



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년10월01일

(11) 등록번호 10-1557086

(24) 등록일자 2015년09월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C21D 1/26 (2006.01) *C21D 1/18* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0187420

(22) 출원일자 2014년12월23일

심사청구일자 2014년12월23일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020080082219 A

KR101446136 B1

KR1020100041133 A

KR1020100041371 A

(73) 특허권자

주식회사 세아베스틸

서울 구로구 새말로 110, (구로동)

(72) 발명자

김동윤

전라북도 군산시 축동로 34, 509동 1201호 (수송동, 군산수송동 제일오투그란데 2단지)

조오영

전라북도 군산시 서수송2길 23, 107동 1501호 (나운동, 수송금호어울림아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인세신

전체 청구항 수 : 총 3 항

심사관 : 김준규

(54) 발명의 명칭 자동차용 강재의 냉간단조 전 폐라이트 펠라이트 어닐링 열처리 방법

(57) 요 약

본 발명은 자동차용 강재의 냉간단조 전 열처리 방법에 관한 것이다. 구체적으로는, 냉간단조 전에 구상화 열처리 공정을 생략할 수 있는 자동차용 강재의 폐라이트와 펠라이트 어닐링 열처리 방법에 관한 것이다. 본 발명의 자동차용 강재의 냉간단조 전 열처리 방법은, 강재를 오스테나이징 구간에서 870°C~930°C에서 90분 내지 3시간 동안 가열하는 단계; 상기 가열된 강재를 600°C~650°C의 온도까지 냉각하여 폐라이트와 펠라이트 (Ferrite+Pearlite)로 변태시키는 단계; 및 상기 변태된 강재를 600°C~700°C의 온도에서 3시간 내지 6시간 동안 텁퍼링하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도2

(72) 발명자

정해신

부산광역시 사하구 다대로 617, 105동 1002호 (다
대동, 자유아파트)

김성근

부산광역시 사하구 다대낙조2길 100, 218동 801호
(다대동, 롯데캐슬몰운데아파트)

김선기

부산광역시 수영구 장대골로 20-15, 601호 (
광안동, 월드뷰2)

명세서

청구범위

청구항 1

자동차용 강재의 냉간단조 전 열처리 방법으로서,

강재를 오스테나이징 구간에서 870°C~930°C에서 90분 내지 3시간 동안 가열하는 단계;

상기 가열된 강재를 600°C~650°C의 온도까지 냉각하여 페라이트와 펄라이트(Ferrite+Pearlite)로 변태시키는 단계; 및

상기 변태된 강재를 600°C~700°C의 온도에서 3시간 내지 6시간 동안 템퍼링하는 단계를 포함하고,

상기 강재는 C: 0.15~0.30 중량%, Si 0.05~1.50 중량%, Mn 0.50~1.00 중량%, Ni 0.25~1.80 중량%, Cr 0.50~2.50 중량%, Mo 0.15~1.0 중량%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어진 것을 특징으로 하는, 자동차용 강재의 열처리 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 페라이트와 펄라이트 변태 단계는 제어냉각장치에 의해 1~10°C/min의 냉각속도로 냉각되면서 이루어지는 것을 특징으로 하는, 자동차용 강재의 열처리 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 자동차용 강재는 기어용 강재인 것을 특징으로 하는, 자동차용 강재의 열처리 방법.

청구항 4

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 자동차용 강재의 냉간단조 전 페라이트와 펄라이트 어닐링(Ferrite+Pearlite Annealing, FPA) 열처리 방법에 관한 것이다. 구체적으로는, 냉간단조 전 구상화 열처리 공정을 대체할 수 있고, 냉간단조 후 풀립 처리를 생략할 수 있는 자동차용 강재의 페라이트+펄라이트 어닐링 열처리 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

통상적으로 자동차의 변속기에 사용되는 소재는 사용특성상 냉간단조시 냉간성형성을 위해 구상화열처리를 실시한 후 냉간단조를 실시한다. 냉간단조 후에는 선삭, 정삭, 치절 가공 등을 하게 되는데, 이러한 가공을 용이하게 하기 위해서는 특정한 경도와 조직 등의 물성이 요구된다. 이러한 요구 물성을 만족시키기 위해, 종래에는 냉간단조 후 단조품을 연속로 타입의 열처리로에서 열처리하여 제품을 제조하였다. 또한 이러한 단조품 풀립 열처리에는 많은 시간과 비용이 발생하는 문제점이 있다. 또한, 종래의 제조방법은 냉간성형을 위해서는 구상화 열처리가 요구되는데, 구상화 열처리에는 많은 시간과 비용이 소요되는 문제점이 있었다.

[0003]

지금까지의 열처리 기술 개발은 웨칭-템퍼링, 표면경화 등 제품의 강도나 내마모성을 향상시키는 기술에 초점이 맞추어져 있다. 하지만, 자동차 부품, 특히 인풀 샤프트의 가공성을 향상시키고, 열처리 후의 변형량을 제어하고, 제품의 기계적 특성을 향상시키기 위하여, 초기 공정인 단조 후의 어닐링(annealing) 공정에 대한 관심도 증가하고 있다. 현재 열처리 기술과 관련하여, 웨칭-템퍼링에 의한 경도, 미세조직 또는 변형량 제어 기술은 어느 정도의 수준에 도달하였으나, 어닐링의 경우에는 단지 경도 제어 수준에 머물러 있는 실정이다. 자동차 부품의 단조품에 있어서 단조후 어닐링이나 노멀라이징 공정을 거치고, 기계 가공 후 웨칭-템퍼링 또는 침탄공정을 거쳐서 제품의 강도를 향상시키고, 이후 최종 연마공정을 통하여 제품의 치수를 조절하는 것이 일반적인 제조과정이다. 이러한 제조 공정 중에 제품의 가공성, 기계적 특성 그리고 최종 연마 등에 영향을 미치는 중요한 공정

으로 단조 후의 어닐링 공정이 크게 부각되고 있다.

[0004] 일반적으로 어닐링 공정은 기계 가공성 향상을 위하여 페라이트, 펠라이트의 부피 분율을 제어하고, 최종열처리 공정에서 열처리 변형을 제어하고, 기계적 특성의 균일성 등을 위한 밴드 스트럭처(Band Structure)를 제거하는 것을 목적으로 한다.

[0005] 이와 같은 목적을 위한 어닐링 공정으로는 등온 어닐링(ISOThermal Annealing) 또는 페라이트와 펠라이트 어닐링(Ferrite+Pearlite Annealing)이 있으며, 최근 이들 공정에 대한 수요가 급증하고 있다. 그러나 현재의 등온 어닐링은 노말라이징 후 템퍼링을 실시하는 공정을 사용하는 변형된 등온 어닐링인데, 이것은 등온 열처리의 이론적 기초를 근거로 하지 않고 경험에 의한 공정설계로 인하여 불균일한 품질을 생산하고 있는 실정이다.

[0006] 조직이 불균일할 경우 생기는 문제점으로는

1) 페라이트+펠라이트의 부피 분율을 불균형으로 인한 가공성의 저하,

2) 단조 작업시 발생한 단류선이 불균일한 냉각에 의하여 밴드 스트럭처의 과다 생성 및 페라이트와 펠라이트의 뭉침 과다로 인한 가공 후 침탄 열처리시 변형의 발생,

3) 베이나이트(Bainite) 및 초석페라이트로 인한 잔류 오스테나이트의 증가를 들 수 있다.

[0010] 상기한 문제점으로 인하여, 완성차에 부품이 장착된 후 일정기간 주행시 기어의 치절부에 영향을 주어 기어 치절부의 일부가 떨어져나가는 피팅(Pitting) 현상이 발생하여 변속기에서 소음이 발생하는 등 품질에 영향을 주는 원인이 된다.

[0011] 이러한 문제점을 해결하기 위하여 한국등록특허 제10-0905304호에서는 새로운 등온어닐링 공정을 제시하고 있다. 상기 특허는 기어 강종의 최적의 열처리 조건과 최적의 공정을 개시하고 있으나, 이는 열간단조 제품의 열처리 공정에 관한 기술로서, 냉간단조품에 그대로 적용하기는 용이하지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 기존의 자동차 부품용으로 사용되고 냉간단조 공정을 거치는 강재에 대하여 냉간단조 전에 열처리하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다. 또한, 본 발명은 구상화열처리와 단조품의 풀립 처리 생략이 가능한 냉간단조 전 열처리 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0013] 또한, 본 발명은 페라이트와 펠라이트의 부피분율을 제어하고, 최종열처리 공정에서의 열처리 변형 제어, 기계적 특성의 균일성 등을 위한 이상조직(베이나이트, 마르텐사이트, 밴드 스트럭처)을 제거하여 제품의 품질 향상 및 제조원가를 절감할 수 있는 열처리 및 제어냉각방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기한 과제는 자동차용 강재의 냉간단조 전 열처리 방법으로서, 강재를 오스테나이징 구간에서 870°C~930°C에서 90분 내지 3시간 동안 가열하는 단계; 상기 가열된 강재를 600°C~650°C의 온도까지 냉각하여 페라이트와 펠라이트(Ferrite+Pearlite)로 변태시키는 단계; 및 상기 변태된 강재를 600°C~700°C의 온도에서 3시간 내지 6시간 동안 템퍼링하는 단계를 포함하는, 자동차용 강재의 열처리 방법에 의해 달성된다.

[0015] 바람직하게는, 상기 페라이트와 펠라이트 변태 단계는 제어냉각장치에 의해 1~10°C/min의 냉각속도로 냉각되면서 이루어질 수 있다.

[0016] 또한 바람직하게는 상기 자동차용 강재는 기어용 강재로서, C: 0.15~0.30 중량%, Si: 0.05~1.50 중량%, Mn: 0.50~1.00 중량%, Ni: 0.25~1.80 중량%, Cr: 0.50~2.50 중량%, Mo: 0.15~1.0 중량%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어진 것일 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 열처리 방법에 따르면, 페라이트와 펠라이트의 부피분율을 제어하고, 최종열처리 공정에서의 열처리 변형 제어, 기계적 특성의 균일성 등을 위한 이상조직(베이나이트, 마르滕사이트, 밴드 스트럭처)을 제거하여 제품의 품질 향상 및 제조원가를 절감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 종래의 자동차용 소재의 가공 방법과 본 발명에 따른 가공 방법을 개략적으로 도시한 것이다.

도 2는 본 발명에 따른 열처리 공정을 개략적으로 도시한 것이다.

도 3은 본 발명에 따른 열처리 공정에서 열처리 사이클을 검증하는 온도측정 시스템을 나타낸다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 페라이트와 펠라이트 어닐링(Ferrite+Pearlite Annealing)의 냉각곡선을 도시한 것이다.

도 5는 본 발명에 따른 열처리 공정에서의 열처리 사이클의 바람직한 온도 및 시간을 도시한 것이다.

도 6은 본 발명에 따른 열처리후 강재(실시예 1)의 조직 사진과, 구상화 어닐링한 강재(비교예 1)의 조직 사진을 나타낸 것이다.

도 7은 자동차용 인포 샤프트를 본 발명에 따라 열처리한 조직 사진과 통상의 방법으로 처리한 조직 사진, 경도, 단조 파워, 가공 부하량을 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명은 자동차용 강재의 열처리 방법에 관한 것이다. 구체적으로는, 냉간단조 전 구상화 열처리 공정을 생략 할 수 있는 자동차용 강재의 열처리 방법에 관한 것이다.

[0020] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 본 발명을 설명한다.

[0021] 도 1은 종래 사용되고 있는 냉간단조용 자동차용 강재의 통상의 가공 방법과 본 발명에 따른 가공 방법을 개략적으로 도시한 것이다.

[0022] 종래 자동차용 강재의 가공은, 원소재를 준비하는 단계, 원소재를 구상화 열처리하는 단계, 냉간단조하는 단계, 냉간단조된 강재를 페라이트와 펠라이트 어닐링하는 단계, 가공하는 단계 및 침탄열처리하는 단계로 이루어진다.

[0023] 이에 반해, 본 발명에 따른 열처리 방법(FPA)을 적용하는 경우에는, 냉간단조용 자동차용 강재의 가공은 냉간단조 전 구상화열처리 단계와 냉간단조 후 어닐링하는 단계의 생략이 가능하다. 구체적으로는, 본 발명에 따른 강재의 가공은, 원소재를 준비하는 단계, 원소재를 페라이트와 펠라이트 어닐링하는 단계(FPA), 냉간단조하는 단계, 가공하는 단계 및 침탄열처리하는 단계로 이루어진다.

[0024] 본 발명에 따른 자동차용 강재는 고강도 및 고강이 요구되는 기어부품에 통상 사용되는 Ni-Cr-Mo강일 수 있다. 바람직하게는, 본 발명의 열처리 방법에 사용되는 강재는 C: 0.15~0.30 중량%, Si: 0.05~1.50 중량%, Mn: 0.50~1.00 중량%, Ni: 0.25~1.80 중량%, Cr: 0.50~2.50 중량%, Mo: 0.15~1.0 중량%를 포함하고, 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함한다.

[0025] 하지만, Ni, Cr, Mo의 합금 성분이 단조 후 풀럼열처리시 확산을 방해하여, 경도 하락이 어렵고 균일한 밴드 스트러쳐를 얻는 것이 어렵다.

[0026] 이하 본 발명의 합금성분 첨가 및 성분범위 한정 이유를 설명한다.

[0027] C: 0.15~0.30 중량%

[0028] C는 강의 미세조직 및 기계적 성질에 큰 영향을 미친다. 첨가량이 0.15 중량% 미만인 경우에는 최종 제품의 강도가 부족하고, 0.30 중량%를 넘으면 단조 가공성, 피삭성이 저하된다. 따라서, 이러한 특성을 고려하여 C함량 범위를 0.15~0.30중량%로 설정한다.

[0029] Si: 0.05~1.50 중량%

[0030] Si는 제강시 유효한 탈산제로 사용되며, 강의 탄소 활동도를 증가시키는 원소이나 페라이트 강화 원소로 함유량이 높을 경우 소재 페라이트 조직이 강화되어 냉간 단조성이 떨어지기 때문에 바람직하지 않으므로 상한을 1.50 중량%로 한정하며, 그 함량이 0.05 중량% 미만인 경우에는 탄소 활동도 낮아지며 제품에서 원하는 강도를 얻기 어렵기 때문에 하한을 0.05 중량%로 한정한다.

Mn: 0.50~1.00 중량%

[0031] Mn은 펄라이트(Pearlite)를 미세하게 하고 페라이트(Ferrite)를 고용강화시킴으로써 항복강도를 향상시킨다. 또한 강의 담금질성과 강도를 향상시키며, 고온에서는 소성을 증가시켜 주조성을 좋게 한다. 특히 유해 성분인 S와 결합하여 MnS를 형성함으로써 적열 취성을 방지하고 절삭 가공성을 향상시킨다. 따라서 Mn의 함량을 0.50~1.00중량%로 설정한다.

Ni: 0.25~1.80 중량%

[0034] Ni은 고가의 원소로 첨가 함량을 적절히 조정할 필요가 있다. Ni를 1.80 중량% 초과하여 첨가시 성능 향상 대비 경제성이 낮으므로 그 함량을 0.25~1.80 중량%로 설정한다.

Cr: 0.50~2.50 중량%

[0036] Cr은 시멘타이트 안정화 원소 및 소입성을 증대시키고 강도를 향상시키는 원소로, 강의 강도 향상을 목적으로 첨가량을 0.50 ~ 2.50 중량%로 한정한다.

Mo: 0.15~1.0 중량%

[0038] Mo는 경화성, 강도를 향상시키는 원소이나, 1.0 중량%를 초과하여 첨가하면 강도의 상승이 적고, 고가의 원소이므로 그 상한을 1.0 중량%로 하였다.

[0039] 상기한 조성을 갖는 강재는 아래에서 설명하는 열처리 공정을 거친으로써, 구상화열처리를 생략하고도 균일하고 우수한 물성을 가질 수 있다.

[0040] 도 2는 본 발명에 따른 열처리 공정, 구체적으로는 페라이트와 펄라이트 어닐링하는 단계(FPA)를 각 단계별로 도시한 것이다.

[0041] 구체적으로는 본 발명에 따른 페라이트와 펄라이트 어닐링 공정(FPA)은,

[0042] 강재를 열처리로에 장입하고 오스테나이징 온도인 870~930°C에서 90분 내지 3시간 동안 가열하는 단계;

[0043] 상기 가열된 강재를 600~650°C까지 제어냉각하는 단계; 및

[0044] 상기 냉각된 강재를 600~700°C에서 3시간 내지 6시간 동안 템퍼링하는 단계를 포함한다.

[0045] 상기 가열된 강재를 600~650°C까지 제어냉각하는 단계에서, 강재는 페라이트와 펄라이트 조직으로 변태가 이루어지고, 상기 템퍼링 단계에서 강재의 경도를 제어하게 된다.

[0046] 상기 제어냉각은 제어냉각설비에서 이루어진다. 제어냉각설비는 상기 오스테나이징된 강재를 페라이트와 펄라이트로 변태시키는데 중요한 역할을 한다. 강재를 적재한 이송롤러가 제어냉각설비 내로 진입하면, 제어냉각설비의 외부면에 설치된 노즐에서 냉각수를 강재 방향으로 분출시키는 동시에, 제어냉각설비 하단에 위치한 송풍기(Blower)를 가동시켜 제어냉각설비 내부의 뜨거운 공기 중 일부를 상부 배기팬을 통해 외부로 배출함으로써, 강재의 온도를 낮추면서 제어냉각설비의 온도를 일정 수준으로 유지시킬 수 있다. 이때, 상기 냉각수는 10 내지 20°C일 수 있으며, 냉각속도는 1~10°C/min일 수 있다. 제어냉각 단계에서는, 상기 제어냉각설비 하단에 위치한

송풍기를 통해 강재와 냉수의 접촉에 의한 직접 냉각 방식과 뜨거운 증기를 외부로 배출하여 설비 내부의 온도를 일정하게 유지하는 간접 냉각 방식을 통해 열을 뺏음으로써 소재가 베이나이트, 마르텐사이트 변태구간을 거치지 않고 100% 페라이트와 펠라이트로 변태되도록 하고 있다. 본 발명은 필요에 따라서 상기 제어냉각설비의 조건, 즉 냉각수의 온도 및 양, 송풍기와 배기팬의 속도를 조절하여 냉각조건을 변경할 수 있다. 이렇게 급속냉각된 강재는 도 5에 나타낸 바와 같이 베이나이트, 마르滕사이트 구간을 거치지 않으므로, 완전한 페라이트와 펠라이트(ferrite+pearlite) 변태가 이루어지게 된다.

[0047] 본 발명에서는 과학적인 조직 예측 프로그램을 이용하여 열처리에 이용된 강의 오스테나이징 온도, 페라이트와 펠라이트 변태 온도 등을 예측하여 열처리를 실시하였다.

[0048] 본 발명은 열처리 측정장치를 사용하여, 열처리로의 균일한 온도분포를 측정하였다. 이를 통해, 열처리 사이클의 적정성을 판단하였는데, 열처리 시작 시부터 열처리가 끝날 때까지의 강재의 온도 분포를 측정하였다.

[0049] 도 7에 나타낸 것과 같이, 길이 5.8m 소재의 선단, 중단, 후단부가 세팅 온도까지 도달하는 시간을 측정하여 전체 열처리 사이클을 조정하였다. 도 7을 보면, 선단과 후단의 세팅 온도 도달 시간의 차이는 약 50분으로서, 열처리시 원하는 페라이트와 펠라이트 조직을 얻을 수 있는 시간을 고려하여 열처리 사이클을 조정하였다.

[0050] 이를 고려하여, 바람직한 냉각속도는 1~10 °C/분이 일 수 있고, 보다 바람직하게는 4 내지 6 °C/분일 수 있다.

[0051] 또한 가장 핵심이 되는 100% 페라이트와 펠라이트 변태가 되는 시간이 40분임을 측정하여 열처리 사이클이 최적화 되도록 하였다.

[0052] 마지막으로 상기 냉각된 강재를 600~700°C에서 텁퍼링하는 단계를 포함한다. 상기 텁퍼링 단계는 3 시간 내지 6 시간 동안 실시하는 것이 바람직하다.

[0053] 이하에서 실시예를 들어서 본 발명을 상세하게 설명하지만, 실시예에 의해 본 발명의 권리범위가 제한되는 것은 아니다.

[0054] 하기 표 1에 나타낸 성분을 포함하고 잔량의 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 강재를 이용하여 본 발명의 열처리 방법과 종래 열처리 방법을 실시하여 그 효과를 비교하였다.

표 1

(단위: 중량%)

구분	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
강재	0.17	0.08	0.76	1.55	0.83	0.29

실시예 1

[0057] 상기 표 1의 조성을 갖는 길이 5.8m의 강재(직경: 54mm), 870°C에서 2시간동안 가열하였다. 가열된 강재를 제어냉각장치로 이동시켜 650°C까지 40분 만에 냉각시켰다. 이후 650°C에서 6 시간 동안 텁퍼링한 후 공냉시켰다. 도 5는 상기한 열처리 조건을 개략적으로 도시한 것이다. 이렇게 제조된 냉간단조 전 강재의 조직 단면을 도 6에 나타내었다.

[0058] 상기 열처리된 강재(경도 170HB, 180HB)를 냉간단조하고 인풋 샤프트(Input shaft)로 가공하고 침탄열처리 하였다. 최종 제조된 인풋샤프트의 단면 사진 및 제품 사진을 도 7에 나타내었다.

비교예 1

[0060] 상기 표 1의 조성을 갖는 길이 5.8m의 강재(직경: 54mm)를 냉간단조전 750°C에서 3시간 가열한 후, 17 시간 동안 공냉시켰다. 이렇게 제조된 냉간단조 전 강재의 조직 단면을 도 6에 나타내었다.

[0061] 도 6을 보면, 본 발명의 방법으로 열처리된 강재(실시예 1)의 경우 구상화어닐링 처리를 한 비교예 1과 비교하여, 베이나이트, 마르滕사이트 조직이 형성되지 않았고, 밴드 스트럭쳐가 적게 형성되어 있지 않은 것을 알 수

있다. 이러한 조직 특징으로 인해 본 발명에 따른 열처리 방법을 적용할 경우, 냉간단조 전 별도의 구상화 어닐링 처리가 요구되지 않고, 냉간단조 후 별도의 풀립 처리 없이 바로 가공이 가능하게 된다.

[0062]

도 7은 구상화어닐링, 냉간단조, FPA 열처리, 가공, 침탄열처리를 실시한 종래 양산품의 단면 사진 및 제품 사진과, 실시예 1에서 제조된 제품의 단면 사진 및 제품 사진을 도시한 것이다. 실시예 1에서 강재는 본 발명의 열처리 공정 이후 경도가 각각 170HB, 180HB(브리넬 경도)가 되었다. 이들을 냉간단조한 경우, 단조 파워가 각각 346.7KN과 335.7KN이었으며, 이는 양산품(386.5KN)과 대비하여 단조시 파워가 적게 들어가고, 가공시에도 부하량이 적은 것을 알 수 있다. 이를 통해 본 발명에 따른 열처리 방법을 적용하고 냉간단조용 자동차용 부품을 생산하는 경우 구상화 열처리 생략이 가능하여 생산성을 향상시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.

도면

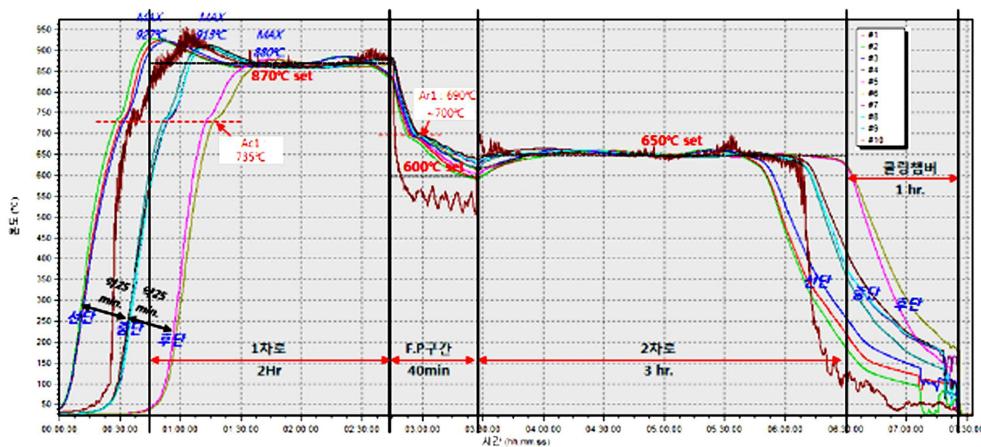
도면1



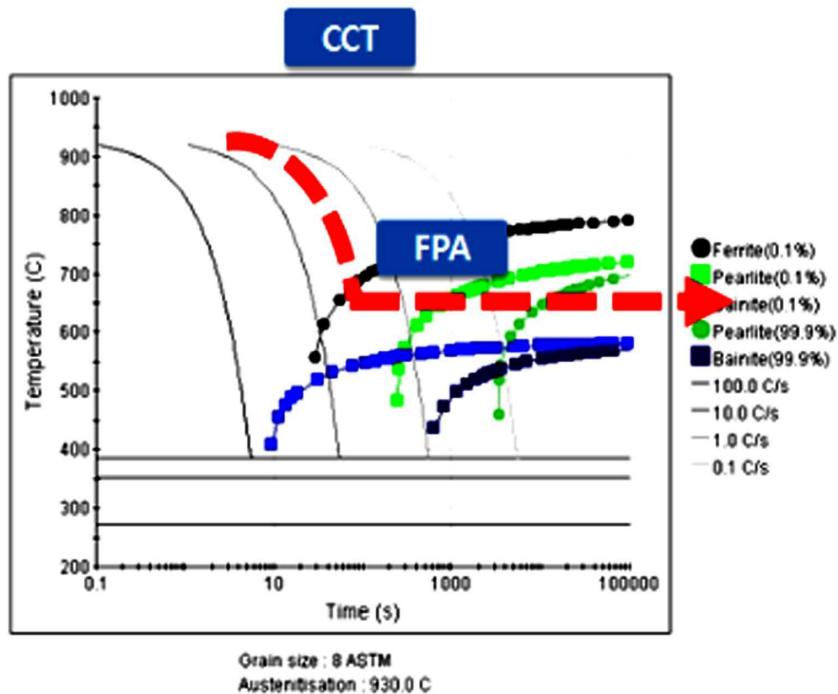
도면2



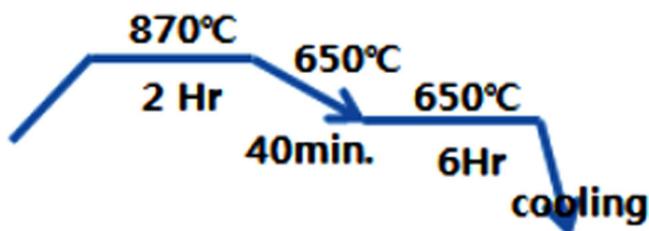
도면3



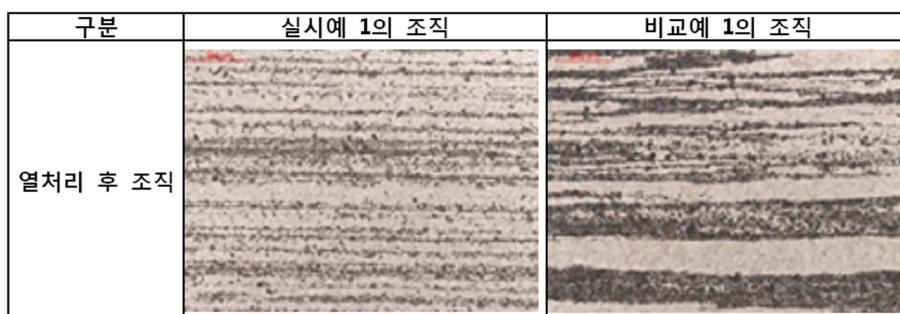
도면4



도면5



도면6



도면7

항목	양산품-SA(180HB ↓)	FPA(170HB)	FPA(180HB)
냉간단조	 터짐 없음	 터짐 없음	 터짐 없음
기공	 단조 파워 386.5KN 기공보하량 32%	 단조 파워 346.7KN 기공보하량 31%	 단조 파워 335.7KN 기공보하량 30%