포함),

Mo : 0.05~0.5%

Nb : 0.05~0.5% 로부터 선택되는 적어도 1종 이상을 함유하며, 잔부는 Fe 및 불가피불순물로 되고, 구 오스테나이트 (Austenite)립의 결정립도 번호가 11.0 이상이며, 0.2% 내력(耐力)( $\sigma_{0.2}$ )과 인장강도( $\sigma_B$ )의 비( $\sigma_{0.2}/\sigma_B$ )가 0.81 이하인 것을 특징으로 하는 가공성이 우수한 고강도 스프링용 강선(高强度 spring用 鋼線).

## 청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 Mn은 0.5~1.5% 인 고강도 스프링용 강선.

## 청구항 3.

제 1항에 있어서, 상기 스프링용 강선은 온도  $400^{\circ}\text{C} \times 20$ 분의 아닐링을 한 후의 0.2% 내력( $\sigma_{0.2}$ )으로부터 아닐링 전의 0.2% 내력( $\sigma_{0.2}$ )을 뺀 값( $\Delta\sigma_{0.2}$ )이 300 MPa 이상인 고강도 스프링용 강선.

## 청구항 4.

상기 청구항 1항에 기재된 고강도 스프링용 강선으로부터 이루어지는 고강도 스프링(高强度 spring).

## 청구항 5.

제 4항에 있어서,

상기 고강도 스프링은

심부(芯部)의 경도가 Hv 550~700 이고,

스프링 표면의 압축잔류응력이 -400 MPa 이하이며, 또한 상기 표면의 압축잔류응력이 인장으로 바뀌는 깊이가 0.05 mm 이상, 0.5 mm 이하인 것을 특징으로 하는 고강도 스프링.

## 청구항 6.

제 4항에 있어서,

상기 스프링은 표면에 질화처리층이 형성되고,

표면경도가 Hv 750~1150,

심부경도가 Hv 550~700이고,

심부경도보다도 Hv 15 이상 경화되어 있는 경화층의 깊이가 0.02 mm 이상, 0.15 mm 이하이며,

스프링 표면의 압축잔류응력이 -800 MPa 이하이고, 또한 상기 표면의 압축잔류응력이 인장(引張)으로 바뀌는 깊이가 0.05 mm 이상, 0.5 mm 이하인 것을 특징으로 하는 고강도 스프링.

명세서

### 기술분야

본 발명은 피로특성 및 내 셋팅성(resistance to setting characteristic)이 우수할 뿐 아니라, 냉간가공성(코일링성)에도 우수한 고강도 스프링용 강선(高强度 spring用 鋼線) 및 고강도 스프링(高强度 spring)에 관한 것이다.

## 배경기술

자동차 엔진의 밸브 스프링(valve spring), 서스펜션의 현가 스프링(suspension spring), 클러치 스프링(clutch spring), 브레이크 스프링(brake spring) 등은, 근년 자동차의 경량화와 고출력화에 따라 고응력에 적합한 설계가 요구되고 있다.

예컨데, 스프링의 내 셋팅성(resistance to setting characteristics)이 낮으면, 고응력 부하중에 스프링의 내 셋팅량이 커지게 되고, 설계대로 엔진의 회전수가 올라가지 않게 되어 응답성이 나빠지므로, 내 셋팅성이 우수한 스프링이 요망되고 있다.

스프링의 내 셋팅성을 개선하기 위해서는, 스프링소재를 고강도화 하면 좋다는 것이 알려져 있다. 또한, 스프링소재를 고강도화 하면 피로한(疲勞限)이라는 점에서, 피로특성의 향상이 기대된다. 예컨데, 화학성분의 조정과 오일 템퍼링 후(오일템퍼 처리후)의 인장강도를 상승시키므로써, 피로강도, 내 셋팅성을 개선하는 방법이 알려져 있다. 또한 Si 등의 합금원소를 다량으로 첨가하여 내 셋팅성을 개선하는 방법도 알려져 있다(특허 제 2898472호 공보, 특개 2000-169937호 공보).

그러나, 인장강도를 상승시켜 피로특성과 내 셋팅성을 향상시키는 방법에는 스프링의 코일링(coiling)시 절손(折損)이 일어난다고 하는 문제가 발생한다. 또한, 합금성분을 다량으로 첨가하여 내 셋팅성을 개선하는 방법으로 하면 표면흠과 내부결함에 대한 감수성(感受性)이 높아지고, 스프링의 조립부착시, 그리고 사용시 이들 결함을 기점으로 한 절손이 일어나기 쉽게된다.

따라서, 종래의 기술로는 스프링의 내 셋팅성과 피로특성의 양쪽 모두를 향상시켜가면서 동시에 냉간가공성도 아울러 향상시키는 것은 곤란하다.

본 발명은 상기 사정에 비추어 된 것으로, 내 셋팅성과 피로특성의 양쪽 모두가 우수하고, 그러면서도 가공성(냉간 가공성)도 우수한 고강도 스프링용 강선 및 고강도 스프링을 제공하기 위한 것이다.

## 발명의 상세한 설명

(발명의 개시)

본 발명자들은 상기 과제를 해결하기 위해 예의 연구를 거듭한 결과, 합금원소를 다량 첨가하여 피로강도 및 내 셋팅성을 향상시키고, 아울러 내력비(耐力比) ( $\sigma_{0.2}/\sigma_B$ )를 0.85 이하로 작게 하면, 우수한 코일링성(냉간 가공성)을 얻을 수 있음을 알아내었다. 그러면서도, 결정립을 작게하면 이에 따라 피로수명의 향상과 내 셋팅성 향상이 달성되고, 나아가 Cr을 다량 첨가해도 결함감수성(缺陷感受性)을 저하시킴이 없이 내 셋팅성을 향상시킬 수 있음을 알게되어 본 발명을 완성하기에 이르렀다.

즉, 본 발명에 관한 가공성이 우수한 고강도 스프링용 강선은

C : 0.53 ~ 0.68 % (질량 %로서 이하 모두 같음)

Si : 1.2 ~ 2.5 %

Mn : 0.2 ~ 1.5 % (예컨데 0.5 ~ 1.5 %)

Cr : 1.4 ~ 2.5 %

Al : 0.05 % 이하 (0 % 불포함)

를 필수적으로 함유하고, 또한 Ni: 0.4% 이하 (0% 불포함), V: 0.4% 이하 (0% 불포함), Mo: 0.05~0.5% 및 Nb: 0.05~0.5% 로부터 선택되는 적어도 1종 이상을 함유하고, 잔부는 Fe 및 불가피불순물로 이루어진다.

그러면서도, 본 발명 스프링용 강선은 템퍼 마르텐사이트 조직(tempered martensite structure)을 가지고, 구(舊) 오스테나이트립(粒)의 결정립도 번호가 11.0 이상이고, 0.2% 내력( $\sigma_{0.2}$ )과 인장강도( $\sigma_B$ )의 비( $\sigma_{0.2}/\sigma_B$ )가 0.85 이하이기도 하다.

상기 스프링용 강선은, 온도  $400^{\circ}\text{C} \times 20$ 분의 아닐링을 할 때 0.2% 내력( $\sigma_{0.2}$ )이 300 MPa 이상으로 상승하는 것이 좋다.

또한 본 발명 스프링은 상기 고강도 스프링용 강선으로 이루어지고, 심부(芯部)의 경도는 Hv 550~700 정도, 상기 표면의 압축잔류응력이 인장(引張)으로 바뀌는 깊이는 0.05 mm 이상 0.5 mm 이하 정도인 것이 바람직하다. 또한 본 발명 스프링은 표면경화처리(질화처리 등)의 유무는 묻지 않으나, 표면경화처리가 되어 있지 않을 경우에는, 스프링 표면의 압축잔류응력이 -400 MPa 이하인 것이 바람직하다. 표면경화처리가 되어 있을 경우(즉, 스프링 표면에 질화처리층이 형성되어 있을 경우)에는 스프링 표면의 압축잔류응력이 -800 MPa 이하인 것이 바람직하다. 또한 스프링의 표면경도는 Hv 750~1150 정도인 것이 바람직하다. 경화층(심부경도보다도 Hv 15 이상 경화되어 있는 층)의 깊이는 예컨대 0.02 mm 이상이다.

(발명을 실시하기 위한 최량의 형태)

본 발명의 강선 및 스프링은 C, Si, Mn, Cr, Al을 함유하고, 또한 Ni, V, Mo 및 Nb으로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 성분을 함유하며, 잔부는 Fe 및 불가피불순물이다. 이하 각 성분의 량 및 그 한정 이유를 설명한다.

#### C : 0.53 ~ 0.68 % (질량 %, 이하 모두 같음)

C은 고응력이 걸리는 스프링강으로서 충분한 고강도강을 확보하고, 피로수명, 내 셋팅성 등을 향상시키기 위해 불가결한 원소이므로 그 하한을 0.53%로 하였다. 그러나, 너무 많으면 인·연성(靱·延性)이 극단적으로 나빠지고, 표면흡과 내부결함의 원인으로 스프링가공 중 및 사용중의 크랙이 발생되기 쉬우므로, 상한을 0.68%로 하였다. 바람직한 C 량은 0.58% 이상, 0.65% 이하이다.

#### Si : 1.2 ~ 2.5 %

Si은 제강시 탈산제로서 필요한 원소이다. 또한 연화저항성을 높이고, 내 셋팅성을 향상시키는데 유용한 원소이므로 하한을 1.2%로 하였다. 그러나, 너무 많이 첨가하면 인·연성이 나빠질 뿐 아니라 흡이 증가하기도 하고, 열처리시 표면의 탈탄이 진행되기 쉬워지며, 또한 입계산화층이 깊어지기 쉬워 피로수명을 단축시키기 때문에 상한을 2.5%로 하였다. 바람직한 Si 량은 1.3% 이상, 2.4% 이하이다.

#### Mn : 0.2 ~ 1.5 %

Mn도 제강시의 탈산에 유효한 원소이다. 또한, 경화능을 높여 강도 향상에 기여하고, 피로수명 향상, 내 셋팅성 향상 등에도 기여하는 원소이므로 하한을 0.2%로 하였다. 바람직한 Mn 량은 0.3% 이상, 특히 0.4% 이상(예컨대 0.5% 이상)이다.

그러나, 본 발명강선(및 스프링)은, 강을 열간압연한 후 필요에 따라 파텐팅 처리하고, 이어서 신선, 오일템퍼, 코일링 등을 거쳐 얻어지는데, Mn이 과량으로 너무 많아지면 열간압연시 및 파텐팅처리시 베이나이트 등의 과냉조직이 생성되기 쉽고, 신선성(伸線性)이 저하되기 쉬워지므로 상한치를 1.5%로 하였다. 바람직한 Mn 량은 1.0% 이하이다.

#### Cr : 1.4 ~ 2.5 %

Cr은 내 셋팅성 향상작용 및 결함감수성 저하작용을 가지므로, 본 발명으로서 매우 중요한 원소이다. 또한 Cr은 입계산화층(粒界酸化層)을 두껍게하여 피로수명을 저하시키는 작용도 갖고 있는 바, 이 점은 오일템퍼시의 분위기를 제어하므로써(구체적으로는 적극적으로 수증기를 약 3~80 체적% 정도 혼입시키고, 표면에 치밀한 산화피막을 형성하므로써) 입계산화층을 얇게 할 수가 있다. 따라서, 본 발명에서는 이 점에서 문제점이 해소 가능하다.

따라서, Cr은 많을수록 좋고 1.4% 이상, 나아가 1.45% 이상, 더욱 바람직하게는 1.5% 이상이 좋으나, Cr이 과잉으로 되면 신선시 파텐팅 시간이 지나치게 길어지고, 또한 인성과 연성도 저하하므로 2.5% 이하, 바람직하게는 2.0% 이하로 한다.

또한, 본 발명의 강선 및 스프링은 입계산화층 깊이가 통상  $10\mu\text{m}$  이하 정도이다.

Al : 0.05 % 이하 (0% 불포함)

Al은 오스테나이트(Austenite)화 시에 결정립을 미세화하는 작용이 있고, 인·연성을 향상시키는 효과가 있다. 그러나, 과잉으로 첨가하면  $\text{Al}_2\text{O}_3$  계의 조대한 비금속계 개재물이 많아지고, 피로특성을 악화시키므로 상한을 0.05%, 바람직하게는 0.04% 로 한다.

Ni : 0.4 % 이하 (0% 불포함)

Ni은 경화능을 높이고, 저온 취화를 방지하는데 유용한 원소이다. 그러나, 너무 많아지면 열간압연시 베이나이트(bainite) 또는 마르텐사이트(martensite) 조직이 생성되고, 인성·연성이 저하하므로, 상한을 0.4%, 바람직하게는 0.3% 로 한다. 또한 바람직한 Ni 량은 0.1% 이상이다.

V : 0.4 % 이하 (0% 불포함)

V은 오일템퍼처리(퀸칭, 템퍼링) 등의 열처리시 결정립을 미세화하는 작용이 있고, 인·연성을 향상시키는 효과가 있다. 또한, 퀸칭, 템퍼링처리와 코일링 후의 스트레인제거 어닐링시 2차 석출경화를 일으켜 고강도화에 기여한다. 그러나, 과잉 첨가시에는 압연공정과 파텐팅 공정에서 마르텐사이트와 베이나이트 조직이 생성되어 가공성이 나빠지므로 상한을 0.4%, 바람직하게는 0.3% 로 한다. 바람직한 V 량은 0.1% 이상이다.

Mo : 0.05 ~ 0.5 %

Mo은 연화저항(軟化抵抗)을 향상시킴과 동시에, 석출경화를 발휘하고 저온어닐링 후의 내력을 상승시키는데 유용한 원소이다. Mo은 예컨데 0.05% 이상, 바람직하게는 0.10% 이상으로 한다. 그러나, 과잉으로 첨가하면 오일템퍼 처리까지의 단계에서 마르텐사이트나 베이나이트 조직이 생성되고, 가공성이 나빠지기 때문에 상한을 0.5%, 바람직하게는 0.3%, 더욱 바람직하게는 0.2% 로 한다.

Nb : 0.05 ~ 0.5 %

Nb는 핀펄출효과를 갖는 Nb탄질화물을 형성하기 때문에 오일템퍼처리(퀸칭, 템퍼링) 등의 열처리에 결정립을 미세화하고, 인·연성을 향상시키는 작용을 한다. 이러한 효과를 유효히 발휘하기 위해서 0.05% 이상, 바람직하게는 0.10% 이상으로 한다. 그러나, 과잉으로 첨가하면 Nb탄질화물의 응집이 일어나고, 결정립이 조대화하기 쉬우므로, 상한을 0.5%, 바람직하게는 0.3% 로 한다.

또한, 본 발명의 스프링용 강선의 조직은 통상 템퍼 마르텐사이트와 잔류 오스테나이트(상온까지 냉각 후, 남아있는 오스테나이트) 등으로 구성된 복합조직이다. 템퍼 마르텐사이트는 예컨데, 90 면적% 이상이고, 잔류 오스테나이트는 예컨데 약 5~10 면적% 정도이다.

또한 본 발명의 강선 및 스프링은 통상 구(舊) 오스테나이트립의 결정입도번호가 11.0 이상(바람직하게는 13 이상)이다. 결정립도 번호가 큰(즉, 결정립이 작은) 만큼, 피로수명의 향상 및 내 섷팅성의 향상에 유효하다. 또한 결정립도 번호는 결정립 미세화원소(Cr, Al, V, Nb)의 첨가량을 조정하므로써, 또한 오일템퍼처리에서의 퀸칭시의 가열속도를 빠르게하므로써 커지게 할 수 있다.

또한 본 발명의 강선(오일템퍼선) 및 스프링은, 0.2% 내력( $\sigma_{0.2}$ )과 인장강도( $\sigma_B$ )의 비(내력비;  $\sigma_{0.2}/\sigma_B$ )가 0.85 이하(바람직하게는 0.80 이하)이다. 오일템퍼 후의 내력비가 작을수록 코일링시의 절손을 방지할 수 있고, 냉간가공성을 높일 수 있다. 내력비는 예컨데 오일템퍼처리에서 템퍼링 후의 냉각속도를 빠르게(예컨데 수냉:水冷)하므로써 작게할 수 있다.

상술한 바와 같이, 본 발명의 강선 및 스프링은 합금성분이 적절히 조정되므로써 고강도로 되고, 또한 결정립도 및 내력비 또한 적절히 조정되어 있으므로 피로수명, 내 섷팅성, 냉간가공성 모두 우수하다. 또한 상기 강선 및 스프링 심부의 비카스 경도는 합금성분의 조정 이외에 열처리 등에 의해서도 적절히 조정할 수 있는데, 예컨데 Hv 550 이상(바람직하게는 Hv 570 이상, 더욱 바람직하게는 Hv 600 이상)이다. 또한, 상기 비카스경도는 예컨데 Hv 700 이하정도로 해도 좋고, Hv 650

이하정도로 해도 좋다. 또한 표면의 경도는 표면경화처리기술(질화처리 등)의 이용 등에 의해서도 또한 높일 수 있다. 예컨대 질화처리한(즉, 표면에 질화처리층이 형성되어 있는) 스프링의 표면 경도는 Hv 750 이상(바람직하게는 Hv 800 이상), Hv 1150 이하(예컨대 Hv 1100 이하)정도이다.

상기 스프링용 강선(오일템퍼선)은, 온도 400℃×20분의 아닐링을 했을 때, 0.2% 내력( $\sigma_{0.2}$ )이 300 MPa 이상(바람직하게는 350 MPa 이상) 상승하는 것이 바람직하다. 0.2% 내력(耐力)의 상승량( $\Delta\sigma_{0.2}$ )이 클수록 내 셋팅성이 더욱 개선된다. 또한  $\Delta\sigma_{0.2}$ 도 상기 내력비와 같이, 오일템퍼처리(퀵칭, 템퍼링) 후의 냉각속도를 빠르게(예컨대 수냉)하여 커지게 할 수 있다.

또한 본 발명의 스프링은 스프링의 표면의 압축잔류응력을 높게하는 것이 바람직하다. 잔류응력이 압축측에 있는만큼, 피로수명을 높일 수 있게 된다. 바람직한 압축잔류응력은 스프링이 질화처리되어있는지 아닌지에 따라 다르지만, 질화처리되어 있지 않은 경우는 예컨대 -400 MPa 이하(바람직하게는 -500 MPa 이하, 더욱 바람직하게는 -600 MPa 이하)이다. 또한 잔류응력은 부(負)의 값일 때의 압축을 의미하고(또는 정(正)의 값에 있을 때에는 인장을 의미한다), 절대치가 클수록 잔류응력이 큰 것을 의미한다. 또한 질화처리되어 있는 경우(즉, 스프링 표면에 질화처리층이 형성되어 있는 경우)에는 예컨대 -800 MPa 이하(바람직하게는 -1000 MPa 이하, 더욱 바람직하게는 -1200 MPa 이하)이다. 스프링 표면의 압축잔류응력은 예컨대 샷피닝의 횟수를 많이하므로써(예컨대 2회 이상하므로써) 높일 수 있다.

또한 본 발명의 스프링은 표면의 압축잔류응력이 인장으로 바뀌는 깊이(크로싱포인트)가 깊을수록 좋다. 크로싱포인트가 깊을수록, 압축측의 잔류응력부분을 늘릴 수 있고, 피로수명을 향상시킬 수 있다. 크로싱포인트(깊이)는 예컨대 0.05 mm 이상(바람직하게는 0.10 mm 이상, 더욱 바람직하게는 0.15 mm 이상), 0.5 mm 이하(바람직하게는 0.4 mm 이하, 더욱 바람직하게는 0.35 mm 이하) 정도이다. 또한 크로싱포인트는 예컨대 샷피닝의 횟수를 많이 하므로써(예컨대 2회 이상), 또는 샷피닝시의 샷트(shot)립의 평균입경을 크게(예컨대 1단째의 샷피닝시의 샷트립의 평균입경을 0.7~1.2 mm 정도로 한다)하므로써 깊게 할 수 있다.

또한 본 발명의 스프링은 표면경화처리(질화처리 등)되어 있는 경우, 경화층(심부경도보다도 Hv가 15 이상 단단하게 되어 있는 층)의 깊이는 깊을수록 좋다. 경화층이 깊을수록 피로 균열의 발생을 억제하고, 피로특성을 향상시킬 수 있다. 경화층 깊이는 예컨대 0.02 mm 이상(바람직하게는 0.03 mm 이상, 더욱 바람직하게는 0.04 mm 이상), 0.15 mm 이하(바람직하게는 0.13 mm 이하, 더욱 바람직하게는 0.10 mm 이하)이다. 또한 경화층은 질화시간을 길게, 또는 질화온도를 높게 하므로써 깊게할 수 있다.

본 발명에 따르면, 합금성분이 적절히 조정되므로 고강도로 되고, 또한 Cr을 유효하게 이용하고, 결정립도 및 내력비도 적절히 조정되므로써 피로수명, 내 셋팅성 및 냉간가공성이 모두 우수한 스프링용 강선 및 스프링을 얻을 수 있게 되었다.

## 실시예

이하, 실시예를 들어 본 발명을 보다 구체적으로 설명한다. 본 발명은 하기 실시예에 의해 제한을 받는 것이 아니고, 전후 취지에 적합한 범위에서 적절히 변형하여 실시하는 것도 물론 가능하며 그것들은 모두 본 발명의 기술적 범위에 포함된다.

### 실시예 1

표 1에 나타낸 화학성분의 강 A~R(잔부는 Fe 및 불가피불순물)을 용제하고, 열간압연하여 직경 8.0 mm의 선재를 제작하였다. 그리고 연화아닐링, 표면표피각기, 납 파텐팅처리(가열온도: 950℃, 연로온도(鉛爐溫度): 620℃) 후, 직경 4.0 mm 까지 신선하였다. 그 후, 오일템퍼 처리(퀵칭시 가열속도: 250℃/초, 가열온도: 960℃, 퀵칭 오일온도: 70℃, 템퍼링온도: 450℃, 템퍼링 후의 냉각속도: 300℃/초, 로 분위기: 10 체적% $H_2O$  + 90 체적% $N_2$ )를 행하고, 오일템퍼선(강선)을 제작하였다.

또한 강종 E2에서는 오일템퍼 처리에서의 템퍼링 후의 냉각을 공냉으로 하였다. 또한 강종 H2에서는 오일템퍼 처리에서의 퀵칭시의 가열속도를 20℃/초로 하였다.

얻어진 오일템퍼선(입계산화층 깊이: 10 $\mu$ m 이하)의 특성을 아래와 같이 평가하였다.

(1) 인장강도( $\sigma_B$ ), 0.2% 내력( $\sigma_{0.2}$ ), 결정입도번호

상기 오일템퍼선에 대하여 인장시험을 행하고, 인장강도( $\sigma_B$ ) 및 0.2% 내력 ( $\sigma_{0.2}$ )을 측정하여 내력비( $\sigma_{0.2}/\sigma_B$ )를 산출하였다. 또한 구 오스테나이트립의 결정립도번호를 JIS G0551에 준거하여 측정하였다.

#### (2) 스트레인 제거 아닐링 후의 0.2% 내력의 변화량( $\Delta\sigma_{0.2}$ )

상기 오일템퍼선을 저온아닐링( $400^\circ\text{C} \times 20\text{분}$ )한 후, 저온아닐링 후의 0.2% 내력( $\sigma_{0.2}$ )을 측정하고, 저온 아닐링후의 0.2% 내력( $\sigma_{0.2}$ )에서 저온아닐링 전의 0.2% 내력( $\sigma_{0.2}$ )의 차이를 계산하여 변화량( $\Delta\sigma_{0.2}$ )을 구하였다.

#### (3) 가공성

상기 오일템퍼선의 권부시험(卷付試驗)을 JIS G 3560에 준거하여 행하였다. (권수: 10회)

#### (4) 피로수명, 잔류전단스트레인

상기 오일템퍼선을 냉간코일링 성형(코일의 평균경: 24.0 mm, 권수: 6.0, 유효권수: 3.5)하고, 스트레인제거아닐링( $400^\circ\text{C} \times 20\text{분}$ ), 좌연마, 질화처리(질화조건: 80 체적% $\text{NH}_3$  + 20 체적% $\text{N}_2$ ,  $430^\circ\text{C} \times 3\text{시간}$ ), 샷피닝[횟수: 3회, 샷트립의 평균입경(1단계): 1.0 mm, 샷트립의 평균입경(1~3단계의 평균): 0.5 mm], 저온아닐링( $230^\circ\text{C} \times 20\text{분}$ ), 냉간셋팅을 행하여 스프링을 만들었다.

얻어진 각 스프링에  $760 \pm 650 \text{ MPa}$ 의 부하응력 하에서, 온간( $120^\circ\text{C}$ )으로 피로시험을 실시하고, 스프링이 파단할때까지의 반복횟수를 측정하였다(피로수명). 또한 스프링이 파단하지 않은 경우, 반복횟수  $1 \times 10^7$ 회에서 시험을 중지하였다.

또한 상기 각 스프링을 1372 MPa의 응력하에서, 48시간에 걸쳐 계속하여 스프링을 단단히 조인 후(온도:  $120^\circ\text{C}$ ), 응력을 제거하고 시험전후의 셋팅량을 측정하여 잔류전단 스트레인을 산출하였다.

#### (5) 경도, 잔류응력

상기 오일템퍼선을 「(4)피로수명, 잔류전단스트레인」과 같은 방법으로 하여 스프링을 만들었다. 이 스프링 표면의 빅카스경도(Hv)는 해당 표면을 연마한 샘플 위에서 빅카스경도(300gf)를 측정하고 수직방향으로 환산하는 방법(코드법)으로 측정하였다. 또한 상기 스프링을 절단하고 JIS Z 2244에 준거하여 단면의 빅카스경도(Hv)를 측정하여 경화층 깊이 및 심부의 빅카스경도(Hv) 및 경화층(심부의 경도보다 Hv 15 이상 높은 층)의 깊이를 구하였다. 또한 X선회절법에 의해 잔류응력을 측정하므로써, 스프링 표면의 압축잔류응력과 표면층의 압축잔류응력이 인장잔류응력으로 바뀌는 점(깊이; 크로싱포인트)을 구하였다.

결과를 표 2에 나타내었다.

<표 1>

| 강종    | 화 학 성 분 (질량%)* |      |      |      |      |       |      |      |       |
|-------|----------------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|
|       | C              | Si   | Mn   | Cr   | Ni   | V     | Mo   | Nb   | Al    |
| A     | 0.61           | 1.95 | 0.82 | 1.68 | 0.00 | 0.281 | —    | —    | 0.003 |
| B     | 0.57           | 2.03 | 0.72 | 1.74 | 0.20 | 0.296 | —    | —    | 0.003 |
| C     | 0.60           | 2.03 | 0.73 | 1.75 | 0.20 | 0.296 | —    | —    | 0.032 |
| D     | 0.61           | 2.04 | 0.73 | 1.75 | 0.20 | 0.164 | —    | —    | 0.002 |
| E1、E2 | 0.61           | 2.03 | 0.72 | 1.43 | 0.20 | 0.295 | —    | —    | 0.003 |
| F     | 0.66           | 2.03 | 0.75 | 1.75 | 0.21 | 0.295 | —    | —    | 0.003 |
| G     | 0.60           | 1.99 | 0.73 | 2.04 | 0.21 | 0.153 | —    | —    | 0.003 |
| H1、H2 | 0.60           | 1.99 | 0.73 | 1.74 | 0.22 | —     | 0.15 | —    | 0.001 |
| I     | 0.65           | 1.31 | 0.85 | 1.71 | 0.00 | 0.110 | 0.12 | —    | 0.008 |
| J     | 0.56           | 1.75 | 1.21 | 1.55 | 0.00 | —     | —    | 0.22 | 0.020 |
| K     | 0.62           | 1.85 | 0.31 | 1.60 | 0.00 | 0.251 | —    | —    | 0.001 |
| L     | 0.55           | 1.45 | 0.70 | 0.70 | 0.00 | —     | —    | —    | 0.002 |
| M     | 0.63           | 1.40 | 0.60 | 0.65 | 0.00 | 0.110 | —    | —    | 0.003 |
| N     | 0.60           | 1.50 | 0.70 | 0.90 | 0.25 | 0.060 | —    | —    | 0.003 |
| O     | 0.61           | 2.00 | 0.85 | 1.05 | 0.25 | 0.110 | —    | —    | 0.002 |
| P     | 0.47           | 1.81 | 0.92 | 1.55 | 0.00 | 0.145 | —    | —    | 0.003 |
| Q     | 0.82           | 0.78 | 0.82 | 0.25 | 0.00 | —     | —    | —    | 0.002 |
| R     | 0.62           | 1.93 | 0.86 | 1.62 | 0.00 | 0.221 | —    | —    | 0.070 |

\* 잔부는 Fe 및 불가피불순물

<표 2>

| 실험예 | 강종 | $\sigma_{0.2}/\sigma_B$ | 결정<br>입도<br>번호 | $\Delta \sigma_{0.2}$ | 경도 (Hv) |     | 경화층 깊이<br>(mm) | 표면압축<br>잔류응력<br>(MPa) | 크로싱<br>포인트<br>(mm) | 편부<br>시험 | 피로<br>수명<br>( $\times 10^5$ 회) | 잔류전단<br>스트레인<br>(%) |
|-----|----|-------------------------|----------------|-----------------------|---------|-----|----------------|-----------------------|--------------------|----------|--------------------------------|---------------------|
|     |    |                         |                |                       | 표면      | 심부  |                |                       |                    |          |                                |                     |
| 1   | A  | 0.75                    | 13.0           | 317                   | 911     | 607 | 0.11           | -1455                 | 0.25               | OK       | 100 이상                         | 0.135               |
| 2   | B  | 0.79                    | 14.0           | 329                   | 974     | 615 | 0.10           | -1591                 | 0.24               | OK       | 100 이상                         | 0.130               |
| 3   | C  | 0.78                    | 14.0           | 390                   | 940     | 631 | 0.13           | -1640                 | 0.25               | OK       | 100 이상                         | 0.123               |
| 4   | D  | 0.74                    | 13.5           | 425                   | 815     | 620 | 0.10           | -1480                 | 0.21               | OK       | 100 이상                         | 0.135               |
| 5   | E1 | 0.81                    | 14.0           | 375                   | 841     | 617 | 0.13           | -1457                 | 0.22               | OK       | 100 이상                         | 0.130               |
| 6   | E2 | 0.89                    | 13.0           | 263                   | 830     | 622 | 0.12           | -1570                 | 0.22               | 결손       | 100 이상                         | 0.171               |
| 7   | F  | 0.78                    | 13.5           | 380                   | 889     | 613 | 0.11           | -1369                 | 0.21               | OK       | 100 이상                         | 0.125               |
| 8   | G  | 0.67                    | 13.5           | 442                   | 823     | 618 | 0.10           | -1499                 | 0.24               | OK       | 100 이상                         | 0.123               |
| 9   | H1 | 0.67                    | 13.5           | 351                   | 817     | 630 | 0.06           | -1463                 | 0.25               | OK       | 100 이상                         | 0.149               |
| 10  | H2 | 0.82                    | 10.5           | 215                   | 833     | 605 | 0.08           | -1380                 | 0.22               | OK       | 31                             | 0.250               |
| 11  | I  | 0.75                    | 12.0           | 320                   | 850     | 571 | 0.12           | -1464                 | 0.19               | OK       | 100 이상                         | 0.175               |
| 12  | J  | 0.78                    | 14.0           | 342                   | 822     | 596 | 0.08           | -1552                 | 0.19               | OK       | 100 이상                         | 0.128               |
| 13  | K  | 0.81                    | 13.5           | 331                   | 905     | 620 | 0.17           | -1582                 | 0.23               | OK       | 100 이상                         | 0.127               |
| 14  | L  | 0.92                    | 10.5           | 45                    | 733     | 553 | 0.08           | -1030                 | 0.23               | OK       | 4                              | 0.348               |
| 15  | M  | 0.91                    | 11.0           | 60                    | 738     | 561 | 0.09           | -1105                 | 0.25               | OK       | 7                              | 0.250               |
| 16  | N  | 0.92                    | 12.0           | 51                    | 750     | 559 | 0.09           | -987                  | 0.24               | OK       | 6                              | 0.245               |
| 17  | O  | 0.89                    | 12.0           | 95                    | 802     | 581 | 0.12           | -1235                 | 0.24               | OK       | 18                             | 0.215               |
| 18  | P  | 0.86                    | 10.0           | 122                   | 811     | 530 | 0.12           | -847                  | 0.21               | 결손       | 2                              | 0.322               |
| 19  | Q  | 0.95                    | 10.0           | 17                    | 711     | 589 | 0.06           | -830                  | 0.18               | 결손       | 7                              | 0.301               |
| 20  | R  | 0.83                    | 13.0           | 357                   | 845     | 625 | 0.12           | -1489                 | 0.23               | OK       | 2                              | 0.141               |

표 1 및 표 2에서 알 수 있듯이, No.18에서는 C의 양이 부족하기 때문에 소정의 강도가 달성되지 않아 피로수명 및 내 셋팅성이 불충분하다. No.20에서는 Al이 너무 많아 산화물계 개재물이 조대하게 되어 파괴기점이 되기 때문에 피로수명이 짧다. 또한 No.14~17 및 19에서도 Cr의 양이 부족하여서 피로수명이 불충분하다.

이에 반해, No.1~5, 7~9 및 11~13에서는 여러가지 화학성분이 적절히 조정되어있고, 또한 Cr이 소정량 첨가되어 있으며, 결정립도 및 내력비도 적절히 제어되어 있으므로 피로수명, 내 셋팅성 및 가공성이 모두 우수함을 알 수 있다.

또한 No.6에서 알 수 있듯이, 내력비( $\sigma_{0.2}/\sigma_B$ ) 및 0.2% 내력의 변화량( $\Delta\sigma_{0.2}$ )의 조건이 부적절하면 가공성이 나쁘게 된다. 또한 상기 No.14~17에 비하면 개선된 것이지만 내 셋팅성이 불충분하게 된다.

또한 No.10에서 알 수 있듯이, 결정립이 커지게 되면(입도번호가 작아지게 되면), No.14~17에 비하면 개선되는 것이지만, 피로수명 및 내 셋팅성이 불충분하게 된다.

### 산업상 이용 가능성

본 발명의 강선 및 스프링은 피로수명, 내 셋팅성 및 가공성 모두가 동시에 우수한 것으로, 이들 특성이 요구되는 용도, 예컨대 자동차엔진의 밸브 스프링, 서스펜션의 현가 스프링, 클러치 스프링, 브레이크 스프링 등과 같은 복원기구에 사용되는 스프링 등에 특히 유용하다.