



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년06월09일
(11) 등록번호 10-1745192
(24) 등록일자 2017년06월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C22C 38/52 (2006.01) C22C 38/34 (2006.01)
C22C 38/40 (2006.01) C22C 38/44 (2006.01)
C22C 38/46 (2006.01) C22C 38/48 (2006.01)
C22C 38/50 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C22C 38/52 (2013.01)
C22C 38/34 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0171896

(22) 출원일자 2015년12월04일

심사청구일자 2015년12월04일

(56) 선행기술조사문헌

KR100213542 B1*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

현대자동차주식회사
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)
현대제철 주식회사
인천광역시 동구 중봉대로 63 (송현동)

(72) 발명자

차성철
서울특별시 용산구 이촌로 347 14동 1301호 (서빙고동, 신동아아파트)

반형오

경기도 용인시 기흥구 강남동로 43 401동 401호
(구갈동, 강남마을4단지써미트빌아파트)
(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 신세기

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 이상훈

(54) 발명의 명칭 초고강도 스프링강

(57) 요약

본 발명은 엔진 밸브스프링용으로 사용 가능하도록 인장강도와 피로강도를 향상시킨 초고강도 스프링강에 관한 것으로서, 본 발명의 일 실시형태에 따른 초고강도 스프링강은 차량의 엔진에 사용되는 밸브스프링강으로서, 중량%로, C: 0.5 ~ 0.7%, Si: 1.3 ~ 2.3%, Mn: 0.6 ~ 1.2%, Cr: 0.6 ~ 1.2%, Mo: 0.1 ~ 0.5%, Ni: 0.05 ~ 0.8%, V: 0.05 ~ 0.5%, Nb: 0.05 ~ 0.5%, Ti: 0.05 ~ 0.3%, Co: 0.01 ~ 3%, Zr: 0.001 ~ 0.2%, Y: 0.01 ~ 1.5%, Cu: 0.3% 이하(0% 제외), Al: 0.3% 이하(0% 제외), N: 0.03% 이하(0% 제외), O: 0.003% 이하(0% 제외), 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함한다.

대표도

wt.%	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	Nb	Ti	Co	Zr	Y	Cu	Al	N	O
종래강	0.55	0.45	0.71	0.72	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.0017	0.0022	0.0015
실시예 1	0.65	1.58	0.64	0.93	0.13	0.07	0.08	0.48	0.06	0.02	0.18	0.016	0.054	0.008	0.0018	0.0006
실시예 2	0.66	1.34	0.76	0.83	0.32	0.22	0.33	0.24	0.18	1.55	0.002	1.48	0.067	0.019	0.0012	0.0014
실시예 3	0.68	2.17	1.19	1.14	0.48	0.78	0.49	0.05	0.27	2.86	0.015	0.88	0.043	0.012	0.0017	0.0015
비교예 1	0.58	1.54	0.65	0.93	0.08	0.36	0.13	0.08	0.09	0.05	0.12	0.08	0.046	0.014	0.0012	0.0007
비교예 2	0.67	1.36	0.73	0.78	0.51	0.75	0.19	0.23	0.14	1.13	0.14	1.25	0.043	0.016	0.0011	0.0011
비교예 3	0.65	1.61	1.19	1.14	0.46	0.83	0.46	0.47	0.23	1.44	0.15	0.55	0.08	0.011	0.0012	0.0014
비교예 4	0.56	1.63	0.61	0.85	0.16	0.03	0.35	0.12	0.18	1.73	0.14	0.89	0.014	0.007	0.0011	0.0025
비교예 5	0.65	2.25	0.73	0.74	0.33	0.36	0.04	0.28	0.13	0.06	0.04	1.32	0.06	0.013	0.0012	0.0008
비교예 6	0.66	2.24	1.18	1.16	0.43	0.79	0.51	0.48	0.24	2.52	0.05	0.019	0.043	0.014	0.0017	0.0014
비교예 7	0.68	1.41	0.74	0.78	0.14	0.35	0.44	0.03	0.05	1.82	0.17	0.35	0.067	0.011	0.0015	0.0011
비교예 8	0.64	2.17	1.16	1.19	0.38	0.74	0.15	0.52	0.18	2.94	0.007	0.42	0.043	0.014	0.0012	0.0014
비교예 9	0.56	1.94	0.77	0.94	0.22	0.33	0.24	0.25	0.04	0.95	0.05	0.05	0.046	0.01	0.0011	0.0019
비교예 10	0.64	1.89	0.72	0.75	0.36	0.73	0.45	0.16	0.31	2.99	0.11	1.33	0.054	0.009	0.0012	0.0008
비교예 11	0.63	1.45	0.85	0.75	0.14	0.34	0.43	0.44	0.07	0.008	0.006	0.26	0.067	0.014	0.0017	0.0012
비교예 12	0.65	1.88	1.19	1.18	0.36	0.72	0.35	0.07	0.14	3.09	0.19	1.47	0.043	0.012	0.0012	0.0009
비교예 13	0.59	1.98	0.99	0.96	0.19	0.38	0.46	0.28	0.19	0.42	9E-04	0.013	0.046	0.013	0.0014	0.0012
비교예 14	0.61	1.64	0.81	0.79	0.37	0.64	0.43	0.16	0.21	0.15	0.22	0.77	0.043	0.014	0.0016	0.0013
비교예 15	0.63	1.42	0.64	0.65	0.44	0.77	0.37	0.14	0.19	1.62	0.18	0.007	0.08	0.021	0.0021	0.0022
비교예 16	0.64	1.93	1.12	1.05	0.16	0.54	0.08	0.39	0.25	0.09	0.045	1.54	0.014	0.028	0.0005	0.0012

(52) CPC특허분류

C22C 38/40 (2013.01)

C22C 38/44 (2013.01)

C22C 38/46 (2013.01)

C22C 38/48 (2013.01)

C22C 38/50 (2013.01)

(72) 발명자

홍승현

서울특별시 용산구 이촌로71길 10, 210동 605호 (이촌동, 한가람아파트)

박철우

충청남도 천안시 서북구 충무로 5-16, 108동 102호 (쌍용동일하이빌)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020100103243 A*

KR1020110075318 A

KR1020100019603 A

KR1020080111688 A

JP2012072492 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

차량의 엔진에 사용되는 밸브스프링강으로서,

중량%로, C: 0.5 ~ 0.7%, Si: 1.3 ~ 2.3%, Mn: 0.6 ~ 1.2%, Cr: 0.6 ~ 1.2%, Mo: 0.1 ~ 0.5%, Ni: 0.05 ~ 0.8%, V: 0.05 ~ 0.5%, Nb: 0.05 ~ 0.5%, Ti: 0.05 ~ 0.3%, Co: 0.01 ~ 3%, Zr: 0.001 ~ 0.2%, Y: 0.01 ~ 1.5%, Cu: 0.3% 이하(0% 제외), Al: 0.3% 이하(0% 제외), N: 0.03% 이하(0% 제외), O: 0.003% 이하(0% 제외), 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 인장강도가 3000MPa 이상이고, 경도가 750HV 이상인 초고강도 스프링강.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 스프링강은 KS B ISO 1143에 따른 시험편에 대한 회전 굽힘 피로시험을 통해 측정된 피로수명이 50만회 이상인 것을 특징으로 하는 초고강도 스프링강.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 스프링강은 피로강도가 1200MPa 이상인 것을 특징으로 하는 초고강도 스프링강.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 스프링강은 항복강도가 2500MPa 이상인 것을 특징으로 하는 초고강도 스프링강.

청구항 5

삭제

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 스프링강에 존재하는 개재물의 크기는 15 μ m 이하인 것을 특징으로 하는 초고강도 스프링강.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 개재물 중 크기가 10 ~ 15 μ m인 개재물이 차지하는 분율은 10% 이하이고, 10 μ m 미만인 개재물이 차지하는 분율은 90% 이상인 것을 특징으로 하는 초고강도 스프링강.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 초고강도 스프링강에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 엔진 밸브스프링용으로 사용 가능하도록 인장강도와 피로강도를 향상시킨 초고강도 스프링강에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 화석연료 매장량의 한계점 도달, 국제 유가의 지속적인 급등 및 급변으로 인하여 차량 연비향상에 대한 관심이 지대하게 높아져 가고 있다.

[0004] 연비 향상을 위해서는 차체 경량화나 각 시스템 링크부의 마찰저감에 의한 동력손실 최소화뿐만 아니라, 엔진 자체의 연소제어시 동특성 향상에 의한 출력효율 극대화 또한 중요한데, 이에 엔진헤드부 내 동적거동 수행부품들의 경량화를 통해 동적하중을 감소시켜 연비를 향상시키고자 하는 노력이 기울여지고 있다.

[0005] 동적거동 부품들 중 엔진 밸브스프링은 동적하중을 직접 제어하므로 경량화 시 연비효과가 높은 부품이다. 종래 밸브스프링 재질로는 인장강도 1900MPa급의 CrSi강, 2100MPa급의 CrSiV강이 주로 사용되고 있으며, 나아가 기존의 CrSiV강에 합금원소를 첨가하여 인장강도 2550MPa급 고강도 스프링강의 개발 노력이 이루어지고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 일본공개특허공보 1993-148581 (1993. 06. 15)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 Mo, Ni, V, Nb, Ti, Co, Zr, 및 Y 함량을 최적화하여 종래보다 우수한 인장강도를 가지면서 피로수명을 향상시키는 개재물을 제어하여 우수한 피로강도를 갖는 초고강도 스프링강을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 실시형태에 따른 초고강도 스프링강은 차량의 엔진에 사용되는 밸브스프링강으로서, 중량%로, C: 0.5 ~ 0.7%, Si: 1.3 ~ 2.3%, Mn: 0.6 ~ 1.2%, Cr: 0.6 ~ 1.2%, Mo: 0.1 ~ 0.5%, Ni: 0.05 ~ 0.8%, V: 0.05 ~ 0.5%, Nb: 0.05 ~ 0.5%, Ti: 0.05 ~ 0.3%, Co: 0.01 ~ 3%, Zr: 0.001 ~ 0.2%, Y: 0.01 ~ 1.5%, Cu: 0.3% 이하 (0% 제외), Al: 0.3% 이하(0% 제외), N: 0.03% 이하(0% 제외), O: 0.003% 이하(0% 제외), 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함한다.

[0011] 상기 스프링강은 인장강도가 3000MPa 이상인 것을 특징으로 한다.

[0012] 상기 스프링강은 피로강도가 1200MPa 이상인 것을 특징으로 한다.

[0013] 상기 스프링강은 항복강도가 2500MPa 이상인 것을 특징으로 한다.

[0014] 상기 스프링강은 경도가 750HV 이상인 것을 특징으로 한다.

[0015] 상기 스프링강에 존재하는 개재물의 크기는 15 μ m 이하인 것을 특징으로 한다.

[0016] 상기 개재물 중 크기가 10 ~ 15 μ m인 개재물이 차지하는 분율은 10% 이하이고, 10 μ m 미만인 개재물이 차지하는 분율은 90% 이상인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 실시예에 따르면, 주요 합금 성분의 함량을 최적화함에 따라 인장강도 3000MPa 이상의 고강도를 가질 뿐만 아니라 개재물의 미세화를 달성하여 피로강도 1200MPa 이상의 우수한 물성을 갖는 초고강도 스프링강을 얻

을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 실시예와 비교예의 성분을 나타내는 표이고,
- 도 2는 실시예와 비교예의 물성 및 성능을 나타내는 표이며,
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 초고강도 스프링강의 온도별 상변태 계산 결과를 보여주는 그래프이고,
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 초고강도 스프링강의 세멘타이트 조직내 온도별 상변태 계산 결과를 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 더욱 상세히 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다.
- [0023] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 초고강도 스프링강의 온도별 상변태 계산 결과를 보여주는 그래프이고, 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 초고강도 스프링강의 세멘타이트 조직내 온도별 상변태 계산 결과를 보여주는 그래프이다.
- [0024] 본 발명에 따른 초고강도 스프링강은 차량의 엔진에 사용되는 밸브스프링강으로서, 주요 합금 성분의 함량을 최적화함에 따라 인장강도 및 피로강도와 같은 물성을 향상시킨 스프링강이다. 구체적으로는, 중량%로, C: 0.5 ~ 0.7%, Si: 1.3 ~ 2.3%, Mn: 0.6 ~ 1.2%, Cr: 0.6 ~ 1.2%, Mo: 0.1 ~ 0.5%, Ni: 0.05 ~ 0.8%, V: 0.05 ~ 0.5%, Nb: 0.05 ~ 0.5%, Ti: 0.05 ~ 0.3%, Co: 0.01 ~ 3%, Zr: 0.001 ~ 0.2%, Y: 0.01 ~ 1.5%, Cu: 0.3% 이하(0% 제외), Al: 0.3% 이하(0% 제외), N: 0.03% 이하(0% 제외), O: 0.003% 이하(0% 제외), 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 스프링강을 대상으로 한다.
- [0025] 본 발명에서 합금성분 및 그 조성범위를 한정하는 이유는 아래와 같다. 이하, 특별한 언급이 없는한 조성범위의 단위로 기재된 %는 중량%를 의미한다.
- [0026] 탄소(C)는 0.5 ~ 0.7%를 함유하는 것이 바람직하다. 강 중의 탄소 함량은 강도상승과 비례하는데, 탄소 함량이 0.5% 미만인 경우, 열처리 시 소입성 부족으로 강도상승이 미미하고, 0.7% 초과시 소입시 마르텐사이트 조직이 형성, 피로강도가 저하되고 인성이 감소한다. 상기 범위 내에서는 고강도 및 연성확보가 가능하다.
- [0027] 규소(Si)는 1.3 ~ 2.3%를 함유하는 것이 바람직하다. 규소는 페라이트 내 고용되어 강도상승 및 소려연화 저항성을 높인다. 그 함량이 1.3% 미만인 경우 소려연화 저항성이 낮으며, 2.3% 초과시 탈탄 현상이 열처리시 발생하는 문제가 있다.
- [0028] 망간(Mn)은 0.6 ~ 1.2%를 함유하는 것이 바람직하다. 망간은 기지내 고용되어 굽힘피로강도 향상 및 소입성을 증가시키는데, 0.6% 미만인 경우 소입성 확보가 어렵고, 1.2%를 초과하는 경우 인성이 저하되는 문제가 있다.
- [0029] 크롬(Cr)은 0.6 ~ 1.2%를 함유하는 것이 바람직하다. 크롬은 인성 확보용으로 템퍼링시에 석출물을 형성시키며, 경화능을 개선하고 소프트닝을 억제하여 강도를 향상시키며 결정립 미세화, 인성 향상에 기여한다. 소려연화, 탈탄, 소입성, 내식성 측면에서 0.6% 이상에서 우수한 효과를 발휘하며 1.2% 초과 시 입계 탄화물이 과대 생성되고, 강도저하 및 취성문제를 초래한다.
- [0030] 몰리브덴(Mo)은 0.1 ~ 0.5%를 함유하는 것이 바람직하다. 몰리브덴은 Cr과 같이 미세 석출탄화물 형성하여 강도를 향상시키고, 파괴인성을 향상시킨다. 특히, 1~5nm TiMoC을 균일하게 형성하여 내템퍼링성을 향상시키며, 내열 및 고강도를 확보시키는데, 0.1% 미만인 경우 탄화물 생성이 불가하여 강도를 충분히 확보하지 못하게 되고, 0.5% 초과인 경우 석출 및 강도 상승 효과가 포화되어 비용적인 측면에서 그 이상을 함유할 필요가 없다.
- [0031] 니켈(Ni)은 0.05 ~ 0.8%를 함유하는 것이 바람직하다. 니켈은 내식성을 향상에 도움을 주는 원소로서, 내열성을 향상시키고 저온취성을 방지하고 경화능을 향상시키며 치수불변성 및 세트성을 향상시킨다. 그 함량이 0.05% 미만인 경우 내식성 및 고온안정성이 저하되고, 0.8% 초과 시 적열취성이 발생하는 문제가 있다.
- [0032] 바나듐(V): 0.05 ~ 0.5%를 함유하는 것이 바람직하다. 바나듐은 조직미세화, 내템퍼링성, 치수불변성 및 세트성

을 향상시키고, 내열 및 고강도를 확보하는 원소로서, 미세 석출물인 VC를 형성하여 파괴 인성을 향상시킨다. 특히 미세 석출물인 VC는 결정입계 이동을 억제하고, 오스테나이트 시 V는 용해되어 고용되고, 템퍼링시 석출하여 2차 경화를 발생시킨다. 그 함량이 0.05% 미만인 경우 파괴인성 저하방지 효과가 저감되고, 0.5% 초과 시 석출물의 크기가 조대해지고, 퀴칭 후 경도가 저하되는 문제가 있다.

- [0033] 니오븀(Nb)은 0.05 ~ 0.5%를 함유하는 것이 바람직하다. 니오븀은 조직을 미세화시키고 질화를 통해 표면을 경화시키며 치수불변성 및 세트성을 향상시킨다. 그리고, NbC를 형성하여 강도를 향상시키고, 다른 탄화물(CrC, VC, TiC, MoC)의 생성 속도를 제어한다. 그 함량이 0.05% 미만인 경우 강도 저하 및 탄화물 불균일화의 문제가 발생하고, 0.5% 초과 시 다른 탄화물의 생성이 억제되는 문제가 있다.
- [0034] 티타늄(Ti)은 0.05 ~ 0.3%를 함유하는 것이 바람직하다. 티타늄은 Nb, Al 등과 같이 결정립 재결정을 방지하고 성장을 억제한다. 또한, 티타늄은 TiC, TiMoC와 같은 나노탄화물을 형성하고, 질소와 반응, TiN을 생성하여 결정립성장을 억제하고, TiB₂을 형성하여 B가 N과 결합하는 것을 방해하여 BN의 소입성 저하를 최소화 한다. 그 함량이 0.05% 미만인 경우 Al₂O₃와 같은 다른 개재물이 생성되어 피로내구가 저하되는 문제가 있고, 0.3% 초과 시 다른 합금 원소의 역할을 방해하고 원가상승을 초래한다.
- [0035] 지르코늄(Zr)은 0.001 ~ 0.2%를 함유하는 것이 바람직하다. 지르코늄은 석출물을 형성하고, 질소, 산소 및 황을 제거한다. 또한, 지르코늄은 합금의 수명을 연장시키고, 비금속개재물의 크기를 미세화시킨다. 그 함량이 0.001% 미만인 경우 탄화물이 생성되지 않고, 개재물이 조대화되는 문제가 있고, 0.2% 초과 시 ZrO₂이 형성되고, 효과가 포화되어 비용적인 측면에서 그 이상을 함유할 필요가 없다.
- [0036] 이트륨(Y)은 0.01 ~ 1.5%를 함유하는 것이 바람직하다. 이트륨은 고온안정성 증대를 증대시키는 원소로서, 내열성 및 인성을 향상시키고, 고온에 노출되는 경우에 산화 및 부식을 방지시키는 침투차단 산화물을 합금 표면에 형성하여 내소착 및 내화확성을 향상시킨다. 그 함량이 0.001% 미만인 경우 고온안정성이 저하되고, 1.5% 초과 시 원가가 과도하게 증가하고 용접성이 저하되며 제강시 불균일화를 초래한다.
- [0037] 구리(Cu)는 0.3% 이하(0% 제외)를 함유하는 것이 바람직하다. 구리는 퀴칭성이나 템퍼링 후의 강도를 높이고, Ni과 같이 강의 내식성을 향상시키는 원소이다. 그러나 과다 함유시 오히려 합금 비용이 상승하기 때문에 그 함량을 0.3% 이하로 제한하는 것이 바람직하다.
- [0038] 알루미늄(Al)은 0.3% 이하(0% 제외)를 함유하는 것이 바람직하다. 알루미늄은 질소와 반응, AlN을 형성하여 오스테나이트를 미세화, 강도 및 충격인성을 향상시킨다. 특히, Nb, Ti, Mo와 함께 첨가되어 고가원소인 결정립 미세화용 바나듐, 인성 확보용 니켈의 첨가량의 절감을 가능하게 한다. 그러나 과다 함유시 강을 취약하게 하므로 그 함량을 0.3% 이하로 제한하는 것이 바람직하다.
- [0039] 질소(N)는 0.03% 이하(0% 제외)를 함유하는 것이 바람직하다. 질소는 Al, Ti와 반응하여 AlN, TiN을 형성함으로써 결정립 미세화 효과를 발휘하며, TiN 형성으로 붕소의 소입성을 극대화 시킨다. 그러나, 과다 함유시 붕소와의 반응으로 인해 강의 소입성이 악화되므로 그 함량을 0.03% 이하로 제한하는 것이 바람직하다.
- [0040] 산소(O)는 0.003% 이하(0% 제외)를 함유하는 것이 바람직하다. 산소는 Si나 Al과 결합하여, 경질인 산화물계 비금속 개재물을 형성하고, 피로 수명 특성의 저하를 초래하기 때문에, 가능한 한 낮은 것이 좋지만, 본 발명에서는, 0.003% 까지는 허용된다.
- [0041] 한편, 상기한 성분 이외의 잔부는 Fe 및 불가피하게 함유되는 불순물이다.
- [0043] 이하, 비교예 및 실시예를 사용하여 본 발명을 설명한다.
- [0044] 상업 생산되는 스프링강의 생산 조건에 따라 실시예 및 비교예에 따른 스프링강을 생산하는 실험을 실시하였으며, 도 1과 같이 각 성분의 함량을 변경하면서 생산된 용강을 통해 제조된 선재는 향온 열처리, 신선, 소입-소려 및 납조소입을 순차적으로 거쳐 강선으로 제조된다. 구체적으로 선재는 940 ~ 960℃에서 3 ~ 5분간 유지된 후 640 ~ 660℃로 급냉되어 이 온도에서 2 ~ 4분간 유지된 다음, 0.5 ~ 1.5분 동안 18 ~ 22℃로 냉각된다. 이러한 향온 열처리는 후공정인 신선이 용이하게 이루어지도록 실시되는 것으로, 이 열처리를 통해 선재에는 펄라이트가 생성된다.
- [0045] 향온 열처리된 선재는 여러 단계의 신선 공정을 거쳐 목표로 하는 선경으로 제작된다. 본 발명에서는 3.3mm의 선재로 신선하였다.
- [0046] 신선된 선재는 다시 가열되어 940 ~ 960℃에서 3 ~ 5분간 유지된 후, 45 ~ 55℃로 급냉 되어 0.5 ~ 1.5분간 소

려된다. 이후 선재는 440 ~ 460℃로 가열되어 2 ~ 4분간 유지 후 급냉시키는 납조소입 처리된다. 소입소려를 통해 선재에는 마르텐사이트가 형성되어 강도가 확보되며, 납조소입을 통해 표면에는 템퍼드 마르텐사이트가 형성되어 강도 및 인성이 확보된다.

- [0047] 다음으로, 상기와 같이 제조된 실시예 및 비교예에 따른 스프링강의 물성 확인을 위한 시험예를 살펴본다.
- [0048] 각각의 실시예 및 비교예에 따른 스프링강의 항복강도, 인장강도, 경도, 피로강도, 성형성, 피로수명, 개재물 규제 및 탄소분율과 탄소 활성도의 개선 정도에 대하여 시험을 실시하였고, 그 결과를 도 2에 나타내었다.
- [0049] 이때 항복강도 및 인장강도의 측정은 KS B 0802에 따라 20ton 시험기로 선경 3.3mm의 시편들에 대하여 실시하였고, 경도의 측정은 KS B 0811에 따라 마이크로 비커스 경도계를 이용하여 300gf로 측정하였으며, 피로강도 및 피로수명은 KS B ISO 1143에 따라 시험편들에 대한 회전 굽힘 피로시험을 통해 측정하였고, 성형성은 직경/선경 6.5, 권선수 8의 밸브스프링들을 제작하되 10,000개 성형시 파손이 발생하지 않으면 정상으로 판정하였다.
- [0050] 개재물 규제는 각각의 시편을 평행하게 압연한 다음 그 중심선을 따라 절단 및 채취하였고, 면적 60 mm²에 대하여 Max. t법을 사용하여 피검면에 존재하는 B계 및 C계 개재물의 최대크기를 측정하였다. 이때 현미경 배율은 400 ~ 500배로 하여 측정하였으며, 개재물의 분율이 크기가 15μm 초과하는 개재물은 없고, 10 ~ 15μm인 개재물은 10% 이하이면서, 10μm인 개재물이 90% 이상인 경우에 정상으로 판정하였다. 이때 B계 개재물은 가공방향으로 집단을 이루어 불연속적으로 입상의 개재물이 뭉쳐 줄지은 것으로서, 예를 들어 알루미늄산화물(Al₂O₃) 개재물일 수 있고, C계 개재물은 점성 변형되지 않고 불규칙하게 분산된 것으로서, 예를 들어 실리케이트계(SiO₂) 개재물일 수 있다.
- [0051] 또한, 탄소분율과 탄소 활성도의 개선 정도는 열역학 DB를 기반한 ThermoCalc에서 계산하였고, 특히 탄소분율은 SEM-EDX에서 원소별 분포를 맵핑하여 카운팅함으로써 측정하였다.
- [0053] 도 2에서 알 수 있듯이, 종래강은 Mo, Ni, V, Nb, Ti, Co, Zr, 및 Y의 미합유로 인하여 개재물의 규제는 통과하였지만 항복강도, 인장강도, 경도, 피로강도, 성형성 및 피로수명에 대한 본 발명의 규정 요건을 모두 충족시키지 못하였다.
- [0054] 비교예 1 내지 비교예 16은 각각 본 발명에서 규정하고 있는 합금 성분의 함량을 만족하지 못하는 실시예로서, 종래강 대비 항복강도, 인장강도, 경도, 피로강도, 성형성 및 피로수명이 부분적으로 개선되었지만 본 발명의 규정 요건을 모두 충족시키지 못하였다.
- [0055] 특히, 비교예 1은 Mo의 성분이 적게 함유되어 항복강도가 충분히 확보되지 않아 종래강 대비 경도의 향상도 없었고, 피로강도 및 피로수명은 오히려 감소하였다.
- [0056] 비교예 6은 바나듐의 함량이 규정 요건보다 많게 함유된 경우이고, 비교예 11은 붕소의 함량이 규정 요건보다 적게 함유된 경우이며, 비교예 16은 이트륨의 함량이 규정 요건보다 많게 함유된 경우로서, 개재물의 규제를 통과하지 못하였다. 이는 개재물이 조대해지거나, 제강공정시 용강의 불균일하여 개재물의 형성에 영향을 미침으로서 개재물의 규제를 통과하지 못한 것으로 확인되었다.
- [0057] 그리고 비교예 9는 Ti의 함량이 규정 요건보다 적게 함유된 경우로서, Al₂O₃와 같은 다른 개재물의 생성이 조장되어 피로내구가 저하됨에 따라 피로강도 및 피로수명이 종래강 대비 오히려 저하된 것을 확인할 수 있었다.
- [0058] 또한, 비교예 11은 코발트의 함량이 규정 요건보다 적게 함유된 경우이고, 비교예 16은 이트륨의 함량이 규정 요건보다 많게 함유된 경우로서, 성형성의 규제를 통과하지 못하였다. 이는 가공성 및 고온안정성이 저하되거나, 제강공정시 용강의 불균일하여 개재물의 형성에 영향을 미침으로서 개재물의 규제를 통과하지 못한 것으로 확인되었다.
- [0059] 반면에, 실시예 1 내지 실시예 3은 본 발명의 규정 요건을 모두 충족시키는 발명강으로서, 모두 2500MPa급 이상의 항복강도와 3000MPa급 이상의 인장강도를 나타내었고, 경도도 750HV급 이상을 나타내었다. 또한, 피로강도는 1200MPa급 이상을 나타내었고, 성형성 및 개재물 규제를 모두 통과하였다. 그리고 피로수명은 50만회 이상을 나타내었고, 종래강 대비 탄소분율은 7% 이상의 향상을 달성하였고, 탄소 활성도는 3% 이상의 향상을 달성하였다.
- [0061] 한편, 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 초고강도 스프링강의 온도별 상변태 계산 결과를 보여주는 그래프이고, 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 초고강도 스프링강의 세멘타이트 조직내 온도별 상변태 계산 결과를 보여주는 그래프이다.

[0062] 도 3은 Fe-2.2Si-0.7Mn-0.9Cr-0.66C-0.3Ni-0.3Mo-0.3V-0.15Ti-0.1Co-0.1Zr-0.1Y와 같은 합금조성을 갖는 실시예에 대한 온도별 상변태 계산 결과를 보여주는 그래프로서, 본 발명에 따른 합금조성을 만족하는 경우에 CrC, VC와 같은 다양한 미세 개재물 외에도 Ti-rich, Zr-rich 탄화물이 응고 중에 형성되어 강도 증대 및 피로수명 향상을 기대할 수 있다는 것을 보여준다.

[0063] 또한, 도 4도 Fe-2.2Si-0.7Mn-0.9Cr-0.66C-0.3Ni-0.3Mo-0.3V-0.15Ti-0.1Co-0.1Zr-0.1Y와 같은 합금조성을 갖는 실시예에 대한 스프링강의 세멘타이트 조직내 온도별 상변태 계산 결과를 보여주는 그래프로서, 세멘타이트내에서 8원계 원소의 복합적 거동의 발생하는 것을 예측할 수 있고, 이에 따라 미세 탄화물이 균일하게 분포되는 것을 기대할 수 있다는 것을 보여준다.

[0065] 본 발명을 첨부 도면과 전술된 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였으나, 본 발명은 그에 한정되지 않으며, 후술되는 특허청구범위에 의해 한정된다. 따라서, 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 후술되는 특허청구범위의 기술적 사상에서 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 변형 및 수정할 수 있다.

도면

도면1

wt. %	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	Nb	Ti	Co	Zr	Y	Cu	Al	N	O
총래강	0.55	0.45	0.71	0.72	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.0017	0.0022	0.0015
실시예 1	0.65	1.58	0.64	0.93	0.13	0.07	0.08	0.48	0.06	0.02	0.18	0.016	0.054	0.008	0.0018	0.0006
실시예 2	0.66	1.34	0.76	0.83	0.32	0.22	0.33	0.24	0.18	1.55	0.002	1.48	0.067	0.019	0.0012	0.0014
실시예 3	0.68	2.17	1.19	1.14	0.48	0.78	0.49	0.05	0.27	2.86	0.015	0.88	0.043	0.012	0.0017	0.0015
비교예 1	0.58	1.54	0.65	0.93	0.08	0.36	0.13	0.08	0.09	0.05	0.12	0.08	0.046	0.014	0.0012	0.0007
비교예 2	0.67	1.36	0.73	0.78	0.51	0.75	0.19	0.23	0.14	1.13	0.14	1.25	0.043	0.016	0.0011	0.0011
비교예 3	0.65	1.61	1.19	1.14	0.46	0.83	0.46	0.47	0.23	1.44	0.15	0.55	0.08	0.011	0.0012	0.0014
비교예 4	0.56	1.63	0.61	0.85	0.16	0.03	0.35	0.12	0.18	1.73	0.14	0.89	0.014	0.007	0.0011	0.0025
비교예 5	0.65	2.25	0.73	0.74	0.33	0.36	0.04	0.28	0.13	0.06	0.04	1.32	0.06	0.013	0.0012	0.0008
비교예 6	0.66	2.24	1.18	1.16	0.43	0.79	0.51	0.48	0.24	2.52	0.05	0.019	0.043	0.014	0.0017	0.0014
비교예 7	0.68	1.41	0.74	0.78	0.14	0.35	0.44	0.03	0.05	1.82	0.17	0.35	0.067	0.011	0.0015	0.0011
비교예 8	0.64	2.17	1.16	1.19	0.38	0.74	0.15	0.52	0.18	2.94	0.007	0.42	0.043	0.014	0.0012	0.0014
비교예 9	0.56	1.94	0.77	0.94	0.22	0.33	0.24	0.25	0.04	0.95	0.05	0.05	0.046	0.01	0.0011	0.0019
비교예 10	0.64	1.89	0.72	0.75	0.36	0.73	0.45	0.16	0.31	2.99	0.11	1.33	0.054	0.009	0.0012	0.0008
비교예 11	0.63	1.45	0.85	0.75	0.14	0.34	0.43	0.44	0.07	0.008	0.006	0.26	0.067	0.014	0.0017	0.0012
비교예 12	0.65	1.88	1.19	1.18	0.36	0.72	0.35	0.07	0.14	3.09	0.19	1.47	0.043	0.012	0.0012	0.0009
비교예 13	0.59	1.98	0.99	0.96	0.19	0.38	0.46	0.28	0.19	0.42	9E-04	0.013	0.046	0.013	0.0014	0.0012
비교예 14	0.61	1.64	0.81	0.79	0.37	0.64	0.43	0.16	0.21	0.15	0.22	0.77	0.043	0.014	0.0016	0.0013
비교예 15	0.63	1.42	0.64	0.65	0.44	0.77	0.37	0.14	0.19	1.62	0.18	0.007	0.08	0.021	0.0021	0.0022
비교예 16	0.64	1.93	1.12	1.05	0.16	0.54	0.08	0.39	0.25	0.09	0.045	1.54	0.014	0.028	0.0005	0.0012

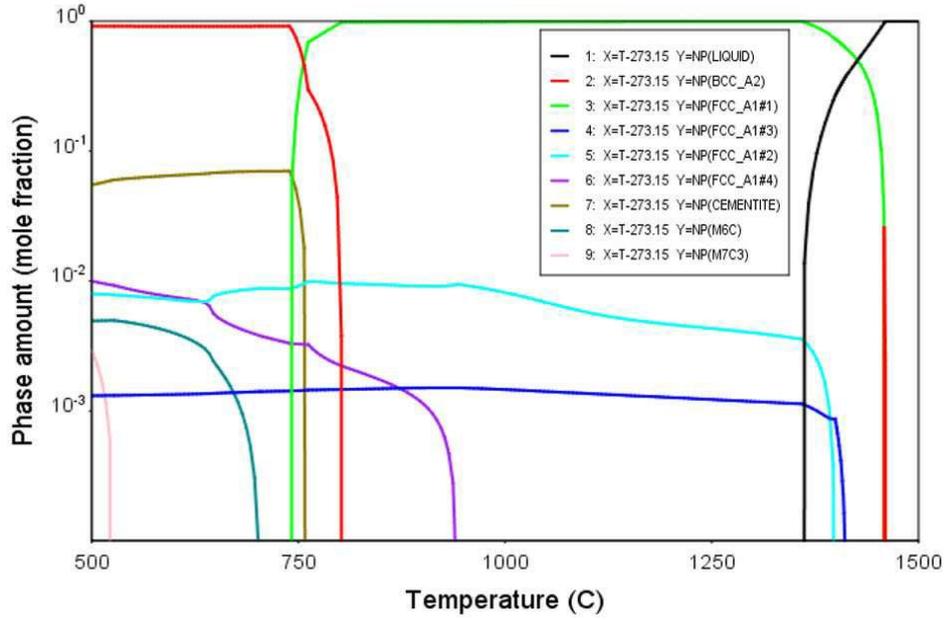
도면2

wt. %	항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	경도 (HV)	피로강도 (MPa)	성형성	피로수명	개재물 규제	탄소분율 > 7% 및 탄소 함량도 > 3% 개선
종래강	1960	2345	618	841	Pass	23 만회	Pass	X
실시에 1	2549	3082	785	1262	Pass	55 만회	Pass	O
실시에 2	2551	3098	783	1264	Pass	57 만회	Pass	O
실시에 3	2555	3041	779	1272	Pass	58 만회	Pass	O
비교예 1	1973	2375	618	825	Pass	21 만회	Pass	X
비교예 2	2353	2825	726	965	Pass	45 만회	Pass	O
비교예 3	2217	2659	693	1025	Pass	41 만회	Pass	O
비교예 4	2196	2642	672	1010	Pass	29 만회	Pass	O
비교예 5	2165	2576	677	855	Pass	27 만회	Pass	X
비교예 6	2225	2680	715	840	Pass	25 만회	Fail	O
비교예 7	2132	2616	695	975	Pass	27 만회	Pass	X
비교예 8	2245	2692	674	1020	Pass	33 만회	Pass	O
비교예 9	2065	2495	662	810	Pass	22 만회	Pass	X
비교예 10	2270	2480	632	955	Pass	35 만회	Pass	O
비교예 11	2343	2805	733	1045	Fail	43 만회	Fail	O
비교예 12	2272	2612	679	985	Pass	27 만회	Pass	O
비교예 13	2185	2625	674	1060	Pass	29 만회	Pass	O
비교예 14	2355	2732	726	949	Pass	41 만회	Pass	X
비교예 15	2196	2652	718	864	Pass	49 만회	Pass	O
비교예 16	1995	2296	605	977	Fail	29 만회	Fail	O

도면3

TCFE7: C, CO, CR, FE, MN, MO, NB, NI, SI, TI, V, ZR

P=1.01325E5, W(C)=5.5E-3, W(SI)=1.5E-2, W(MN)=7E-3, W(CR)=8E-3, W(MO)=3E-3, W(NI)=3E-3, W(V)=3E-3, W(NB)=1E-3, W(TI)=1.5E-3, W(CO)=1E-3, W(ZR)=1E-3, N=1



도면4

