

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁴
C22C 38/28

(45) 공고일자 1987년06월30일
(11) 공고번호 특1987-0001285

(21) 출원번호	특1982-0004336	(65) 공개번호	특1984-0001640
(22) 출원일자	1982년09월27일	(43) 공개일자	1984년05월16일
(30) 우선권주장	153,484 1981년09월28일 일본(JP)		
(71) 출원인	신니뵁 세이데쓰 가부시끼 가이샤 다께다 도요시 일본국 도오교도 지요다꾸 오데마찌 2쵸메 6방 3고		

(72) 발명자 도미나카 지로
일본국 히가리시 오아자 시미다 3434 신니뵁 세이데쓰 가부시끼 가이샤
히가리 세이데쓰쇼내
야다 히로시
일본국 기따규스시시 야하따히가시꾸 에다미쯔 1-1-1 신니뵁 세이데쓰
가부시끼 가이샤 생산기술연구소내
혼다 미쯔오
일본국 기따규스시시 야하따히가시꾸 에다미쯔 1-1-1 신니뵁 세이데쓰
가부시끼 가이샤 생산기술연구소내

(74) 대리인 이준구, 백락신

심사관 : 심창섭 (책자공보 제1313호)

(54) 내지연 파괴성이 우수한 고장력 고인성 강 및 그 제조방법

요약

내용 없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

내지연 파괴성이 우수한 고장력 고인성 강 및 그 제조방법

[도면의 간단한 설명]

제1도는 2mm V노치 샤프 충격시편에 대한 충격-전이곡선

제2도는 pH3.5인 용액에서 노치 원형 봉시편이 지연 파괴되는데 소요되는 시간을 나타낸 다이아그램.

제3도는 강의인 함량과 내지연 파괴성과의 관계

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 내지연 파괴성이 우수한 고장력 고인성 강 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

최근 대형의 강 구조물이 급증함에 따라 보다 높은 강도의 강이 요구되고 있다. 미합중국 특허 제 3,617,230호에는 공석강과 유사한 조성으로써 강에 포함된 인, 황 및 질소를 연신 및 냉간 가공성을 증진시킬 수 있는 량으로 감소시킨 고인장 강선이 기재되어 있다. 그러나 상기 미합중국 특허 제 3,617,230호에는 지연파괴성에 대한 개량법에 관해서는 언급되어 있지 않다. 이제까지 통상의 고장력 강에서는 자연환경에서 사용되는 강이 급작스럽게 그리고 정적으로 취성 파괴되는 소위 "지연파괴"가 자주 일어남을 주시할 수가 있었다. 이와같은 지연파괴 문제로 인해 통상의 고 인장강도의 사용이 심각히 제한되어 왔다.

본 발명의 목적은 최소한 100kg/mm²의 인장강도를 갖으며, 내지연 파괴성이 우수한 고장력, 고인성 강 및 이의 제조방법을 제공하는데 있다.

본 발명에 따른 고장력, 고인성 강은 0.15 내지 0.50중량%의 C, 1.50중량%까지의 Si, 0.2 내지 1.50 중량% Mn, 2.00중량%까지의 Cr, 0.0005 내지 0.0030중량%의 B, 0.005 내지 0.100중량%의 산-용해성 Al(Al₂O₃와 같은 화합물로 전환되지 않고 철 기지내에 고용된 Al), 0.010중량%까지의 P, 0.0020중량%

까지의 N, 0.010 내지 0.050중량%의 Ti 및 나머지의 철 및 불가피한 불순물로 구성되며, 소입 및 소려조직과 우수한 내지연 파괴성을 특징으로 한다.

본 발명에 따른 고장력, 고인성 강을 제조하는 방법은 0.15 내지 0.50중량%의 C, 1.50중량%까지의 Si, 0.2 내지 1.50중량% Mn, 2.00중량%까지의 Cr, 0.0005 내지 0.0030중량%의 B, 0.005 내지 0.100중량%의 산-용해성 Al, 0.010중량%까지의 P, 0.020중량%까지의 N, 0.010 내지 0.50중량%의 Ti, 나머지 철 및 불가피한 불순물을 포함하는 강을 A₃ 변태점보다 30~80°C 높은 온도에서 1~120분간 오스테나이트 처리(austenitizing)하고, 상기 오스테나이트 처리된 강을 740°C 이상~오스테나이트 온도 이하의 온도에서 물, 오일 또는 염욕에 소입(quenching)시킨 다음 A₁ 변태점 이하인 200 내지 500°C의 온도에서 10~180분동안 상기 강을 소려시킴을 특징으로 한다.

본 발명에 따른 강은 0.15~0.50중량%의 C, 1.5중량%까지의 Si, 0.20~1.50중량% Mn, 2.00중량%까지의 Cr, 0.0005~0.0030중량%의 B, 0.005~0.10중량%의 산용해성 Al, 0.0010중량%까지의 P, 0.0020중량%까지의 N 및 0.010~0.050중량%의 Ti로 구성된 기본 합금성분에 더하여 0.50중량%까지의 Mo, 0.20중량%까지의 V, 0.10중량%까지의 Nb 및 0.50중량%까지의 Cu로 구성된 균으로부터 선택된 적어도 하나의 원소를 더 포함한다.

본 발명에서는 결정 입계에서 심하게 편석되어 입계강도를 저하시키는 P와 N의 양을 감소시키고 적당량의 Ti를 첨가한 다음, 본 발명의 상기 언급된 방법에 따라 강을 열처리시켜 결정입의 성장을 제한시킴으로서 고장력, 고인성강의 지연 파괴 특성을 현저하게 개량할 수 있는 것으로 나타났다.

본 발명에 따른 강의 성분은 하기 이유때문에 각각 규정된 범위내에서 채택된다.

탄소는 강에 소정의 강도 및 경화능을 부여하기 위해 첨가하는데 탄소 함량이 0.15중량% 이하일 경우에는 상기 소정강도가 성취될 수 없다. 또한 탄소의 함량이 0.50중량% 이상일 경우 내지연 파괴성을 악화시켜 가공성에 악영향을 유발시킨다. 그러므로 0.50중량% 탄소가 상한선이다. 비록 Si는 강의 강도를 향상시키는데 필요한 원소이지만, 1.50% 이상의 양으로 사용할때 인성을 현저히 감소시킨다.

망간은 경화능 및 탈산을 촉진시키는데 유효하므로 최소한 0.20중량%의 Mn의 첨가는 상기 효과를 얻기 위해 필요하지만, 1.50% 이상의 Mn은 내지연 파괴성 및 노치(notch)인성을 저하시킨다. Cr의 첨가는 강도 및 경화능을 증진시키지만 2.00중량% 이상의 Cr첨가는 인성을 저하시킨다.

소량의 B의 첨가는 경화능을 증진시키는데 유효하지만 0.0005% 이하의 첨가로는 상기 효과가 불충분하며, 0.0030% 이상의 B를 첨가하여도 상기 효과는 거의 변함없다. 그러므로 B의 함량은 0.0005 내지 0.0030%로 설정된다.

Al은 탈산제로 뿐만아니라 강중의 질소 및 산소를 고정시킴을 목적으로 강에 첨가한다. 이 성분의 첨가는 0.005 내지 0.10%의 산용해성 Al로 제한시켜야 하는데, 제한시키는 이유는 강의 인성이 현저히 감소하기 때문이다.

P, N 및 Ti도 본 발명에 따른 강에 대해 중요한 합금원소이다. P 및 N은 강의 결정 입계에 편석하여 강의 결정 입계강도를 저하시킴으로 내지연 파괴성이 상당히 감소한다. 그러므로 P 및 N의 함량은 최대로 각각 0.010% 및 0.0020%까지 제한시켜야 한다.

Ti은 결정입-미세화 목적으로 0.010 내지 0.050% 첨가된다. N함량의 감소는 내지연 파괴성을 개량시키는데 유효하지만 강에 형성될 AlN량의 감소를 수반함으로써 결정립을 조대화시켜 하기 실시예에서 보여진 것처럼 강의 내지연 파괴성을 심각하게 악화시킨다. 이 결과 최소한 0.010%의 Ti은 결정립 미세효과에 유효하지만 0.050% 이상의 Ti은 티타늄 질산화물의 과잉석출로 인해 노치 인성을 감소시킨다. 그러므로 Ti 첨가량은 0.050% 이상을 초과해서는 안된다.

상기 언급한 원소 이외에 필요하다면 강도 증가, 경화능 향상, 또는 결정입 미세화 목적으로 0.50%까지의 Mo, 0.20%까지의 V, 0.10%까지의 Nb 및 0.50%까지의 Cu로 구성된 균에서 선택한 적어도 1종 이상을 첨가한다. 상기 원소의 상한선은 경제적인 측면에서 결정된 것으로서, 상기 원소가 상한선 이상으로 첨가되더라도 그 효과는 더 이상 상승하지 않기 때문이다.

보다 구체적으로 Mo은 소입 및 소려후, 경화능과 강도의 향상을 위해 첨가된다. Mo의 함량이 0.50%를 초과하더라도, 그 우수한 효과는 더이상 증진되지 않으며, 경제적인 측면에서도 0.5% 이상의 Mo 첨가는 바람직하지 못하다.

V과 Nb은 결정입을 미세화하여 인성과 내지연 파괴성을 더욱 증진하기 위해 첨가된다. V과 Nb은 각각 0.20%와 0.10%일때 그 효과는 포화됨으로 그 이상의 첨가는 경제적이지 못하나 따라서 V과 Nb은 0.20%이하, 0.10% 이하로 각각 제한된다.

Cu는 강도와 내지연 파괴성의 향상을 위해 첨가되고 내지연 파괴성의 향상은 Cu에 의한 내부식성의 향상에 의해 향상된다. 그러나 Cu량이 0.50%를 넘으면, 열간 가공성이 대단히 저하됨으로 Cu의 상한선은 0.50%이다.

본 발명에서 오스테나이트화 처리의 목적은 강중의 탄·질화물을 오스테나이트 중에 완전히 고용시킴으로써 이후의 소입처리에서 소입효과를 충분히 발휘케하는데 있으나, 처리시간이 짧으면 탄·질화물의 고용이 충분치 못하고, 또 불필요하게 장시간의 처리를 실시하면, 결정립의 조대화에 의한 인성 및 내지연 파괴성이 저하된다.

따라서, 본 발명에서는 오스테나이트화 처리시간을 1~120분의 범위로 한정하는 것이 바람직하다.

상기 오스테나이트화 처리 이후의 소입에 있어서, 원칙적으로는 오스테나이트화 온도에서 소입하는 것이나, 현실적으로 소입까지에 약간의 온도 강하가 발생한다. 본 발명에서 소입효과를 충분히 발휘

시키지 위해서는 강의 Ar₃ 변태정보다 낮지 않은 온도 영역에서 소입을 행할 필요가 있다.

따라서, 소입온도로서는 740℃ 이상, 오스테나이트화 온도 이하의 범위가 바람직하다. 소려처리는 마르텐사이트 조직의 변화, 내부응력의 완화, 나아가서는 강도 수준의 조정을 목적으로하여 행하는 것이나, 처리시간이 짧은 경우에는 상기 효과가 얻어지지 못하며, 또 필요이상의 장시간 처리에서는 강도의 대폭적인 저하와 경제적인 측면에서 바람직하지 않다.

따라서, 본 발명에서의 소려처리시간은 10~180분의 범위로 한정하는 것이 바람직하다. 첨부도면을 참조하여 본 발명의 목적과 특징을 더욱 상세히 설명하면 다음과 같다.

하기 실시예에서 본 발명을 더 상세히 설명하고자 한다.

표 1은 실시예에서 사용한 강의 화학적 조성을 나타낸 것으로서 강번호 1~4는 본 발명의 강이고 강번호 5~9는 종래 강이다.

표 2는 표 2에 제시한 조건으로 열처리시킨 후 시험한 강의 기계적 특성과 오스테나이트 결정 입도 번호를 나타낸 것으로, 표 2 및 제1도에 표시한 결과는 본 발명의 강이 종래 강보다 노치 시험에서 연성 및 인성이 훨씬 우수함을 나타내 준다.

제2도는 소입 및 소려시킨 강으로부터 준비한 인장강도가 117 내지 119kg/mm²인 노치-원형봉 인장 지연파괴 시편으로써 pH3.5의 완충용액(pH값을 조정하기 위해 HCl을 첨가한 1.59% 소듐 아세테이트 수용액)에서 행한 지연 파괴시험의 결과를 나타낸 것으로, 이들 각각의 원형봉 시편은 직경이 5mm이고, 길이 1mm, 터미날 반경이 0.06mm인 노치홈을 구성하고 있다. 각 시편에 가한 응력은 0.6x(노치-원형봉 인장 지연 파괴 시편의 대기중에서의 인장강도)로 조정하였다. 제2도에서와 같이 본 발명의 강이 파괴되는데 소요되는 시간은 종래의 강보다 더 오래 걸리므로 이는 본 발명의 강이 내지연 파괴성이 우수함을 나타내준다.

표 3에서는 본 발명의 강과 종래 강으로 준비한 직경이 22mm이고, 길이가 100mm인 육각형 헤드의 볼트를 지연 파괴현상을 가속화시킬 목적으로 소입한 후 350℃ 및 300℃에서 소려시켜 소려한 볼트의 인장강도를 각각 135kg/mm² 및 140kg/mm²로 하였다. 표 3의 각강에 대해 5개의 볼트를 너트(nut) 회전 각을 240℃로 하여 50mm 두께의 강판에 고정시켜 이 고정된 볼트를 60℃ 및 95% 이상의 상대습도를 갖는 용기에서 약 10개월동안 방치시켜 이의 파괴를 관찰하였다. 이 결과 공지의 모든 강에서 지연 파괴가 관찰되었다. 그러나 본 발명의 시험편중 어느것도 지연파괴가 일어나지 않았다. 그러므로 본 발명 강은 내지연 파괴성이 양호함이 입증되었다.

[표 1]

종 류	번호	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Nb	Cu	Ti	B	Al	N
본 발명의 강	1	0.20	0.17	0.72	0.005	0.008	0.71					0.016	0.0014	0.029	0.0009
	2	0.19	0.18	0.73	0.010	0.007	0.74					0.021	0.0012	0.038	0.0011
	3	0.32	0.23	0.82	0.008	0.010	0.95	0.17	0.08			0.033	0.0021	0.023	0.0016
	4	0.37	0.40	0.75	0.007	0.005	0.64			0.05	0.30	0.025	0.0016	0.027	0.0013
종래 강	5	0.19	0.17	0.75	0.003	0.002	0.74					0.005	0.0012	0.040	0.0010
	6	0.21	0.20	0.70	0.018	0.012	0.76					0.017	0.0013	0.043	0.0026
	7	0.20	0.16	0.71	0.010	0.005	0.73					0.018	0.0015	0.027	0.0031
	8	0.34	0.31	0.93	0.023	0.004	0.88	0.21	0.07			0.018	0.0016	0.034	0.0021
	9	0.36	0.33	0.74	0.009	0.012	0.65			0.07	0.25	0.004	0.0023	0.046	0.0008

[표 2]

종 류	번호	열처리 조건		인장강도* (kg/mm ²)	보증강도 (kg/mm ²)	연 신 율 (%)
		소 입	소 려			
본 발명의 강	①	880°C	420°C	117.2	109.1	18
	②	수냉	수냉	117.4	108.7	17
	③	860°C 수냉	480°C 수냉	126.4	119.3	17
	④	860°C 유냉	500°C 유냉	120.2	114.6	18
종래의 강	⑤	880°C	420°C	119.1	109.5	18
	⑥	수냉	수냉	118.0	107.7	17
	⑦			118.2	108.0	16
	⑧	860°C 수냉	480°C 수냉	127.8	120.4	15
	⑨	860°C 유냉	500°C 수냉	120.5	112.0	16

종 류	단면적 감소율 (%)	0°C에서 샤페값** (kg-m)	전이온도*** (0°C)	오스테나이트 결정입도 번호 (ASTM No.)
본 발명의 강	67.7	20.5	-50	7.4
	66.9	17.0	-42	8.0
	65.4	15.3	-48	8.4
	66.2	16.7	-40	7.7
종래의 강	68.0	6.2	+5	4.2
	64.2	12.4	-34	7.2
	61.3	10.5	-30	7.8
	63.0	10.8	-24	8.0
	64.7	7.3	-5	4.5

* 인장강도 시험에서는 직경이 14mm인 평행부분과 표점거리가 50mm인 JIS No.4 시험편을 사용하였다

** 샤페 충격시험에서는 한 변이 10mm 정사각형 단면의 55mm의 길이 및 깊이가 2mm인 V형 노치를 갖는 JIS No.4 샤페 충격 시험편을 사용하였다.

*** 전이 도는 연성파괴면 및 취성파괴면이 각각 50%가 되는 온도 정의하였음.

[표 3]

종 류	번호	볼트강도 135kg/mm ²	볼트강도 140kg/mm ²
본 발명의 강	1	0/5*	0/5*
	2	0/5	0/5
	3	0/5	0/5
	4	0/5	0/5
종래의 강	5	3/5	3/5
	6	0/5	2/5
	7	1/5	3/5
	8	0/5	3/5
	9	4/5	5/5

시험조건

볼트 크기-직경 22mm, 길이 100mm

볼크고정-너트 회전각 240°C

노출-60°C, 탱크내의 상대습도가 95% 이상

시험기간-약 10개월

* 파괴 시편의 수/시편의 수

상기의 모든 실시예에서, 종래 강번호 5 및 9는 본 발명의 강과 동일한 범위로 P 및 N를 포함한다. 그러나 Ti의 함량이 낮기 때문에 강번호 5 및 9는 결정입도가 조대화되어 내지연 파괴성과 인성에 있어 현저한 감소가 나타났다.

지연파괴에 영향이 있는 인함량을 하기에 상세히 설명한다. 소입 및 소려 단계를 거쳐 시편의 인장 강도를 118 내지 120kg/mm²으로 조정한 표 4의 인함량을 갖는 강으로 만든 둥근 노치-봉의 지연 파괴 시편을 준비하였다. 시편을 pH3.5의 완충용액에서 시험하여 내지연 파괴성을 측정하였다. 시험의 결과는 제3도에 나타냈는데 지연 파괴시간은 인의 함량이 0.010%를 초과할때 극단적으로 단축된다. 다시 말해서 지연파괴에 대한 내성은 인의 함량이 0.010% 이상일 때 저하된다. 그러므로 0.010% 이하의 범위로 인을 제한시키는 것이 본 발명의 중요한 특징이 된다.

[표 4]

번호	C wt%	Si wt%	Mn wt%	P wt%	S wt%	Cr wt%	Ti wt%	B wt%	Al wt%	N wt%	Fe
1	0.19	0.19	0.74	0.002	0.010	0.72	0.017	0.0017	0.031	0.0012	나머지
2	0.20	0.17	0.73	0.005	0.008	0.71	0.016	0.0014	0.029	0.0009	나머지
3	0.20	0.24	0.70	0.006	0.012	0.67	0.032	0.0020	0.023	0.0018	나머지
4	0.21	0.18	0.72	0.008	0.008	0.76	0.018	0.0013	0.034	0.0015	나머지
5	0.19	0.18	0.73	0.010	0.007	0.74	0.021	0.0012	0.038	0.0017	나머지
6	0.20	0.20	0.75	0.012	0.005	0.73	0.026	0.0015	0.026	0.0014	나머지
7	0.21	0.15	0.71	0.016	0.007	0.70	0.025	0.0021	0.040	0.0010	나머지
8	0.19	0.20	0.72	0.019	0.010	0.74	0.020	0.0013	0.033	0.0015	나머지

상기에서 언급한 바와같이 본 발명의 고장력 강은 통상의 강에서 수득하지 못한 내지연 파괴성 및 인성을 갖는다. 그러므로 본 발명의 강은 고강도 볼트, PC강봉 및 지연파괴 문제가 야기되는 기타 구조 부재에 광범위하게 사용될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

소입 및 소려시켜 얻은 조질 마르텐사이트 조직을 가지고, 0.15~0.50중량% C, 1.50중량%까지의 Si, 0.20~1.50중량% Mn, 2.00중량%까지의 Cr, 0.0005~ 0.0030중량%B, 0.005~0.10중량%의 산용해성 Al, 0.010중량%까지의 P, 0.0020중량%까지의 N, 0.010~0.050중량%의 Ti, 나머지의 철 및 불가피한 불순물로 구성되는 내지연 파괴성이 우수한 고장력 고인성 강.

청구항 2

제1항에 있어서, 인장강도가 적어도 100kg/mm²인 내지연 파괴성이 우수한 고장력 고인성 강.

청구항 3

소입 및 소려시켜 얻은 조질 마르텐사이트 조직을 가지고, 0.15~0.50중량% C, 1.50중량%까지의 Si, 0.20~1.50중량% Mn, 2.00중량%까지의 Cr, 0.0005~ 0.0030중량% B, 0.005~0.10중량%의 산용해성 Al, 0.010중량%까지의 P, 0.0020중량%까지의 N 및 0.010~0.050중량%의 Ti과 0.50중량%까지의 Mo, 0.20중량%까지의 V, 0.10중량%까지의 Nb 및 0.50중량%까지의 Cu중 적어도 하나의 원소, 그리고 나머지 철 및 불가피한 불순물로 구성되는 내지연 파괴성이 우수한 고장력 고인성 강.

청구항 4

제3항에 있어서, 인장강도가 적어도 100kg/mm²인 내지연 파괴성이 우수한 고장력 고인성 강.

청구항 5

0.15~0.50중량% C, 1.50중량%까지의 Si, 0.20~1.50중량%Mn, 2.00중량 %까지의 Cr, 0.0005~0.0030중량%B, 0.005~0.10중량%의 산용해성 Al, 0.010중량%까지의 P, 0.0020중량%까지의 N, 0.010~0.050중량%의 Ti 및 나머지 철과 불가피한 불순물로 구성되는 강을 제조하여 A₃ 변태점 이상의 온도에서 상기 강을 오스테나이트 처리하고, 이 오스테나이트 처리한 강을 물, 오일 또는 염욕에 소입한 다음, A₁ 변태점 이하의 온도에서 상기 소입된 강을 소려하는 내지연 파괴성이 우수한 고장력 고인성 강의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서, A₃ 변태점보다 30° ~80℃ 높은 온도범위에서 1~120분동안 상기 오스테나이트 처리하며, A₁ 변태점보다 낮은 200~550℃의 온도범위에서 10~ 180분동안 상기 소려처리하는 내지연 파괴성

이 우수한 고장력 고인성 강의 제조방법.

청구항 7

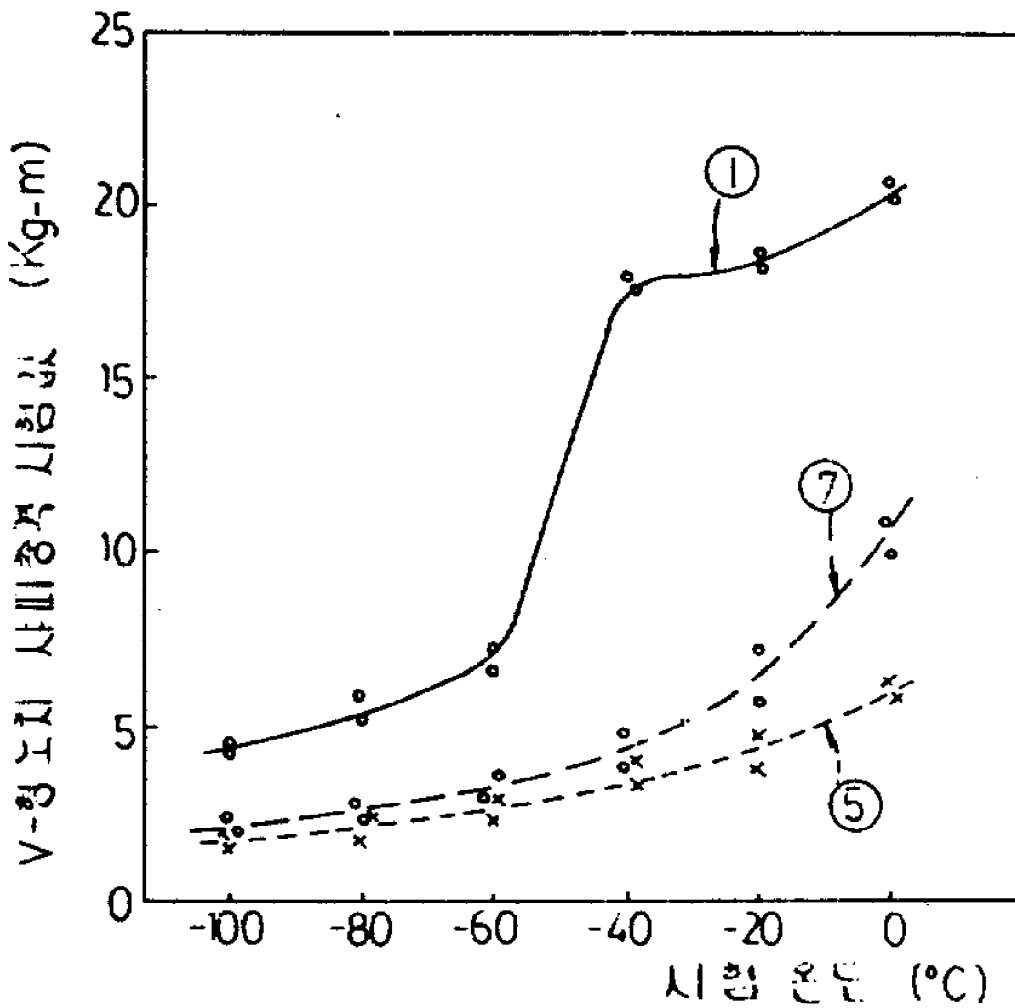
0.15~0.50중량%, 1.50중량%까지의 Si, 0.20~1.50중량% Mn, 2.00중량 %까지의 Cr, 0.0005~0.0030중량%B, 0.005~0.10중량%의 산용해성 Al, 0.010중량%까지의 P, 0.0020중량%까지의 N 및 0.010~0.050중량%의Ti과 0.50중량%까지의 Mo, 0.20중량%까지의 V, 0.10중량%까지의 Nb 및 0.50중량%까지의 Cu중적어도 하나의 원소, 그리고 나머지 철 및 불가피한 불순물로 구성되는 강을 준비하여 A₃ 변태점 이상의 온도에서 상기 강을 오스테나이트 처리하고, 이 오스테나이트 처리한 강을 물, 오일 또는 염욕에 소입한 다음, A₁ 변태점 이하의 온도에서 상기 소입된 강을 소려하는 내지연 파괴성이 우수한 고장력 고인성 강의 제조방법.

청구항 8

제7항에 있어서, A₃변태점보다 30~80℃ 높은 온도범위에서 1~120분동안 상기 오스테나이트 처리하며, A₁ 변태점보다 낮은 200~550℃의 온도범위에서 10~180분동안 상기 소려처리하는 내지연 파괴성이 우수한 고장력 고인성 강의 제조방법.

도면

도면1



도면2

		시간 파괴에 소요된 시간 (HR)					
		100	200	300	400	500	600
본 변형이 강	①	[Hatched bar from 100 to 600]					
	②	[Hatched bar from 100 to 600]					
S대 의 강	⑤	[Hatched bar from 100 to 200]					
	⑥	[Hatched bar from 100 to 400]					
	⑦	[Hatched bar from 100 to 400]					

도면3

