

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁵
C21D 8/06

(45) 공고일자 1991년03월04일
(11) 공고번호 91-001324

(21) 출원번호	특1986-0002035	(65) 공개번호	특1986-0008812
(22) 출원일자	1986년03월19일	(43) 공개일자	1986년12월18일
(30) 우선권주장	60-102273 1985년05월14일 일본(JP)		
(71) 출원인	가부시끼가이샤 고오베 세이코오쇼 마끼 후유히꼬 일본국 고오베시 쥬우오오쿠 와끼노하마쨌오 1쨌오메 3반 18고오신꼬오 고오센 고오교오 가부시끼가이샤 아사다 고오끼찌 일본국 효오고겐 아мага사끼시 도이쨌오 7쨌오메 2		
(72) 발명자	후지와라 다다요시 일본국 오오사까후 미노시 뇨오이다니 3쨌오메 7-디-103 야마오까 유끼오 일본국 오오사까후 사까이시 신히노다이 3쨌오메 3-9-208 하마다 가즈이찌 일본국 오오사까후 미노시 오오아자 아오게인 269-65 야마다 요시로오 일본국 효오고겐 아까시시 휴지에 968-5 가와구찌 야스노부 일본국 고오베시 다루미꾸 신료오다이 7쨌오메 13-15-304 오끼 야스히로 일본국 고오베시 기다꾸 히요도리다이 2쨌오메 31-7 다니구찌 다까시 일본국 고오베시 수마꾸 미도리가오까 1쨌오메 21-13 다까하시 히로유히 일본국 고오베시 히가시나다꾸 미까게이시마찌 3쨌오메 11-21-402		
(74) 대리인	장용식		

심사관 : 홍성철 (책자공보 제2211호)

(54) 고강도와 고인성을 구비한 봉강, 강환봉 및 강선의 제조방법

요약

내용 없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

고강도와 고인성을 구비한 봉강, 강환봉 및 강선의 제조방법

[도면의 간단한 설명]

제1도는 인장강도, 비틀림값 및 단면감소율(reduction in area)간의 관계를 나타내며.

제2도 및 제3도는 각각 인장강도와 탄소당량간의 관계를 나타내며.

제4도는 인발 및 냉각을 위한 장치의 단면도이고.

제5도는 종래의 강선과 본 발명에 의한 강선의 제조시 비틀림값 및 인장강도와 단면감소율간의 관계를 나타내며.

제6도는 인발횟수와 비틀림값간의 관계를 나타내며.

제7도는 비틀림값과 인발속도간의 관계를 나타내며.

제8도는 인장강도와 단면감소율간의 관계를 나타내며.

제9도는 비틀림값과 인발횟수간의 관계를 나타내며.

제10도는 비틀림값과 인발속도간의 관계를 나타내며.

제11도는 로우프의 단면도이며.

제12도는 인장강도와 강선의 직경간의 관계를 나타내며 불량한 인성 및 불량한 연성(延性)영역을 도시한다.

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 고강도 및 고인성(靱性)을 구비한 봉강(steel bar), 강환봉(steel rod) 및 강선(steel wire)(이후부터 이것들을 간단히 강선이라 칭한다) 및 그것의 제조방법에 관한 것이다.

인발(引拔)시의 총단면감소율의 증가 또는 원료재료의 강도의 증가가 일반적으로 고강도 강선을 얻기 위해 채택된다. 그러나, 더 높은 강도의 강선을 얻기위해 총단면감소율을 증가시키는 경우에 강선의 강도가 제12도의 빗금친 영역에 이를 때 인성은 갑자기 낮아진다.

환원하면 비틀림 시험시 디라미네이션(delamination)이 일어난다. 굽힘특성도, 또한 열화됨에 따라 스트랜딩단계 또는 마감단계에서 로우프, 강심 알루미늄 케이블 및 PC 연선의 파손, 스프링 형성 단계에서의 파손 또는 인발도중에 강선의 파손을 또한 일으킬 수 있다.

또한 파텐팅 후 Cr을 가하여 원료재료의 강도를 증가시키려고 시도하고 있다. 그러나, Cr의 첨가는 인발이전의 산세척시 스머트(smut)을 증가시킨다. 인발과정에서의 생산성 및 효율은 더 긴 산세척시간과 스머트로인한 결함있는 윤활막으로 인해 낮아진다.

일본 공업표준(JIS)에 명시된 바와 같은 도금한 고탄소 경인발 강선 또는 피아노선을 얻기 위해서는, 아연도금에 의해 강도가 크게 낮아지기 때문에 도금이전에 강선의 강도를 증가시키는 것이 필요하다.

JIS에 따르면, 고탄소 강선은 직경과 인장강도로 규정되어 있다. 예를들면, 경인발 강선은 인장강도가 1.0mm 직경 및 그 이하에 대해서는 220kg/mm² 이상으로, 2.5mm 직경 및 그 이하에 대해서는 200kg/mm² 이상으로 규정되어 있다. 그러나 직경이 3.5mm 이상일 때, 210kg/mm²은 피아노선으로 거의 달성될 수 없다.

이것은 3.5mm 및 그 이상의 직경을 가지고 있는 강선의 비틀림값은 피아노선의 인장강도가 220kgf/mm²을 초과할때는 비정상적 수준으로 감소되거나 또는 비틀림시험에서 디라미네이션이 일어날때(240-68logd)kgf/mm²을 초과하는 인장강도를 얻기위해서는 더 큰 변형이 요구되기 때문인데, 이것으로 인해 제조가 어렵다. 특히 더 낮은 등급의 경인발 강선에 대해서는 제조시 요구되는 불순물의 감소가 피아노선에 요구되는 만큼 그렇게 엄격하지 않기 때문에 1.5mm 및 그 이상의 직경을 가진 강선에 대해 210kg/mm² 이상의 강도를 가진 고인성을 유지하는 것이 매우 어렵다.

따라서, JIS G 3536(ASTM A421)의 프리스트레스 콘크리이트를 위한 미피복의 응력제거된 강선 및 연선(撚線, strand wire)에 대해 실제적인 인장강도는 2.9mm 직경의 강선에 대해 197kg/mm² 이상, 5mm 직경에 대해 165kg/mm² 이상, 그리고 연선에 대해서는 189kg/mm² 이상이였다.

특히, 직경이 12.4mm, 15.2mm 및 17.5mm인 큰 직경의 연선의 제조는 4.2mm 이상의 큰 직경의 강선이 서로 꼬아져서 만들어졌기 때문에 그 제조가 어려웠다.

함께 꼬인 두 개 또는 그 이상의 강선으로 만든 큰 직경의 로우프는 대부분의 경우 1.5mm 및 그 이상의 연선을 요하며, 인성도 역시 직경이 큰 강선의 사용에 의해 열화된다. 따라서, 210kg/mm² 이상 및 1.5mm 직경 이상의 로우프용 강선은 제조되고 있지 못하며, 이때문에 큰 직경의 고강도 로우프의 실용화를 어렵게 만든다.

강심 알루미늄 케이블용 아연도금 강선은 JIS C3110(ASTM B498)에 규정되어 있기 때문에 180kg/mm² 이상의 인장강도를 갖는 2.6mm 직경의 것들이 다량 생산되고 있다. 그러나, 인장강도가 210kg/mm²을 초과할 때, 비틀림 특성은 열화되어서 현상황에서 실용화를 가능하게 하지 못했다.

통상의 고탄소 강선재(steel wire rod)를 8회 인발, 인발속도 200m/분, 단면감소율 90%의 조건하에 인발했을 때 일례로 비틀림값은 크게 감소하고 각각의 제품에 대해 다음의 문제가 야기된다.

(A) PC 강선

인발후 최종 권선시, 강선은 회전로울러와 코일퍼기 로울러에서 부러지므로 따라서 제조가 불가능하게 된다. 파손된채 강선을 제조할 수는 있으나 프리스트레스력의 도입단계에서 인장하는 동안에 고정척(anchorng chuck)에 의해 부러지기가 매우 쉬우므로 상품화가 불가능하게 된다.

(B) PC 연선

상기한 문제 이외에, 취화(embrittlement)가 과도 하다면 스트랜딩 단계에서 파손이 일어나고 따라서 PC 연선의 제조가 실제적으로 불가능하다. 고강도 강선 가공의 장점은, 강선의 취화로 인해 연선의 고정효율이 낮기 때문에 얻어지지 못한다.

(C) 아연도금 강선

ACSR(강심 알루미늄 케이블)용 아연도금 강선에 대해 비틀림값은 16회 이상 또는 20회 이상의 값으로 규정되어 있다. 취화된 강선은 디라미네이션으로 인해 규정된 비틀림값을 충족시키지 못한다. 비틀림값이 낮으면 피로강도도 낮기 때문에 상품화가 어렵게 된다.

(D) 로우프

낮은 비틀림값은 스트랜딩을 불가능하게 만든다. 강선 로우프에 대해 중요한 특성인 굽힘피로강도는 또한 낮으며, 사용하는 동안 파손으로 인한 심각한 문제를 이룰 수 있다.

강선의 취화를 방지하기 위해, 인발후의 강선을 다이의 배면과 함께 물로 직접 냉각시켜 인발시의 강선으로부터의 열발생을 감소시키고 강선을 빨리 냉각시키는 냉간인발법이 또한 사용된다. 그러나, 고강도 및 고인성 강선의 제조를 위해, 조성, 인발횟수, 총단면감소율, 파텐팅 및 냉간인발과 같은 방법들을 계통적으로 조합한 방법은 지금까지 채택되지 않고 있다.

본 발명은 요약하면 다음과 같다.

상기한 종래 기술에 비추어, $(240-68 \log d) \text{kgf/mm}^2$ 을 초과하는 인장강도를 갖는 고강도 특성과 동시에 고인성 특성을 둘다 갖고 있는 강선의 제조방법을 제공하는 것이 본 발명의 일반적인 목적이다.

본 발명은 고탄소 강선재의 조성을 Si, Si-Cr, Si-Mn, Si-Mn-Cr, Si-Mn-Al 및 Si-Mn-Cr-Al을 가함으로써 근본적으로 조정하여 최적파텐팅 조건에서 열처리에 의해 파텐팅강도를 개선하고, 총단면감소율, 인발횟수 및 인발속도를 제한하면서 선재를 냉간인발시키는 것으로 설명된다.

본 발명을 상세히 설명하면 다음과 같다. 제1도에 나타난 바와 같이, 종래재료의 선(1)으로 표시된 인장강도는 단면감소율이 증가함에 따라 증가하나 선(2)으로 표시한 비틀림 횟수는 인장강도가 어느 일정한 수준을 초과하고 취화가 가속될때 급격하게 감소한다.

만일 파텐팅됨에 따라 감소가 증가하면 이에 따라 인장강도는 선(3)으로 나타난 바와 같이 증가한다. 비틀림값은 주로 파텐팅된 강선의 초기 인장강도에 의존하지 않으나 총 일반 단면감소율에는 의존한다.

따라서, 이러한 인발법이 사용된다면 인성이 열화되지 않으므로 210kg/mm^2 이상의 높은 강도에서도 높은 비틀림값이 얻어진다.

따라서, 파텐팅됨에 따라 높은 인장강도가 달성될 수 있고 실제적인 화학적 조성은 아래에 나타난 바와 같이 지정된다.

(Si-Mn계)

C : 0.70~1.00%

Si : 0.50~3.0%

Mn : 0.3~2.0%

(Si-Mn-Cr계)

C : 0.70~1.00%

Si : 0.50~3.0%

Mn : 0.30~2.0%

Cr : 0.10~0.50%

(Si-Mn-Al계)

C : 0.70~1.00%

Si : 0.50~3.0%

Mn : 0.30~2.0%

Al : 0.02~0.10%

N : 0.003~0.015%

(Si-Mn-Cr-Al계)

C : 0.70~1.00%

Si : 0.50~3.0%

Mn : 0.30~2.00%

Cr : 0.10~0.50%

Al : 0.020~0.100%

N : 0.003~0.015%

P와 S도 또한 강제조에 있어서 불가능한 불순물로서 포함되고 잔부는 Fe이다. 성분을 위와 같이 제한하는 이유는 다음과 같다.

C : 파텐팅 강도는 C 1%당 16kg/mm^2 이 증가하고, 필요한 강도는 0.7% 이하의 함량에서는 얻어지지 않는다. 그러므로 강도를 증가시키는데는 더 높은 C%가 유리하다. 그러나 함량이 1.00%를 초과할 때, 망상시멘타이트가 결정입계에 석출되어 인성에 영향을 미친다.

Si : 파텐팅강도는 Si 1% 첨가당 12kg/mm^2 이 증가하며, 내열강도도 또한 Si 첨가에 의해 증가한다.

그러나 함량이 2%를 초과할 때 페라이트의 고용경화가 증가하고 압연시와 재가열시 탈탄이 일어나는 경향이 있으며 신장 및 수축 특성이 급격하게 낮아진다. 그러므로 상한은 2%로 정해진다. JIS에 지정된 재료는 0.3% Si를 통상 포함하고 본 발명의 하한은 이보다 0.2% 더 높으며 파텐팅강도에 있어서 적어도 6kg/mm² 이상의 증가를 의도하고 있다.

Mn : 담금질성의 개선결과, Mn 함량은 변태노우즈(nose)를 더 긴시간쪽으로 이동시키고 큰 직경의 강선으로도 미세한 퍼얼라이트를 발생시키며 강도개선을 제공한다. 그러나, 0.3% 이하의 함량으로의 효과는 유의적이 아니다. 그러나, 함량의 2%를 초과할 때, 파텐팅시 퍼얼라이트 변태를 완결시키기 위해 연속에서 유지하는 시간이 너무 길게되고 실제적이 못된다.

Cr : Cr은 그것이 페라이트 매트릭스에 적당히 고용되고 또한 카아바이드를 생성하는 원소가 되는 Fe₃C에도 고용되어서 Fe₃C의 강도를 증가시키기 때문에, 강화에 효과적인 원소이며 변태를 더 긴시간 쪽으로 이동시켜 퍼얼라이트 변태의 반응을 지연시키고 더 큰 직경의 선재로도 미세한 퍼얼라이트를 얻는 것을 더 용이하게 한다. 그러나, 0.5%를 초과할때는 파텐팅하는 동안에 퍼얼라이트 변태의 완결이 너무 오래 걸려서 퍼얼라이트 변태가 실용적이 아니므로 Si-Cr 및 Si-Mn-Cr에 대해 상한은 0.5%로 정해지나, 그 첨가가 0.1% 미만이라면 강화의 효과를 기대할 수 없으므로 하한은 0.1%로 정한다. Si-Mn 계열에서는 변태를 완결시키는 시간이 너무 길어지기 때문에 Cr을 첨가하지 않는다.

Al : Al은 탈산소를 위하여 통상의 강철에 참가되며, 결정입도를 더 미세하게 하고 인성을 개선하기 위해 0.02% 이상을 첨가한다. 0.02% Al 이상의 첨가는 인발후의 비틀림 특성과 굽힘가공성을 크게 개선하며 기계가공과 제품의 사용시 파손을 감소시킨다. 그러나, Al의 첨가는, 0.100% 이상의 첨가는 Al₂O₃를 증가시켜 인발성을 감소시키므로, 0.02 내지 0.100%의 범위내로 유지한다.

N은, 상기한 Al 첨가의 범위내에서 0.003%이상 포함된다면 인발후 인성을 개선하는데 효과적이다. 그러나 만일 그 함량이 0.015%를 초과한다면, 개선의 효과는 낮아지며 인발성에 영향을 미친다. 따라서, N의 첨가는 0.003 내지 0.015%의 범위내로 유지된다.

또한 총량의 0.3%의 한계내에서 Ti, Nb, V, Zr, B 및 Al 중 한가지 또는 그 이상을 첨가하여 미세한 입도를 얻는 것이 가능하다. 0.3% 이상의 첨가는 단지 오오스테나이트 결정의 미세한 입도의 효과를 포함시켜서 그결과 인성이 열화된다. 따라서, 총량은 최대 0.3%로 유지한다.

Ca 또는 희토류 원소의 첨가에 의한 조절이나 P, S, N 및 O와 같은 불순물을 감소시키기 위해 가공된 강철로 역시 본 발명의 효과를 저해하지 않는다.

제 2도는 탄소 당량(Ceq=C+(Mn+Si)/6+Cr/4)에 의한 납파텐팅 후의 강도에 대한 Si-Mn과 Si-Cr계의 조성을 나타낸다. 파텐팅강도는 Si-Mn에 대해 1.1 내지 1.6의 Ceq에서와 Si-Cr에 대해 0~1.5에서 138kg/mm²~160kg/mm²인데, 이것은 강화의 효과를 나타낸다.

제 3도는 탄소 당량(Ceq=C+(Mn+Si)/6+Cr/4)에 의한 남파텐팅 후의 강도에 대한 Si 및 Si-Mn-Cr계의 성분을 나타낸다. 파텐팅강도는 선(14)으로 나타낸 바와 같이 Si계에 대해 0.93~1.60 그리고 선(15)으로 나타낸 바와 같이 Si-Mn-Cr에 대해 0.99~1.95의 Ceq에서 138~162kg/mm²인데, 이것은 강화의 효과를 나타낸다.

고강도와 고인성 강선을 생산하기 위하여 고파텐팅강도와 상기의 조성을 갖는 선재를 인발하는 후술하는 방법에서, Si계와 Si-Mn-Cr계들은 그것들이 같은 경향을 나타내기 때문에 양자를 구별하지 않는다.

제 4도는 인발에 의해 가열된 강선을 즉시 냉각하기 위한 인발·냉각장치의 실시예이다. 인발·냉각장치(2)에는 다이박스(21), 다이박스(21)에 의해 유지된 다이케이스(22), 다이케이스(22)에 부착시킨 케이스캡, 그리고 다이케이스(22)내의 스페이서(24)와 케이스캡(23)에 의해 고정된 다이(25)가 구비되어 있고, 다이(25)를 냉각하기 위한 냉각실(26)이 다이케이스(22)내에 설치되어 있어서 그안으로 냉각수가 통하게 된다. 냉각장치(3)는 일반장치(2)와 연결되고 냉각실(30)은 냉각장치(3)내에 만들어진다. 냉각수는 냉각수 입구(31)를 통해 냉각실로 흐르고 출구(32)를 통해 방출된다. 가이드부재(34)를 냉각장치의 뒤에 설치하여 가이드를 통과하는 강선 둘레로 공기 공급구(33)로부터 공기를 공급해서 강선을 건조시킨다.

강선(1)은 캡(23)을 통과하여 다이(25)에 의해 인발된다. 인발된 강선(10)은 냉각실을 통과하는 동안 즉시 냉각된다. 주위의 습도는 강선이 가이드부재(34)를 통과하는 동안 공기에 의해 제거된다.

인발된 강선(10)이 이와 같은 방법으로 다이출구에서 냉각되기 때문에 변형시효(strain aging)에 의한 취화가 방지된다. 다이에 의한 인발과 인발후의 수냉은 일정 횟수로 반복된다. 제4도에 하나의 실시예로 나타낸 직접 수냉장치의 사용은 하나 혹은 몇몇 다이에서는 생략할 수 있다.

직접수냉을 채택하지 않는 것은 첫번째 다이에서 또는 초기 인발단계에서의 몇몇 다이에서는 강선 특성에 해가 없다.

이는 연속 인발의 초기단계에서의 강선 온도상승이 일반적으로 인발의 후기 단계에서 온도 상승보다 작기 때문이며 변형시효 취화가 거의 발생하지 않기 때문이다.

제 5도는 종단면감소율과 제4도의 장치가 인발을 위해 사용된 경우의 파텐팅강도의 변화에 대한 인장강도와 비틀림과의 관계를 나타내고 있다. 선(6)으로 표시된 파텐팅강도 133kg/mm²인 강선은 성분이 0.82C, 0.3Si 그리고 0.5Mn인 통상적인 종래의 재료이며 선(7)으로 표시된 142kg/mm²의 강선과 선(8)으로 표시된 160kg/mm²의 강선들은 각각 본 발명에 따른 Si-Cr계와 Si-Mn계의 재료이다. 선(9)으로 표시된 파텐팅강도 168kg/mm²인 강선은 2.0% Si를 함유하고 있으며, 이것은 제한범위 보다 크다. 선(6), 선(7), 선(8) 및 선(9)으로 표시된 재료의 비틀림은 각각 선(60), 선(70), 선(80) 및 선(90)으로 표시되어 있다.

도면에서 알수 있듯이, 요구되는 비틀림값, 20회전은 인장강도가(240-68log d)kg/mm²(d : 강선의 직

경)를 초과할 때는 통상의 강재료로는 충족되지 않는다. 그러나 본 발명의 강재료로는 요구되는 20회전 이상의 비틀림이 (240-681og d)kg/mm²을 넘는 고강도에서조차 충족된다. 3% 증가된 Si를 함유한 재료는 유의적인 취하와 매우 낮은 비틀림 횟수를 나타낸다.

본 발명의 재료에 대해서는, 단면감소율이 70% 이상에서 인장강도는 (240-681og d)kg/mm²을 초과하고, 93% 이상에서 비틀림값은 20회전 미만이므로 단면감소율을 70-93%로 제한할 필요가 있다.

또한 20회전 이상의 비틀림값이(240-681og d)kg/mm²을 초과하는 인장강도에서 충족될 때 파텐팅강도를 138kg/mm² 이상으로 제한할 필요가 있다.

통상의 선재는 또한 인발후의 냉각에 의해 영향을 받으며, 인발후 냉각하지 않으면 선(61)의 특성을 가지고 있는 재료는 선(62)으로 표시된 바와 같이 유의적으로 취화된다.

본 발명의 선재는 상기 동일한 경향을 나타내며 따라서 제4도에서 설명된 냉각 또는 다른 비견할 만한 직접냉각 방법이 필수적이다. 인발의 횟수는, 인발의 횟수가 6 이하인 경우 1다이당 단면감소율이 너무 크기 때문에 또한 과잉열 발생에 기인해 제6도에서 보여주고 있는 것과 같은 취화가 나타나기 때문에 16으로 정해진다. 반면 인발의 횟수가 너무 많은 경우 특성에 아무런 문제가 없기는 하나 경계성이 낮아진다.

제7도는 비틀림값과(240-681og d)kg/mm²을 초과하는 인장강도를 나타내는 강선의 인발속도 사이의 관계를 도시하고 있다.

최대 550m/분의 인발속도가 바람직하데 왜냐하면 550m/분 이상이면 강선이 파괴되기 때문이다. 인발속도의 하한은 인발이 보다 낮은 속도에서는 취화가 없고 50m/분보다 느린 속도에서는 경제성이 낮아지기는 하나 50m/분 이상으로 정해진다.

상술한 결과에 따르면, 본 발명은 아래와 같이 구성하게 된다.

조성 ... 상술한 바와 같음

인발방법 ... 인발과 인발직후 냉각

파텐팅강도 ... 138kg/mm² 이상

인발횟수 ... 7~16회

인발속도 ... 50~550m/분

단면감소율 ... 70~93%

(240-681og d)kg/mm²을 초과하는 인장강도와 20회전 이상의 비틀림 횟수를 갖는 고인장, 고인성의 강선은 상기 각각의 조건을 특정범위내의 한정함으로써 제조될 수 있다.

제8도는 제4도의 장치가 첫 번째 다이를 제외하고 Si계와 Si-Mn-Cr계의 선재에 인발을 위해 사용될 때 총단면감소율에 대한 인장강도와 비틀림값을 보여주고 있다.

선(16)으로 나타난 파텐팅강도가 133kg/mm²인 선재는 0.82C, 0.3Si, 0.5Mn의 조성을 갖는 통상의 재료(종래의)이며, 반면 선(17)으로 나타난 파텐팅강도가 143kg/mm²인 재료와 선(18)으로 나타난 파텐팅강도가 162kg/mm²인 재료는 각각 본 발명에 따른 Si계와 Si-Mn-Cr계의 재료들이다.

선(19)으로 표시된 파텐팅강도가 170kg/mm²인 재료는 4.0% Si를 함유하고 있다. 선(16), 선(17), 선(18) 및 선(19)으로 표시된 상기 재료의 비틀림값은 각각 선(81), 선(84), 선(85) 및 선(86)으로 나타내진다.

도면으로부터 명백히 알 수 있듯이, 통상의 선재는 인장강도가 (240-681og d)kg/mm²을 초과할 때 요구되는 비틀림값 20회전을 만족할 수 없다(선 81에 있어서 17회전).

그러나 본 발명에 따른 선재는(240-681og d)kg/mm² 이상의 인장강도에서조차도 20회전 이상의 비틀림값이 만족될 수 있다(선 84로 28회, 선 85로 27회). Si 함량이 4% 이상인 재료로는 취화가 유의적이며 비틀림값이 매우 낮다(선 86으로 수회).

본 발명의 선재에 대하여는 단면감소율을 70-93%로 한정하는 것이 필요하며 70% 이하의 단면감소율에서는 인장강도가(240-681og d)kg/mm²을 초과하고 93% 이상에서는 비틀림이 20회전 이하이다.

또한 파텐팅강도를 138kg/mm² 이상으로 한정하는 것이 필요한데 왜냐하면(248-681og d)kg/mm²을 초과하는 인장강도와 20회전 이상의 비틀림은 파텐팅강도가 이 수준으로 유지될때 만족될 수 있다.

통상적인 선재는 인발후의 냉각에 의해 영향을 받으며 인발후 냉각을 하지 않을때는 선(82)의 특성을 갖는 재료는 선(83)으로 표시되듯이 유의적으로 취화된다.

본 발명의 선재도 상기 같은 경향을 보이기 때문에 제4도에서 설명한 바와 같은 냉각이 필수적이다. 인발통과 횟수의 하한은, 6회 이하에서는 1다이당 단면감소율이 너무 크기 때문에 또한 과잉열 발생에 기인해 제9도의 선(50)으로 나타난 것과 같이 급격한 취화가 나타나기 때문에 7로 정해진다. 반면, 인발횟수가 너무 많은 경우 특성상의 어떠한 문제도 없기는 하지만 경제성이 낮아진다. 따라서 상한은 16회로 정해진다.

제10도의 선(51)은 (240-681og d)kg/mm²을 초과하는 인장강도를 가지고 있는 강선의 비틀림값과 인발속도 사이의 관계를 나타내고 있다.

최고 550m/분의 인발속도가 바람직하데 왜냐하면 550m/분 이상의 속도에서는 비틀림값이 급격히 감소해서 강선이 파괴되기 때문이다.

낮은 속도에서의 인발은 취화가 없는 반면 경계성이 낮기는 하지만 50m/분으로 정해진다.

따라서 본 발명은 아래와 같이 구성된다.

조성 ... 상술한 바와 같다.

인발방법 ... 인발과 인발직후 냉각

파텐팅강도 ... 138kg/mm² 이상

인발횟수 ... 7~16회

인발속도 ... 50~500m/분

단면감소율 ... 70~93%

(240-68log d)kg/mm²을 초과하는 인장강도와 20회전 이상의 비틀림 횟수를 갖는 고인장, 고인성의 강선은 상기 각각의 조건을 특정범위내의 한정함으로써 제조될 수 있다.

[실시에 1]

성분을 Si-Mn계에 대해 0.87 C-1.2 Si-1.2 Mn-0.020 P-0.010S, Si-Mn-Cr계에 대해 0.84 C-1.2 Si-0.50 Mn-0.20 Cr-0.021 P-0.015S 및 통상의 선재에 대해 0.082C-0.50 Mn-0.40 Si-0.018 P-0.017S로 설정하였다.

고주파수 유도로를 용융하기 위해 사용하였고, 13mm와 9.5mm 직경의 선재를 통상의 분과 및 압연을 통하여 제작하여서 이 선재로 사기의 강선을 제조하였다.

(1) PC 강선

13mm 직경의 선재를 Si-Mn과 Si-Mn-Cr계에 대해서는 560℃, 통상의 선재에 대해서는 500℃에서 파텐팅하여 각 선재의 인장강도가 각각 152kg/mm², 154kg/mm² 및 131kg/mm²로 되게 하였다.

그리고 이것을 산세척, 인산염피복 및 냉각시킨 다음, 180m/min 인발속도로 9회 인발(86% 인발) 함으로써 5mm 직경으로 인발하였다. 통상의 선재는 냉각없이 인발하였으며, Si-Mn계 및 Si-Mn-Cr계의 선재를 냉각없이 10m/min로 6회 인발함으로써 비교용 시료를 제조하였다. 비교결과는 표 1에 나타낸 바와 같다.

표 1에 나타낸 바와 같이 본 발명에 의한 선재는 높은 강도, 보다 나은 인성 및 보다 높은 피로강도를 나타내는 반면, 통상의 선재는 인성이 증가되면 강도가 저하되고, 강도가 증가되면 인성이 크게 열화된다.

본 발명에 의한 선재와 같은 성분의 선재일지라도, 인발조건이 적당하지 않다면, 높은 강도 및 높은 인성의 강선을 얻을 수 없다.

(2)아연도금 강선

표 1에 나타낸 바와 같은 방식으로 제조된 5mm 직경의 강선을 440℃에서 아연도금한 결과, 강도 및 인성은 표 2에 나타낸 바와 같다. 표 2에 나타낸 바와 같이 높은 강도 및 높은 인성은 아연도금후에도 유지된다. 아연도금후 인성은 인발조건이 적당하게 설정되지 않는다면 본 발명에 의한 선재의, 조성과 같은 조성을 가지고 있다하더라도 매우 낮다는 것이 명백하다.

[표 1]

성분	냉각방법 인발조건	인장강도 (kg/mm ²)	면신율 (%)	단면감소율 (%)	비틀림값 (회)	이완값 (%)	피로강도 (kg/mm ²)
Si-Mn계 (비교용 시료)	6회 인발 10m/min 수냉하지 않음	248	2.4	20	7	1.1	36
(본 발명)	9회 인발 180m/min 8회 수냉	231	6.2	41	32	1.0	67
Si-Mn-Cr계 (비교용 시료)	6회 인발 10m/min 수냉하지 않음	249	2.8	19	6	1.0	40
(본 발명)	9회 인발 180m/min 8회 수냉	233	6.8	44	38	0.9	66
통상의 선재	수냉	192	6.1	45	28	1.5	55
	수냉하지 않음	223	2.0	21	5	1.0	24

[표 2]

성분	냉각방법 인발조건	아연도금온도 (°C)	인장강도 (kg/mm ²)	연신율 (%)	비틀림값 (회)	피로강도 (kg/mm ²)
Si-Mn계 (비교용)	6회 인발 10m/min 수냉하지 않음	440	230	4.8	5	30
(본 발명)	9회 인발 180m/min 8회 수냉	440	220	6.8	25	59
Si-Mn-Cr계 (비교용)	6회 인발 10m/min 수냉하지 않음	440	231	4.2	5	35
(본 발명)	9회 인발 180m/min 수냉	440	223	6.9	29	58
통상의 선재	수냉	440	168	5.8	24	41
	수냉하지 않음	440	208	1.8	4	18

(3) PC 연선

상기 13mm 직경의 선재를 11.4mm와 10.9mm 직경으로 인발한후 Si-Mn계 및 Si-Cr계의 선재들을 560°C에서, 통상의 선재를 510°C에서 파텐팅하여 각각 156kg/mm², 155kg/mm² 및 133kg/mm²의 인장강도가 되게 하였다. 그리고 이것을 산세척, 인산염피복한 다음, 인발을 한후 즉시 냉각하여 11.4mm 직경의 선재를 200m/min 속도에서 8회 인발하여 4.40mm로 만들었으며 10.9mm 직경의 선재를 4.22mm(85% 인발)로 만들었다.

통상의 선재는 수냉하지 않는 조건하에서 만들었다. 또 Si-Cr계 및 Si-Mn계에 대하여 4.40mm 및 4.2mm 직경의 강선을 냉각없이 10m/min 인발속도에서 6회 인발하는 조건하에서 제조하였다.

그다음 7선, 0.5인치 크기의 PC 연선을, 심선(Core wire)으로서 4.40mm 강선, 가장자리선으로서 4.22mm 강선을 사용하여 제조하였다. 380°C에서 블루잉한후 특성을 표 3에 나타낸 바와 같이 비교하였다.

표에서 고착효율(anchoring efficiency)을 다음식에 의해 측정하였다.

$$\text{고착효율} = \frac{(\text{해기철착에 의한 인장파단하중})}{(\text{통상의 시험재료 인선의 파단하중})} \times 100$$

피로 파단시험의 최소응력 및 응력폭은 각각 인장강도의 0.6배와 15kg/mm²로 일정하다. 표 3에 나타낸바와 같이, 냉각 및 인발에 의한 통상의 선재의 강도는 낮으며 피로특성도 바람직하지 않다.

인발후 냉각을 하지 않는 경우 통상의 선재는 유의적인 취화를 나타내며 연선은 제조될 수 없다. Si-Mn계 또는 Si-Cr계의 재료라도 인발조건이 적당하게 설정되지 않는한 연신율이 낮고, 고착효율도 낮고, 취화도 유의적이라는 것이 명백하다.

본 발명의 재료는 약 220kg/mm²의 높은 강도를 가지면서 우수한 피로특성을 나타내는 것이 명백하다.

(4) 강심 알루미늄 케이블(ACSR)용 아연도금 강선

9.5mm 직경의 상기 선재를 먼저 8mm로 인발한후, Si-Mn계 및 Si-Mn-Cr계의 상기 선재들을 570°C에서, 통상의 선재를 530°C에서 파텐팅하여 각각 160kg/mm², 158kg/mm² 및 134kg/mm²의 인장강도가 되게 한 다음 이것을 산세척, 인산염피복 및 인발후 냉각을 더 시켰다. 강선을 240m/min 인발속도에서 12회 인발하여 2.52mm(90% 인발)로 더 인발한 다음 HCl처리, 플렉스처리하여 422°C에서 Zn 도금을 하여 ACSR용 2.6mm 직경의 아연도금 강선을 얻었다.

통상의 선재를 사용하여 2.6mm 직경의 도금강선을 냉각하지 않고 제조하였다. Si-Mn계 및 Si-Mn-Cr계의 선재를 10m/min 인발속도에서 6회 인발로 수냉하지 않고 2.6mm 직경으로 인발하였다.

결과를 표 4에 나타내었다. 표에서 권해(卷解)는 권회(卷回) 및 해선(解線)의 반복운동을 의미하며, 도금강선을 같은 직경의 다른 강선둘레에 감았다 풀어서 표면 흠집(flaw)을 체크하였다. 권회 성질에 대해서는, 도금강선을 시험될 선의 직경보다 15배 더 큰 직경을 가지고 있는 선재둘레에 감았으며 상기 성질을 조건으로부터 판단하였다.

본 발명에 의한 선재는 높은 강도와 높은 인성을 지닌다는 것이 표에 나타나 있다.

[표 3]

성분	냉각 방법 인발 조건	인장강도 (kg/mm ²)	연신율 (%)	이완값 (%)	고착효율 (%)	피로파단의 반복횟수
Si-Mn계 (비교용 시료)	6회 인발 10m/min 수냉하지 않음	238	2.1	1.5	78	2×10 ⁶ 회에서 파단됨
(본 발명)	8회 인발 200m/min 수냉	226	6.5	1.6	99	10 ⁶ 회에서 파단되지 않음
Si-Mn-Cr계 (비교용 시료)	6회 인발 10m/min 수냉하지 않음	235	2.0	1.6	70	3×10 ⁶ 회에서 파단됨
(본 발명)	8회 인발 200m/min 수냉	228	6.5	1.5	98	10 ⁶ 회에서 파단되지 않음
통상의 선재	수냉 수냉하지 않음	188	6.4	1.5	98	2×10 ⁶ 스트렌딩시 선파단이 자주 일어나서 연선이 제조될 수 없다

[표 4]

성분	냉각 방법 인발 조건	인장강도 (kg/mm ²)	연신율 (%)	비틀림값 (회)	균일성 (회)	편화성질 r=15d	부하량 (g/mm ²)	전해 8회
Si-Mn계 (비교용)	6회 인발 10m/min 수냉하지 않음	240	1.0	5	4	파단됨	300	파단됨
(본 발명)	12회 인발 240m/min 수냉	224	5.5	28	4	우수함	200	우수함
Si-Mn-Cr계 (비교용)	6회 인발 10m/min 수냉하지 않음	238	2.8	6	4	파단됨	285	파단됨
(본 발명)	12회 인발 240m/min 수냉	227	5.8	27	4	우수함	285	우수함
통상의 선재	수냉 수냉하지 않음	181	5.9	25	3.5	우수함	295	우수함
		211	1.8	5	3.5	우수함	300	파단됨

(5)로우프

상기 13mm 직경의 선재를 10.85mm 및 10.45mm 직경으로 인발한 다음, Si-Mn계 및 Si-Mn-Cr계의 상기 선재들은 570℃에서, 통상의 선재는 550℃에서 파텐팅 하였다. 결과는 각각 표 5에 나타낸 바와 같다.

이것들은 산세척, 인산염피복한 다음 인발후 냉각하여 선을 더 인발하여 90% 인발 ; 즉 250m/min 인발속도 및 12회 인발횟수로 각각의 강선을 10.85mm에서 3.43mm, 10.45mm에서 3.30mm로 인발하였다.

심선으로서 3.43mm 직경의 강선 및 가장자리선으로서 3.30mm 직경의 강선을 사용하여 7선의 연선 및 그러한 연선 6개를 서로 함께 꼬아서 제11도에 도시된 바와 같은 30mm 외부 직경의 로우프(55)로 만들었다. 로우프도 통상의 선재를 사용하여 연선을 제조할 때 인발후 냉각하지 않고 제조하였다.

결과를 표 6에 나타내었다. 피로시험을 시험하중 10.0톤, 시이브직경(sheave diameter) 460mm 및 굽힘 각 16°의 조건하에서 실행하여 파단에 대한 반복굽힘의 횟수를 밝혀졌다.

표에 나타낸 바와 같이 본 발명의 재료는 높은 강도를 나타냈으며 피로수명은 통상의 선재보다 5배 더 길었다.

[표 5]

크기	성분	Si-Mn	Si-Mn-Cr	통상의 선재
10.85φ		154kg/mm ²	157kg/mm ²	133kg/mm ²
10.45φ		156kg/mm ²	158kg/mm ²	135kg/mm ²

[표 6]

성분	냉각 방법	로우프파단하중 (t)	로우프의 인장강도 (kg/mm ²)	피로시험(파단에 대한 반복굽힘의 횟수)
Si-Mn계 (본 발명)	수냉	83.2	231.7	40,000회
Si-Mn-Cr계 (본 발명)	수냉	84.9	236.6	41,000회
통상의 선재	수냉 수냉하지 않음	68.4	190.5	8,000회 연선이 자주 파단되어 로우프가 제조될 수 없다

[실시예 2]

12.7mm 직경 및 Si-Mn-Al계의 선재를 납파텐팅하여 각각 139kg/mm², 139kg/mm²의 인장강도 및 통상의 선재는 131kg/mm²의 인장강도가 되게 하였다. 그다음 그것들은 91.5%의 단면감소율로 3.7mm ϕ 선으로 인발하였으며 350℃에서 블루잉한후 곡률반경 3mm에서 굽힘시험을 하였다. 결과는 다음 표에 나타낸 바와 같다.

	C	Si	Mn	Al	N	인 발		인발된 인장강도	블루잉 후		
						회 수	속도 (m/min)		파단비율	비틀림값	충간박리
본 발명의 방법	0.81	0.75	0.80	0.060	0.008	14	100	228	0%	28	균열없음
비교용 다른방법						10	100	231	17%	22	균열없음
비교용 재료	0.82	0.25	0.73	0.004	0.003	10	100	224	65%	10	균열됨

[실시예 3]

13mm 직경의 선재를 사용할 때, 그 결과는 다음표에 나타낸 바와 같다.

	C	Si	Mn	Al	N	납파텐팅의 인장강도	인 발		인발강선			
							단 면 감소율	회 수	속도 (m/min)	인장강도	비틀림값	충간박리
본 발명	0.77	0.92	0.75	0.055	0.009 Cr: 0.20	139	90.5%	12	150 (수냉)	229	28	균열없음
비교용 재료	0.76	0.22	0.71	0.010	0.003	126	90.5%	9	30(수냉하지않음)	230	6	균열됨

[실시예 4]

9mm 직경의 선재를 2.5mm 직경으로 인발하고 아연도금이 440℃에서 적용될 때, 그 결과는 다음표에 나타낸바와 같다.

	C	Si	Mn	Al	N	납파텐팅의 인장강도	인 발		도금 후			
							단 면 감소율	회 수	속도 (m/min)	인장강도	비틀림값	충간박리
본 발명	0.85	1.10	2.92	0.061	0.008	148	92%	14	220 (수냉)	238	27	균열없음
비교용 재료	0.83	0.27	0.68	0.045	0.003	134	92%	6	220 (수냉)	203	16	균열됨
비교용 재료	0.83	0.27	0.68	0.045	0.003	134	92%	6	220(수냉하지않음)	인발도중에 파단됨		

[실시예 5]

상기 Si-Mn계의 선재에 납파텐팅, 8회 인발 및 직접냉각(300m/min)을 한후 응력제거를 연속에서 400℃로 수행한 다음 구리를 치환도금에 의해 표면에 부착시켰으며 강선을 다음 표에 나타낸 바와 같이 시험하였다.

표에서 시료 1 및 시료 2는 파텐팅후 150kgf/mm² 인장강도를 가지고 있는 직경이 각각 3mm 및 5mm인 것이며 이것들 각각을 0.96mm와 1.6mm로 인발하였다. 시료 3, 4 및 5를 3mm, 5mm 및 6mm 직경에서 파텐팅하여 각각 124kgf/mm², 130kgf/mm² 및 129kgf/mm²의 인장강도를 얻었으며 상기 선재를 0.96mm, 1.60mm 및 1.60mm 직경으로 인발하였다.

각 시료의 화학 조성은 다음과 같다.

시료 No.1 : 0.83C-1.2Si-0.70Mn

시료 No.2 : 0.72C-0.25i-0.50Mn

시료 No.3 : 0.82C-1.15i-0.72Mn

시료 No.4 : 0.82C-0.20i-0.55Mn

시료 No.5 : 0.82C-0.24i-0.51Mn

		최 초 크기 (mm)	인 장 강 도 (kgf/mm ²)	비틀림회수 (회)	비틀림시파단	시료 No.
0.96 ϕ	본 발명	3.0	288	28	보통	1
	비교용 시료	5.0	202	27	보통	2
1.6 ϕ	본 발명	3.0	284	27	보통	3
	비교용 시료	5.0	218	26	보통	4
크기	비교용 시료	6.0	280	12	충간박리 (수직균열)	5

본 발명의 효과는 다음과 같다.

상기와 같이, 본 발명은 C, Si, Mn, Cr, Al 및 N등의 성분을 적절히 조정하고 또한 인발회수, 인발 속도, 직접수냉 및 총단면감소율 등의 인발조건을 각각 적당한 범위내에 설정함으로써 강도 및 인성

이 높은 강선을 제조할 수 있는 것이다. 특히 각 제품은 다음과 같은 효과를 갖게 된다.

(A) PC 강선 및 PC 연선

강재의 소비량의 감소 및 프리스트레스력을 도입하는 콘크리트 소비량의 감소에 상당하는 경제적 효과가 얻어짐.

(B) 강심 알루미늄 케이블용 심선

컴팩트한 ACSR 연선의 설계 및 컴팩트한 강심선의 설계로 말미암은 알루미늄 도체의 면적 증가에 상당하는 송전 용량의 증가로 인해서 강선재의 소비량이 감소됨.

(C) 로우프

로우프 크기가 작아짐에 의한 강선재의 소비량의 감소에 상당하는 경제적 효과와, 보다 작은 크기의 로우프의 감소된 로우프 중량 및 보다 작은 굽힘시이브에 의해서 장치전체가 컴팩트한 설계 효과가 얻어짐.

본 발명은 또한 긴스팬의 현수교용 아연도금강선, 교량의 스테이 케이블용 미피복 와이어, 비이드 와이어, 스프링 와이어 등 제품에 있어서 강선재의 소비를 감소시킬 수 있게 해주며, 또한 비용 절감도 기대할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

고강도와 고인성을 구비한 봉강, 강환봉 및 강선을 제조하는 방법에 있어서, C : 0.7~1.0%, Si : 0.5~2.0%, Mn : 0.3~2.0%, 잔부: Fe 및 제조과정상의 불가피한 불순물로 이루어진 고탄소 강선재를, 미세한 퍼얼라이트 조직을 생성시키고 138kgf/mm² 이상의 인장강도를 갖게하기 위하여, 파텐팅 하는 공정과 ; 상기 선재를 인발속도가 50 내지 500m/min이고 단면감소율이 70~93%인 조건으로 7 내지 16회 다이를 통과시킴으로써 소정의 크기로 인발하는 공정과 ; 상기 인발된 선재를 적어도 인발의 후 단계에서 각각의 인발직후에 물로 냉각시키는 공정으로 구성된 것을 특징으로 하는 고강도와 고인성을 구비한 봉강, 강환봉 및 강선을 제조하는 방법.

청구항 2

고강도와 고인성을 구비한 봉강, 강환봉 및 강선을 제조하는 방법에 있어서 C : 0.7~1.0%, Si : 0.5~2.0%, Mn : 0.3~2.0%, Cr : 0.1~0.5%, 잔부 : Fe 및 제조과정상의 불가피한 불순물로 이루어진 고탄소 강선재를, 미세한 퍼얼라이트 조직을 생성시키고 138kgf/mm² 이상의 인장강도를 갖게하기 위하여, 파텐팅 하는 공정과 ; 상기 선재를 인발속도가 50 내지 500m/min이고 단면감소율이 70~93%인 조건으로 7 내지 16회 다이를 통과시킴으로써 소정의 크기로 인발하는 공정과 ; 상기 인발된 선재를 적어도 인발의 후단계에서 각각의 인발직후에 물로 냉각시키는 공정으로 구성된 것을 특징으로 하는 고강도와 고인성을 구비한 봉강, 강환봉 및 강선을 제조하는 방법.

청구항 3

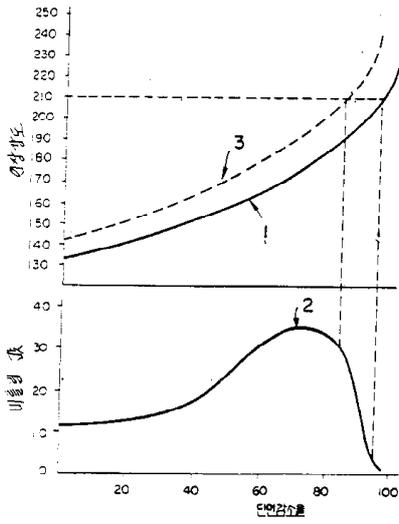
고강도와 고인성을 구비한 봉강, 강환봉 및 강선을 제조하는 방법에 있어서 C : 0.7~1.0%, Si : 0.5~2.0%, Mn : 0.3~2.0%, Al: 0.02~0.10%, N : 0.003~0.015%, 잔부 : Fe 및 제조과정상의 불가피한 불순물로 이루어진 고탄소 강선재를, 미세한 퍼얼라이트 조직을 생성시키고 138kgf/mm² 이상의 인장강도를 갖게하기 위하여, 파텐팅 하는 공정과 ; 상기 선재를 인발속도가 50 내지 500m/min이고 단면감소율이 70~93%인 조건으로 7 내지 16회 다이를 통과시킴으로써 소정의 크기로 인발하는 공정과 ; 상기 인발된 선재를 적어도 인발의 후단계에서 각각의 인발직후에 물로 냉각시키는 공정으로 구성된 것을 특징으로 하는 고강도와 고인성을 구비한 봉강, 강환봉 및 강선을 제조하는 방법.

청구항 4

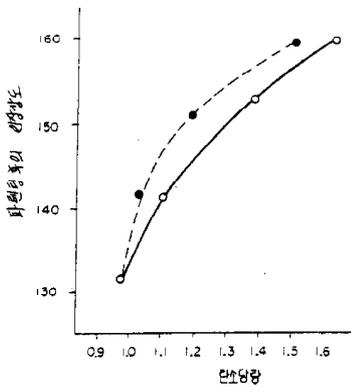
고강도와 고인성을 구비한 봉강, 강환봉 및 강선을 제조하는 방법에 있어서 C : 0.7~1.0%, Si : 0.5~3.0%, Mn : 0.3~2.0%, Cr : 0.1~0.5%, Al: 0.02~0.10%, N : 0.003~0.015%, 잔부 : Fe 및 제조과정상의 불가피한 불순물로 이루어진 고탄소 강선재를, 미세한 퍼얼라이트 조직을 생성시키고 138kgf/mm² 이상의 인장강도를 갖게하기 위하여, 파텐팅 하는 공정과 ; 상기 선재를 인발속도가 50 내지 500m/min이고 단면감소율이 70~93%인 조건으로 7 내지 16회 다이를 통과시킴으로써 소정의 크기로 인발하는 공정과 ; 상기 인발된 선재를 적어도 인발의 후단계에서 각각의 인발 직후에 물로 냉각시키는 공정으로 구성된 것을 특징으로 하는 고강도와 고인성을 구비한 봉강, 강환봉 및 강선을 제조하는 방법.

도면

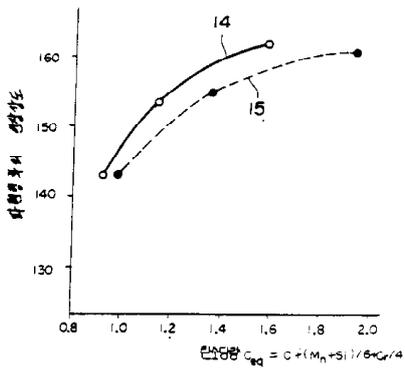
도면1



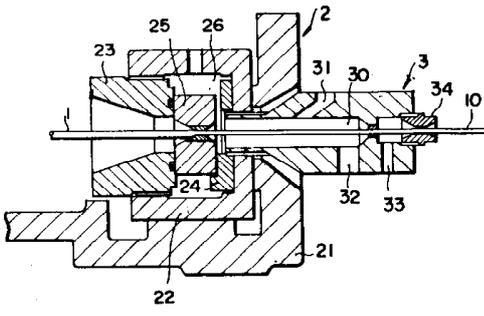
도면2



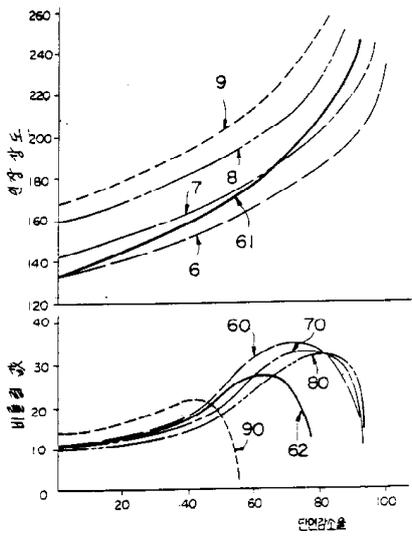
도면3



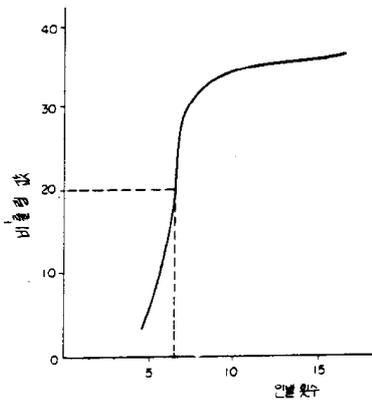
도면4



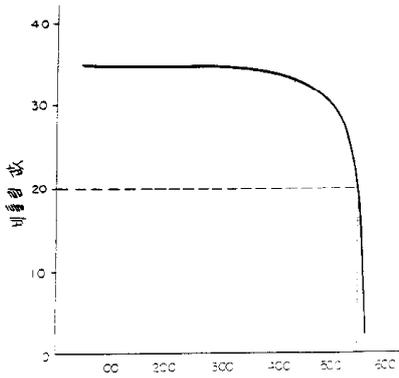
도면5



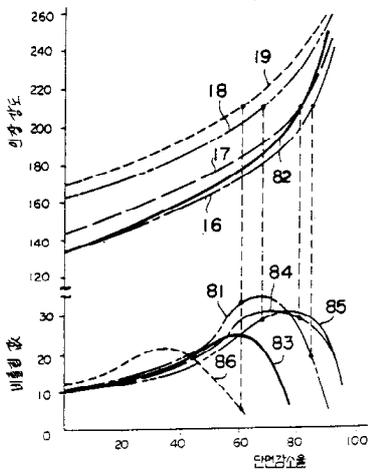
도면6



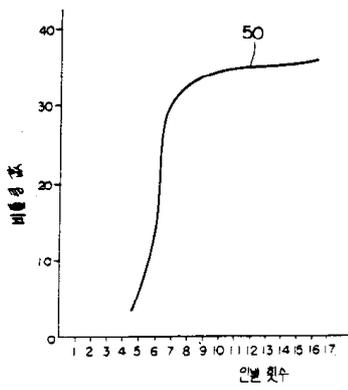
도면7



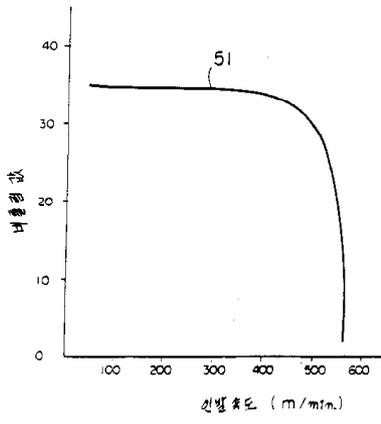
도면8



도면9



도면10



도면11



도면12

