



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년07월29일

(11) 등록번호 10-2427244

(24) 등록일자 2022년07월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C21D 7/13 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)

C21D 8/06 (2006.01) C21D 9/46 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C21D 7/13 (2013.01)

C21D 8/0205 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-7031725

(22) 출원일자(국제) 2014년04월13일

심사청구일자 2019년02월07일

(85) 번역문제출일자 2015년11월04일

(65) 공개번호 10-2015-0140740

(43) 공개일자 2015년12월16일

(86) 국제출원번호 PCT/AU2014/000416

(87) 국제공개번호 WO 2014/165934

국제공개일자 2014년10월16일

(30) 우선권주장

2013205082 2013년04월13일 오스트레일리아(AU)

(56) 선행기술조사문헌

일본 공개특허공보 특개소49-040221

호(1974.04.15.) 1부.*

일본 공개특허공보 특개소49-098320

호(1974.09.18.) 1부.*

일본 공개특허공보 특개소49-115928

호(1974.11.06.) 1부.*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인프라빌드 컨스트럭션 솔루션즈 피티와이
엘티디.오스트레일리아 뉴사우스웨일스 1215 오스트레일
리아 스쿼어 피오 박스 에이치302

(72) 발명자

맥그레거 그레이엄

오스트레일리아 뉴 사우스 웨일스 2576 부라두 엔
에스더블유 2576 웨링턴 스트리트 10

(74) 대리인

리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 13 항

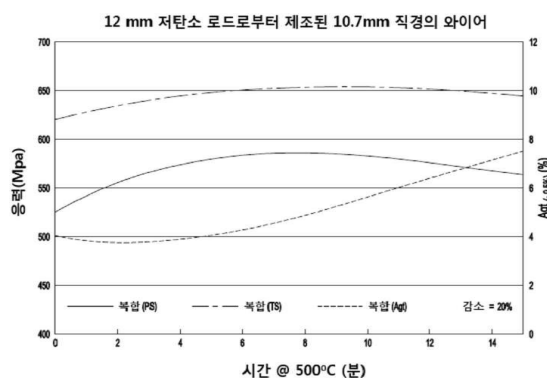
심사관 : 최정식

(54) 발명의 명칭 강 제품 및 강 제품의 제조 방법

(57) 요약

강 제품을 제조하는 방법은 기계 가공된 강 제품을 열처리하여, 강의 연성을 유지 또는 증가시키고, 강의 항복응력을 유지 또는 증가시키는 단계를 포함한다. 상기 방법에 의해 제조된 기계 가공 및 열처리된 강 제품.

대표도 - 도29



(52) CPC특허분류

C21D 8/0221 (2013.01)

C21D 8/0247 (2013.01)

C21D 8/065 (2013.01)

C21D 9/46 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

강 제품을 제조하는 방법으로서,

상기 방법은 와이어, 로드 및 바 중 어느 하나의 형태, 또는 와이어, 로드 및 바 중 어느 하나로 제조된 제품의 형태의 기계 가공된 저탄소, 중탄소, 또는 고강도 저합금 강 제품을 열처리하여, 상기 강 제품의 연성 및 항복응력을 증가시키는 단계를 포함하고,

상기 열처리는 200℃ 초과 및 1000℃ 미만의 온도에서 10분 초과 및 4시간 미만의 시간 동안 수행되고,

상기 기계 가공된 강 제품의 연성에 비해 상기 열처리된 강 제품의, 연신율로서 측정된, 연성의 증가는 5%를 초과하고,

상기 기계 가공된 강 제품의 항복응력에 비해 상기 열처리된 강 제품의 항복응력의 증가는 5%를 초과하고,

상기 저탄소 강은 0.3 wt.% 미만의 C, 0.2 wt.% 이하의 Si, 0.71 wt.% 이하의 Mn, 잔여/불가피한 불순물, 및 잔부의 Fe로 이루어지고,

상기 중탄소 강은 0.3 내지 2.0 wt.%의 C, 0.24 wt.% 이하의 Si, 0.7 wt.% 이하의 Mn, 잔여/불가피한 불순물, 및 잔부의 Fe로 이루어지고,

상기 고강도 저합금 강은, wt.%로, C: 0.07-0.30; Si: 0.9 이하; Mn: 2.0 이하; Mo: 0.35 이하; Ti: 0.1 이하; V: 0.1 이하; Nb: 0.1 이하; Cu: 0.1 이하; N: 0.02 이하; S: 0.05 이하; Al: 0.05 이하; 잔여/불가피한 불순물: 1.0 이하; 및 Fe: 잔부로 이루어져 있는, 강 제품을 제조하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 열처리 단계는 상기 기계 가공된 강 제품을 열처리하여, 상기 강 제품의 인장강도를 증가시키는 단계를 더 포함하는, 강 제품을 제조하는 방법.

청구항 3

강 제품을 제조하는 방법으로서,

(a) 저탄소, 중탄소, 또는 고강도 저합금 강 공급 강을 기계 가공하는 단계로서, 상기 저탄소 강은 0.3 wt.% 미만의 C, 0.2 wt.% 이하의 Si, 0.71 wt.% 이하의 Mn, 잔여/불가피한 불순물, 및 잔부의 Fe로 이루어지고, 상기 중탄소 강은 0.3 내지 2.0 wt.%의 C, 0.24 wt.% 이하의 Si, 0.7 wt.% 이하의 Mn, 잔여/불가피한 불순물, 및 잔부의 Fe로 이루어지고, 상기 고강도 저합금 강은, wt.%로, C: 0.07-0.30; Si: 0.9 이하; Mn: 2.0 이하; Mo: 0.35 이하; Ti: 0.1 이하; V: 0.1 이하; Nb: 0.1 이하; Cu: 0.1 이하; N: 0.02 이하; S: 0.05 이하; Al: 0.05 이하; 잔여/불가피한 불순물: 1.0 이하; 및 Fe: 잔부로 이루어져 있는 단계;

(b) 상기 기계 가공된 강을 200℃ 초과 및 1000℃ 미만의 온도에서 10분 초과 및 4시간 미만의 시간 동안 열처리하여, 상기 강의 연성 및 항복응력을 증가시키는 단계로서, 상기 기계 가공된 강의 연성에 비해 상기 열처리된 강의, 연신율로서 측정된, 연성의 증가는 5%를 초과하고, 상기 기계 가공된 강의 항복응력에 비해 상기 열처리된 강의 항복응력의 증가는 5%를 초과하는 단계; 및

(c) 와이어, 로드 및 바 중 어느 하나의 형태, 또는 와이어, 로드 및 바 중 어느 하나로 제조된 제품의 형태로 강 제품을 성형하는 단계를 포함하는, 강 제품을 제조하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 기계 가공하는 단계 (a)는, 상기 공급 강의 횡단면적을 감소시키는 냉간 압연 또는 인발 단계를 포함하는, 강 제품을 제조하는 방법.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 기계 가공하는 단계 (a)는, 상기 공급 강의 단면 형상을 변경하는 냉간 압연 또는 인발 단계를 포함하는, 강 제품을 제조하는 방법.

청구항 6

강 제품을 제조하는 방법으로서,

(a) 와이어, 로드 및 바 중 어느 하나의 형태, 또는 와이어, 로드 및 바 중 어느 하나로 제조된 제품의 형태의 저탄소, 중탄소, 또는 고강도 저합금 강 제품을 기계 가공하는 단계로서, 상기 저탄소 강은 0.3 wt.% 미만의 C, 0.2 wt.% 이하의 Si, 0.71 wt.% 이하의 Mn, 잔여/불가피한 불순물, 및 잔부의 Fe로 이루어지고, 상기 중탄소 강은 0.3 내지 2.0 wt.%의 C, 0.24 wt.% 이하의 Si, 0.7 wt.% 이하의 Mn, 잔여/불가피한 불순물, 및 잔부의 Fe로 이루어지고, 상기 고강도 저합금 강은, wt.%로, C: 0.07-0.30; Si: 0.9 이하; Mn: 2.0 이하; Mo: 0.35 이하; Ti: 0.1 이하; V: 0.1 이하; Nb: 0.1 이하; Cu: 0.1 이하; N: 0.02 이하; S: 0.05 이하; Al: 0.05 이하; 잔여/불가피한 불순물: 1.0 이하; 및 Fe: 잔부로 이루어져 있는 단계; 및

(b) 상기 기계 가공된 강 제품을 200℃ 초과 및 1000℃ 미만의 온도에서 10분 초과 및 4시간 미만의 시간 동안 열처리하여, 상기 강의 연성 및 항복응력을 증가시키는 단계로서, 상기 기계 가공된 강의 연성에 비해 상기 열처리된 강의, 연신율로서 측정된, 연성의 증가는 5%를 초과하고, 상기 기계 가공된 강의 항복응력에 비해 상기 열처리된 강의 항복응력의 증가는 5%를 초과하는 단계를 포함하는, 강 제품을 제조하는 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 기계 가공하는 단계 (a)는, 상기 강 제품의 횡단면적을 감소시키는 냉간 압연 또는 인발 단계를 포함하는, 강 제품을 제조하는 방법.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 기계 가공하는 단계 (a)는, 상기 강 제품의 단면 형상을 변경하는 냉간 압연 또는 인발 단계를 포함하는, 강 제품을 제조하는 방법.

청구항 9

강 제품을 제조하는 방법으로서,

(a) 저탄소, 중탄소, 또는 고강도 저합금 강 공급 강을 기계 가공하는 단계로서, 상기 저탄소 강은 0.3 wt.% 미만의 C, 0.2 wt.% 이하의 Si, 0.71 wt.% 이하의 Mn, 잔여/불가피한 불순물, 및 잔부의 Fe로 이루어지고, 상기 중탄소 강은 0.3 내지 2.0 wt.%의 C, 0.24 wt.% 이하의 Si, 0.7 wt.% 이하의 Mn, 잔여/불가피한 불순물, 및 잔부의 Fe로 이루어지고, 상기 고강도 저합금 강은, wt.%로, C: 0.07-0.30; Si: 0.9 이하; Mn: 2.0 이하; Mo: 0.35 이하; Ti: 0.1 이하; V: 0.1 이하; Nb: 0.1 이하; Cu: 0.1 이하; N: 0.02 이하; S: 0.05 이하; Al: 0.05 이하; 잔여/불가피한 불순물: 1.0 이하; 및 Fe: 잔부로 이루어져 있는 단계;

(b) 상기 기계 가공된 공급 강으로부터 와이어, 로드 및 바 중 어느 하나의 형태, 또는 와이어, 로드 및 바 중 어느 하나로 제조된 제품의 형태로 상기 강 제품을 성형하는 단계; 및

(c) 상기 강 제품을 200℃ 초과 및 1000℃ 미만의 온도에서 10분 초과 및 4시간 미만의 시간 동안 열처리하여, 상기 강 제품의 연성 및 항복응력을 증가시키는 단계로서, 상기 기계 가공된 강의 연성에 비해 상기 열처리된 강의, 연신율로서 측정된, 연성의 증가는 5%를 초과하고, 상기 기계 가공된 강의 항복응력에 비해 상기 열처리된 강의 항복응력의 증가는 5%를 초과하는 단계를 포함하는, 강 제품을 제조하는 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 열처리 단계 (c)는 상기 성형된 강 제품을 열처리하여, 상기 강 제품의 인장강도를 유지 또는 증가시키는 단계를 더 포함하는, 강 제품을 제조하는 방법.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 기계 가공하는 단계 (a)는, 상기 공급 강의 횡단면적을 감소시키는 냉간 압연 또는 인발

단계를 포함하는, 강 제품을 제조하는 방법.

청구항 12

제9항에 있어서, 상기 기계 가공하는 단계 (a)는, 상기 공급 강의 단면 형상을 변경하는 냉간 압연 또는 인발 단계를 포함하는, 강 제품을 제조하는 방법.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에서 정의된 방법에 의해 제조된, 와이어, 로드 및 바 중 어느 하나의 형태, 또는 와이어, 로드 및 바 중 어느 하나로 제조된 제품의 형태의 기계 가공 및 열처리된 저탄소, 중탄소, 또는 고강도 저합금 강 제품.

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광업, 건설, 및 일반적인 제조업에서 사용하기 위한 강 제품에 관한 것이다.

[0002] 또한, 본 발명은 이러한 강 제품을 제조하는 방법에 관한 것이다.

[0003] 강은 저탄소 강, 중탄소 강, 및 (제강업에서 미세합금 강으로서 또한 설명되는) 고강도 저합금 강 중 어느 하나 일 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0004] 본원에서 용어 "저탄소 강"은 0.3 wt.% C 미만, 의도적 첨가물로써 강에 첨가되는 Si 및 Mn과 같은 기타 원소, 잔여/불가피한 불순물, 및 잔부 Fe를 갖는 강을 의미하는 것으로 이해된다.

[0005] 본원에서 용어 "중탄소 강"은 0.3 내지 2.0 wt.% C, 의도적 첨가물로써 강에 첨가되는 Si 및 Mn과 같은 기타 원소, 잔여/불가피한 불순물, 및 잔부 Fe를 갖는 강을 의미하는 것으로 이해된다.

- [0006] 용어 "잔여/불가피한 불순물"은, 원소의 구체적 첨가의 결과로서가 아니라 표준 제강 방법의 결과로서, 매우 적은 농도로 존재할 수 있는, Cu, Sn, Mo, Al, Zn, Ni, 및 Cr과 같은 원소들을 포함한다. 예를 들면, 이 원소들은 강도 저합금 강, 저탄소 강, 및 중탄소 강을 제조하기 위해 스크랩 강을 사용한 결과 존재할 수 있다.
- [0007] 본원에서 용어 "고강도 저합금 강"은 wt.%로 하기의 일반적인 조성을 갖는 강을 의미하는 것으로 이해된다.
- [0008] C: 0.07-0.30;
- [0009] Si: 0.9 이하;
- [0010] Mn: 2.0 이하;
- [0011] Mo: 0.35 이하;
- [0012] Ti: 0.1 이하;
- [0013] V: 0.1 이하;
- [0014] Nb: 0.1 이하;
- [0015] Cu: 0.1 이하;
- [0016] N: 0.02 이하;
- [0017] S: 0.05 이하;
- [0018] Al: 0.05 이하;
- [0019] 잔여/불가피한 불순물: 1.0 이하; 및
- [0020] Fe: 잔부.
- [0021] 고강도 저합금 강의 맥락에서, 용어 "잔여/불가피한 불순물"은 저탄소 강 및 중탄소 강에 대해 전술한 바와 같이 이해된다. 앞 단락 표의 Cu 및 Mo와 같은 원소들의 농도는 총 농도, 즉 의도적 첨가물 및 잔여/불가피한 불순물 전체로서의 이들 원소의 농도이다.
- [0022] 강 제품은 임의의 적절한 제품일 수 있다.
- [0023] 강 제품은 와이어, 로드, 바, 또는 스트립일 수 있다.
- [0024] 강 제품은 와이어, 로드, 바, 및 스트립 중 어느 하나로부터 제조되는 강 제품 형태일 수 있다.
- [0025] 강 제품은, 콘크리트 시공용 철근, 이격된 평행 라인 와이어와 이격된 병렬 크로스-와이어를 서로 용접하여 제조된 콘크리트 시공 및 광업용 보강 메쉬, 강재 스트립으로 제조된 파이프, 철근과 같은 임의의 세장형 제품들을 서로 결합하기 위한 커플러, 연속적인 스파이럴, 콘크리트 기둥 및 보용 케이지를 보강하기 위한 결속선 (ligature), 봉강으로 제조된 (나사, 볼트 등을 포함하는) 패스너, 봉강으로 제조된 록 볼트(rock bolt), 및 콘크리트 시공, 건설, 광업 또는 제조업들에서 인장 또는 압축 또는 전단 또는 굽힘 용도들에 사용되는 다른 강 제품들을 비제한적으로 포함하는, 임의의 제품을 포함할 수 있다.
- [0026] 본 발명은, 기계 가공된(예를 들어, 냉간 압연 등에 의해 냉간 성형된) 강을 가열하여 강을 처리(이하, "열처리"로 언급함)하는 것, 및 (a) (예를 들어, 연신율로써 측정되고, 본 명세서에서 연신율의 측면에서 기재되며, 보강 강재를 언급할 때 용어 Agt(균일 연신율)로 알려진, 흔히 Agt_(-0.5%)로 표현되는) 연성을 유지 또는 증가시키는 것, (b) (흔히 보강 강재에 대한 내력(PS)으로 표현되는) 항복응력(YS)을 유지 또는 증가시키는 것, 및 (c) 강의 인장강도(TS)를 유지 또는 증가시키는 것이 가능하다는 놀라운 발견에 기초를 두고 있다. 야금학에서는 기계 가공된 강의 열처리가 강의 연성의 증가 및 항복응력의 감소 및 인장강도의 감소를 초래한다고 가르치고 있기 때문에, 이는 놀라운 발견이다.
- [0027] 예로서, 본 출원인은, 강의 횡단면적을 5 내지 30%, 일부 경우에는 최대 75%까지 감소시키도록 기계 가공한 후, 150 내지 750℃ 범위의 온도에서 1분 내지 16시간 동안 열처리된 강은, 연성, 항복응력이 유지되고, 많은 경우에, 기계 가공된 강의 연성에 비해 적어도 25%의 연성 증가 및 기계 가공된 강의 항복응력에 비해 적어도 5%의 항복응력 증가를 일으킨다는 것을 발견하였다.
- [0028] 일반적인 표현으로, 본 출원인은, 기계 가공된 강이 더 높은 온도에서 더 짧은 시간 동안, 또는 더 낮은 온도에

서 더 긴 시간 동안 열처리되어 연성, 항복응력, 및 인장강도를 유지 또는 증가시킬 수 있다는 것을 발견하였다.

[0029] 본 발명은 공급 강 또는 강 제품의 횡단면적을 변경하는 기계 가공에 한정되지 않으며, 냉간 가공이 공급 강 또는 강 제품의 형상을 변경하는 상황까지도 확장된다는 것에 주목한다.

[0030] 일반적으로, 그리고 본 발명의 범위 제한 없이, 구체적 강 화학물 및 공정 경로 및 특성들은 다음 표에 요약되어 있다.

표 1

[0031]

강 화학물	공정 경로	냉간 가공	HT 온도 및 시간	YS(PS) - MPa	연신율(Agt)%
HSLA	냉간 가공 및 HT	20% 미만 - 35% 이상 가능	150 내지 750℃ 및 5분 내지 16시간	600 MPa 초과	1.5% 초과
저탄소	냉간 가공 및 HT	20% 내지 25% - 45% 이상 가능	150 내지 750℃ 및 5분 내지 16시간	500 MPa 초과	1.5% 초과
중탄소	냉간 가공 및 HT	20 내지 75%	150 내지 750℃ 및 5분 내지 16시간	750 내지 1,000 MPa	1.5% 초과

[0032] 주 - 상기 테이블에서 언급된 "HT"는 "열처리"를 의미함.

[0033] 본 발명은 저탄소 강, 중탄소 강, 및 고강도 저합금 강의 상당 수의 샘플을 시험하는 데 초점을 맞춘 광범위한 연구 개발 프로그램에 기초를 두고 있다. 샘플들은 상이한 조건하에서 기계 가공되고, 상이한 온도에서 상이한 시간 동안 열처리된 샘플들을 포함하였다. 연구 개발 프로그램은 본 명세서의 후반부에서 더 상세히 논의된다.

[0034] 본 발명은, 기계 가공된 강 제품을 열처리하여, 강의 연성을 유지 또는 증가시키고, 강의 항복응력을 유지 또는 증가시키는 단계를 포함하는, 강 제품 제조 방법을 제공한다.

[0035] 또한, 본 발명은, 기계 가공된 강 제품을 열처리하여, 강의 연성을 유지 또는 증가시키고, 강의 항복응력을 유지 또는 증가시키고, 강의 인장강도를 유지 또는 증가시키는 단계를 포함하는, 강 제품 제조 방법을 제공한다.

[0036] 또한, 본 발명은 기계 가공 및 열처리된 강 제품을 포함한다. 강 제품은 전술한 강 제품들, 즉, 와이어, 로드, 바, 또는 스트립 중 어느 하나일 수 있으며, 임의의 강 제품은 와이어, 로드, 바, 및 스트립 중 어느 하나로부터 제조되며 위에서 언급한 특정 제품들을 포함한다.

[0037] 본 발명은, 고강도 저합금 강, 저탄소 강, 및 중탄소 강과 같은 동일한 시작 재료들을 사용하여, 기계 가공 및 열처리 시간 및 열처리 온도의 적절한 선택에 의해 요구되는 기계적 특성들의 범위를 만들어 낼 기회를 제공한다.

[0038] 이와 관련하여, 본 발명은, 제품에 대한 시작 재료로서 공급 강을 선택하는 단계, 제품에 요구되는 기계적 특성을 제공하기 위해 공급 강 또는 공급 강으로부터 제조된 제품의 기계 가공 및 열처리 시간 및 열처리 온도 조건들을 선택하는 단계, 기계 가공 및 열처리 단계를 수행하여, 강의 연성을 유지 또는 증가시키고, 강의 항복응력을 유지 또는 증가시키는 단계, 및 요구되는 기계적 특성들을 갖는 제품을 제조하는 단계를 포함하는, 강 제품 제조 방법을 또한 제공한다.

[0039] 본 발명은 소량 또는 다량의 용이하게 이용 가능한 강재가 다음의 것들을 제조하는 데 사용될 기회를 제공한다:

[0040] (a) 고강도(예를 들어, 750 MPa를 초과하는 항복응력) 및 고연성(예를 들어, 1.5% Agt를 초과하는 균일 연신율) 바, 로드, 와이어, 또는 메쉬; 및

[0041] (b) 중간 강도(예를 들어, 500 MPa를 초과하는 항복응력) 및 고연성(예를 들어, 1.5% Agt를 초과하는 균일 연신율) 바, 로드 와이어, 또는 메쉬.

[0042] 예로서, 본 발명에 따른 750 MPa 항복응력 타입 (a) 강은 인장 용도들에서의 종래의 500 MPa 항복응력 보강 강재와 동일한 성능에 대해 33%의 잠재적 재료 절감을 나타낸다. 따라서, 보강 강재의 직경은 동일한 성능에 대해 가령 12 mm로부터 대략 9.8 mm로 감소될 수 있다. 대안적으로, 12 mm 직경 및 750 MPa 항복응력을 갖는 바를 사용하면, 50%의 성능 증가 및 이에 따라 예를 들어, 동일한 양의 강에 대해 더 좋은 성능의 콘크리트 기둥 또는 보를 가능하게 할 것이다. 동일한 특성들을 갖는 재료로 제조되고 광업 용도에 사용되는 메쉬는 동일한 성능에

대해 적어도 30%의 잠재적 재료 절감 및 그에 따른 산업 안전 보건 혜택, 즉, 더 경량의 제품 취급을 나타낸다. 중요한 것은 아니지만, 연성을 증가할 수 있다는 것은 또한 잠재적인 이득이다.

- [0043] 다른 예로서, 콘크리트 시공 산업에서, 5% Agt를 초과하는 500 MPa 메쉬를 제조할 수 있다는 것은, 모멘트 재분배를 요구하는 용도, 예를 들어 많은 현수 바닥에서 필요한 강의 양을 대략 20% 줄일 수 있도록 한다. 호주에서 강재 설비는 현재 \$/톤 비율로 요금이 부과되므로, 설치될 강의 양의 감소는 보강 설치비용을 상당히 절감할 기회를 제공한다. 이와 동일한 절감이 고강도 바 또는 와이어 보강에 적용될 것이다.
- [0044] 다른 예로서, 이러한 방식으로 제조된 높은 인장강도(650 MPa 이상의 항복응력)의 연성 메쉬를 사용하면, 예를 들어, 지상의 콘크리트 슬래브 또는 틸트-업 콘크리트 제품을 보강하는 데 필요한 강의 중량에 있어서 대략 20 내지 25% 감소를 잠재적으로 가능하게 할 것이다.
- [0045] 이러한 전술한 높은 인장강도 또는 중간 인장강도 제품들 각각은, 제품에 내재된 에너지(온실 가스)를 상당히 감소시킬 기회, 기둥 및 보에서 콘크리트 사용을 줄일 잠재성, 및 운반 및 기타 재료 취급 비용 관련 절감을 제공하는 추가적인 이점을 갖는다.
- [0046] 연신율은 연성의 척도이다. 본원에서 연신율은 균일 연신율 - Agt로 표현된다. 본원에서 용어 "균일 연신율"은 강의 최대 인장강도에 도달하기 전에 탄성적 및 소성적으로 모두 변형될 수 있는 강의 능력의 척도인 것으로 이해된다. 본 명세서에서 보고된 연신율에 대한 수치 양은, 강의 최대 인장강도에 도달하여 최대 인장강도의 99.5%로 떨어진 후에 측정된 백분율 측면의 강의 연신율이며, $A_{gt}(-0.5\%)$ 로 표현된다. 이 방법은 측정의 신뢰성을 위해 사용된다. 총 연신율은 강 제품, 특히 시트의 연성의 척도로서 또한 사용된다.
- [0047] 기계 가공된 강의 연신율에 비해 열처리된 강의 연신율의 증가는 5%를 초과할 수 있다.
- [0048] 열처리된 강의 연신율의 증가는 10%를 초과할 수 있다.
- [0049] 열처리된 강의 연신율의 증가는 15%를 초과할 수 있다.
- [0050] 열처리된 강의 연신율의 증가는 20%를 초과할 수 있다.
- [0051] 열처리된 강의 연신율의 증가는 30%를 초과할 수 있다.
- [0052] 열처리된 강의 연신율의 증가는 50%를 초과할 수 있다.
- [0053] 열처리된 강의 연신율의 증가는 100%를 초과할 수 있다.
- [0054] 열처리된 강의 연신율의 증가는 150%를 초과할 수 있다.
- [0055] 열처리된 강의 연신율의 증가는 200%를 초과할 수 있다.
- [0056] 기계 가공된 강의 항복응력에 비해 열처리된 강의 항복응력의 증가는 5%를 초과할 수 있다.
- [0057] 열처리된 강의 항복응력의 증가는 10%를 초과할 수 있다.
- [0058] 열처리된 강의 항복응력의 증가는 15%를 초과할 수 있다.
- [0059] 열처리된 강의 항복응력의 증가는 20%를 초과할 수 있다.
- [0060] 열처리된 강의 항복응력의 증가는 30%를 초과할 수 있다.
- [0061] 열처리된 강의 항복응력의 증가는 40%를 초과할 수 있다.
- [0062] 열처리 단계는 임의의 적절한 온도에서 수행될 수 있다. 임의의 주어진 상황에서 열처리 온도의 선택에 영향을 미칠 수 있는 다수의 인자들이 존재한다. 하나의 인자는 열처리 시간이다. 본 출원인은, 각각의 열처리 온도가 시간 창을 가지고 있으며, 시간 창 내에서 항복응력과 연성이 원하는 최소값보다 높은 수준으로 증가되는 것을 또한 발견했다. 이 창은 열처리 온도가 증가함에 따라 좁아진다. 다른 인자는 강 조성이다. 다른 인자는 연성 및 항복응력과 같은 목표 특성들이다.
- [0063] 열처리 단계는 강의 오스테나이트화 온도 미만의 온도에서 수행될 수 있다. 임의의 주어진 상황에서, 열처리 시 강의 실제 온도는 시간-온도 의존 관계 및 강 조성의 함수일 것이라는 것에 주목한다. 따라서, 노의 온도는 강의 오스테나이트화 온도보다 높을 수 있다.
- [0064] 열처리 단계는 1,000°C 미만의 온도에서 수행될 수 있다.

- [0065] 열처리 단계는 800℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0066] 열처리 단계는 750℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0067] 열처리 단계는 700℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0068] 열처리 단계는 600℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0069] 열처리 단계는 550℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0070] 열처리 단계는 500℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0071] 열처리 단계는 450℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0072] 열처리 단계는 400℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0073] 열처리 단계는 300℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0074] 열처리 단계는 250℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0075] 열처리 단계는 200℃ 초과와 온도에서 수행될 수 있다.
- [0076] 열처리 단계는 150℃ 초과와 온도에서 수행될 수 있다.
- [0077] 항복응력 및 인장강도 및 연성에 대한 시작점들에 대해 항복응력을 유지 또는 증가시키고, 연성을 유지 또는 증가시키도록 열처리 시간이 충분히 짧게 선택된다면, 열처리 단계는 강의 오스테나이트화 온도보다 높은 온도에서 수행될 수 있다.
- [0078] 열처리 단계는 임의의 적절한 시간 동안 수행될 수 있다. 열처리 시간의 선택에 영향을 미칠 수 있는 다수의 인자가 존재한다. 열처리 온도와 관련하여 전술한 바와 같이, 이러한 인자들은 열처리 온도, 강 조성, 목표 특성들, 및 생산성을 포함한다.
- [0079] 열처리 단계는 16시간 미만 동안 수행될 수 있다.
- [0080] 열처리 단계는 10시간 미만 동안 수행될 수 있다.
- [0081] 열처리 단계는 6시간 미만 동안 수행될 수 있다.
- [0082] 열처리 단계는 5시간 미만 동안 수행될 수 있다.
- [0083] 열처리 단계는 4시간 미만 동안 수행될 수 있다.
- [0084] 열처리 단계는 1시간 넘게 수행될 수 있다.
- [0085] 열처리 단계는 45분 넘게 수행될 수 있다.
- [0086] 열처리 단계는 30분 넘게 수행될 수 있다.
- [0087] 열처리 단계는 10분 넘게 수행될 수 있다.
- [0088] 열처리 단계는 5분 넘게 수행될 수 있다.
- [0089] 열처리 단계는 1분 넘게 수행될 수 있다.
- [0090] 열처리 단계는 30초 넘게 수행될 수 있다.
- [0091] 열처리 단계는 임의의 적절한 분위기에서 수행될 수 있다. 분위기는 산화 분위기 또는 환원 분위기일 수 있다. 특정 예로서, 열처리 단계는 공기 중에서 수행될 수 있다.
- [0092] 열처리 단계는 보호 분위기 없이 수행될 수 있다. 이것은 본 발명의 중요한 장점이다.
- [0093] 열처리 단계는 임의의 적절한 수단을 사용하여 수행될 수 있다. 구체적으로, 임의의 적절한 열 에너지원이 열처리를 수행하기 위해 사용될 수 있다.
- [0094] 기계 가공된 강 제품은 임의의 적절한 형태의 제품일 수 있다. 기계 가공된 강 제품은 와이어, 로드, 바, 또는 스트립 중 어느 하나의 형태일 수 있다.
- [0095] 강 제품은 와이어, 로드, 바, 또는 스트립 중 어느 하나의 형태일 수 있다.

- [0096] 로드 및 바 제품들은 길이 대 직경의 종횡비가 작은 것에서 큰 것까지의 제품 범위를 가질 수 있다. 즉, 로드 및 바 제품은, 제품의 길이에 가까운 직경을 갖는 제품으로부터 제품의 길이보다 상당히 더 작은 직경 또는 횡단면적을 갖는 제품 범위를 가질 수 있다.
- [0097] 강 제품은 와이어, 로드, 바, 및 스트립 중 어느 하나로부터 제조된 강 제품의 형태일 수 있다. 강 제품의 비배타적 범위는 위에 기재되어 있다. 본 출원인이 관심을 갖는 하나의 특정 강 제품은, 이격된 평행 라인 와이어와 이격된 평행 크로스-와이어를 서로 용접하여 제조된 콘크리트 시공 및 광업용 보강 메쉬이다. 본 출원인이 관심을 갖는 다른 특정 강 제품은 모든 종류의, 예컨대 결속선 또는 연속적인 스파이럴 또는 일반적으로 사용하는 기타 형상(이러한 많은 형상이 있음을 주목)으로 형성된, 직선 길이의, 철근이다. 본 발명 및 본 발명에 의해 달성되는 특성들은 강 제품의 형상에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0098] 기계 가공된 강 제품은, 형상 변경을 일으키는 데 필요한 에너지 투입이 있었던 것과 같이, 횡단면적을 변경할 필요 없이, 제품의 단면 형상의 변경을 유발하는, 냉간 압연 또는 인발 또는 임의의 다른 적절한 기계 가공된 제품일 수 있다. 예를 들면, 형상 변경은 원형으로부터 이 원형 형상과 동일한 단면적의 타원형 횡단면으로의 변경일 수 있다.
- [0099] 기계 가공된 강 제품은, 기계 가공된 후 감소된 횡단면적을 갖는, 냉간 압연 또는 인발 또는 임의의 다른 적절한 기계 가공된 제품일 수 있다.
- [0100] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 2% 더 작을 수 있다.
- [0101] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 5% 더 작을 수 있다.
- [0102] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 10% 더 작을 수 있다.
- [0103] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 15% 더 작을 수 있다.
- [0104] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 20% 더 작을 수 있다.
- [0105] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 40% 더 작을 수 있다.
- [0106] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 50% 더 작을 수 있다.
- [0107] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 60% 더 작을 수 있다.
- [0108] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 70% 더 작을 수 있다.
- [0109] 상기 방법은 열처리된 제품을 열처리 온도로부터 임의의 적절한 냉각속도로 냉각하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들면, 열처리된 제품은 수냉에 의해 급냉될 수 있다. 다른 예로서, 열처리된 제품은 주변 공기에서 냉각될 수 있다. 본 출원인은, 일반적으로, 냉각속도가 특성들, 즉 연성, 항복응력, 및 인장강도에 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 발견하였다. 그러나, 본 출원인은, 열처리된 제품을 급냉하면, 특정 시간 후에 적어도 750℃의 열처리 온도로부터 급냉할 때와 같은 일부 상황에서 특성들에 상당한 영향을 미칠 수 있다는 것을 발견하였다. 일례로, 750℃에서 대략 약 8분 후, 인장강도의 급격한 증가와 항복응력 및 A_{gt} 의 감소가 있었다. 이러한 반응은 오스테나이트화 온도보다 높은 온도에서 열처리된 강에서 일반적이다. 이 예에서, 후속 급냉이 특성에 아무런 영향이 미치지 않는 최대 8분의 열처리 창이 있었다.
- [0110] 강은 전술한 바와 같은 저탄소 강일 수 있다.
- [0111] 강은 전술한 바와 같은 중탄소 강일 수 있다.
- [0112] 강은 전술한 바와 같은 고강도 저합금 강일 수 있다.
- [0113] 고강도 저합금 강은 0.040 wt.% 초과 V를 함유할 수 있다.

- [0114] 고강도 저합금 강은 0.050 wt.% 초과 V를 함유할 수 있다.
- [0115] 고강도 저합금 강은 0.060 wt.% 초과 V를 함유할 수 있다.
- [0116] 고강도 저합금 강은 0.005 wt.% 초과 N을 함유할 수 있다.
- [0117] 고강도 저합금 강은 0.015 wt.% 초과 N을 함유할 수 있다.
- [0118] 고강도 저합금 강은 0.018 wt.% 초과 N을 함유할 수 있다.
- [0119] 고강도 저합금 강은 Nb와 같은 다른 합금 원소를 함유할 수 있다.
- [0120] 본 발명은,
- [0121] (a) 공급 강을 기계 가공하는 단계;
- [0122] (b) 기계 가공된 공급 강을 열처리하여, 강의 연성을 유지 또는 증가시키고, 강의 항복응력을 유지 또는 증가시키는 단계; 및
- [0123] (c) 강 제품을 성형하는 단계를 포함하는 강 제품 제조 방법을 제공한다.
- [0124] 상기 방법은 단계 (a) 및 단계 (b) 및 단계 (c)의 다중 시퀀스를 포함할 수 있다.
- [0125] 본 발명은,
- [0126] (a) 강 제품을 기계 가공하는 단계; 및
- [0127] (b) 기계 가공된 강 제품을 열처리하여, 강의 연성을 유지 또는 증가시키고, 강의 항복응력을 유지 또는 증가시키는 단계를 포함하는 강 제품 제조 방법을 제공한다.
- [0128] 상기 방법은 단계 (a) 및 단계 (b)의 다중 시퀀스를 포함할 수 있다.
- [0129] 본 발명은,
- [0130] (a) 공급 강을 기계 가공하는 단계;
- [0131] (b) 강 제품을 성형하는 단계; 및
- [0132] (c) 강 제품을 열처리하여, 강 제품의 연성을 증가 또는 유지시키고, 강 제품의 항복응력을 유지 또는 증가시키는 단계를 포함하는 강 제품 제조 방법을 제공한다.
- [0133] 상기 방법은 단계 (a) 및 단계 (b) 및 단계 (c)의 다중 시퀀스를 포함할 수 있다.
- [0134] 본 발명은,
- [0135] (a) 공급 강을 기계 가공하는 단계;
- [0136] (b) 강 제품을 성형하는 단계; 및
- [0137] (c) 성형된 강 제품을 열처리하여, 강 제품의 연성을 유지 또는 증가시키고, 강 제품의 항복응력 및 인장강도를 유지 또는 증가시키는 단계를 포함하는 강 제품 제조 방법을 제공한다.
- [0138] 상기 방법은 단계 (a) 및 단계 (b) 및 단계 (c)의 다중 시퀀스를 포함할 수 있다.
- [0139] 열처리된 강의 연신율 증가는 기계 가공된 공급 강의 연신율에 비해 5%를 초과할 수 있다.
- [0140] 열처리된 강의 연신율 증가는 10%를 초과할 수 있다.
- [0141] 열처리된 강의 연신율 증가는 20%를 초과할 수 있다.
- [0142] 열처리된 강의 연신율 증가는 30%를 초과할 수 있다.
- [0143] 열처리된 강의 연신율 증가는 50%를 초과할 수 있다.
- [0144] 열처리된 강의 연신율 증가는 100%를 초과할 수 있다.
- [0145] 열처리된 강의 연신율 증가는 150%를 초과할 수 있다.
- [0146] 열처리된 강의 연신율 증가는 200%를 초과할 수 있다.

- [0147] 열처리된 강의 항복응력 증가는 10%를 초과할 수 있다.
- [0148] 열처리된 강의 항복응력 증가는 20%를 초과할 수 있다.
- [0149] 열처리된 강의 항복응력 증가는 30%를 초과할 수 있다.
- [0150] 열처리된 강의 항복응력 증가는 40%를 초과할 수 있다.
- [0151] 또한, 본 발명의 방법은 강 제품을 다른 강 제품으로 성형하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0152] 공급 강은 저탄소 강, 중탄소 강, 및 고강도 저합금 강 중 어느 하나일 수 있다.
- [0153] 공급 강은 임의의 적절한 형태일 수 있다. 공급 강은 와이어, 로드, 바, 또는 스트립 중 어느 하나의 형태일 수 있다.
- [0154] 기계 가공 단계는 와이어, 로드, 및 바의 횡단면적, 즉, 직경을 감소시키는 단계를 포함할 수 있다는 것에 주목한다.
- [0155] 또한, 기계 가공 단계는 스트립의 횡단면적, 즉, 두께를 감소시키는 단계를 포함할 수 있다는 것에 주목한다.
- [0156] 또한, 기계 가공 단계는, 형상 변경을 일으키는 데 필요한 에너지 투입이 있었던 것과 같이, 횡단면적을 변경할 필요 없이, 제품의 단면 형상의 변경을 유발할 수 있다는 것에 주목한다.
- [0157] 강 제품은 임의의 적절한 형태의 제품일 수 있다.
- [0158] 강 제품은 와이어, 로드, 바, 및 스트립 중 어느 하나로부터 제조된 강 제품의 형태일 수 있다.
- [0159] 기계 가공 단계 (a)는, 공급 강의 횡단면적을 감소시키는 냉간 압연 또는 인발 또는 임의의 다른 적절한 기계 가공 단계를 포함할 수 있다.
- [0160] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 2% 더 작을 수 있다.
- [0161] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 5% 더 작을 수 있다.
- [0162] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 10% 더 작을 수 있다.
- [0163] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 15% 더 작을 수 있다.
- [0164] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 20% 더 작을 수 있다.
- [0165] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 40% 더 작을 수 있다.
- [0166] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 50% 더 작을 수 있다.
- [0167] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 60% 더 작을 수 있다.
- [0168] 기계 가공된 강 제품의 감소된 횡단면적은 기계 가공 전의 강 제품의 횡단면적보다 적어도 70% 더 작을 수 있다.
- [0169] 열처리 단계는 강의 오스테나이트화 온도 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0170] 열처리 단계는 1,000℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0171] 열처리 단계는 800℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0172] 열처리 단계는 750℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0173] 열처리 단계는 700℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0174] 열처리 단계는 600℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.

- [0175] 열처리 단계는 550℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0176] 열처리 단계는 500℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0177] 열처리 단계는 450℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0178] 열처리 단계는 400℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0179] 열처리 단계는 300℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0180] 열처리 단계는 250℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0181] 열처리 단계는 200℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0182] 열처리 단계는 150℃ 미만의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0183] 열처리 단계는 16시간 미만 동안 수행될 수 있다.
- [0184] 열처리 단계는 10시간 미만 동안 수행될 수 있다.
- [0185] 열처리 단계는 6시간 미만 동안 수행될 수 있다.
- [0186] 열처리 단계는 5시간 미만 동안 수행될 수 있다.
- [0187] 열처리 단계는 4시간 미만 동안 수행될 수 있다.
- [0188] 열처리 단계는 1시간 넘게 수행될 수 있다.
- [0189] 열처리 단계는 45분 넘게 수행될 수 있다.
- [0190] 열처리 단계는 30분 넘게 수행될 수 있다.
- [0191] 열처리 단계는 10분 넘게 수행될 수 있다.
- [0192] 열처리 단계는 5분 넘게 수행될 수 있다.
- [0193] 열처리 단계는 1분 넘게 수행될 수 있다.
- [0194] 열처리 단계는 30초 넘게 수행될 수 있다.
- [0195] 열처리 단계 (b)는 임의의 적절한 분위기에서 수행될 수 있다.
- [0196] 또한, 본 발명은 상기 방법에 의해 제조된 강 제품을 제공한다.
- [0197] 강 제품은 적어도 500 MPa의 항복응력 및 적어도 1.5% Agt의 균일 연신율을 가질 수 있다.
- [0198] 또한, 본 발명은 전술한 바와 같은 강 조성, 연신율, 및 항복응력을 갖는, 기계 가공 및 열처리된 고강도 저합금 강 제품을 제공한다.
- [0199] 강 제품은 전술한 바와 같은 인장강도를 가질 수 있다.
- [0200] 또한, 본 발명은 전술한 바와 같은 강 조성, 연신율, 및 항복응력을 갖는, 기계 가공 및 열처리된 저탄소 강 제품을 제공한다.
- [0201] 강 제품은 전술한 바와 같은 인장강도를 가질 수 있다.
- [0202] 또한, 본 발명은 전술한 바와 같은 강 조성, 연신율, 및 항복응력을 갖는, 기계 가공 및 열처리된 중탄소 강 제품을 제공한다.
- [0203] 강 제품은 전술한 바와 같은 인장강도를 가질 수 있다.
- [0204] 강 제품은 전술한 바와 같은 와이어, 로드, 바, 및 스트립 중 어느 하나로부터 제조된 강 제품의 형태일 수 있다.
- [0205] 특정 예로서, 강 제품은, 와이어들의 교차점에서 서로 용접된 평행 라인 와이어들 및 평행 크로스-와이어들을 포함하는 메쉬 제품으로서, 와이어들은 강와이어이고 적어도 3 mm의 직경을 가지며, 와이어들이 적어도 650 MPa의 항복응력 및 적어도 1.5% Agt의 균일 연신율을 갖도록, 서로 용접되어 메쉬를 형성하기 이전에 와이어들은 기계 가공 및 열처리되었다.

- [0206] 다른 특정 예로서, 강 제품은, 와이어들의 교차점에서 서로 용접된 평행 라인 와이어들 및 평행 크로스-와이어들을 포함하는 메쉬 제품으로서, 와이어들은 적어도 3 mm의 직경을 가지며 강 와이어이고, 와이어들이 적어도 650 MPa의 항복응력 및 적어도 1.5% Agt의 균일 연신율을 갖도록, 서로 용접되어 메쉬를 형성하기 이전에 와이어들은 기계 가공되었고, 메쉬는 열처리되었다.
- [0207] 특정 예로서, 강 제품은 적어도 3 mm의 직경을 갖는 강 와이어로부터 형성된 결속선으로서, 와이어들이 적어도 650 MPa의 항복응력 및 적어도 1.5% Agt의 균일 연신율을 갖도록, 결속선으로 형성되기 전에 와이어는 기계 가공 및 열처리되었다.
- [0208] 다른 특정 예로서, 강 제품은 적어도 3 mm의 직경을 갖는 강 와이어로부터 형성된 결속선으로서, 와이어들이 적어도 650 MPa의 항복응력 및 적어도 1.5% Agt의 균일 연신율을 갖도록, 와이어는 기계 가공된 후 결속선으로 형성되었고, 결속선은 열처리되었다.
- [0209] 본 발명에 따라 처리된 저탄소 강, 중탄소 강, 및 고강도 저합금 강 샘플들에 대한 항복응력(내력 - MPa), 인장강도(MPa), 연신율(균일 연신율로서 측정 - Agt), 및 열처리 시간의 상이한 조합의 그래프인, 첨부된 도 1 내지 도 33을 참조하여 본 발명을 더 설명한다.
- [0210] 본 발명은 저탄소 강, 중탄소 강, 및 고강도 저합금 강의 상당 수의 샘플을 시험하는 데 초점을 맞춘 광범위한 연구 개발 프로그램에 기초를 두고 있다. 샘플들은 상이한 조건하에서 기계 가공되고, 상이한 온도에서 상이한 시간 동안 열처리된 샘플들을 포함하였다. 연구 개발 프로그램의 주요한 발견은, 강 샘플의 기계 가공이 샘플들의 후속 열처리에서 연신율의 유지 또는 향상 획득, 뿐만 아니라 샘플들의 후속 열처리에서 항복응력 및 인장강도의 향상 획득 또는 유지에 있어 매우 중요했다는 것이다.
- [0211] 연구와 개발 프로그램은 광업 및 건설업용 보강 메쉬 및 다른 보강 제품들의 제조에 사용하기에 적합한 강 와이어에 대해 수행되었다. 강 와이어는 저탄소 강, 중탄소 강, 및 고강도 저합금 강으로 제조하였다. 강 와이어는 큰 직경의 강 로드 또는 와이어를 더 작은 직경으로 압연하여 제조하였다.
- [0212] 저탄소 강, 중탄소 강, 및 고강도 저합금 강에 대한 연구 개발 프로그램의 요약은 다음과 같다.
- [0213] · 강 조성 - 고강도 저합금 강, 저탄소 강, 및 중탄소 강. 강 조성의 예들은 아래에 기재되어 있다.

표 2

[0214] 고강도 저합금 강

C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Al	Nb	Ti	CE
.17	1.10	.2	.013	.040	.28	.07	.11	.01	.102	.002	.001	.001	.42
.18	1.06	.25	.014	.046	.28	.07	.10	.01	.093	.002	.001	.001	.42

표 3

[0215] 저탄소 강

C	P	Mn	Si	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Al-T	B
.06	.006	.50	.15	.009	.006	.012	.001	.014	.002	.0003
.18	.010	.71	.20	.012	.005		.001	.008	.001	.0003

표 4

[0216] 중탄소 강

C	P	Mn	Si	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Al-T	B
.31	.018	.70	.24	.012	.002	.010	.001	.004	.001	.0003

- [0217] · 초기 로드 제품 - 상이한 직경 범위의 로드 샘플들을 제조하기 위한 로드 밑에서 종래의 AS 1442 또는 유사한 압연 절차 - 로드 샘플들을 이후 더 작은 직경의 와이어들로 냉간 압연하여 시험 샘플들을 형성하였다. 샘플들은, (a) 9.5 mm 와이어로 압연된 10 mm 직경의 로드, (b) 7.7 mm, 7.6 mm, 7.5, 및 6.75 mm 와이어로 압연된 8

mm 직경의 로드, (c) 9.5 mm로 압연된 10.5 mm 로드, (d) 6.75 mm로 압연된 8.5 mm 로드, (e) 10.7 mm 와이어로 압연된 12 mm 직경의 로드, (f) 7.6 mm 와이어로 압연된 8.5 mm 직경의 로드, (g) 4.75 mm 와이어로 압연되어 이후 교정된 5.5 mm 직경의 로드, (h) 4.75 mm 와이어로 압연되어, 이후 항목 (h) 샘플들에 사용된 교정 롤보다 더 작은 직경의 교정 롤을 사용하여 교정된 5.5 mm 직경의 로드, 및 (i) 3.06 mm 와이어로 압연된 5.5 mm 직경의 로드들을 포함하였다.

- [0218] · 열처리로 - 팬 강제 공냉식 노 및 저항 가열로.
- [0219] · 열처리 온도 - 도면들 참조.
- [0220] · 열처리 시간 - 도면들 참조.
- [0221] · 도 1 내지 도 21 및 도 26 내지 도 33에 보고된 시험 데이터를 갖는 샘플들에 대해서는 공냉, 도 22 내지 도 25에 보고된 시험 데이터를 갖는 샘플들에 대해서는 수냉.
- [0222] · 샘플 크기 - 대략 300 mm 길이
- [0223] · 시험 절차 - 인장 시험은 인스트론기로 시험, 연신율은 신장계를 통해 측정. 도면의 결과들은, 내력으로서 보고된 항복응력을 갖는 내력(PS), 균일 연신율($A_{gt(-0.5\%)}$)로서 보고된 연신율 및 인장강도(TS)의 그래프를 포함한다.
- [0224] 연구 작업의 결과들은 명세서의 도 1 내지 도 33에 일부 요약되어 있으며, 이하에서 기술되고 논의된다. 도 1 내지 도 25는 고강도 저합금 강("HSLA") 샘플, 도 26 내지 도 32는 저탄소 강 샘플, 도 33은 중탄소 강 샘플에 대한 작업에 초점이 맞춰진 것에 주목한다.
- [0225] 도 1은, 본 발명에 따라 10 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 9.5 mm 직경의 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 300, 400, 500, 600, 및 700℃에서 열처리한 HSLA 샘플들에 대한 연신율(A_{gt}) 대 열처리 시간(0 내지 30 분)의 그래프이다. 도 1로부터, 각각의 열처리 온도에서 샘플들의 연성은 열처리 시간에 따라 증가했고, 열처리 온도에 따라 연성의 증가율이 증가했다는 것이 명백하다.
- [0226] 도 2는, 본 발명에 따라 10 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 9.5 mm 직경의 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 300, 400, 500, 600, 및 700℃에서 열처리한 HSLA 샘플들에 대한 항복응력(내력 - MPa) 대 열처리 시간(0 내지 30분)의 그래프이다. 도 2로부터, 각각의 열처리 온도에서 짧은 열처리 시간에, 냉간 인발 샘플들의 항복응력 증가가 있었다는 것이 명백하다. 더 높은 온도(예를 들어, 500, 600, 및 700℃)에서 열처리된 샘플들의 항복응력은 열처리 시간이 증가함에 따라 감소하였다. 그러나, 더 낮은 온도(300 및 400℃)에서 열처리된 샘플들에 대해 열처리 시간에 따른 항복응력의 감소는 없었다. 항복응력의 증가는 열처리 온도들의 범위에 걸쳐 비교적 짧은 열처리 시간에서 달성되었다. 이는 공정 시간 및 비용의 측면에서 잠재적으로 중요하다.
- [0227] 도 3은, 본 발명에 따라 10 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연함으로써 기계 가공된 9.5 mm 직경의 HSLA 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 300, 400, 500, 600, 및 700℃에서 열처리한 샘플들에 대한 인장강도(MPa) 대 열처리 시간(0 내지 30분)의 그래프이다. 냉간 압연량은 횡단면적의 9.75% 감소에 달한다. 도 3으로부터, 각각의 열처리 온도에서 짧은(4분 미만의) 열처리 시간에, 냉간 압연 샘플들의 인장강도 증가가 있었다는 것이 명백하다. 더 높은 온도(예를 들어, 500, 600, 및 700℃)에서 열처리된 샘플들의 인장강도는 열처리 시간이 증가함에 따라 감소하였다. 그러나, 더 낮은 온도(300 및 400℃)에서 열처리된 샘플들에 대해 열처리 시간에 따른 인장강도의 감소는 없었다. 또한, 인장강도의 증가는 열처리 온도들의 범위에 걸쳐 비교적 짧은 열처리 시간에서 달성되었다. 이는 공정 시간 및 비용의 측면에서 잠재적으로 중요하다.
- [0228] 도 4는, 본 발명에 따라 10 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연되고 300℃에서 열처리된 9.5 mm 직경의 HSLA 와이어 샘플들에 대한 연신율(균일 연신율로서 측정됨 - A_{gt}) 대 열처리 시간(0 내지 5시간)의 그래프이다. 냉간 압연량은 횡단면적의 9.75% 감소에 달한다. 이 그래프는 도면에서 "NIOPLUS" 곡선으로 설명된다. 또한, 도 4는 8.5 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연되고 동일한 방식으로 열처리된 6.75 mm 직경의 저탄소 강 와이어 샘플들에 대한 비교 데이터를 포함한다. 냉간 압연량은 횡단면적의 37% 감소에 달한다. 이 그래프는 도 4에서 "6.75EX8.5" 곡선으로 설명된다. 도 4는 양쪽 강 샘플들의 열처리의 결과로서 예상될 수 있는 연성의 증가를 나타낸다.
- [0229] 도 5는 300℃에서 열처리된 도 4의 샘플(HSLA 및 저탄소 강)에 대한 항복응력(내력으로 보고됨 - MPa) 대 열처리 시간(0 내지 5시간)의 그래프를 포함한다.

- [0230] 도 6은 300℃에서 열처리된 도 4의 샘플(HSLA 및 저탄소 강)에 대한 인장강도(MPa) 대 열처리 시간(0 내지 5시간)의 그래프를 포함한다.
- [0231] 도 4 내지 도 6으로부터, N10PLUS HSLA 샘플들에 대해 연성, 항복응력, 및 인장강도 각각의 증가가 있었던 반면, 6.75EX8.5 저탄소 강 샘플들에 대해 연성의 증가 및 항복응력과 인장강도의 감소의 종래의 반응이 있었던 것이 명백하다. N10PLUS 샘플들에 대한 흥미로운 점은, 이러한 결과들이 300℃의 낮은 열처리 온도에서 달성되었다는 것이다.
- [0232] 도 4, 도 5, 및 도 6은 점선 부분을 포함한다. 이 도면들에서 보고된 실험 작업은 매우 초기 작업이었으며, 종래의 지식은 저탄소 강에 대한 정상적인 반응, 즉, 연성의 증가 및 항복응력과 인장강도의 감소 - 정상 회복 열처리 반응을 생성하는 데 적어도 1.2시간이 필요할 것으로 나타내기 때문에, 본 출원인은 1.15, 2, 및 4시간의 열처리 시간을 선택하였다. 본 출원인이 N10PLUS 샘플들을 처리하여 강도 증가가 있었다는 것을 알고 나서, 본 출원인은 이 재료에 대해 더 짧은 열처리 시간을 조사하였다. 또한, 이에 자극 받아 본 출원인은 6.75 mm의 재료 (및 이후 다른 모든 재료)에 대한 더 짧은 열처리 시간을 검토하였으며, 본 출원인은 더 짧은 시간에서의 저탄소 강에 대한 증가를 발견하였다. 도 26, 도 27, 및 도 28은 연성, 항복응력, 및 인장강도의 증가를 보여준다. 이는 6.75 mm로 압연되어 다른 시작 강도들을 갖는 다른 재료였다. 500℃에서 짧은 시간 동안 처리된 저탄소 강들을 나타내는 도 29 내지 도 32은, 짧은 열처리 시간에 대해 연성, 항복응력, 및 인장강도의 동일한 증가를 나타내었다.
- [0233] 도 7은, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 7.5 mm, 7.6 mm, 및 7.7 mm 직경의 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 4시간 동안 열처리된 HSLA 샘플들에 대한 연신율(Agt) 대 열처리 온도(0 내지 500℃)의 그래프이다. 샘플들을 상이한 정도로 냉간 압연하였으며, 횡단면적의 가장 높은 감소율은 약 12%였다. 도 7로부터, 200℃보다 높은 열처리 온도에서 냉간 인발 샘플들의 연성 증가가 있었고, 열처리 온도가 증가함에 따라 연성이 증가하였다는 것이 명백하다.
- [0234] 도 8은, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 7.5 mm, 7.6 mm, 및 7.7 mm 직경의 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 4시간 동안 열처리된 HSLA 샘플들에 대한 항복응력(내력 MPa) 대 열처리 온도(0 내지 500℃)의 그래프이다. 샘플들을 상이한 정도로 냉간 압연하였으며, 횡단면적의 가장 높은 감소율은 약 12%였다. 도 8로부터, 냉간 인발 샘플들 각각의 항복응력은 열처리 온도가 증가함에 따라 초기에 증가한 후 감소하였다는 것이 명백하다. 항복응력은 냉간 감소율이 더 높은 샘플들에 대해 더 높았다. 도 8의 그래프들의 형상은 열처리 온도의 창, 즉, 150 내지 400℃ 범위의 창이 있음을 나타내며, 이 범위에서 샘플들의 항복응력의 상당한 증가가 있었다. 샘플들의 항복응력은 열처리 전 샘플들의 항복응력보다 전체 열처리 온도 범위에 걸쳐 더 높았다.
- [0235] 도 9는, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 7.5 mm, 7.6 mm, 및 7.7 mm 직경의 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 4시간 동안 열처리된 HSLA 샘플들에 대한 인장강도(MPa) 대 열처리 온도의 그래프이다. 샘플들을 상이한 정도로 냉간 압연하였으며, 횡단면적의 가장 높은 감소율은 약 12%였다. 도 9로부터, 냉간 압연 샘플들 각각의 인장강도는 열처리 온도가 증가함에 따라 초기에 증가한 후 감소하였다는 것이 명백하다. 인장강도는 냉간 감소율이 더 높은 샘플들에 대해 더 높았다. 도 9의 그래프들의 형상은 열처리 온도의 창, 즉, 150 내지 350℃ 범위의 창이 있었음을 나타내며, 이 범위에서 샘플들의 인장강도의 상당한 증가가 있었다.
- [0236] 도 10은, 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 7.5 mm, 7.6 mm, 및 7.7 mm 직경의 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 100℃에서 열처리된 HSLA 샘플들에 대한 연신율(Agt) 대 열처리 시간(0 내지 7시간)의 그래프이다. 샘플들을 상이한 정도로 냉간 압연하였으며, 횡단면적의 가장 높은 감소율은 약 12%였다. 도 10으로부터, 열처리 시간의 범위에 걸쳐 냉간 인발 샘플들의 연성이 전반적으로 약간 감소하였다는 것이 명백하다. 이러한 감소는 변형 시효 메커니즘과 일치한다. 기본적으로, 연성 변화는 통상적이었고, 교시는 100℃의 열처리 온도는 너무 낮다는 것이다. 연성은 냉간 감소율이 더 낮은 샘플들에 대해 더 높았다.
- [0237] 도 11은, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 인발된 7.5 mm, 7.6 mm, 및 7.7 mm 직경의 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 100℃에서 열처리된 HSLA 샘플들에 대한 항복응력(내력 - MPa) 대 열처리 시간(0 내지 7시간)의 그래프이다. 샘플들을 상이한 정도로 냉간 인발하였으며, 횡단면적의 가장 높은 감소율은 약 12%였다. 도 11로부터, 열처리 시간의 범위에 걸쳐 냉간 인발 샘플들의 항복응력의 (비록 상당하지 않지만) 증가가 있었다는 것이 명백하다. 항복응력은 냉간 감소율이 더 높은 샘플들에 대해 더 높았다.
- [0238] 도 12는, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 7.5 mm, 7.6 mm, 및 7.7 mm 직경의 와이어 샘플

들을 포함하는 샘플들로서, 100℃에서 열처리된 HSLA 샘플들에 대한 인장강도(MPa) 대 열처리 시간(0 내지 7시간)의 그래프이다. 샘플들을 상이한 정도로 냉간 압연하였으며, 횡단면적의 가장 높은 감소율은 약 12%였다. 도 12로부터, 열처리 시간의 범위에 걸쳐 냉간 압연 샘플들의 인장강도에 약간 변화가 있었다는 것이 명백하다. 인장강도는 냉간 감소율이 더 높은 샘플들에 대해 더 높았다.

[0239] 도 13은, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 7.5 mm, 7.6 mm, 및 7.7 mm 직경의 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 300℃에서 열처리된 HSLA 샘플들에 대한 연신율(Agt) 대 열처리 시간(0 내지 16시간)의 그래프이다. 샘플들을 상이한 정도로 냉간 압연하였으며, 횡단면적의 가장 높은 감소율은 약 12%였다. 도 13으로부터, 각각의 샘플들에 대해 300℃에서, (정상 시효와 일치하는) 연성의 초기 급격한 감소 후, 비교적 짧은 열처리 시간(최대 30분) 내에 연성의 상당한 초기 증가가 있었으며, 그 온도에서 약 3시간의 열처리 후 연성이 유지되는 경향이 있었다는 것이 명백하다. 연성은 냉간 감소율이 더 낮은 샘플들에 대해 더 높았다.

[0240] 도 14는, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 7.5 mm, 7.6 mm, 및 7.7 mm 직경의 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 300℃에서 열처리된 HSLA 샘플들에 대한 항복응력(내력 - MPa) 대 열처리 시간(0 내지 16시간)의 그래프이다. 샘플들을 상이한 정도로 냉간 압연하였으며, 횡단면적의 가장 높은 감소율은 약 12%였다. 도 14로부터, 각각의 샘플들에 대해 300℃에서 비교적 짧은 열처리 시간(0 내지 45분) 내에 항복응력의 상당한 초기 증가가 있었으며, 그 온도에서 약 45분 열처리 후 항복응력이 유지되는 경향이 있었다는 것이 명백하다. 항복응력은 냉간 감소율이 더 높은 샘플들 대해 더 높았다. 샘플들의 항복응력은 열처리 전 샘플들의 항복응력보다 전체 열처리 온도 범위에 걸쳐 더 높았다.

[0241] 도 15는, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 7.5 mm, 7.6 mm, 및 7.7 mm 직경의 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 300℃에서 열처리된 HSLA 샘플들에 대한 인장강도(MPa) 대 열처리 시간(0 내지 16시간)의 그래프이다. 샘플들을 상이한 정도로 냉간 압연하였으며, 횡단면적의 가장 높은 감소율은 약 12%였다. 도 15로부터, 각각의 샘플들에 대해 300℃에서 비교적 짧은 열처리 시간(0 내지 45분) 내에 인장강도의 상당한 초기 증가가 있었으며, 그 온도에서 약 45분 열처리 후 인장강도가 유지되는 경향이 있었다는 것이 명백하다. 인장강도는 냉간 감소율이 더 높은 샘플들에 대해 더 높았다. 샘플들의 인장강도는 열처리 전 샘플들의 인장강도보다 전체 열처리 시간 범위에 걸쳐 더 높았다.

[0242] 도 16은, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 7.5 mm, 7.6 mm, 및 7.7 mm 직경의 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 300℃에서 열처리된 HSLA 샘플들에 대한 연신율(Agt) 대 열처리 시간(0 내지 30분)의 그래프이다. 이 샘플들은 도 13의 샘플들과 동일한 조건들에서 냉간 압연하고 열처리하였다. 샘플들을 상이한 정도로 냉간 압연하였으며, 횡단면적의 가장 높은 감소율은 약 12%였다. 이 그래프는 도 13의 논의에서 강조된 열처리 시간 중 처음 30분에 초점을 맞추고 있다. 도 16으로부터, 각각의 샘플들에 대해 300℃에서, (정상 시효와 일치하는) 연성의 초기 감소 후, 열처리 시간에 따른 연성의 지속적 증가가 있었다는 것이 명백하며, 연성은 냉간 감소율이 더 낮은 샘플들에 대해 더 높았다.

[0243] 도 17은, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 7.5 mm, 7.6 mm, 및 7.7 mm 직경의 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 300℃에서 열처리된 HSLA 샘플들에 대한 항복응력(내력 - MPa) 대 열처리 시간(0 내지 30분)의 그래프이다. 샘플들을 상이한 정도로 냉간 압연하였으며, 횡단면적의 가장 높은 감소율은 약 12%였다. 이 샘플들은 도 14의 샘플들과 동일한 조건들에서 냉간 압연하고 열처리하였다. 이 그래프는 도 14의 논의에서 강조된 열처리 시간 중 처음 30분에 초점을 맞추고 있다. 도 17로부터, 각각의 샘플들에 대해 300℃에서 일반적으로 열처리 시간에 따른 항복응력의 지속적 증가가 있었다는 것이 명백하다. 항복응력은 냉간 감소율이 더 높은 샘플들에 대해 더 높았다. 항복응력의 증가는 정상 변형 시효에서 예상되는 것 훨씬 이상이다. 정상 변형 시효는 연성의 감소를 초래하기 때문에 해롭다.

[0244] 도 18은, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 7.5 mm, 7.6 mm, 및 7.7 mm 직경의 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 300℃에서 열처리된 HSLA 샘플들에 대한 인장강도(MPa) 대 열처리 시간(0 내지 30분)의 그래프이다. 샘플들을 상이한 정도로 냉간 압연하였으며, 횡단면적의 가장 높은 감소율은 약 12%였다. 이 샘플들은 도 15의 샘플들과 동일한 조건들에서 냉간 압연하고 열처리하였다. 이 그래프는 도 15의 논의에서 강조된 열처리 시간 중 처음 30분에 초점을 맞추고 있다. 도 18로부터, 각각의 샘플들에 대해 300℃에서 열처리 시간에 따른 인장강도의 지속적 증가가 있었다는 것이 명백하다. 인장강도는 냉간 감소율이 더 높은 샘플들에 대해 더 높았다.

[0245] 도 19는, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 7.5 mm, 7.6 mm, 및 7.7 mm 직경의 와이어 샘플

들을 포함하는 샘플들로서, 500℃에서 열처리된 HSLA 샘플들에 대한 연신율(Agt) 대 열처리 시간(0 내지 30분)의 그래프이다. 샘플들을 상이한 정도로 냉간 압연하였으며, 횡단면적의 가장 높은 감소율은 약 12%였다. 도 19로부터, 각각의 샘플들에 대해 500℃에서, (정상 시효와 일치하는) 연성의 초기 감소 후, 열처리 시간에 따른 연성의 지속적 증가가 있었다는 것이 명백하며, 연성은 냉간 감소율이 더 낮은 샘플들에 대해 더 높았다.

[0246] 도 20은, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 7.5 mm, 7.6 mm, 및 7.7 mm 직경의 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 500℃에서 열처리된 HSLA 샘플들에 대한 항복응력(내력 - MPa) 대 열처리 시간(0 내지 30분)의 그래프이다. 샘플들을 상이한 정도로 냉간 압연하였으며, 횡단면적의 가장 높은 감소율은 약 12%였다. 도 20으로부터, 각각의 샘플들에 대해 500℃의 열처리 온도에서 항복응력의 초기 증가가 있었으며, 각각의 샘플의 항복응력은 10분 후 최대 항복응력에 도달하였다는 것이 명백하다. 각각의 샘플의 항복응력은 10분을 초과하여 열처리 시간에 따라 감소하였다. 항복응력은 냉간 감소율이 더 높은 샘플들에 대해 더 높았다. 샘플들의 항복응력은 열처리 전 샘플들의 항복응력보다 전체 열처리 온도 범위에 걸쳐 더 높았다.

[0247] 도 21은, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 7.5 mm, 7.6 mm, 및 7.7 mm 직경의 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 500℃에서 열처리된 HSLA 샘플들에 대한 인장강도(MPa) 대 열처리 시간(0 내지 30분)의 그래프이다. 샘플들을 상이한 정도로 냉간 압연하였으며, 횡단면적의 가장 높은 감소율은 약 12%였다. 도 21로부터, 각각의 샘플에 대해 500℃의 열처리 온도에서 인장강도의 초기 증가가 있었으며, 각각의 샘플의 인장강도는 10분 후 최대 인장강도에 도달하였으며, 각각의 샘플의 인장강도는 10분을 초과하여 열처리 시간에 따라 감소하였다는 것이 명백하다. 인장강도는 냉간 감소율이 더 높은 샘플들에 대해 더 높았다.

[0248] 도 22는, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연되고, 750℃에서 최대 20분 동안 열처리된 후 수냉된 6.75 mm 직경의 HSLA 와이어 샘플들에 대한 연신율(Agt) 대 열처리 시간(0 내지 20분)의 그래프이다. 냉간 압연량은 횡단면적의 29% 감소에 달한다. 도 22로부터, 750℃에서, (정상 변형 시효와 일치하는) 연성의 초기 감소 후, 7분까지 열처리 시간에 따른 연성의 지속적 증가가 있었으며, 이어서 연성의 급격한 감소 및 약 10 내지 12분에서의 유지 전 급격한 증가가 뒤따른다는 것이 명백하다. 도 22로부터, 열처리된 샘플들을 수냉하는 것이 2 내지 7분의 열처리 시간에서 연성에 해로운 영향을 미치지 않았다는 것이 명백하다. 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연되고 500℃에서 열처리된 7.5 mm, 7.6 mm, 7.7 mm 재료에 대한 도 19의 결과와 도 22의 결과의 비교로부터, 도 22의 6.75 mm 재료의 연성이 도 19의 7.5 mm, 7.6 mm, 7.7 mm 재료의 연성보다 더 높았다는 것이 명백하다. 이 발견은, 연성이 냉간 감소율의 증가에 따라 감소한, 도 19에 나타난 7.5 mm, 7.6 mm, 7.7 mm 재료에 대한 증거와 반대이다. 이것은, 더 큰 연성을 발생시키는 6.75 mm 재료에 대한 더 높은 열처리 온도의 결과일 수 있다.

[0249] 도 23은, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연되고, 750℃에서 열처리된 후 수냉된 6.75 mm 직경의 HSLA 샘플들에 대한 항복응력(내력 - MPa)과 인장강도(MPa) 대 열처리 시간(0 내지 20분)의 그래프이다. 도 23으로부터, 최대 7분 동안 열처리된 후 급냉된 수냉 샘플들은 항복응력과 인장강도가 향상되었다는 것이 명백하다. 8분 미만의 열처리 시간 후의 급냉은 인장강도의 상당한 증가 및 항복응력의 상당한 감소로 이어졌다. 도 23으로부터, 열처리 온도에서, 항복응력과 인장강도의 향상이 있는 최대 7분의 열처리 시간 창이 있었다는 것이 명백하다. 급냉은 기계적 특성을 파괴하지 않는다. 급냉의 이점은 제품이 바로 사용 가능하다는 것이다.

[0250] 도 24는, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연되고, 500℃에서 열처리된 후 수냉된 6.75 mm 직경의 HSLA 와이어 샘플들에 대한 연신율(Agt) 대 열처리 시간(0 내지 20분)의 그래프이다. 도 24로부터, 500℃에서, (정상 변형 시효와 일치하는) 연성의 초기 감소 후, 열처리 시간에 따른 연성의 지속적 증가가 있었다는 것이 명백하다. 도 24로부터, 열처리된 샘플들을 수냉하는 것은 5분을 초과한 열처리 시간에서 연성에 해로운 영향을 미치지 않았다는 것이 명백하다. 또한, 앞 단락에서 언급한 샘플들에 대한 750℃의 더 높은 열처리 온도는 500℃에서 열처리된 샘플들보다 대략 2% 큰 연성을 발생시켰다는 것이 명백하다.

[0251] 도 25는, 본 발명에 따라 8 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연되고, 500℃에서 열처리된 후 수냉된 6.75 mm 직경의 HSLA 와이어 샘플들에 대한 항복응력(내력 - MPa)과 인장강도(MPa) 대 열처리 시간(0 내지 20분)의 그래프이다. 도 25로부터, 열처리된 샘플들을 수냉하는 것은 항복응력과 인장강도에 실질적으로 영향을 미치지 않았다는 것이 명백하다. 즉, 이러한 열처리 온도에서, 수냉 처리된 강에 불리한 면은 없다. 그럼에도 불구하고, 이러한 열처리 조건들은 항복응력과 인장강도의 증가를 발생시켰다는 것에 주목한다.

[0252] 도 26 내지 도 31은 저탄소 강 샘플들에 대한 연구 개발 작업의 결과들에 초점을 맞춘 것이다.

[0253] 도 26은, 본 발명에 따라 10 mm와 8.5 mm 직경의 각각의 로드로부터 냉간 압연된 9.5 mm와 6.75 mm 직경의 저탄

소 강 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 500℃에서 열처리된 샘플들에 대한 연신율(A_{gt}) 대 열처리 시간(0 내지 30분)의 그래프이다. 냉간 압연량은 각각 횡단면적의 18% 및 37% 감소에 달한다. 도 26으로부터, 500℃에서, (정상 변형 시효와 일치하는) 연성의 초기 감소 후, 열처리 시간에 따른 연성의 지속적 증가가 있었다는 것이 명백하다.

[0254] 도 27은, 본 발명에 따라 10.5 mm와 8.5 mm 직경의 각각의 로드로부터 냉간 압연된 9.5 mm와 6.75 mm 직경의 저탄소 강 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 500℃에서 열처리된 샘플들에 대한 항복응력(내력 - MPa) 대 열처리 시간(0 내지 30분)의 그래프이다. 냉간 압연량은 각각 횡단면적의 18% 및 37% 감소에 달한다. 도 27로부터, 더 심하게 기계 가공된 샘플(즉, 6.75 mm 샘플)의 항복응력은 초기(최대 2분의 열처리 시간)에 증가한 후, 열처리 시간에 따라 감소하였으며, 7분의 처리 시간은 항복응력이 초기 시작 강도, 즉, 냉간 가공된 강도로 감소하기 전에 지났다는 것이 명백하다. 항복응력의 초기 증가는 놀라운 결과이며, 이는 항복응력의 증가를 달성할 수 있는 열처리 창이 존재한다는 것을 나타낸다. 또한, 도 27로부터, 덜 심하게 기계 가공된 샘플(즉, 9.5 mm의 샘플)의 항복응력은 최대 8분 동안 열처리에 의해 악영향을 받지 않았다는 것이 명백하다. 도 26과 관련하여 고려할 때, 도 27에서 보고된 항복응력의 결과들은, 이러한 심하게 가공된 강을 열처리하는 것이 가능하고, 항복응력의 손실 없이, 더 중요하게는 항복응력의 증가가 가능하면서 도 26의 연성의 증가를 달성하는 것이 가능하다는 것을 나타내기 때문에 중요한 결과이다.

[0255] 도 28은, 본 발명에 따라 10.5 mm와 8.5 mm 직경의 각각의 로드로부터 냉간 압연된 9.5 mm와 6.75 mm 직경의 저탄소 강 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 500℃에서 열처리된 샘플들에 대한 인장강도(MPa) 대 열처리 시간(0 내지 30분)의 그래프이다. 냉간 압연량은 각각 횡단면적의 18% 및 37% 감소에 달한다. 도 28로부터, 덜 심하게 기계 가공된 샘플(즉, 9.5 mm 샘플)의 인장강도는 초기(8분의 열처리 시간까지)에 증가된 후, 열처리 시간에 따라 감소된다. 인장강도의 초기 증가는 놀라운 결과이며, 이는 인장강도의 증가를 달성할 수 있는 열처리 창이 존재한다는 것을 나타낸다. 도 26 및 도 27과 관련하여 고려할 때, 도 28의 결과는, 이러한 심하게 가공된 강을 열처리하는 것이 가능하고, 인장강도의 손실 없이, 도 26의 연성의 증가 및 도 27의 항복응력의 증가를 달성하는 것이 가능하다는 것을 나타내기 때문에 중요한 결과이다.

[0256] 도 29는, 본 발명에 따라 12 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 10.7 mm 직경의 저탄소 강 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 500℃에서 열처리된 샘플들에 대한 항복응력(내력 - MPa), 인장강도(MPa) 및 연신율(A_{gt}) 대 열처리 시간(0 내지 15분)의 그래프이다. 냉간 압연량은 샘플들의 횡단면적의 20% 감소에 달한다. 각각의 매개 변수에 대한 플롯들은 실제 데이터 포인트들에 대한 최적의 선들로 표시되어 있다. 도 29로부터, 항복응력, 인장강도 및 연성은 열처리 시간에 따라 지속적으로 증가한 것이 명백하다. 항복응력의 증가는 놀라운 결과이다. 샘플들의 항복응력은 열처리 전 샘플들의 항복응력보다 전체 열처리 온도 범위에 걸쳐 더 높았다.

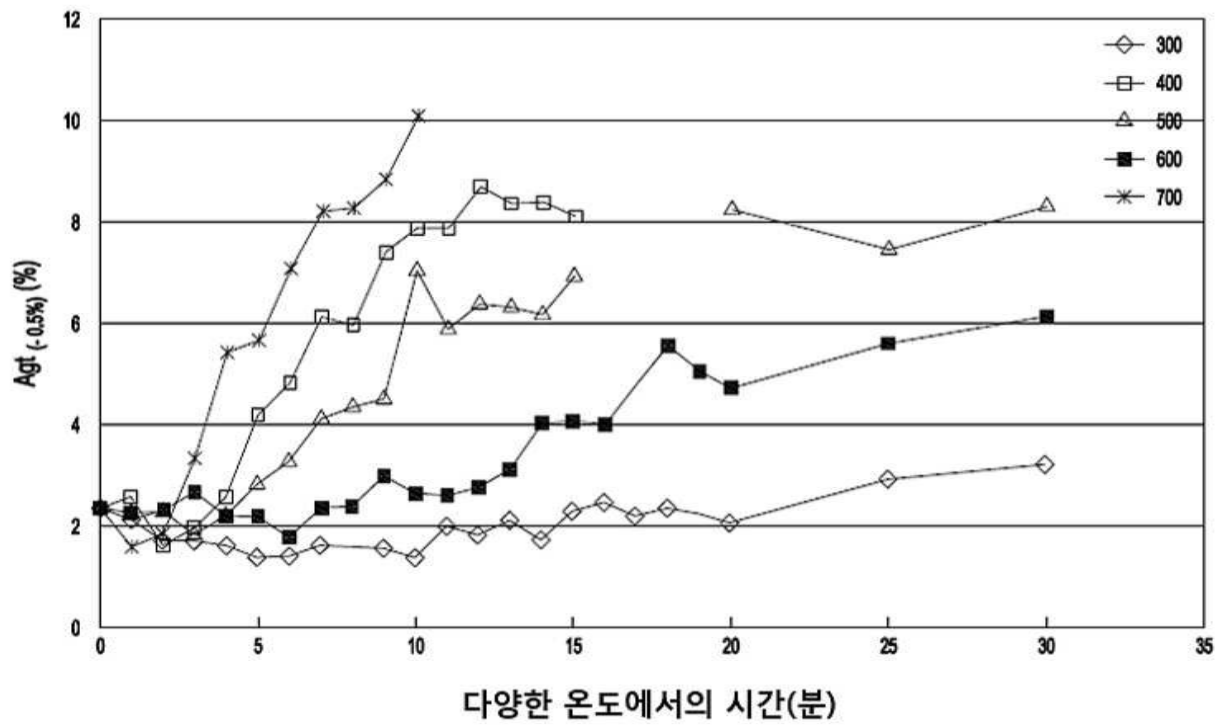
[0257] 도 30은, 본 발명에 따라 7.6 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 8.5 mm 직경의 저탄소 강 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 500℃에서 열처리된 샘플들에 대한 항복응력(내력 - MPa), 인장강도(MPa) 및 연신율(A_{gt}) 대 열처리 시간(0 내지 15분)의 그래프이다. 냉간 압연량은 샘플들의 횡단면적의 20% 감소에 달한다. 각각의 매개 변수에 대한 플롯들은 실제 데이터 포인트들에 대한 최적의 선들로 표시되어 있다. 도 30으로부터, 항복응력 및 인장강도는 열처리 시간에 따라 초기에 증가하여, 약 5분에서 피크에 도달된 후 긴 열처리 시간에 따라 점진적으로 감소하였다는 것이 명백하다. 항복응력의 초기 증가는 놀라운 결과이며, 이는 항복응력의 증가를 달성할 수 있는 열처리 창이 존재한다는 것을 나타낸다. 샘플들의 항복응력은 열처리 전 샘플들의 항복응력보다 전체 열처리 온도 범위에 걸쳐 더 높았다. 또한, 도 30으로부터, 연성은 열처리 시간에 따라 지속적으로 증가하였다는 것이 명백하다.

[0258] 도 31은, 본 발명에 따라 5.5 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 4.75 mm 직경의 저탄소 강 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 500℃에서 열처리된 샘플들에 대한 항복응력(내력 - MPa), 인장강도(MPa) 및 연신율(A_{gt}) 대 열처리 시간(0 내지 15분)의 그래프이다. 와이어 샘플들은 열처리 전에 교정기를 통과하였다. 냉간 압연량은 샘플들의 횡단면적의 25% 감소에 달한다. 각각의 매개 변수에 대한 플롯들은 실제 데이터 포인트들에 대한 최적의 선들로 표시되어 있다. 도 31로부터, 항복응력 및 인장강도는 초기에 열처리 시간에 따라 매우 빠르게 증가하여, 약 2 내지 3분에서 피크에 도달된 후 더 긴 열처리 시간에 따라 점진적으로 감소하였다는 것이 명백하다. 항복응력의 초기 증가는 놀라운 결과이며, 이는 항복응력의 증가를 달성할 수 있는 열처리 창이 존재한다는 것을 나타낸다. 샘플들의 항복응력은 열처리 전 샘플들의 항복응력보다 전체 열처리 온도 범위에 걸쳐 더 높았다. 또한, 도 31로부터, 연성은 열처리 시간에 따라 지속적으로 증가하였다는 것이 명백하다.

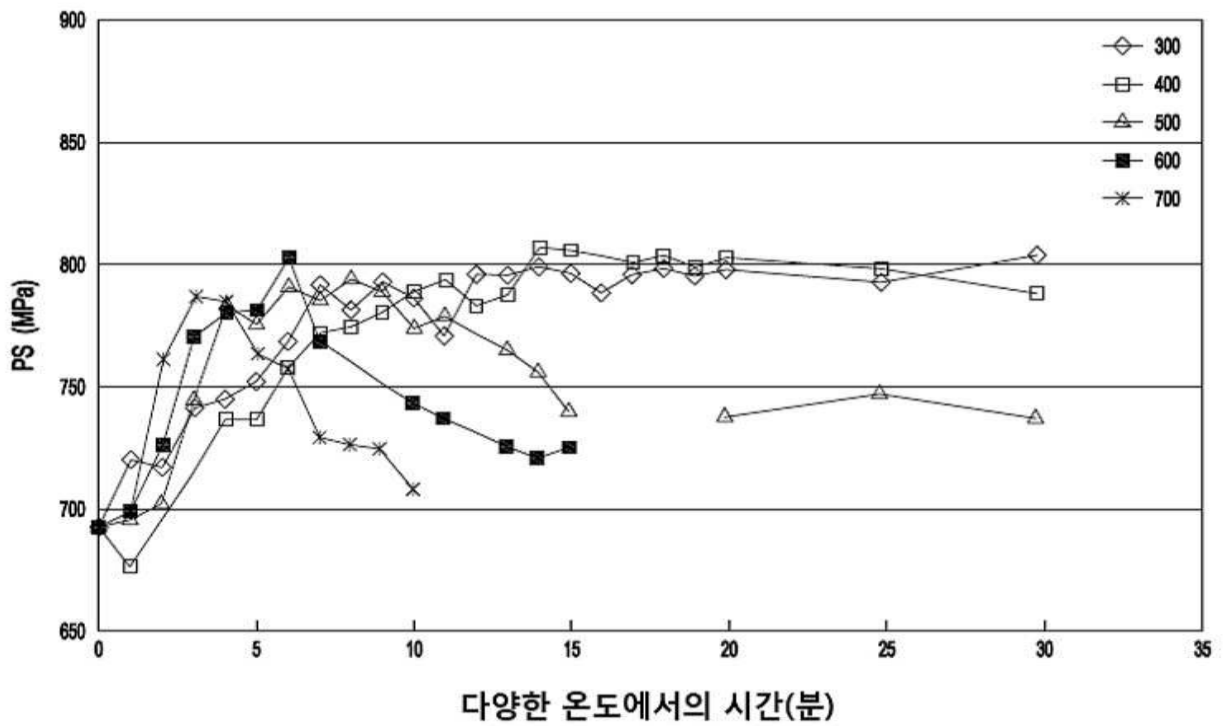
- [0259] 도 32는 본 발명에 따른 5.5 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 4.75 mm 직경의 저탄소 강 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 500℃에서 열처리된 샘플들에 대한 항복응력(내력 - MPa), 인장강도(MPa) 및 연신율(A_{gt}) 대 열처리 시간(0 내지 15분)의 그래프이다. 와이어 샘플들은 열처리 전에 교정기를 통과하였다. 냉간 압연량은 샘플들의 횡단면적의 25% 감소에 달한다. 이 실험에 대한 실험 절차와 도 31에서 보고된 실험 사이의 차이는 사용된 교정기의 형태이다. 교정 롤은 항목 (h) 샘플에 사용된 교정 롤보다 작은 직경의 교정 롤이었다. 각각의 매개 변수에 대한 플롯들은 실제 데이터 포인트들에 대한 최적의 선들로 표시되어 있다. 도 32로부터, 항복응력 및 인장강도는 초기에 열처리 시간에 따라 매우 빠르게 증가하여, 약 2 내지 3분에서 피크에 도달된 후 더 긴 열처리 시간에 따라 점진적으로 감소하였다는 것이 명백하다. 항복응력의 초기 증가는 놀라운 결과이며, 이는 항복응력의 증가를 달성할 수 있는 열처리 창이 존재한다는 것을 나타낸다. 샘플들의 항복응력은 열처리 전 샘플들의 항복응력보다 전체 열처리 온도 범위에 걸쳐 더 높았다. 또한, 도 32로부터, 연성은 열처리 시간에 따라 지속적으로 증가하였다는 것이 명백하다. 도 31 및 도 32의 실험 결과들은, 항복응력, 인장강도 및 연신율이 도 32의 교정기보다 도 31의 교정기에서 다소 높다는 것을 제외하고는 매우 유사하다.
- [0260] 도 33은 본 발명에 따른 5.5 mm 직경의 로드로부터 냉간 압연된 3.06 mm 직경의 중탄소 강 와이어 샘플들을 포함하는 샘플들로서, 500℃에서 열처리된 샘플들에 대한 항복응력(내력 - MPa), 인장강도(MPa) 및 연신율(A_{gt}) 대 열처리 시간(0 내지 15분)의 그래프이다. 냉간 압연량은 각각의 샘플들의 횡단면적의 69% 감소에 달한다. 각각의 매개 변수에 대한 플롯들은 실제 데이터 포인트들에 대한 최적의 선들로 표시되어 있다. 도 33으로부터, 항복응력은 초기에 열처리 시간에 따라 매우 빠르게 증가하여, 약 3분에서 피크에 도달된 후 더 긴 열처리 시간에 따라 점진적으로 감소하였다는 것이 명백하다. 항복응력의 초기 증가는 놀라운 결과이며, 이는 항복응력의 증가를 달성할 수 있는 열처리 창이 존재한다는 것을 나타낸다. 샘플들의 항복응력은 열처리 전 샘플들의 항복응력보다 전체 열처리 온도 범위에 걸쳐 더 높았다. 또한, 도 33으로부터, 연성은 열처리 시간에 따라 지속적으로 증가하였다는 것이 명백하다.
- [0261] 본 출원인에 의해 수행된 실험 작업에서 본 발명에 따라 처리된 리브형 또는 매끄러운 와이어에 따른 본 발명의 처리에서의 방식의 차이는 없다.
- [0262] 일반적인 관점에서, 도면에 요약된 연구 작업의 결과로 나타난 바와 같이, 본 출원인은, 고강도 저합금 강, 중탄소 강 및 저탄소 강들의 와이어의 연성(연신율로 측정됨), 항복응력 및 인장강도는 기계 가공 및 열처리의 조합의 결과로서 증가될 수 있다는 놀라운 발견을 하였다. 이러한 발견은 다음과 같은 이유들로 중대한 발견이다:
- [0263] · 제품들에서의 강의 내력(force capacity)의 손실 없이 제품들을 제조하는 데 필요한 강의 양을 상당히 절감할 수 있다. 강 제품에 요구되는 강의 절감량은 건축물의 경제성을 향상시키고 탄소배출을 감소시킨다.
- [0264] · 높은 강도 및 연성 제품을 위한 기회가 있다.
- [0265] · 강 제품들로 제조되는 복합 제품들의 설계 및 그로 인한 비용을 변화시킬 가능성이 있다. 일례는 건설 산업에서 사용되는 철근 콘크리트 제품이다. 본 발명은 이 제품들에 사용되는 강의 양 및/또는 콘크리트 양을 감소시키거나 또는 주어진 양의 강에 대해 이 제품들의 구조적 성능을 증가시킬 수 있도록 한다.
- [0266] · 본 발명의 방법은 저렴하며, 낮은 자본 및 운용 비용으로 수행될 수 있다.
- [0267] 본 발명은 최종-용도 제품들의 제조에서의 상이한 스테이지들에서 사용될 수 있으며, 이에 따라 상당한 유연성을 제공할 수 있다. 예를 들면, 강 와이어는 이 와이어의 항복응력 및 연성을 증가시키도록 본 발명에 따라 처리된 후 코일링될 수 있다.
- [0268] 코일 제품은 스파이럴, 결속선 등과 같은 최종 사용 제품들로 형성될 수 있다. 대안적으로, 표준 와이어는 제조 및 코일링된 후 메쉬 시트 및 결속선 등과 같은 제품들을 제조하도록 처리될 수 있으며, 이 제품들은 제품들의 항복응력 및 연성을 증가시키도록 본 발명에 따라 처리될 수 있다.
- [0269] 많은 변형들이 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 전술한 본 발명에 대해 이루어질 수 있다.
- [0270] 예로서, 전술한 연구 개발 프로그램은 와이어에 초점을 맞추고 있다. 그러나, 본 출원인의 관점은 와이어에서 발견된 결과들이 로드, 바 및 스트립 강 제품들로 전환되어야 한다는 것이다.

도면

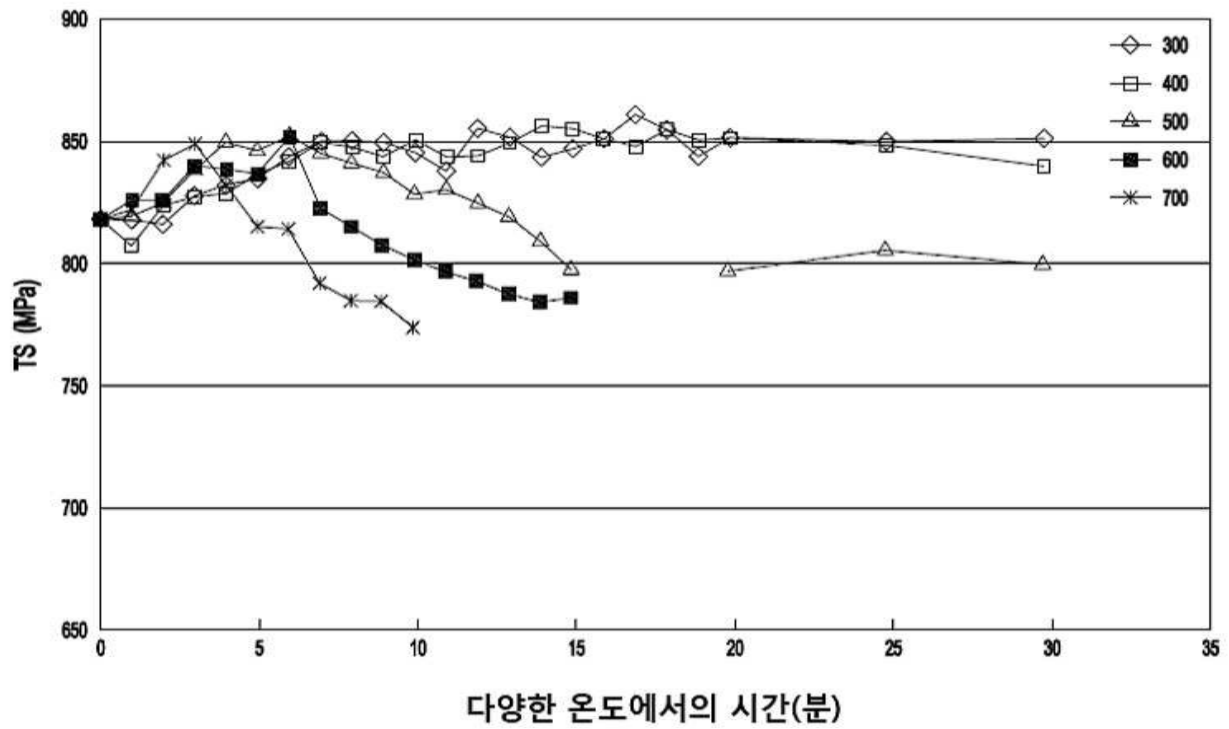
도면1



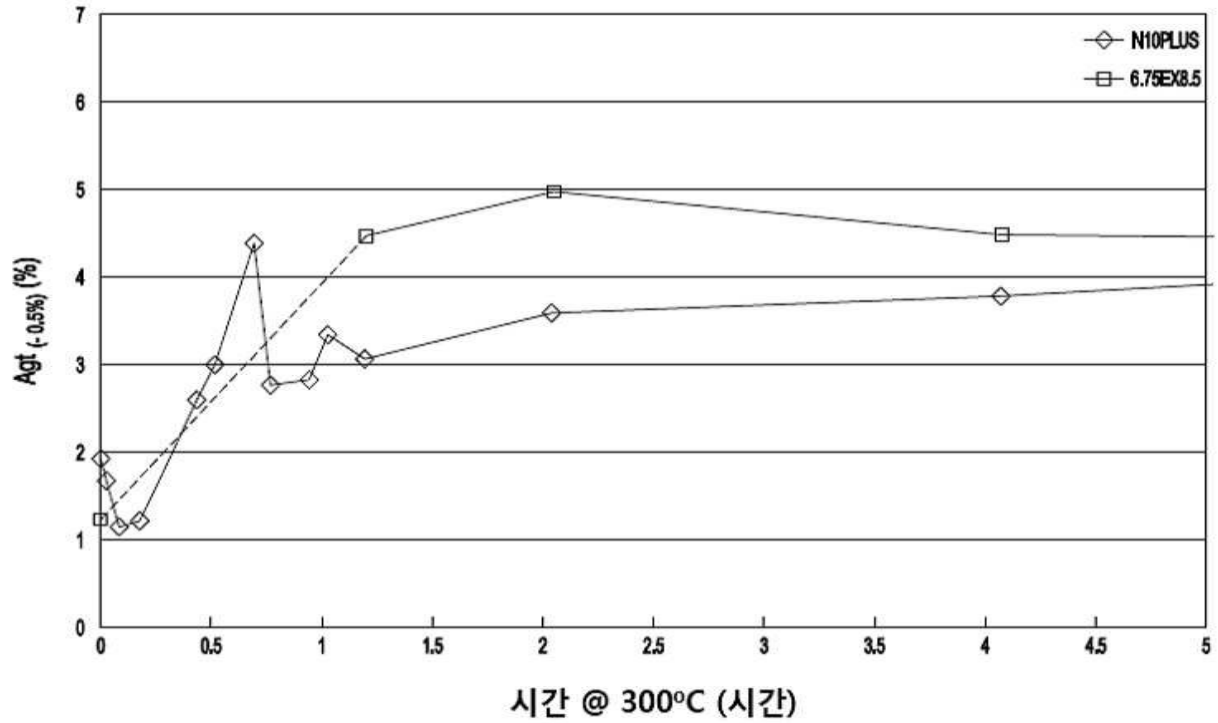
도면2



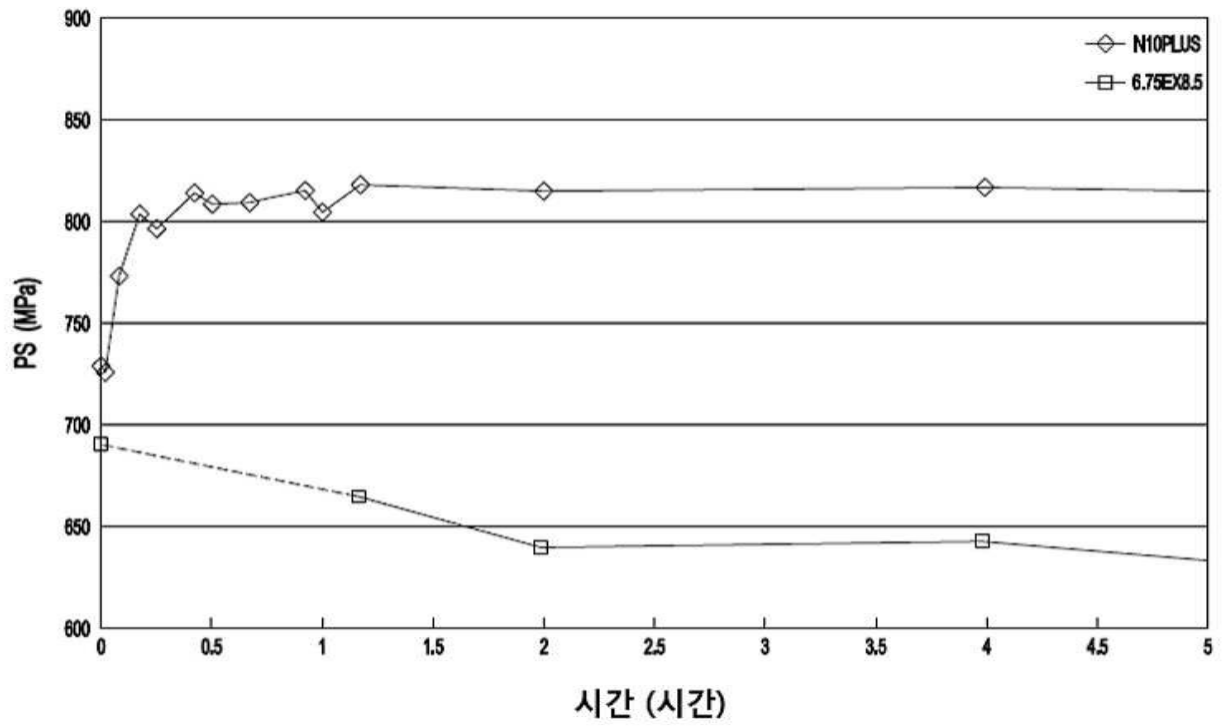
도면3



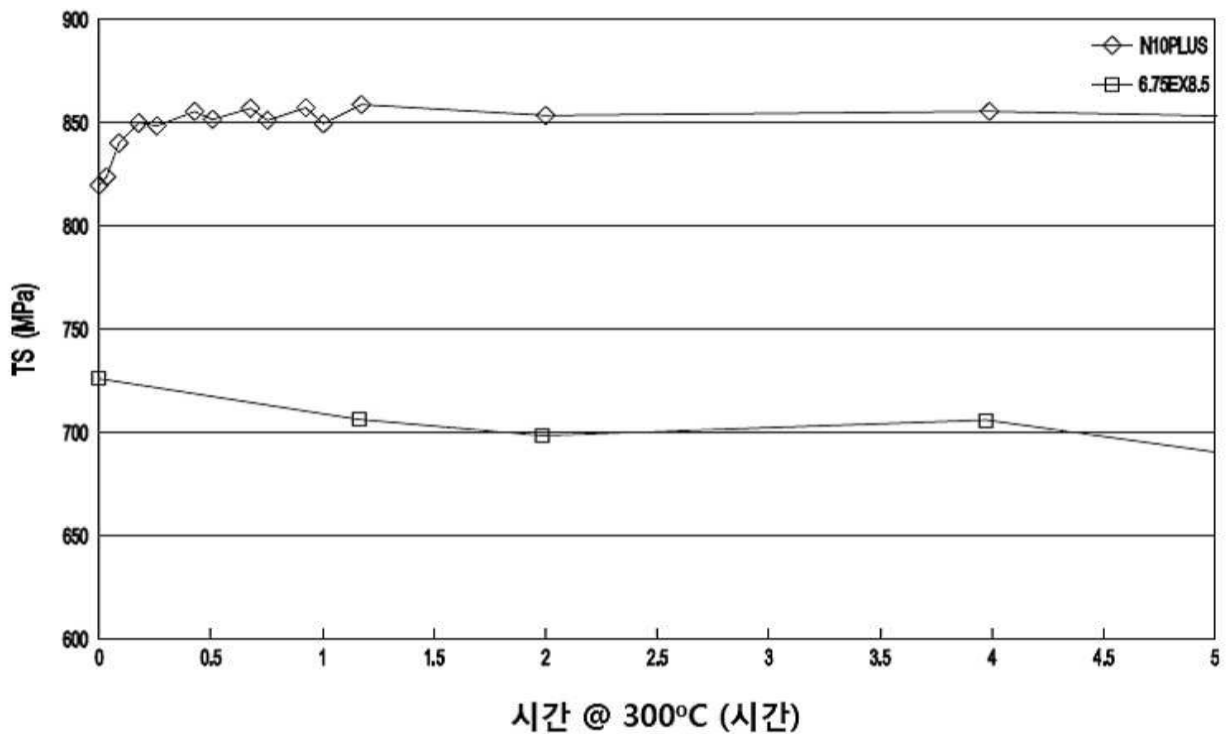
도면4



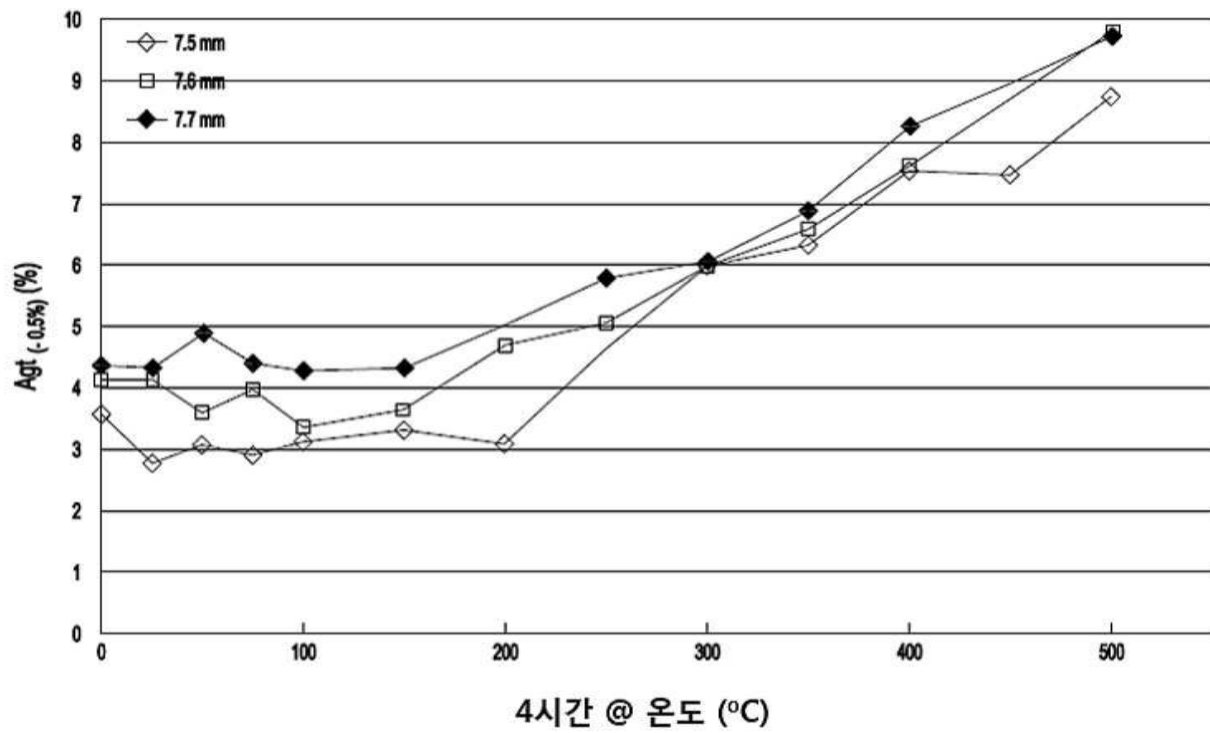
도면5



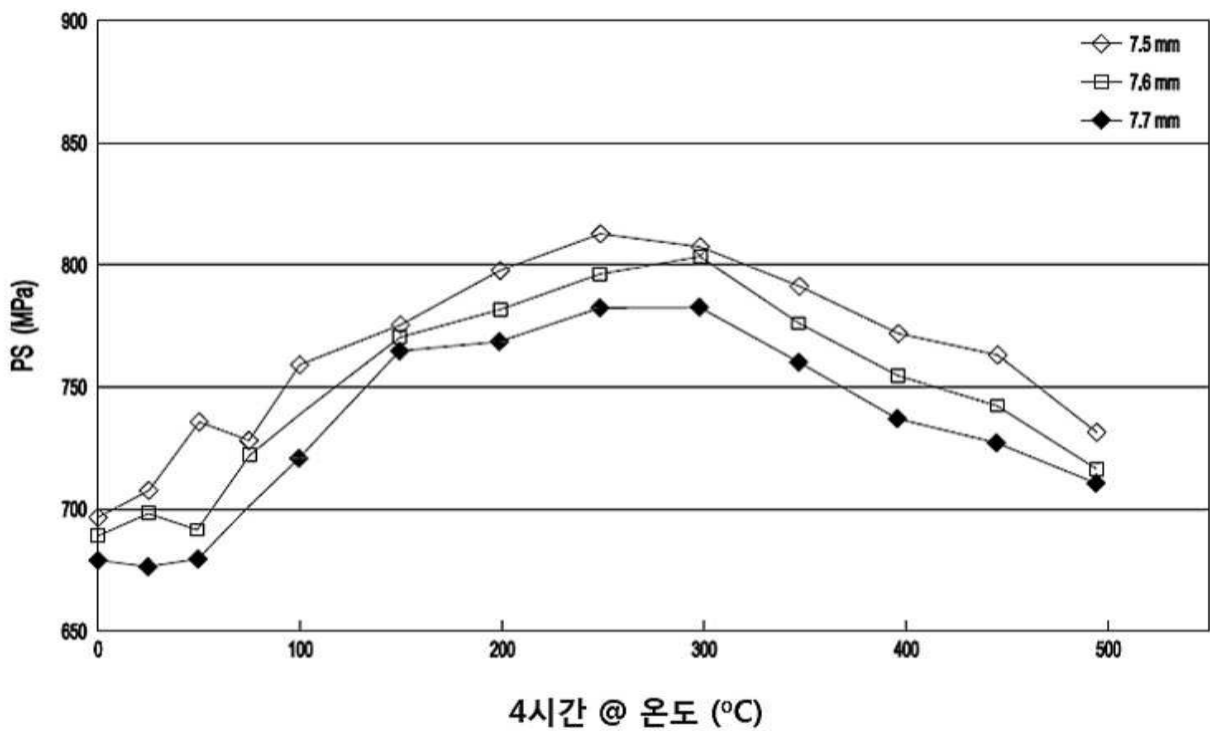
도면6



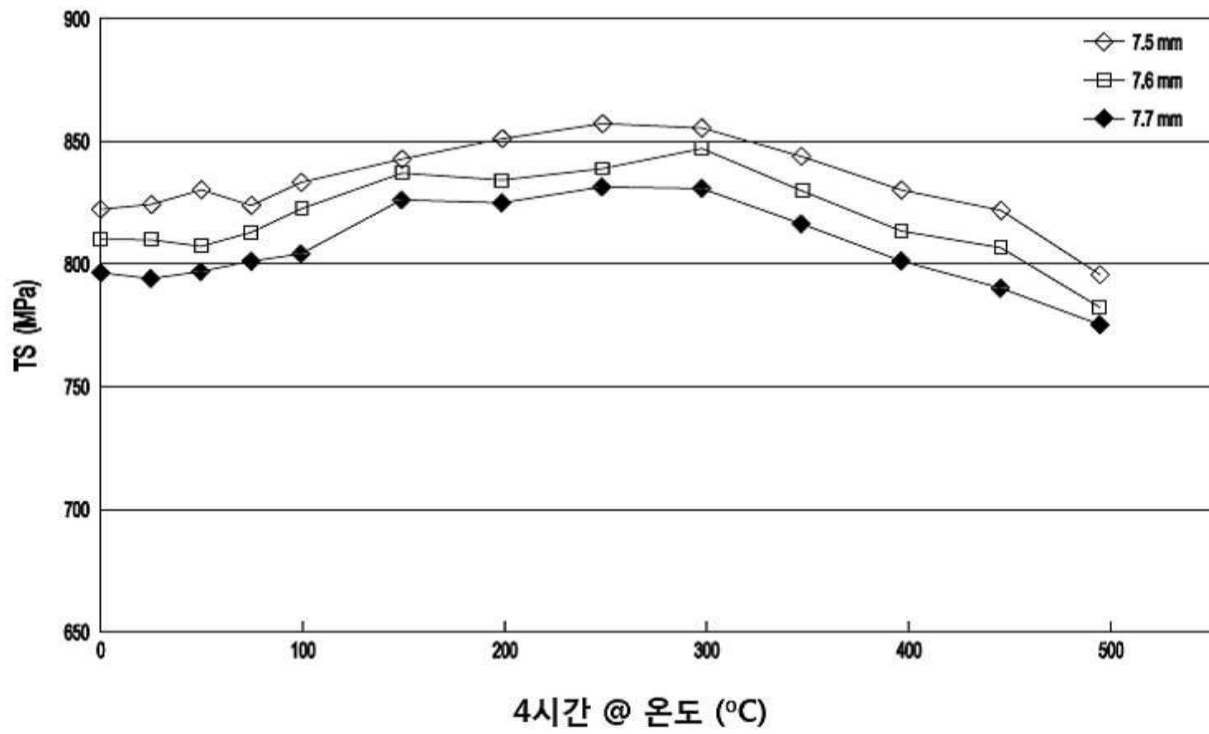
도면7



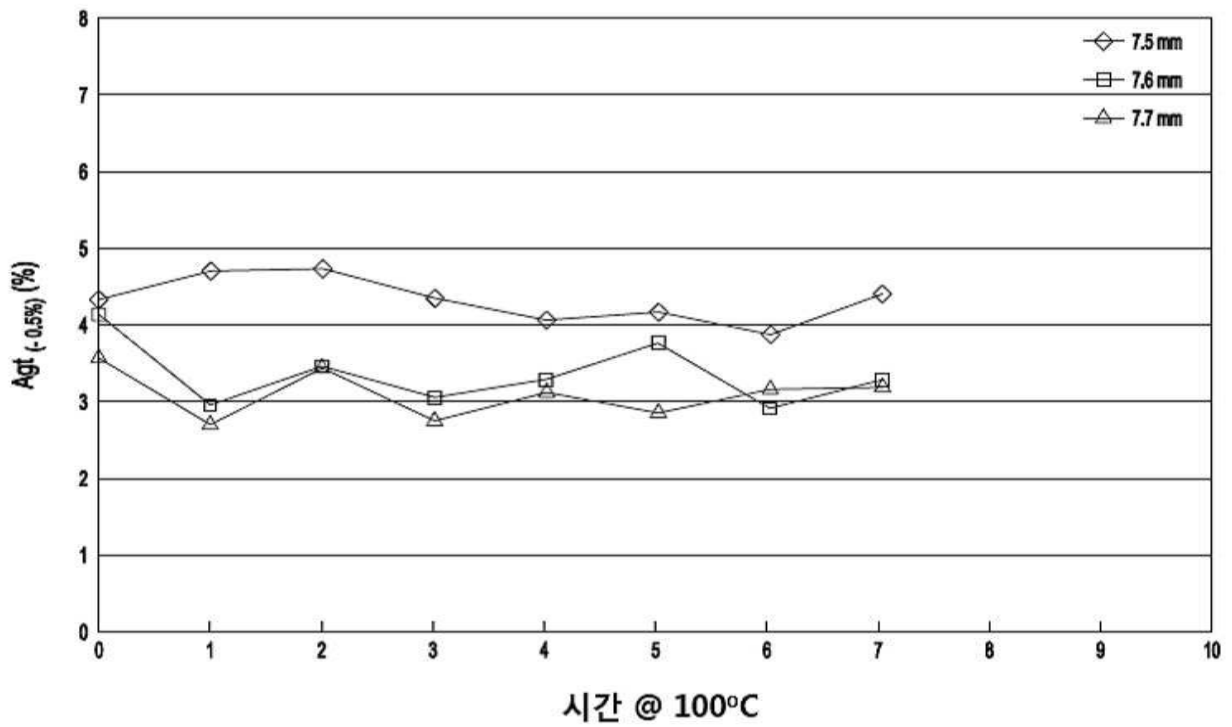
도면8



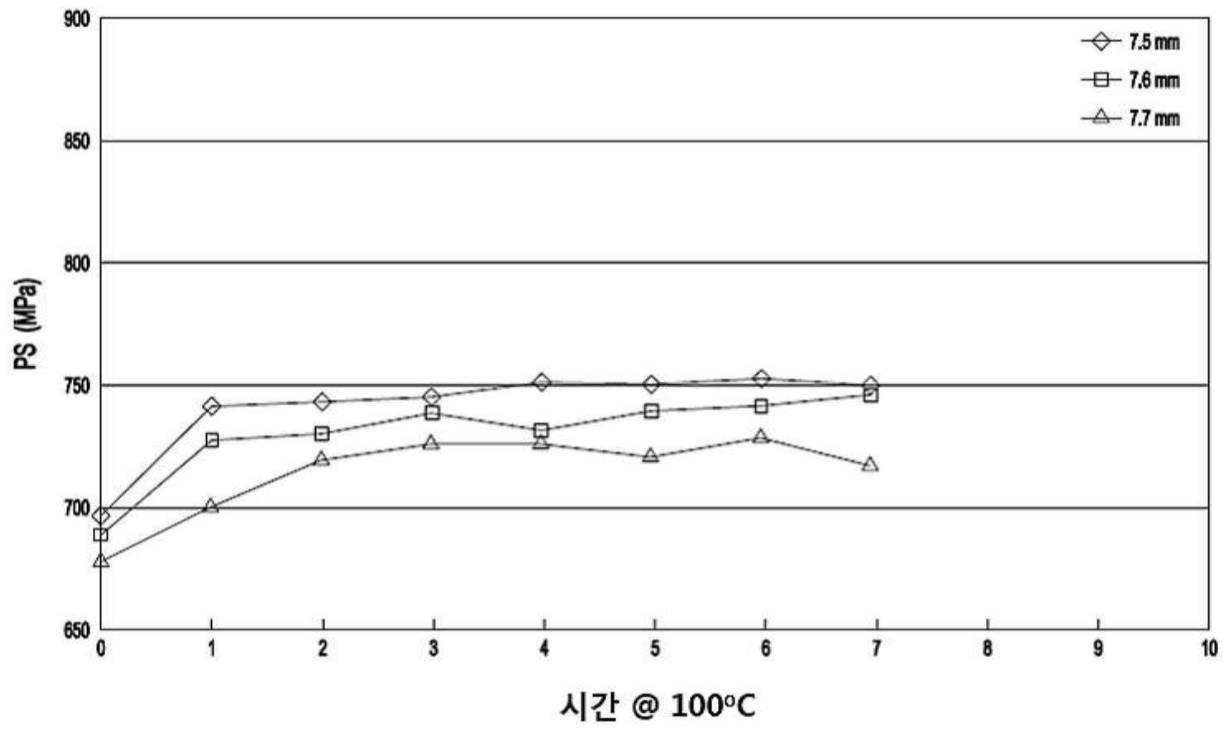
도면9



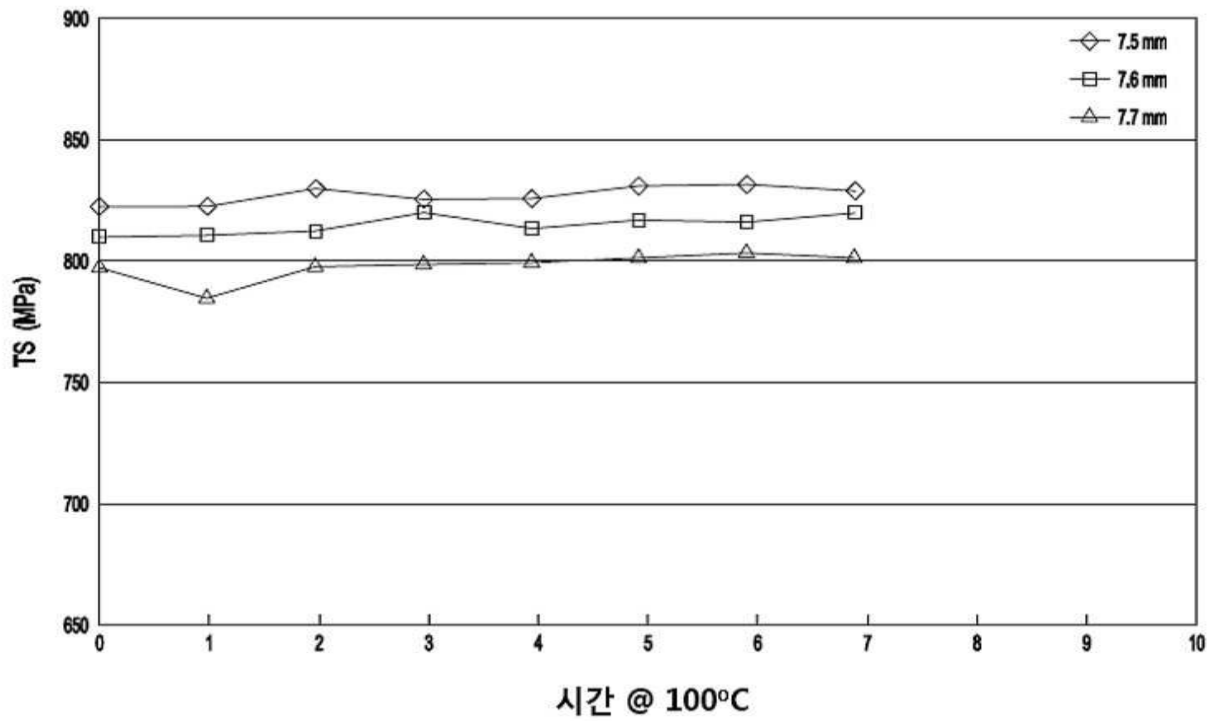
도면10



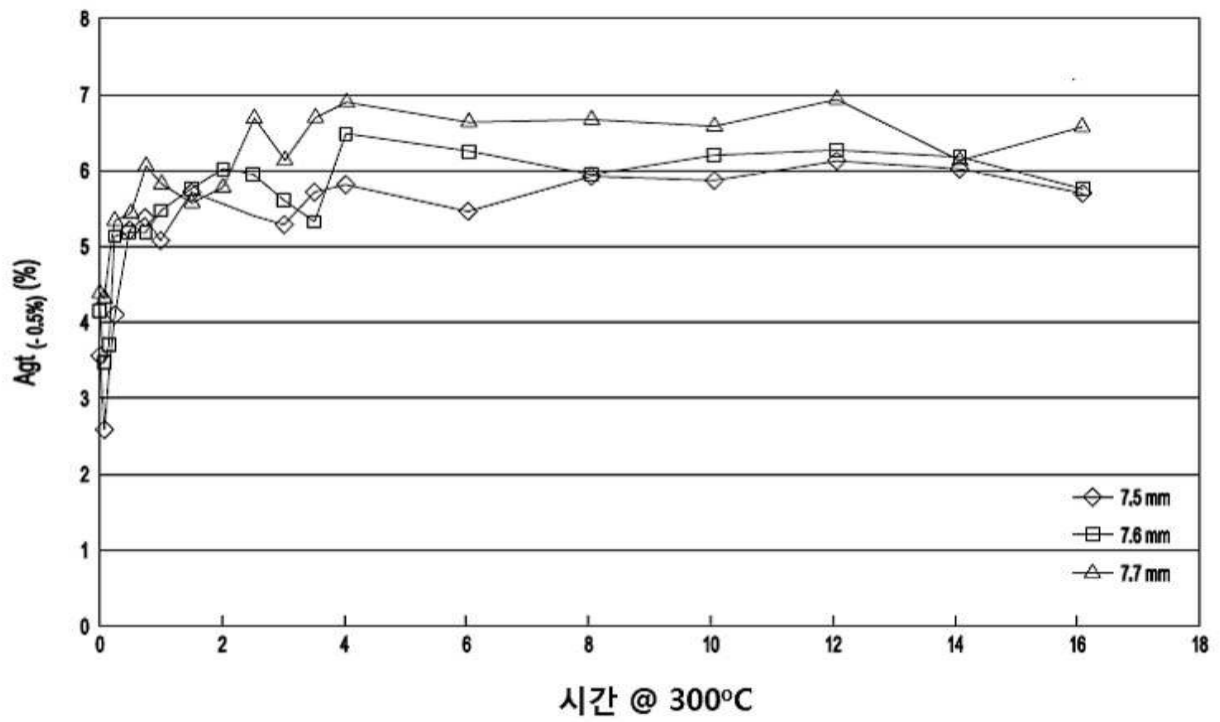
도면11



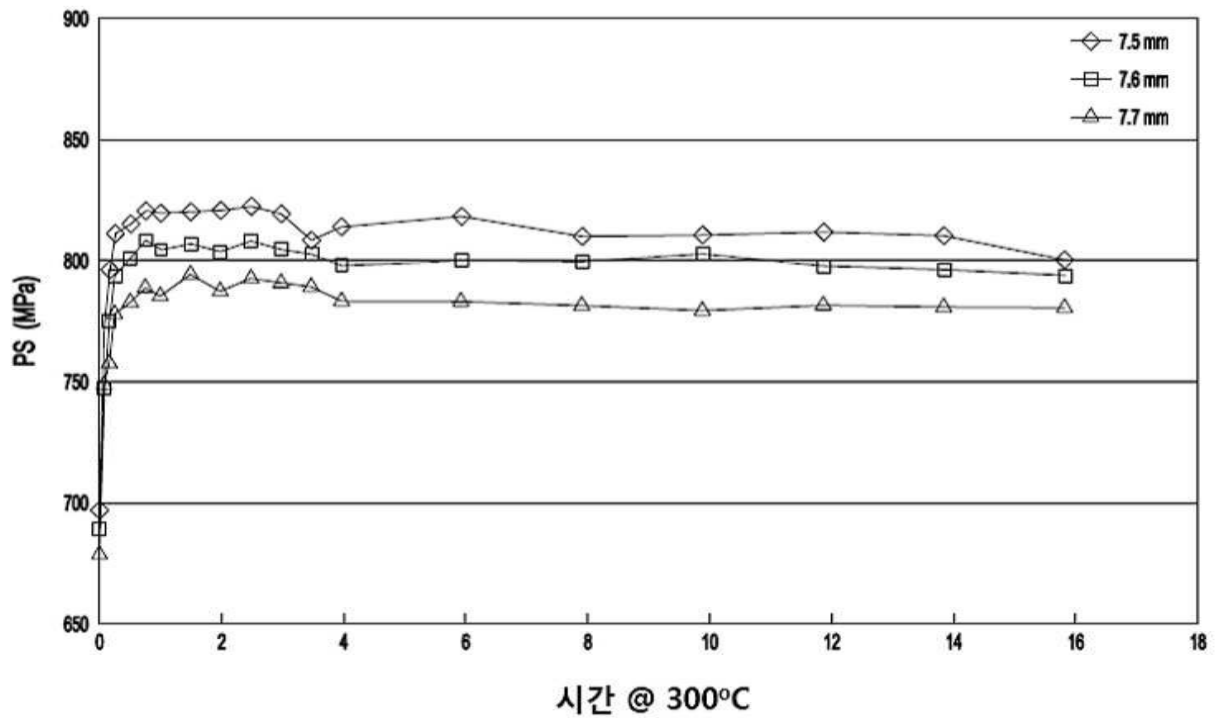
도면12



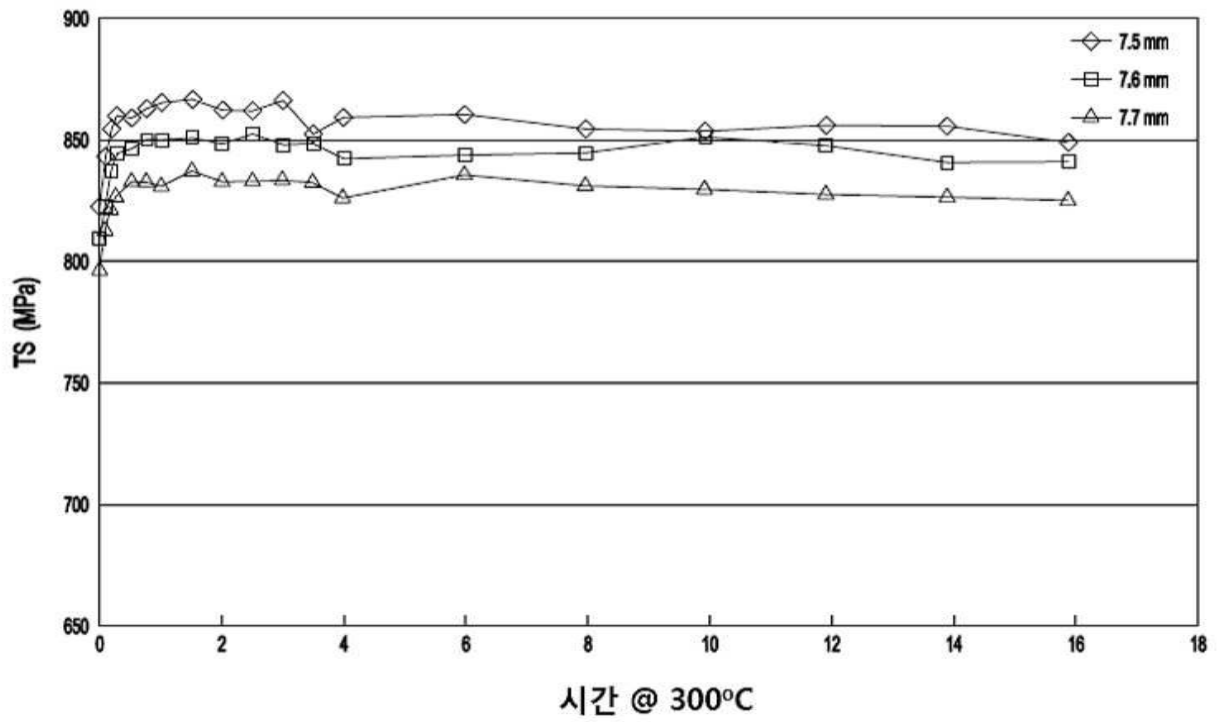
도면13



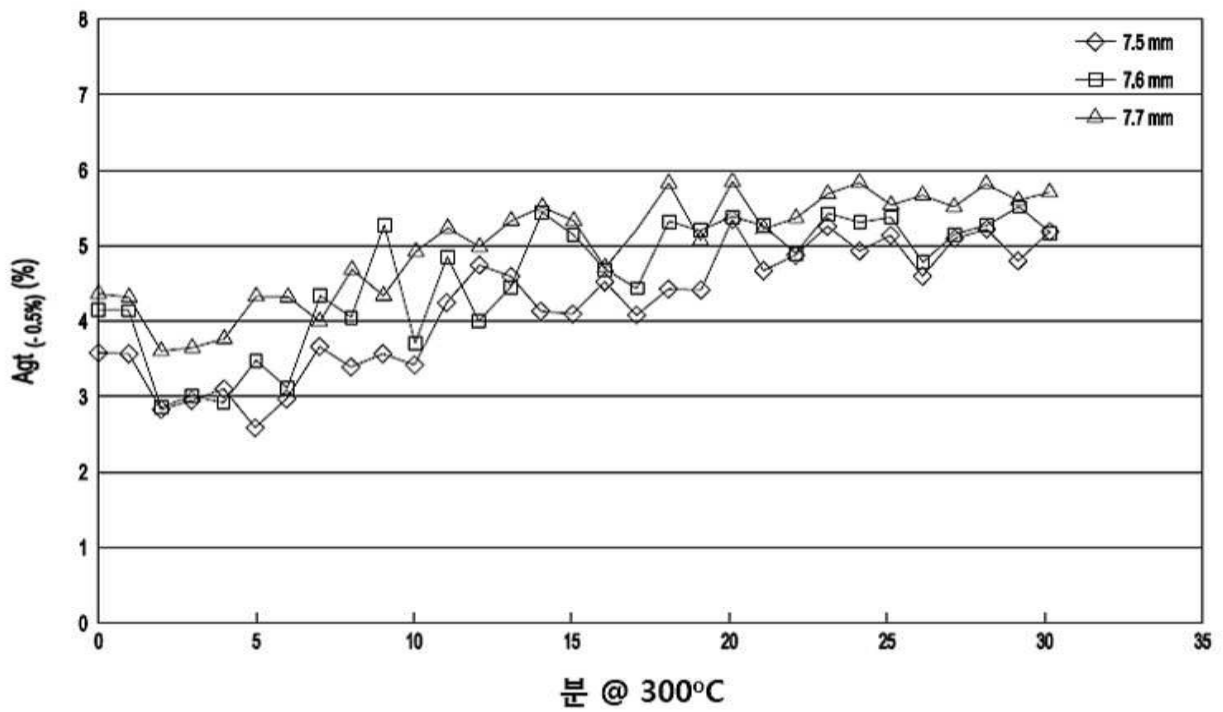
도면14



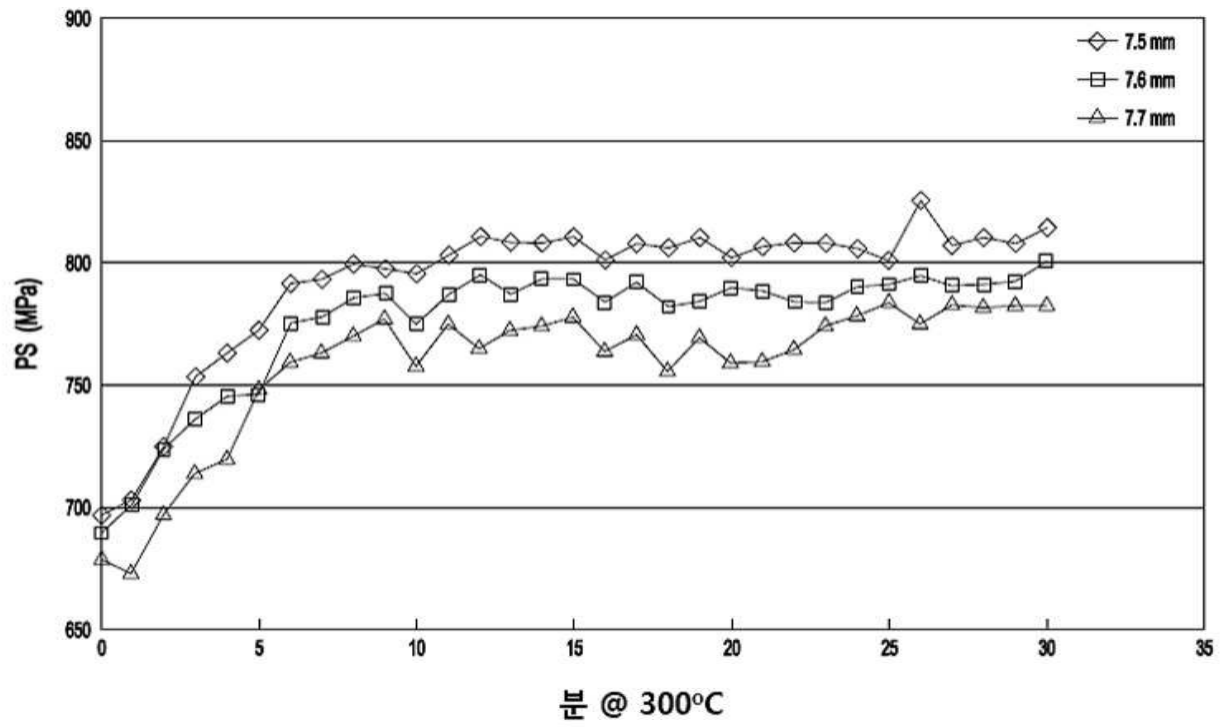
도면15



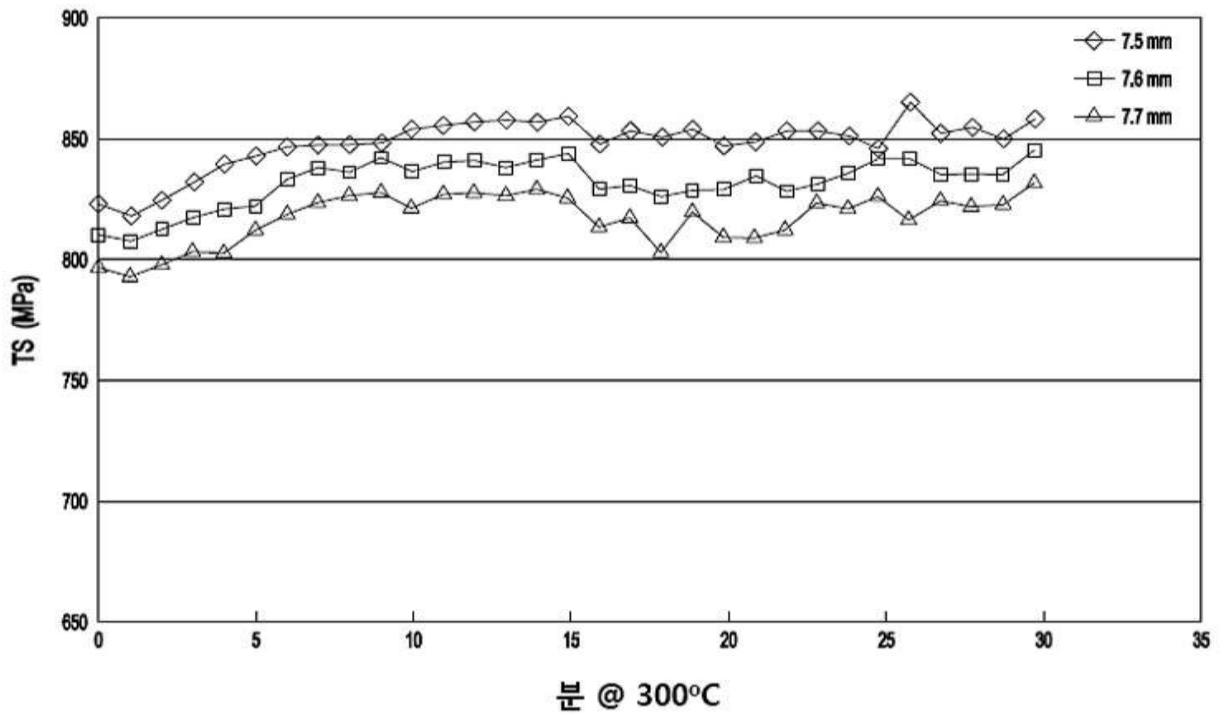
도면16



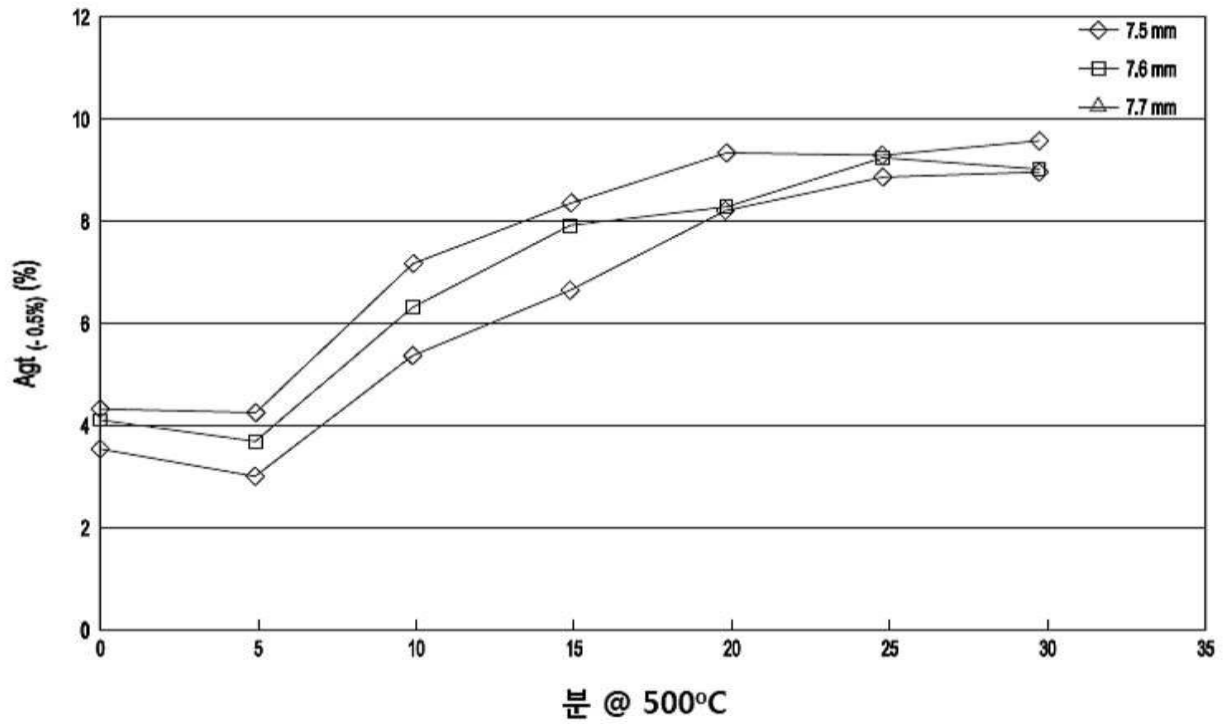
도면17



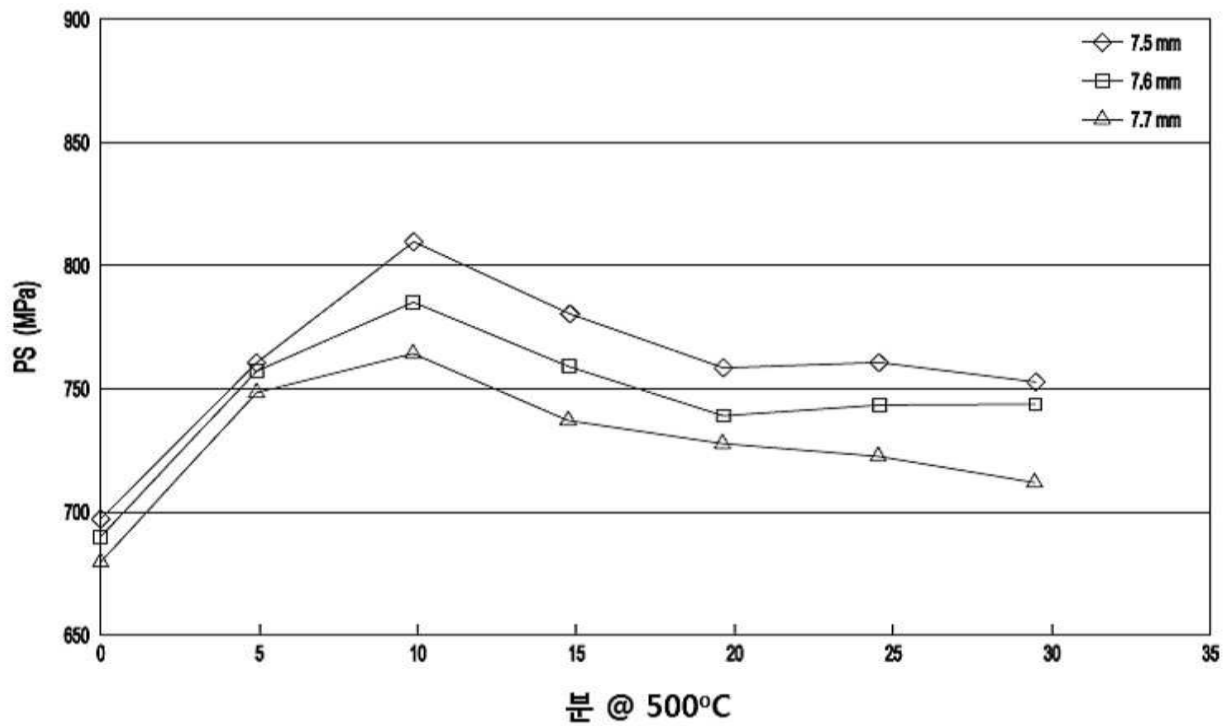
도면18



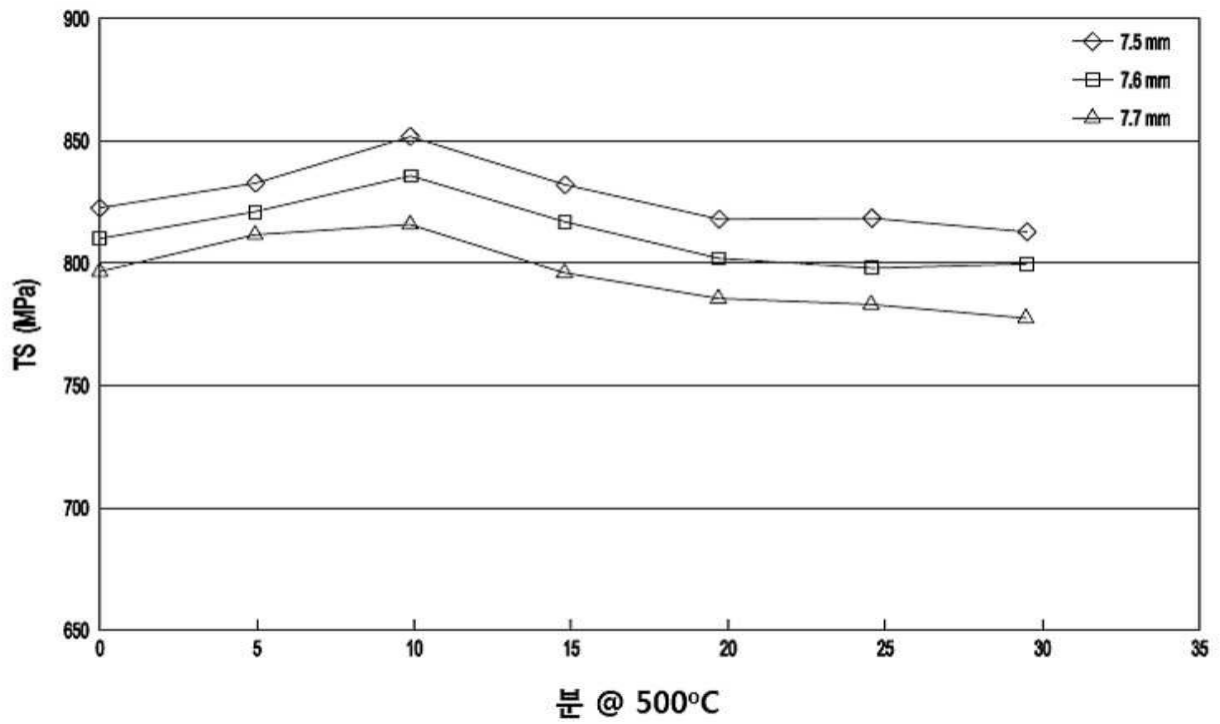
도면19



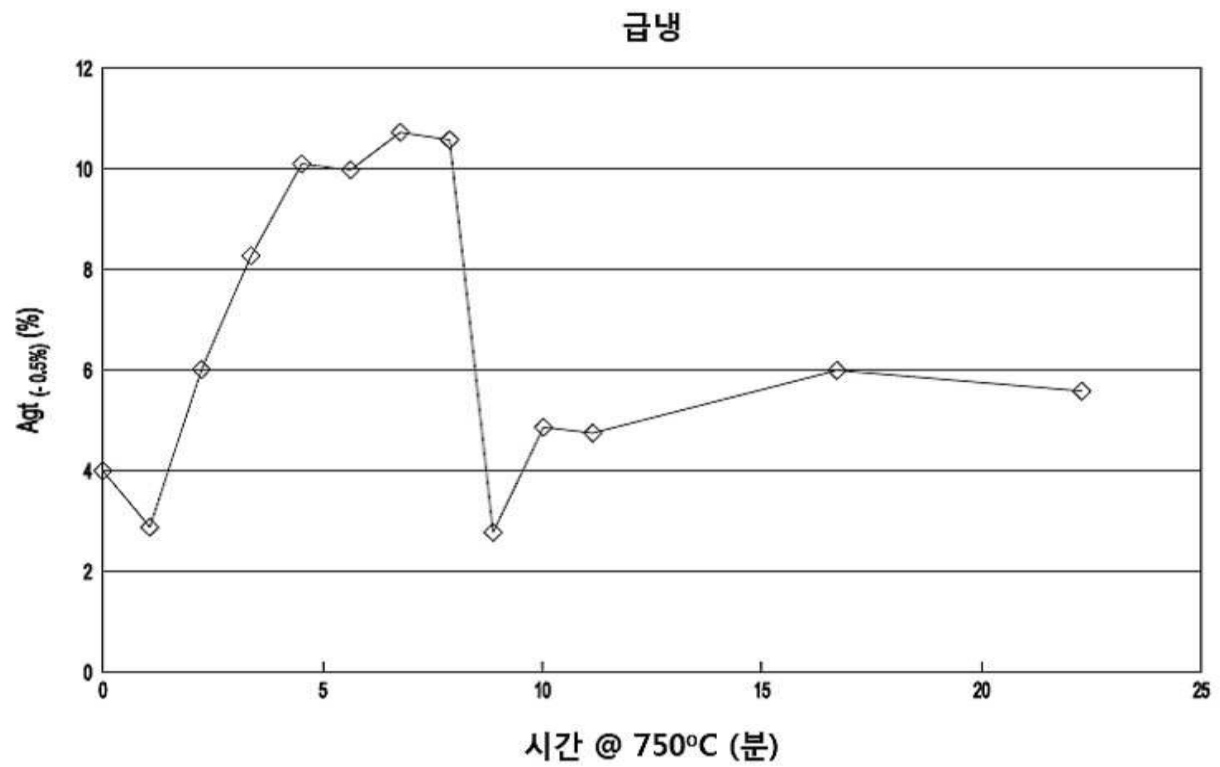
도면20



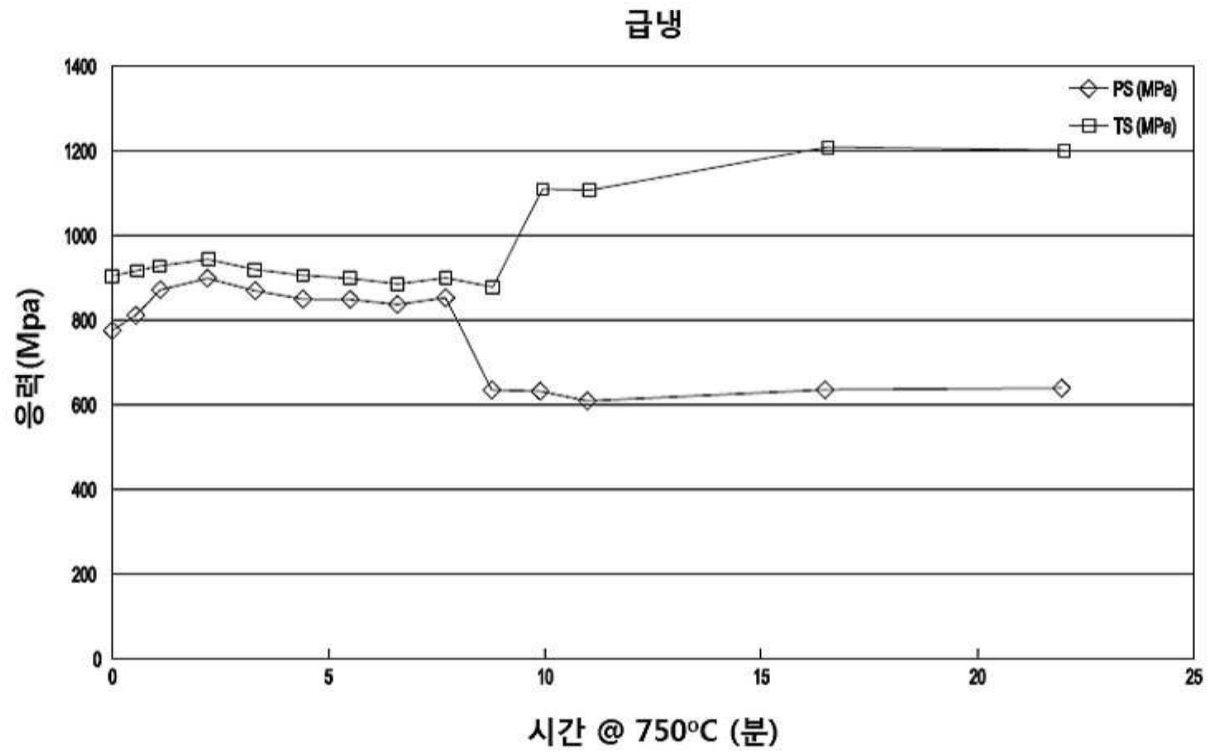
도면21



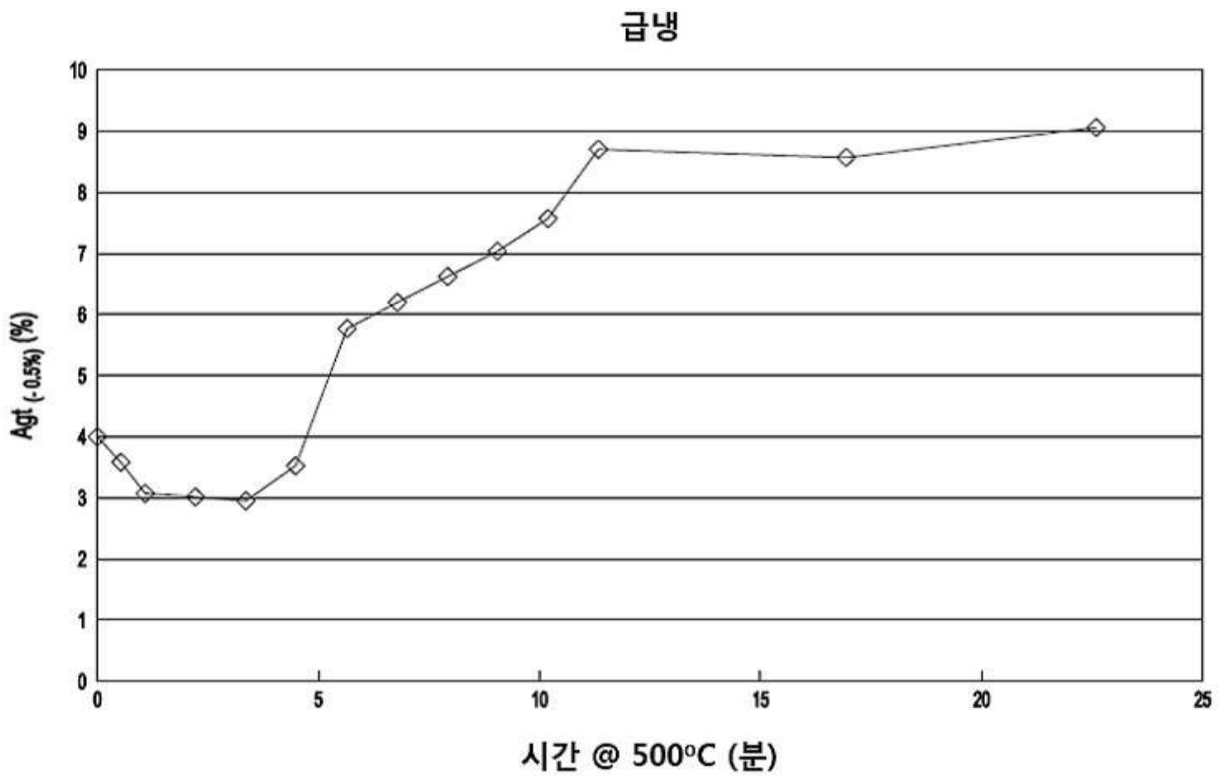
도면22



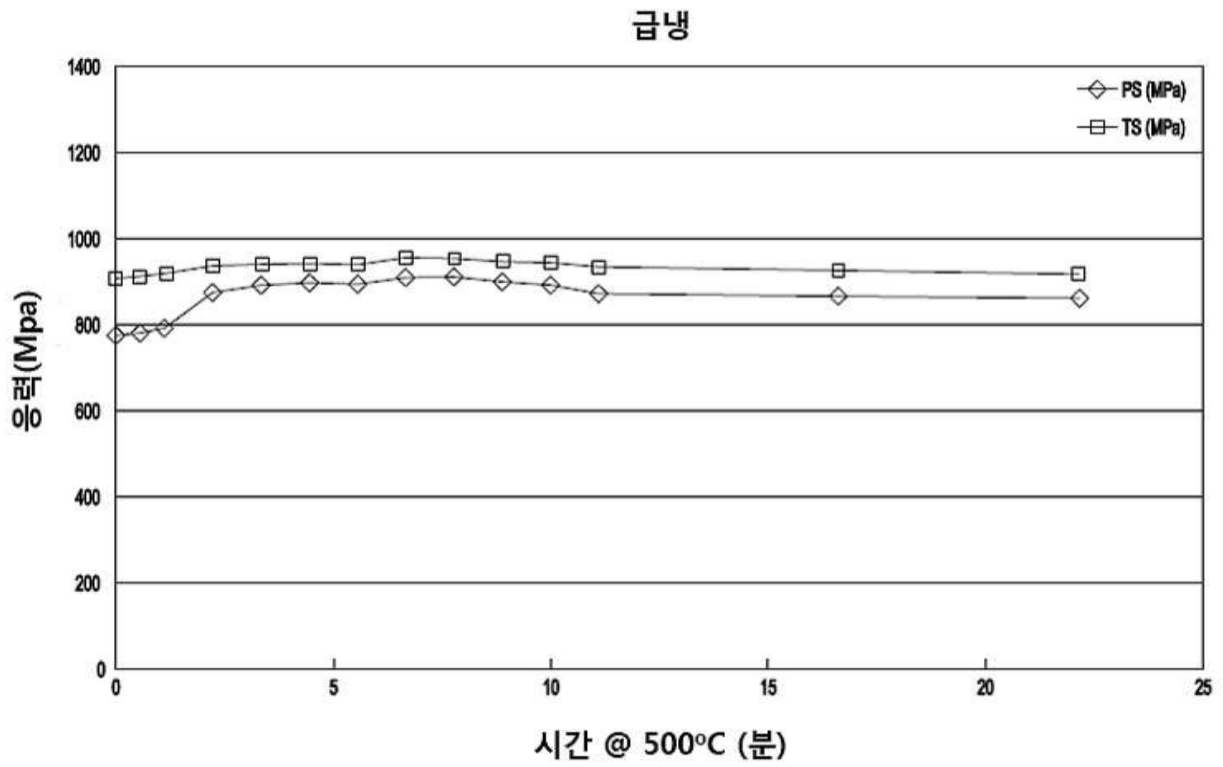
도면23



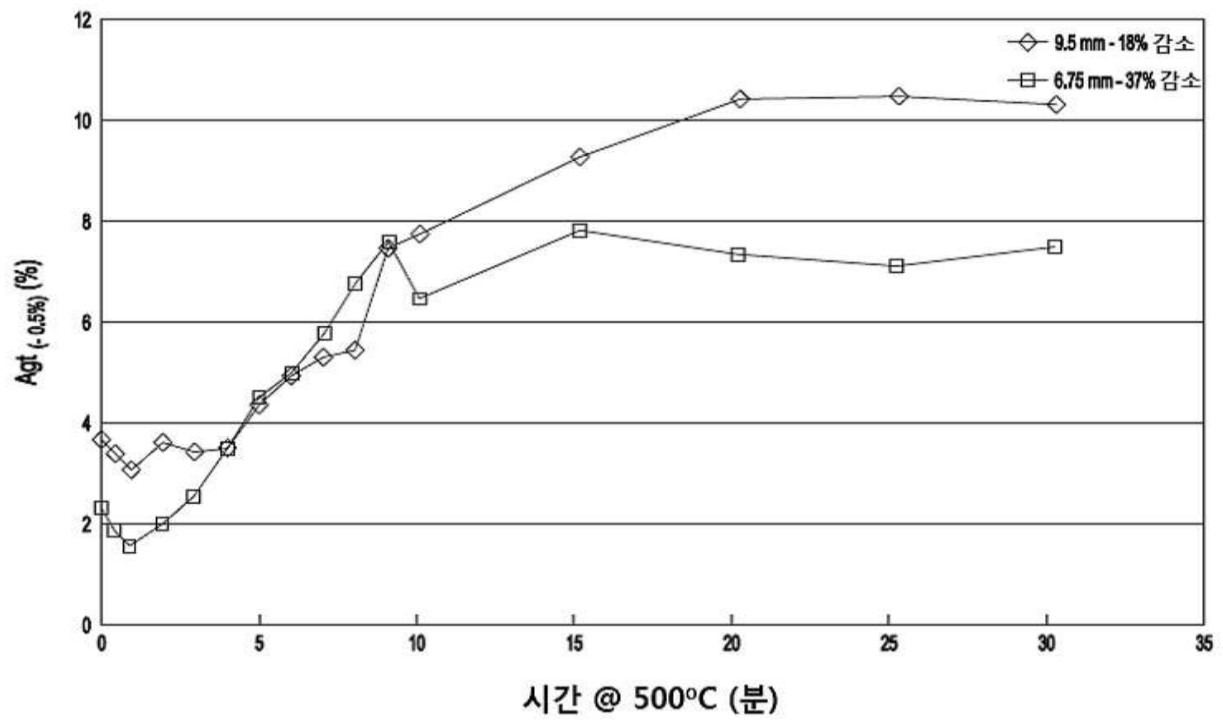
도면24



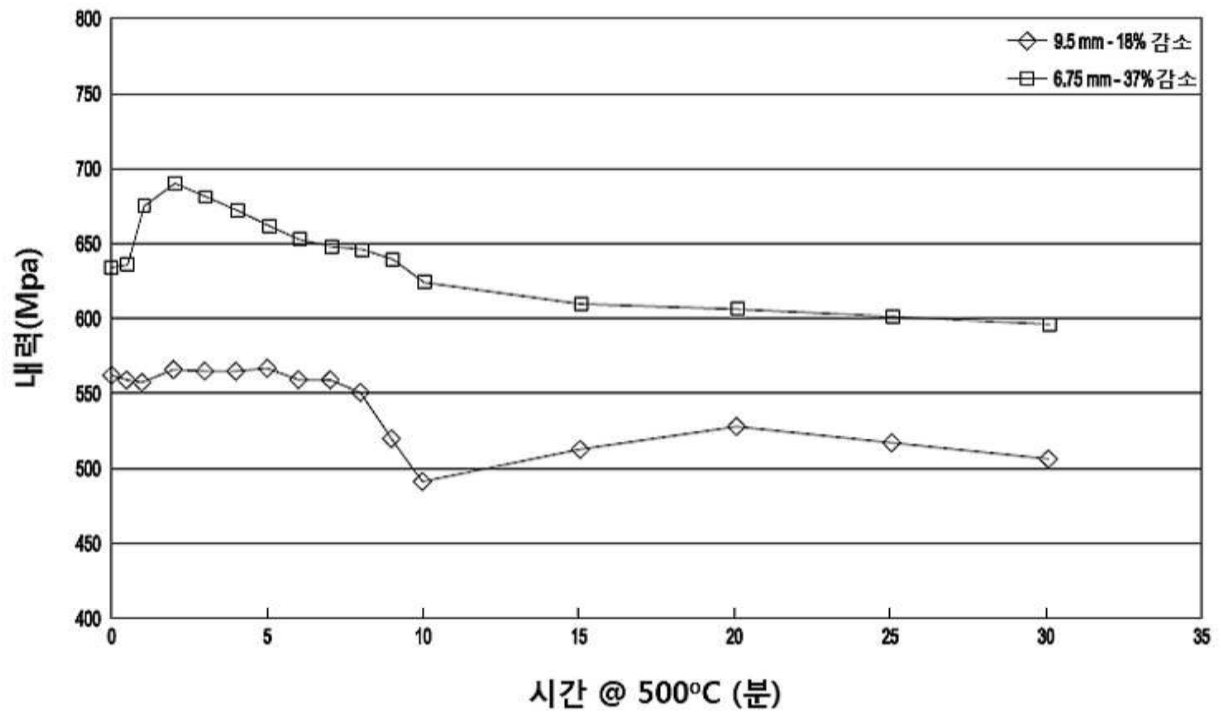
도면25



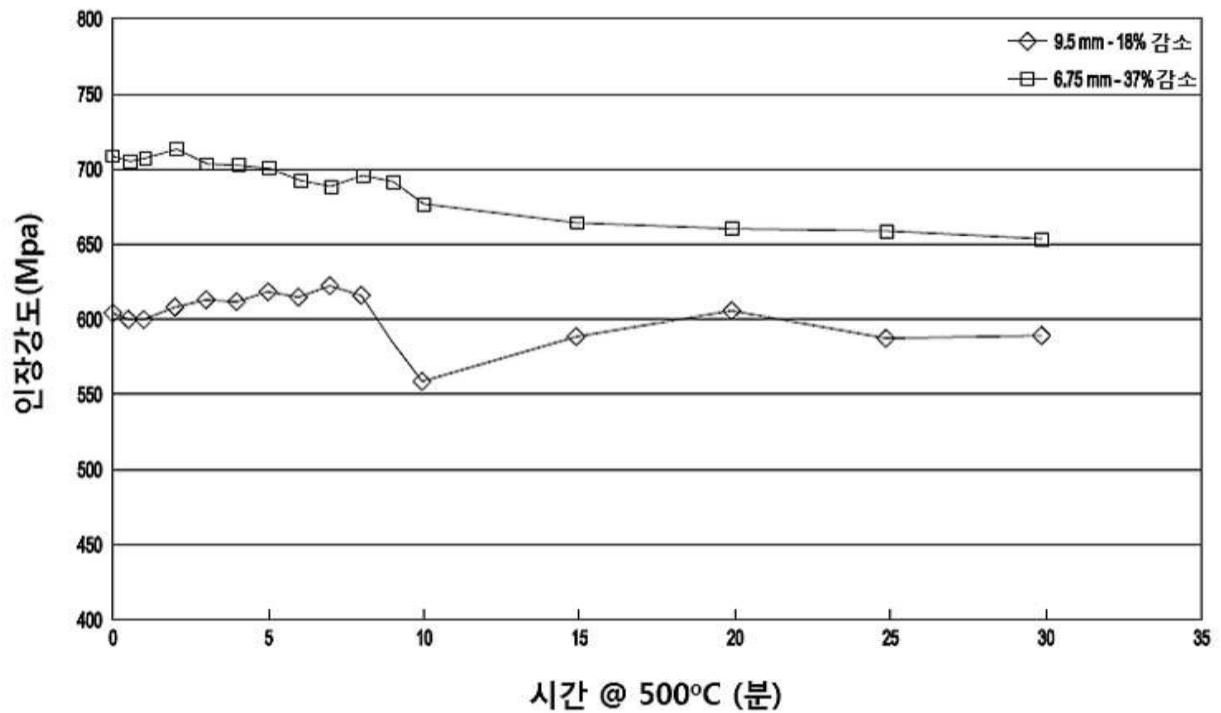
도면26



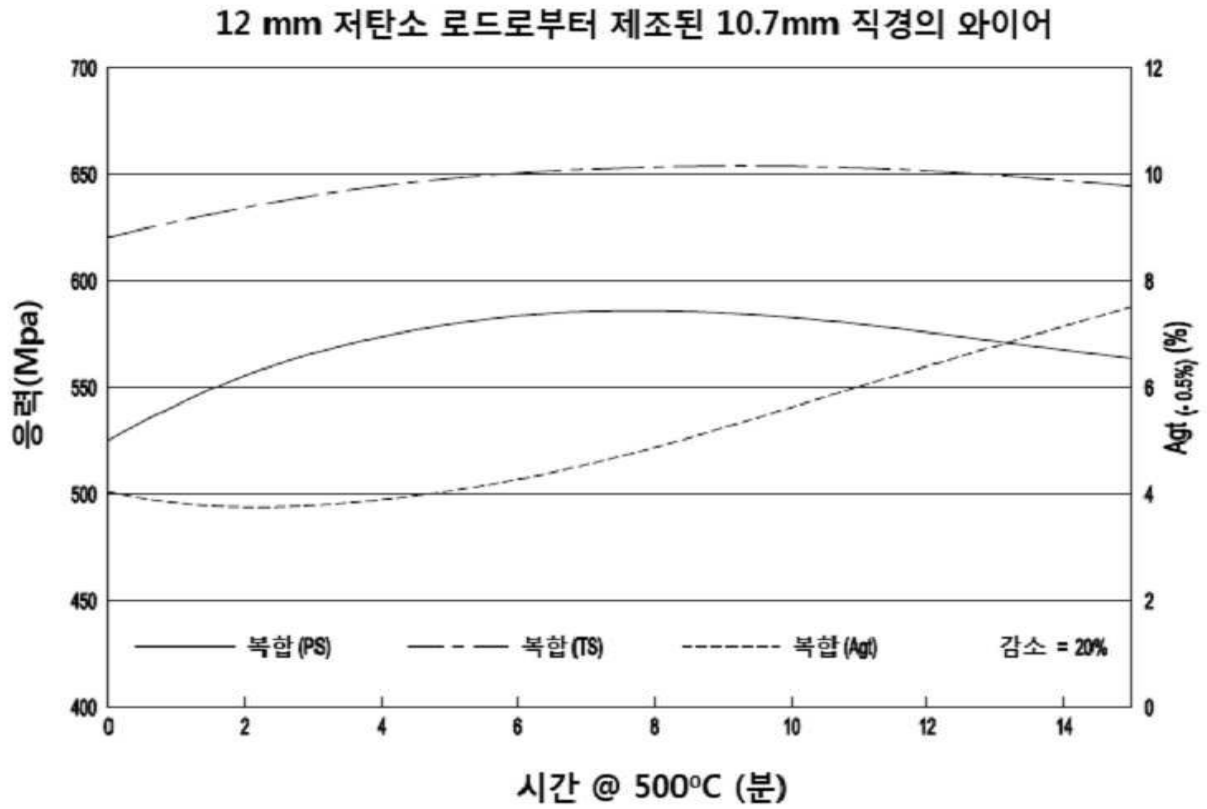
도면27



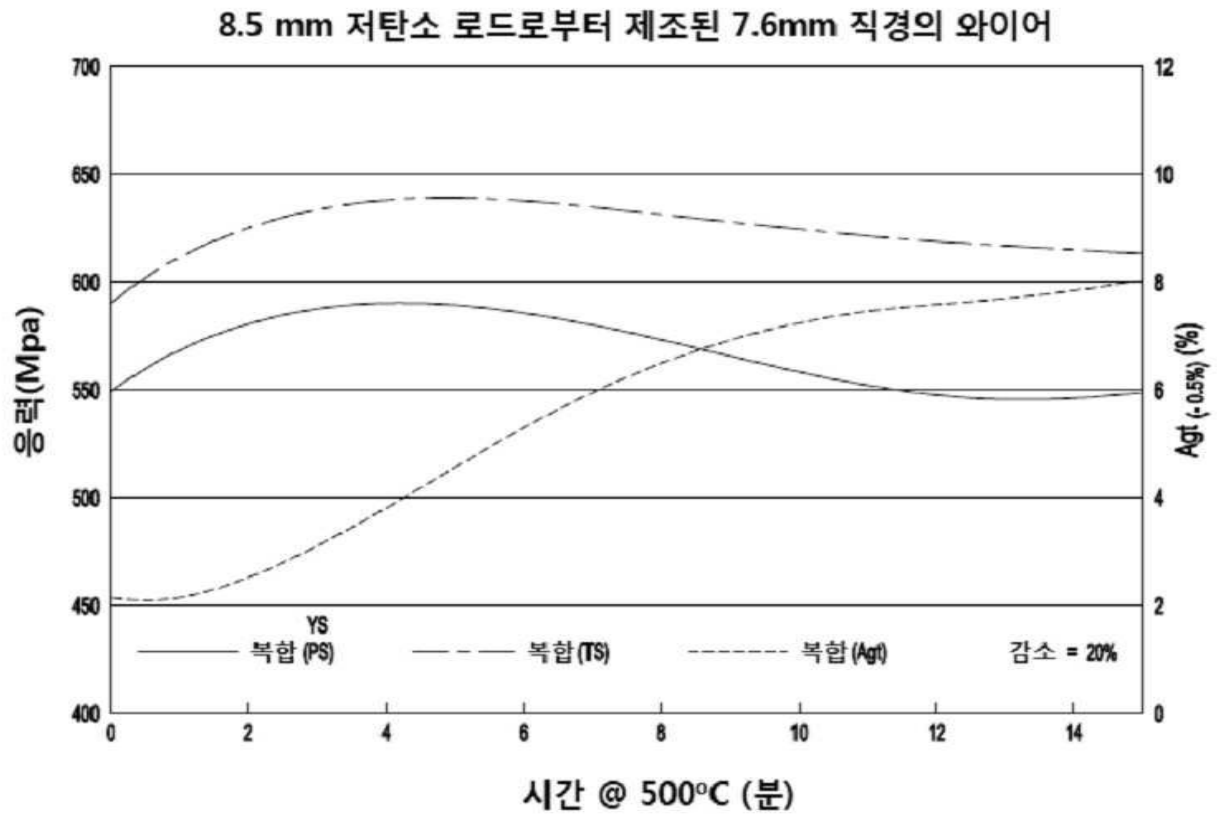
도면28



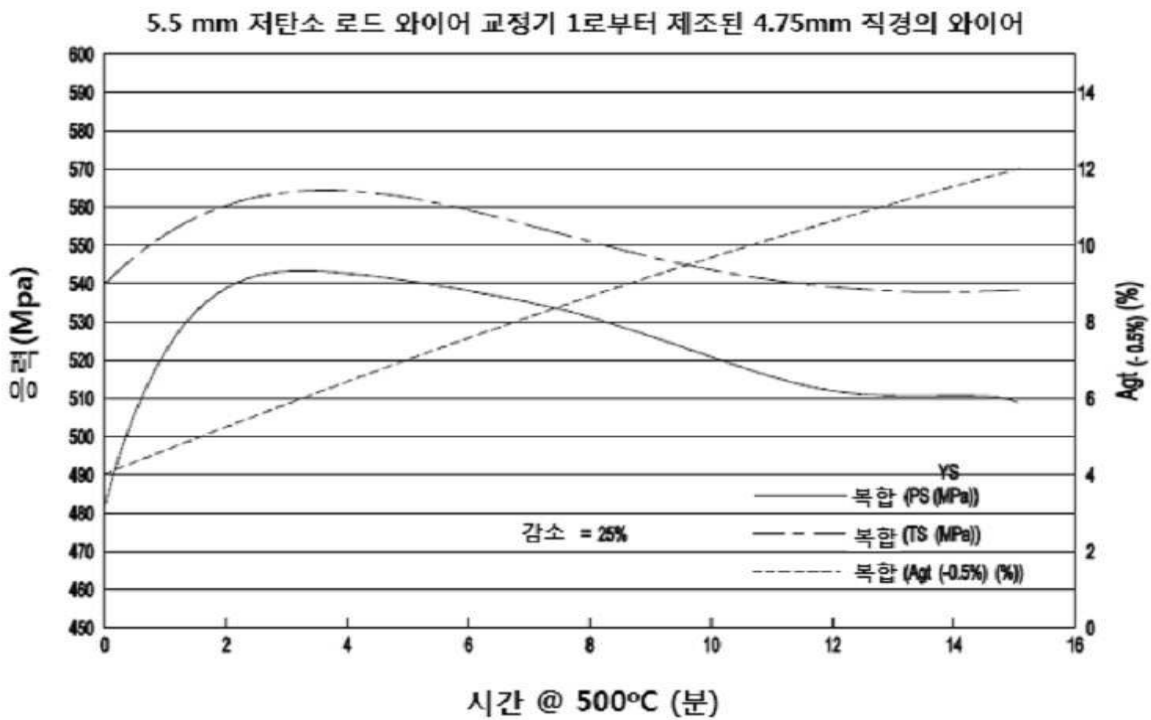
도면29



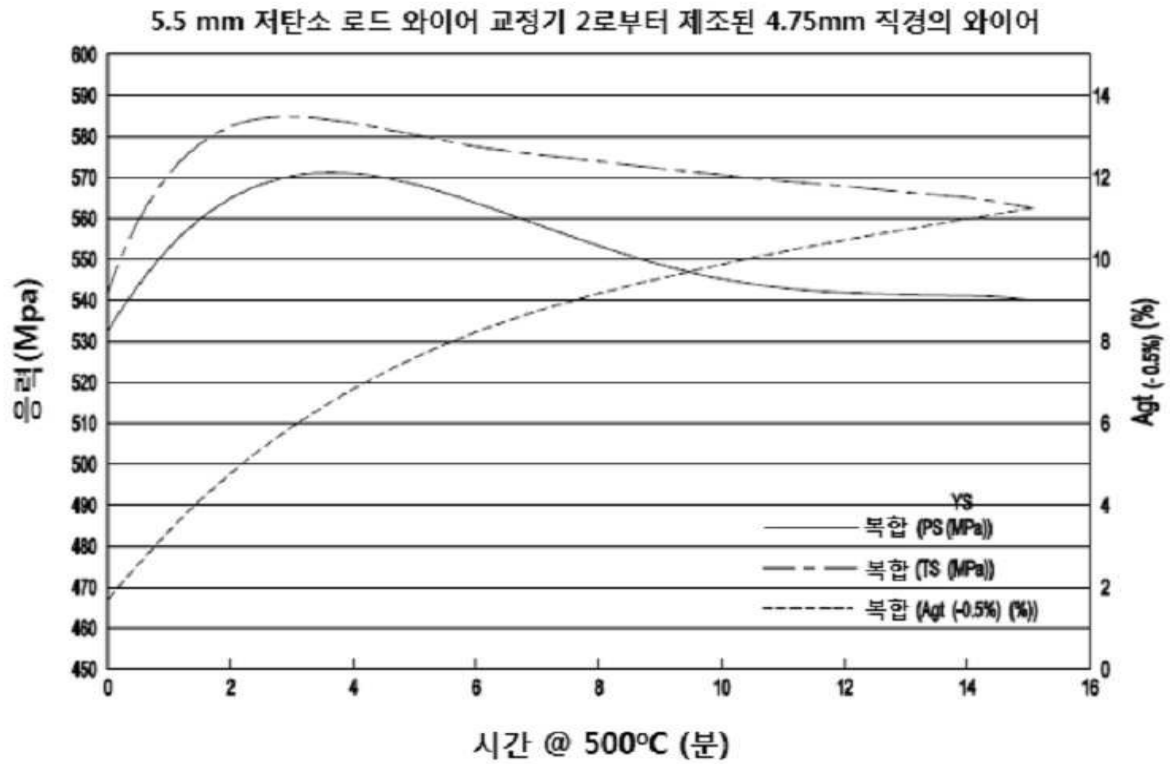
도면30



도면31



도면32



도면33

