(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년10월13일
(11) 등록번호 10-1449511
(24) 등록일자 2014년10월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C21D 8/00 (2006.01) *C22C 38/02* (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0096321
(22) 출원일자 2014년07월29일
심사청구일자 2014년07월29일
(56) 선행기술조사문헌
JP06065636 A
KR1020010063691 A

(73) 특허권자
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
이영선
경상남도 창원시 성산구 동산로 88 (상남동) 301동 1501호
이창길
경상남도 창원시 성산구 대암로 253 (성주동, 프리빌리지아파트) 106동 2005호
(74) 대리인
김정수

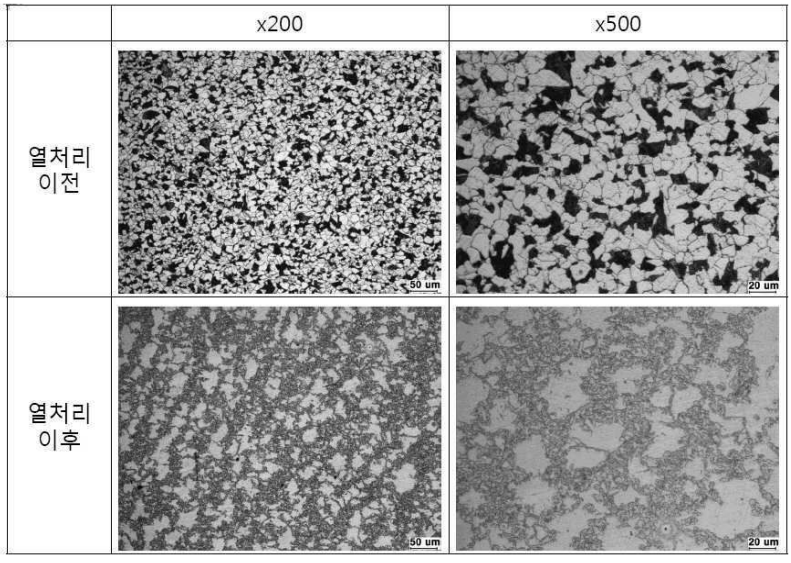
전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 최정식

(54) 발명의 명칭 **가공 경화형 항복비 제어강 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명에 따른 항복비 제어강 제조방법은 탄소(C) 0.10~0.40중량%, 망간(Mn) 0.90~1.50중량%, 규소(Si) 0.50~2.50중량%, 알루미늄(Al) 0중량% 초과 0.060중량% 이하를 포함하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어진 합금강을 압연 또는 신선하여 봉재를 제조하는 단계; 상기 소재를 가열해 A_{c1} 변태점과 A_{c3} 변태점을 기준으로 하여 A_{c1} 이상 $(A_{c1} + A_{c3})/2$ 이하의 온도에서 일정시간 유지하는 1차 열처리 단계; 및 상기 소재를 마르텐사이트 변태개시점(Ms)을 기준으로 하여 (25℃ + Ms)/2 이상 Ms 이하의 온도까지 냉각하고 그 온도에서 일정시간 유지하는 2차 열처리 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

탄소(C) 0.10~0.40중량%, 망간(Mn) 0.90~1.50중량%, 규소(Si) 0.50~2.50중량%, 알루미늄(Al) 0중량% 초과 0.060중량% 이하를 포함하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어진 합금강을 압연 또는 신선하여 소재를 제조하는 단계;

상기 소재를 가열해 A_{c1} 변태점과 A_{c3} 변태점을 기준으로 하여 A_{c1} 이상 $(A_{c1} + A_{c3})/2$ 이하의 온도에서 일정시간 유지하는 1차 열처리 단계; 및

상기 소재를 마르텐사이트 변태개시점(Ms)을 기준으로 하여 (25℃ + Ms)/2 이상 Ms 이하의 온도까지 냉각하고 그 온도에서 일정시간 유지하는 2차 열처리 단계를 포함하는 항복비 제어강 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 냉각단계는 공냉(air cooling) 또는 수냉(water quenching)에 의해 수행되는 것을 특징으로 하는 항복비 제어강 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

인장강도 60~140kgf/mm^2급 이상의 냉간단조용 비조질강으로서 사용 가능한 것을 특징으로 하는 항복비 제어강 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

인장강도 80kgf/mm^2급 냉간단조용 비조질강으로서 사용 가능하며, 탄소(C) 0.15중량%, 망간(Mn) 1.5중량%, 규소(Si) 1.5 중량%, 알루미늄(Al) 0.050중량%를 포함하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어진 것을 특징으로 하는 항복비 제어강 제조방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 기재된 제조방법에 의해 제조된 항복비 제어강.

청구항 6

제5항에 있어서, 페라이트(ferrite) 기반의 망상조직(network structure)을 가지는 것을 특징으로 하는 항복비 제어강.

청구항 7

탄소(C) 0.10~0.40중량%, 망간(Mn) 0.90~1.50중량%, 규소(Si) 0.50~2.50중량%, 알루미늄(Al) 0중량% 초과 0.060중량% 이하를 포함하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어진 합금강을 압연 또는 신선하여 소재를 제조하는 단계;

상기 소재를 가열해 A_{c1} 변태점과 A_{c3} 변태점을 기준으로 하여 A_{c1} 이상 $(A_{c1} + A_{c3})/2$ 이하의 온도에서 일정시간 유지하는 1차 열처리 단계;

상기 소재를 마르텐사이트 변태개시점(Ms)을 기준으로 하여 (25℃ + Ms)/2 이상 Ms 이하의 온도까지 냉각하고 그 온도에서 일정시간 유지하는 2차 열처리 단계; 및

상기 소재를 냉간 단조하는 단계를 포함하는 냉간 단조부품의 제조방법.

청구항 8

제7항에 기재된 제조방법에 의해 제조된 냉간 단조부품.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 냉간 단조부품은 볼트(bolt), 샤프트(shaft), 바(bar), 로드(rod) 또는 스터드(stud)인 것을 특징으로 하는 냉간 단조부품.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 항복비를 제어함으로써 동일한 인장강도를 갖는 소재라도 소성가공, 절삭가공 등의 금속가공 공정시 가공을 용이하게 하고 제조비용을 낮출 수 있도록 하는 철강소재 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 철강 단조품을 이용하는 부품들의 제조 공정에 있어서 공정개선 및 자동화를 통한 제조원가 감축을 위해 추진되는 노력들 가운데 에너지 절감 효과 및 공정효율향상(자동화 라인 등)에 필수적인 요소는 단조 후의 열처리(Q/T)공정의 제거에 있다.

[0003] 도 1은 종래의 단조 후 열처리(Quenching/Tempering, 이하 'Q/T'라 함)공정을 이용하는 종래의 전통적 조질강 제조공정의 순서도이다.

[0004] 도 1에 도시된 바와 같이, 조질강의 경우, 냉간단조를 위해서는 10시간 이상의 구상화 소둔을 통해 경도와 단조하중을 감소시키고 단조 후 기계적 성질확보를 위해서는 후열처리(Q/T)가 필수적이었다.

[0005] 전/후 열처리 및 수반되는 공정수가 너무 많고 비용이 과다하였고, 열처리 변형에 따른 치수변화로 교정공정 등이 추가되어야 하므로 에너지 절감이나 자동화면에서 문제점이 있다.

[0006] 따라서, 단조 후 열처리를 생략할 수 있는 비조질강 및 단조공정 개발에 대한 많은 연구들이 수행되어 국내에서도 열간단조품의 경우는 크랭크샤프트, 휠 허브 등 인성이 요구되지 않는 부품을 중심으로 많이 적용되고 있으며, 자동차용 커넥팅로드를 비롯하여 너클 등에 적용되는 열간단조용 비조질강의 제품이 개발되어 적용되고 있다.

[0007] 또한, 냉간 단조용 비조질강의 경우도 개발이 이루어져 적용을 시도한 바 있으나 일부 볼트류에 적용한 소재(LH85 등)에 그치고 있으며, 단조 후 열처리 공정을 제거할 수 있는 장점에도 불구하고 높은 항복비로 인해 인장강도 80kgf/mm^2 급 이상에서는 너무 높은 단조하중으로 인해 금형수명이 저하되는 공통된 단점으로 인해 그 적용의 확대가 이루어지지 못하고 있다.

[0008] 더욱이, 페라이트+펄라이트의 2상 조직 기반의 냉간 비조질강의 경우는 연속 생산된 선재의 경우 선단부와 선미부의 재질이 20% 이상 큰 차이를 나타냄으로써 균일한 품질을 얻을 수 없다는 단점을 해소하기 위해 도 2에 도시한 바와 같이 냉간단조 수행에 앞서 추가적인 항온 변태 처리를 해야만 함으로써 소재 가격의 상승을 초래함에 따라 그 적용이 어렵게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상기와 같은 점을 해소하기 위한 것으로서, 후열처리 공정을 제거할 수 있고, 단순 전처리 공정으로 제조단가를 대폭 절감할 수 있으며, 저항복비에 따른 성형성 및 가공성을 향상시킬 수 있으며, 단조 하중을 감소시킬 수 있는 철강 소재 및 그 제조방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0010] 또한, 저항복비에 의해 금형수명이 향상되고, 고강도 소재부품 개발이 용이하여, 8T급은 물론 10T급 이상의 냉간 단조품(볼트, 샤프트, 바, 로드, 스터드 류 등)을 용이하게 제조하는 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명에 따른 항복비 제어강 제조방법은 탄소(C) 0.10 내지 0.40 중량%, 망간(Mn) 0.90~1.50중량%, 규소(Si) 0.50~2.50 중량%, 알루미늄(Al) 0중량% 초과 0.060 중량% 이하를 포함하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어진 합금강을 봉압연, 신선 등을 통해 원하는 크기의 봉재로 제조한 후 "항복비 제어용 2단 연속 열처리"를 통해 원하는 항복비를 갖는 소재를 제조한다.

[0012] 여기서, "항복비 제어용 2단 연속 열처리"는 상기 소재를 가열해 A_{c1} 변태점과 A_{c3} 변태점을 기준으로 하여 A_{c1} 이상 $(A_{c1} + A_{c3})/2$ 이하의 온도에서 일정시간 유지하는 1차 열처리 단계; 및 상기 소재를 마르텐사이트 변태개시점(Ms)을 기준으로 하여 (25℃ + Ms)/2 이상 Ms 이하의 온도까지 냉각하고 그 온도에서 일정시간 유지하는 2차 열처리 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한, 본 발명은 상기 제조방법에 의해 제조된 항복비 제어강을 제안하는데, 상기와 같이 열처리된 항복비 제어강은 페라이트를 기반으로 베이나이트 또는 마르텐사이트를 포함하는 조직을 나타내고 있으며, 그 분포에 따라 다양한 항복비를 나타냄으로써 금속가공 종류에 따라 적합한 소재로서 제조될 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명은 탄소(C) 0.10~0.40중량%, 망간(Mn) 0.90~1.50중량%, 규소(Si) 0.50~2.50중량%, 알루미늄(Al) 0중량% 초과 0.060중량% 이하를 포함하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어진 합금강을 압연 또는 신선하여 소재를 제조하는 단계; 상기 상기 소재를 가열해 A_{c1} 변태점과 A_{c3} 변태점을 기준으로 하여 A_{c1} 이상 $(A_{c1} + A_{c3})/2$ 이하의 온도에서 일정시간 유지하는 1차 열처리 단계; 상기 소재를 마르텐사이트 변태개시점(Ms)을 기준으로 하여 (25℃ + Ms)/2 이상 Ms 이하의 온도까지 냉각하고 그 온도에서 일정시간 유지하는 2차 열처리 단계; 및 상기 소재를 냉간 단조하는 단계를 포함하는 냉간 단조부품의 제조방법을 제안한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명에 따른 항복비 제어강 제조방법에 의하여 합금강을 열처리하여 조직을 제어함으로써, 항복비가 낮은 저항복비강을 제조가능하고, 저항복비강은 상온 냉간단조용 소재로서 활용가능하고, 낮은 항복강도를 이용하면 소성변형이 용이함과 함께 필요시 제어된 가공경화성을 이용함으로써 높은 인장강도를 얻을 수 있으므로 단조후 열처리(조질, Q/T)를 하지 않고도 원하는 강도를 갖는 제품을 제조할 수 있는 효과가 있다.

[0016] 또한, 후열처리 공정을 제거할 수 있고, 단순 전처리 공정으로 제조단가를 대폭절감할 수 있으며, 성형성 및 가공성을 향상시킬 수 있으며, 단조 하중을 감소시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 종래의 조질강을 이용한 단조품의 제조공정 순서도이다.

도 2의 종래의 냉간 비조질강을 이용한 단조품의 제조공정 순서도이다.

도 3은 항복비 그래프이다.

도 4는 본원 실시예 1에서 제조된 항복비 제어강 YRCS80에 있어서 2단 열처리 전후의 조직현미경 사진이다.

도 5는 본원 실시예 1에서 제조된 항복비 제어강 YRCS80 시편에 있어서 열처리 조건에 따른 인장강도 변화를 나타내는 그래프이다.

도 6은 본원 실시예 1에서 제조된 항복비 제어강 YRCS80 시편에 있어서 냉각 단계의 수행 방법에 따른 인장강도 변화를 나타내는 그래프이다.

도 7은 본원 실시예 1에서 제조된 항복비 제어강 YRCS80 시편의 압축특성을 나타내는 그래프이다.

도 8은 본원 실시예 1에서 제조된 항복비 제어강 YRCS80 및 비교대상 시편의 압축변형 후 경도 측정 결과를 나타낸다.

도 9는 본원 실시예 1에서 제조된 항복비 제어강 YRCS80 시편에 있어서 압축 변형량에 따른 경도변화를 나타내는 그래프이다.

도 10(a) 내지 10(c)는 본원 실시예 1에서 제조된 8T 볼트의 금속유동을 확인할 수 있는 볼트 횡단면을 나타내는 사진이다.

도 11(a) 내지 11(c)는 본원 실시예 1에서 제조된 8T 볼트의 미세조직을 보여주는 광학현미경(OM) 사진이다.

도 12은 본원 실시예 1에서 제조된 8T 볼트의 경도를 기존 조질강으로 제조된 볼트의 경도와 비교한 결과를 나타낸다.

도 13은 본원 실시예 2에서 제조된 항복비 제어강 YRCS100 시편에 대한 응력-변형(stress-strain) 그래프이다.

도 14는 본원 실시예 2에서 제조된 10T 볼트 및 기존 조질강으로 제조된 볼트의 외관을 보여주는 사진이다.

도 15는 본원 실시예 2에서 제조된 10T 볼트의 경도를 기존 조질강으로 제조된 볼트의 경도와 비교한 결과를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 우선, 도면들 중 동일한 구성요소 또는 부품들은 가능한 한 동일한 참조부호를 나타내고 있음에 유의해야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명은 본 발명의 요지를 모호하게 하지 않기 위해 생략한다.

[0019] 대표적인 냉간압조용 선재류는 아래의 표 1과 같이 다양한 볼트류에 사용된다.

표 1

[0020]

구분	강종	용도
탄소강	SWRCH-SK, SWRCH-AK	볼트, 너크, 스크류
보론강	AISI10B35, AISI51B20	안전벨트용 축, 자동차용 볼트류, 건설용 볼트유
크롬-몰리브덴강	SCM435, SCM415H	각종 볼트류, 리테이너, 피스톤 핀재
몰리브덴강	AISI4037	자동차용 볼트류
니켈-크롬-몰리브덴강	SAE8620H, AISI8740H	오일펌프용 기어, 항공기용 볼트

[0021] 표 1에 기재된 바와 같이, 냉간압조용 선재류는 다양한 볼트류에 사용되고 있고, 여러 업체에서 생산하고 있으나, 도 1 및 도 2에 도시된 조질강, 비조질강 제조방법에 의해 이를 생산하고 있어, 제품 생산 비용이나 제품의 성능면에서 그 한계가 있었다.

[0022] 이하, 이러한 냉간압조용 선재류를 제조함에 있어, 항복비를 제어함으로써 동일한 인장강도를 갖는 소재라도 금속가공 공정에 따라 가공을 용이하게 하고 제조비용을 낮출 수 있도록 하는 본 발명에 따른 항복비 제어강 제조방법에 대해 설명하기로 한다.

[0023] 항복비(Yield Ratio)란 항복강도/인장강도 = Y.S./T.S. 를 의미하고, 도 3은 항복비 그래프이다.

[0024] 도 3에 도시된 바와 같이, 항복비 제어강 제조방법에 의해 제조된 소성가공용 소재는 낮은 항복비를 갖도록 함으로써 낮은 하중에서 변형이 가능해져 낮은 단조하중과 금형수명을 향상시켜줌으로써 제조원가를 감소시킬 수 있는 효과가 있고, 절삭가공용 소재로는 높은 항복비를 갖도록 함으로써 열처리(조질, Q/T)를 하지 않은 원소재 상태에서도 우수한 절삭성을 확보할 수 있다.

[0025] 본 발명에 따른 항복비 제어강의 제조방법에 의하면, 우선, 탄소(C) 0.10~0.40중량%, 망간(Mn) 0.90~1.50중량%, 규소(Si) 0.50~2.50중량%, 알루미늄(Al) 0중량% 초과 0.060중량% 이하를 포함하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어진 합금강을 압연 또는 신선하여 봉재를 제조하는 단계를 실시한다. 여기서, 상기와 같은 조성을 가지는 합금강을 사용함으로써 조성이 간단하고, 강도조절을 위한 화학성분 조절이 용이하다는 이점을 가질 수 있다.

[0026] 다음으로, "항복비 제어용 2단 연속 열처리"를 통해 제조되는 강의 항복비를 제어하게 되는데, 구체적으로, 전단계에서 얻어진 소재를 가열해 A_{c1} 변태점과 A_{c3} 변태점을 기준으로 하여 A_{c1} 이상 $(A_{c1} + A_{c3})/2$ 이하의 온도에서 일정시간 유지하는 1차 열처리 단계; 및 상기 소재를 마르텐사이트 변태개시점(Ms)을 기준으로 하여 (25℃ + Ms)/2 이상 Ms 이하의 온도까지 냉각하고 그 온도에서 일정시간 유지하는 2차 열처리 단계를 순서대로 수행함으

로써 항복비가 제어된 철강재를 제조하게 된다.

[0027] 이 때, 상기 1차 열처리 단계 및 상기 2차 열처리 단계에서의 열처리 시간은 20분 이상 1시간 이하로도 충분하기 때문에 도 1 및 도 2의 기존 공정에서의 열처리 시간보다 시간적 측면에서도 훨씬 유리하다. 한편, 상기 1차 열처리 및 2차 열처리를 수행함에 있어서 일반적인 연속 열처리 설비를 이용할 수 있는 통상의 열처리 방법을 이용한다.

[0028] 그리고, 상기 냉각단계에서 냉각속도는 수냉(water quenching) 등을 통한 급냉, 공냉(air cooling) 등을 통한 서냉 등 다양한 공지의 냉각방법 중에서 필요에 따라 적절히 선택해 제어될 수 있다.

[0029] 상기 본 발명에 따른 항복비 제어강 제조방법에 의해 제조된 항복비가 제어된 철강재는 인장강도 80kgf/mm^2급 냉간단조용 비조질강으로서, 상기 표 1에 개시된 다양한 볼트류를 기존 소재를 이용한 경우에 비해 훨씬 용이하게 제조하는데 사용될 수 있으며, 나아가, 합금 조성 및 열처리 조건을 적절히 변경함으로써 인장강도 60~140kgf/mm^2급 이상의 냉간단조용 비조질강으로서도 사용 가능하다.

[0030] 이와 관련하여, 상기에서 상세히 설명한 본 발명에 따른 항복비 제어강의 제조방법에 의해 항복비 제어강을 제조한 후에는 소재를 냉간 단조하는 단계를 추가적으로 수행함으로써 볼트(bolt), 샤프트(shaft), 바(bar), 로드(rod) 또는 스터드(stud) 등의 다양한 냉간 단조부품을 제조할 수 있다.

[0031] 나아가, 필요에 따라 상기 냉간단조 단계를 수행한 후에는 최종 단조부품의 내식성을 향상시키기 위해 표면에 도금처리를 하는 도금코팅단계를 수행하고, 그 이후 베이킹 열처리 단계를 수행 추가적으로 수행할 수 있다. 상기 베이킹 열처리 단계는 도금처리 후에 필수적으로 적용되는 공정으로 도금 시에 발생되는 수소가 제품에 잔류되면 수소취성을 나타내므로 이를 방지하기 위해 거치는 탈수소 공정으로서 베이킹 처리을 통해 코트렐(Cottrel) 효과에 의해 강도가 증가되는 것으로 알려져 있다.

[0032] **실시예 1: 2단 열처리를 통한 항복비 제어강(YRCS80)의 제조 및 이를 이용한 냉간 단조 부품(8T 볼트) 제조**

[0033] 본 실시예 1에서는 탄소(C) 0.15 중량%, 망간(Mn) 1.5중량%, 규소(Si) 1.5 중량%, 알루미늄(Al) 0.050 중량%를 포함하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지는 선재에 대해 800℃에서 20분 동안 유지하는 1차 열처리 및 400~430℃에서 30분 동안 유지하는 2차 열처리를 순차적으로 수행하여 항복비 제어강 YRCS80(소재명)을 얻었고, 이를 8T볼트에 적용한 결과를 종래기술과 비교하였다.

[0034] 도 4는 본 발명에 따른 2단 열처리 전후의 조직현미경 사진이고, 도 5는 항복비 제어용 2단 열처리 전과 후의 경도 변화로 열처리 후 약 10% 수준의 경도 증가를 나타낸다.

[0035] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따라 1차 열처리 단계, 냉각단계, 및 2차 열처리 단계의 2단 열처리 단계를 거치게 되면 조대한 조직 입자가 미세화됨을 알 수 있다.

[0036]

[0037] 도 5는 본 발명에 따라 제조된 시편에 있어서 열처리 조건에 따른 인장강도 변화를 나타낸다.

[0038] 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따라 항복비가 제어된 2가지 시편(시편 ① 및 시편 ②)의 인장곡선으로서 시편 ①은 0.516, 시편 ②는 0.600의 서로 다른 항복비를 나타낸다. 결국, 동일한 합금 소재에서도 항복비제어용 2단 열처리조건에 의해 항복비 크기 조절이 가능함을 보여준다.

[0039] 도 6은 본 발명에 따라 제조된 시편에 있어서 냉각 단계의 수행 방법에 따른 인장강도 변화를 나타낸다.

[0040] 도 6에 따르면, 제1차 열처리 단계 후에 냉각 단계를 수행함에 있어서 270℃까지 수냉한 시편(270℃(급냉))에 비해 270℃까지 공냉한 시편(270℃(공냉))이 더 낮은 항복강도와 인장강도를 가짐을 확인할 수 있다.

[0041] 즉, 동일한 합금 소재에서도 항복비 제어용 2단 열처리 도중에 수행되는 냉각 조건에 의해 강도 및 항복비 크기 조절이 가능함을 알 수 있다.

[0042] 도 7은 본 발명에 따라 제조된 시편 및 비교대상 시편의 압축특성을 나타낸다.

[0043] 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 제조방법에 의해 2단 열처리된 YRCS80 소재는 구상화 열처리된 비교대상 합금강에 비해 항복강도면에서는 동일하나 강도는 비교소재들의 열처리(조질, Q/T) 후와 비교하여 우수한 특성을 나타낸다.

[0044] 따라서, 높은 가공경화능으로 인해 비열처리형 냉간단조용 소재로서 활용될 수 있다.

[0045] 도 8은 본 발명에 따라 제조된 시편 및 비교대상 시편의 압축변형 후 경도 측정 결과를 나타낸다.

[0046] 원소재를 50% 압축성형후 각 소재별 경도 변화를 측정한 결과, 도 8에 도시된 바와 같이 다른 소재들(조질강, 기존 비조질강)에 비해 본 발명 소재의 경우가 최대 50%까지 경도가 상승됨을 알 수 있다.

[0047] 결국, 본 발명에 따른 강재는 소성변형(냉간단조)에 의해 기존의 소재에 비해 경도와 강도를 급격히 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있다.

[0048] 도 9는 본 발명에 따라 제조된 항복비 제어강의 압축변형시 변형률에 따른 경도 변화를 나타낸 것으로 작은 변형률 증가에도 큰 경도 증가 효과를 나타내는 것이 도 8의 인장곡선과 동일한 경향을 나타낸다.

[0049] 도 10(a) 내지 10(c)는 본 발명에 따른 8T 볼트의 금속유동(Metal Flow)을 나타낸다.

[0050] 도 10(a) 내지 10(c)에 도시된 바와 같이, 탄소강인 1045K를 구상화 소둔 후 냉간 압조한 볼트(도 10(a)), 단조된 볼트를 후 열처리(Q/T)한 볼트(도 10(b)) 본 발명에 따른 2단 열처리를 수행한 8T 소재(YRCS80)를 냉간 압조한 볼트(도 10(c))의 금속유동은, 모두 원활한 상태로 동일한 양상을 나타낸다. 그 가운데 YRC980 소재가 유동성이 가장 좋음을 단류선(Flow Line)으로 확인 가능하다.

[0051] 도 11(a) 내지 11(c)는 본 발명에 따른 조직을 광학현미경으로 관찰한 사진을 나타낸다.

[0052] 도 11(a) 내지 11(c)에 도시된 바와 같이, 냉간압조된 볼트 조직(도 11(a))은 압축된 구상화 시멘타이트 조직을, 냉간압조 후 조질처리(Q/T)된 조직(도 11(b))은 템퍼드 마르텐사이트 조직을 나타낸다. 반면, 본 발명에 따른 2단 열처리를 수행한 8T 볼트(도 11(c))의 조직은, 본 발명에 따른 2단 열처리 후의 망상조직(도 4 참조)이 냉간압조에 의해 압착된 상태를 나타낸다.

[0053] 즉, 본 발명에 따른 2단 열처리를 수행하게 되면 조직이 미세화되고 높은 가공 경화능을 기대할 수 있다.

[0054] 도 12는 본 발명에 따라 제조된 8T 볼트의 경도를 비교한 것이다.

[0055] 도 12에 도시된 바와 같이, 조질 열처리 이전의 단조상태의 볼트(1045K)는 부위별로 HRC14~23수준을 나타내고, 이를 조질처리한 볼트(Heat treatment)는 요구 특성(HPC 25~29)인 HRC25이상 경도를 나타낸다. 반면, 본 발명에 따라 제조된 볼트 (YRSC80)는 단조상태에서 모든 부위에서 요구경도(HRC25)이상을 나타낸다. 결국, 기존의 열처리(조질처리) 소재와 동일한 특성을 열처리 없이 단조만으로 제조할 수 있음을 나타낸다.

[0056] **실시예 2: 2단 열처리를 통한 항복비 제어강(YRCS100)의 제조 및 이를 이용한 냉간 단조 부품(10T 볼트) 제조**

[0057] 본 실시예 2에서는 탄소(C) 0.22 중량%, 망간(Mn) 1.5중량%, 규소(Si) 1.5 중량%, 알루미늄(Al) 0.050 중량%를 포함하고, 잔부가 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지는 선재에 대해 800℃에서 35분 동안 유지하는 1차 열처리를 수행한 후 수냉(water quenching)시켜 270℃에서 30분 동안 유지하는 2차 열처리를 순차적으로 수행하여 항복비 제어강 YRCS100(소재명)을 얻었고, 이를 10T 볼트에 적용한 결과를 종래기술과 비교하였다.

[0058] 도 13은 본원 실시예 2에서 제조된 항복비 제어강 YRCS100 시편에 대한 응력-변형(stress-strain) 그래프로서, 도 13에 따르면 YRCS100 소재는 983MPa의 인장강도를 가져 10T급 고장력 볼트용 소재로서 사용될 수 있음을 알 수 있다.

[0059] 도 14는 본 실시예 2에서 따른 2단 열처리를 수행한 10T 소재(YRCS100)를 냉간 압조한 볼트(YRCS100[단조]), 12.9급 볼트용 크롬-몰리브덴강 소재인 SCM435를 구상화 소둔한 후 냉간 압조하여 제조한 볼트(SCM435[단조]) 및 이를 후열처리한 볼트(SCM435[단조 및 열처리[Q/T])의 외관을 나타내는 사진이다.

[0060] 도 15는 상기와 같이 제조된 볼트의 경도를 측정 위치에 따라 비교한 결과이다.

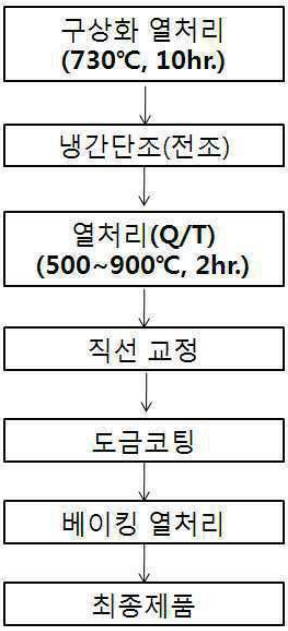
[0061] 도 15에 따르면, 조질 열처리 이전의 단조상태의 볼트(SCM435[단조])는 부위에 따라 HRC21~30의 수준을 나타내고, 이를 조질 처리한 볼트(SCM435[단조/열처리])는 부위에 따라 HRC34~35의 경도를 나타내는 반면, 본 발명에 따라 제조된 10T 볼트(YRCS100[단조])는 모든 측정부위에서 조질처리한 상용 10T 볼트에 비해 향상된 경도를 가지면서 부위에 따라 HRC35~37의 경도를 나타냈다.

[0062] 즉, 본 발명에 따르면 후열처리 없이 단조만을 수행하더라도 기존의 조질처리 소재를 이용한 경우에 비해서도 우수한 품질을 가지는 10T 급의 고장력 볼트를 제조할 수 있음을 알 수 있다.

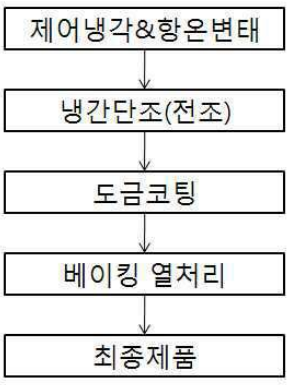
[0063] 이상에서 본 발명은 특정의 실시예와 관련하여 도시 및 설명하였지만, 첨부된 특허청구 범위에 의해 나타난 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 한도내에서 다양한 변경, 개조 및 변화가 가능하다는 것을 당 업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 쉽게 알 수 있을 것이다.

도면

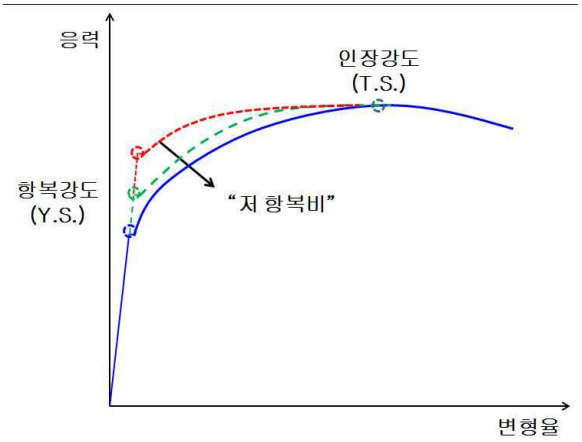
도면1


구상화 열처리
(730℃, 10hr.)
냉간단조(전조)
열처리(Q/T)
(500~900℃, 2hr.)
직선 교정
도금코팅
베이킹 열처리
최종제품

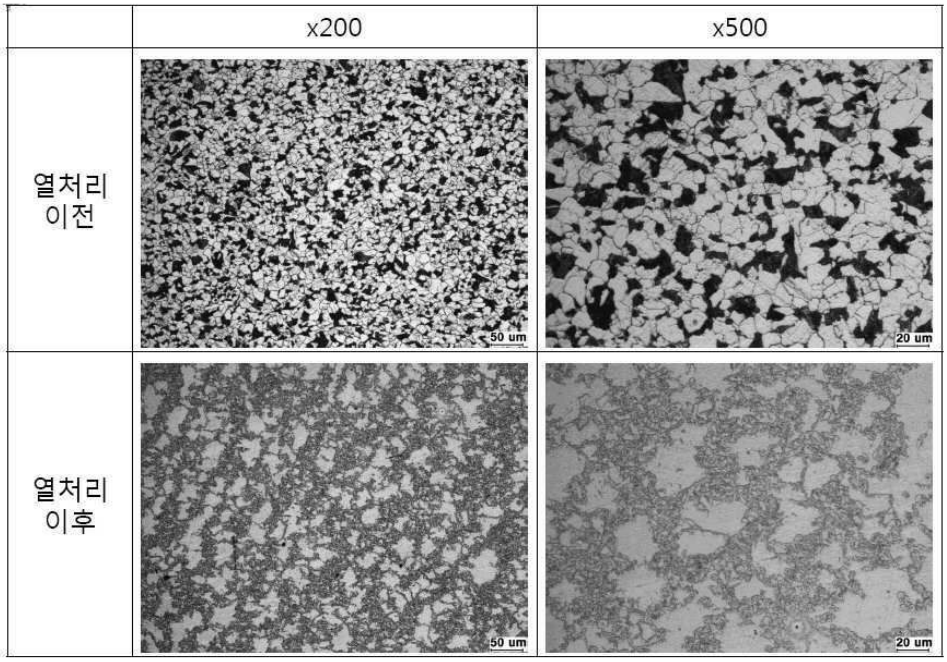
도면2


제어냉각&항온변태
냉간단조(전조)
도금코팅
베이킹 열처리
최종제품

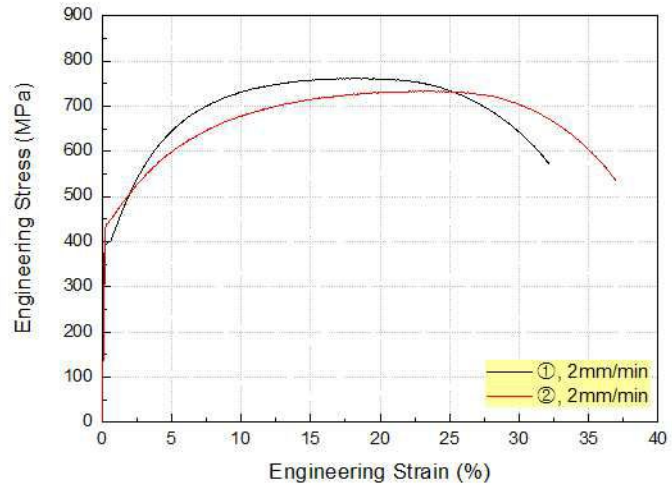
도면3


응력
인장강도
(T.S.)
항복강도
(Y.S.)
"저 항복비"
변형율

도면4

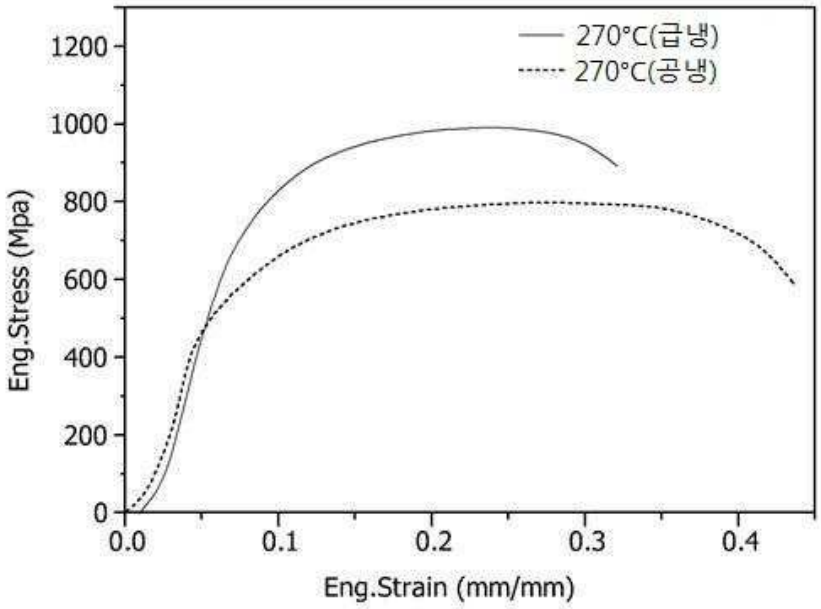

x200
x500
열처리 이전
열처리 이후
50 um
20 um
50 um
20 um

도면5

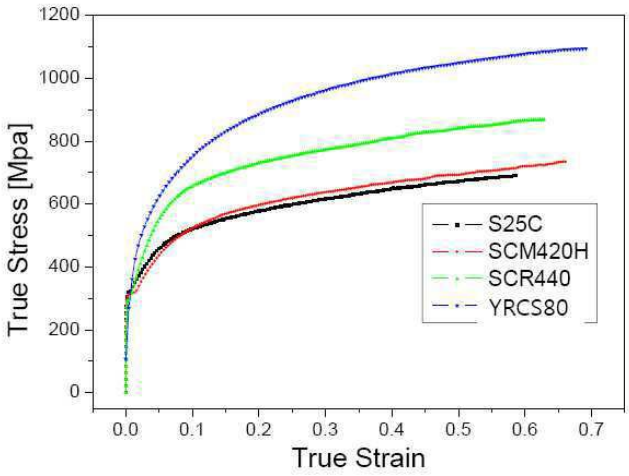


시편	항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	항복비 (Y.R.)	연신율(%)
①	393.7	762.7	0.516	32.1
②	441.0	734.1	0.600	36.9

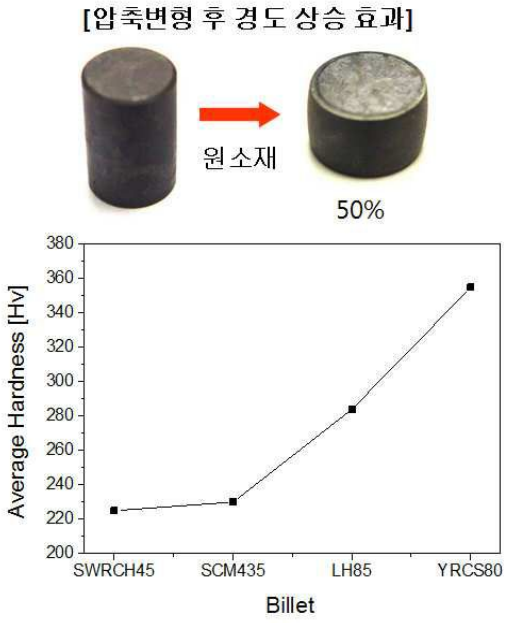
도면6



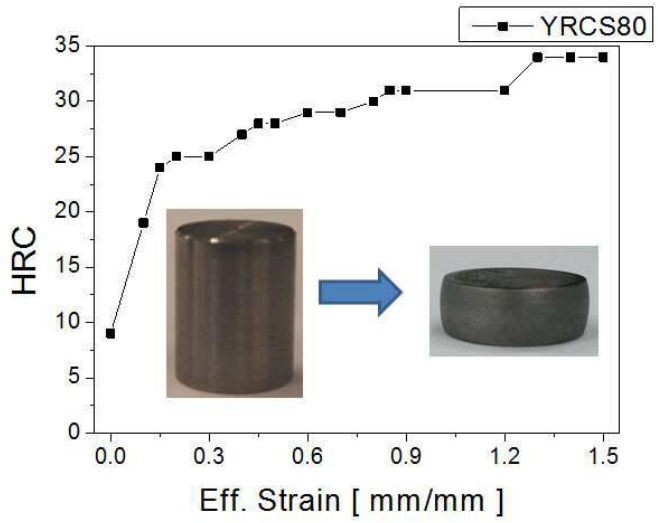
도면7


True Stress [Mpa]
True Strain
S25C
SCM420H
SCR440
YRCS80

도면8

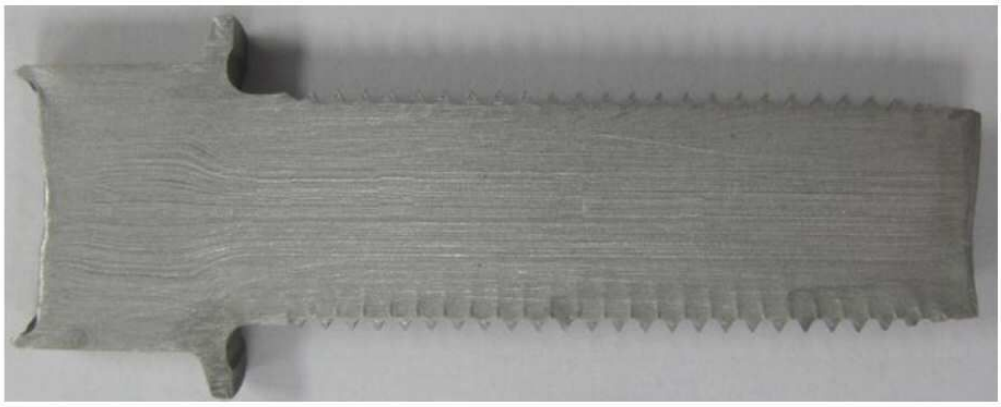

[압축변형 후 경도 상승 효과]
원소재
50%
Average Hardness [Hv]
SWRCH45
SCM435
LH85
YRCS80
Billet

도면9



Eff. Strain	HRC
0	9
0.1	19
0.15	24
0.2	25
0.3	25
0.4	27
0.45	28
0.5	28
0.6	29
0.7	29
0.7	29
0.8	30
0.85	31
0.9	31
1.2	31
1.3	34
1.4	34
1.5	34

도면10a



1045K

도면10b



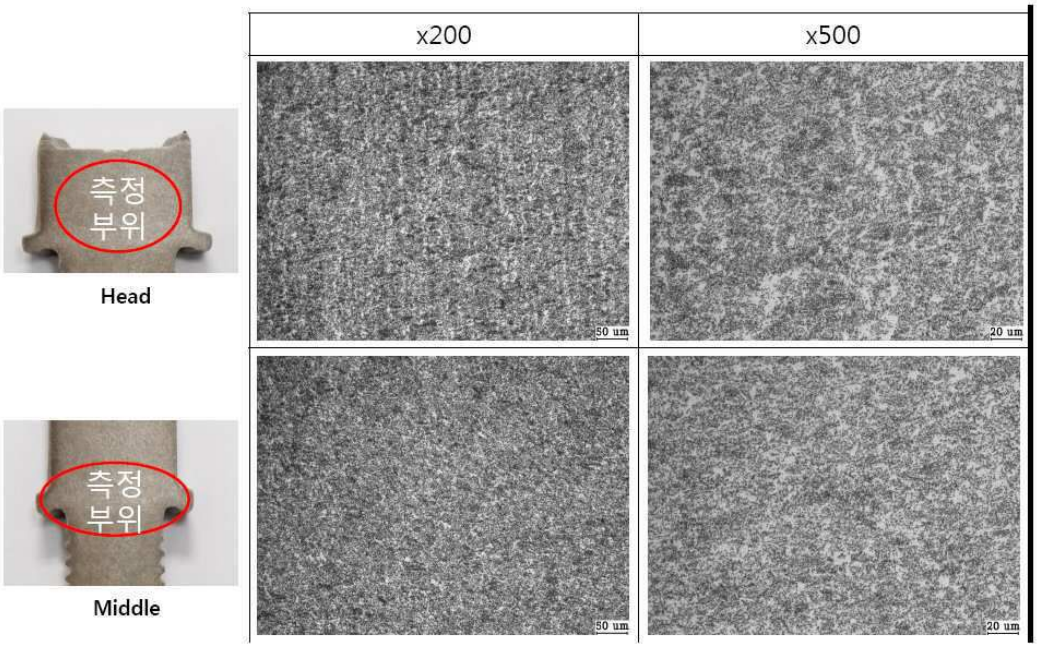
Heat treatment (1045K)

도면10c

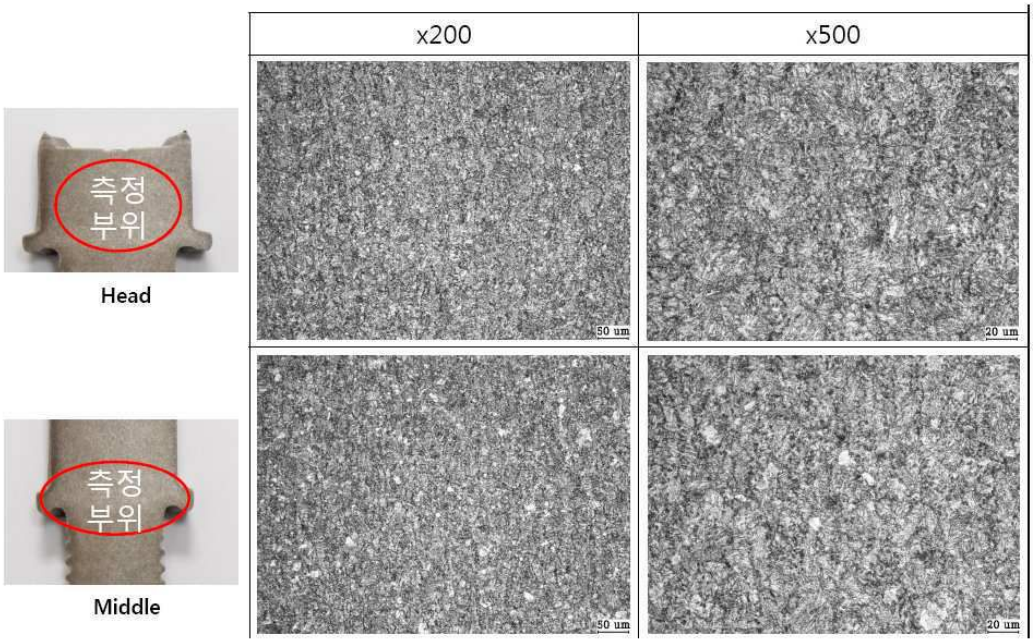


YRCS80

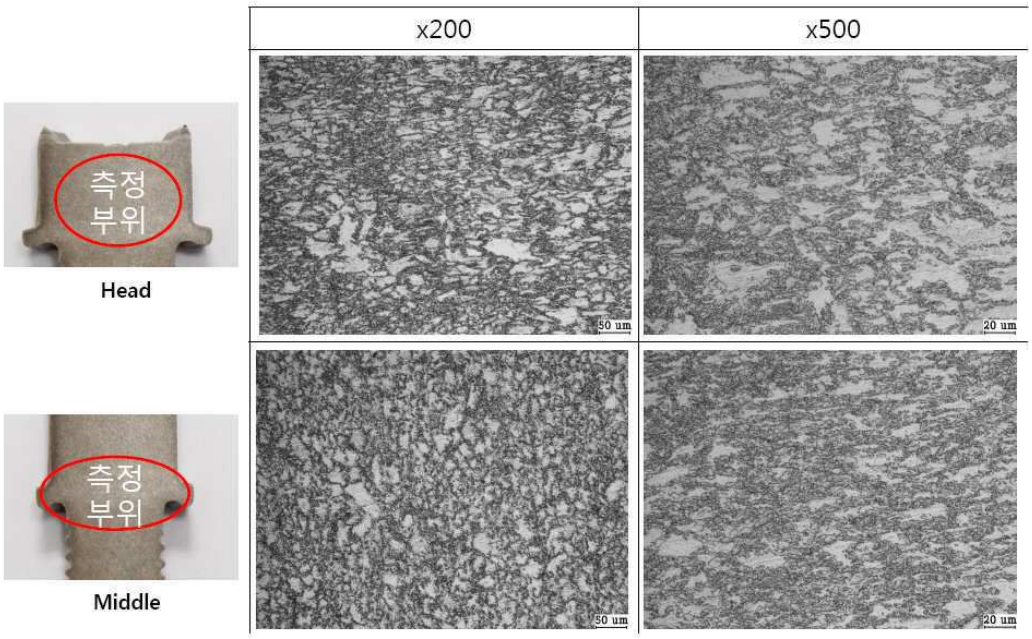
도면11a


x200
x500
측정 부위
Head
측정 부위
Middle
50 um
20 um
50 um
20 um

도면11b


x200
x500
측정 부위
Head
측정 부위
Middle
50 um
20 um
50 um
20 um

도면11c



도면12

Hardness of Rockwell (HRC)

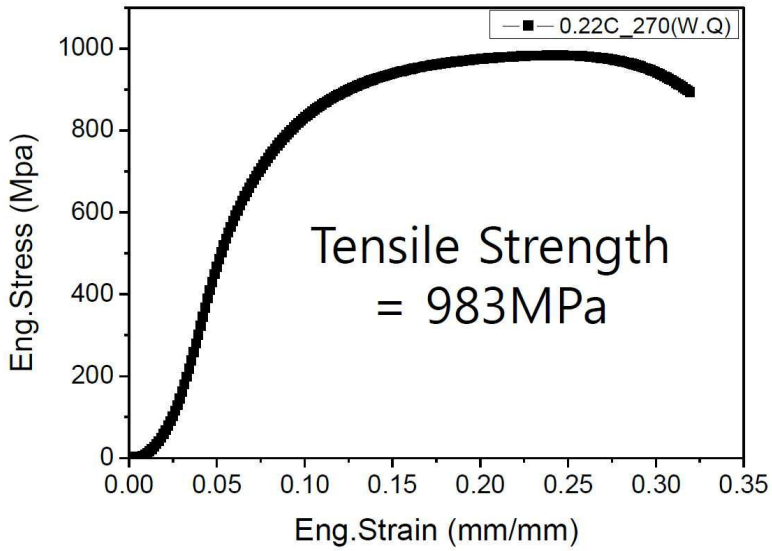
요구경도 : HRC 25 ~ 30



1045K　　Heat treatment　　YRCS80

	1045K		Heat treatment		YRCS80	
Head	22	23	25	25	27	29
Middle	15	19	25	25	26	25
Screw	15	14	26	26	25	25

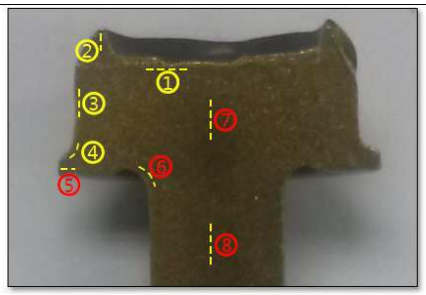
도면13


0.22C_270(W.Q)
Tensile Strength
= 983MPa
Eng.Stress (Mpa)
Eng.Strain (mm/mm)
0
200
400
600
800
1000
0.00
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35

도면14


YRCS100
(단조)
SCM435
(단조)
SCM435
(단조 및 열처리(Q/T))

도면15



경도(HRC)	1	2	3	4	5	6	7	8
YRCS100[단조]	37	37	36	37	37	38	36	35
SCM435[단조]	26	26	24	26	27	30	27	21
SCM435[단조/열처리]	35	35	35	35	35	35	35	34