

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2015년 6월 4일 (04.06.2015)



(10) 국제공개번호
WO 2015/080366 A1

- (51) 국제특허분류:
B21D 28/02 (2006.01) C21D 10/00 (2006.01)
C21D 7/00 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2014/008075
- (22) 국제출원일: 2014년 8월 29일 (29.08.2014)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2013-0146035 2013년 11월 28일 (28.11.2013) KR
- (71) 출원인: 한국생산기술연구원 (KOREA INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY) [KR/KR]; 331-822 충청남도 천안시 서북구 입장면 양대기로길 89, Chungcheongnam-do (KR).
- (72) 발명자: 김병준 (KIM, Byung Jun); 331-822 충청남도 천안시 서북구 입장면 양대기로길 89, Chungcheongnam-do (KR). 남대근 (NAM, Dae Geun); 135-240 서울시 강남구 개포동 주공 1단지 74동 404호, Seoul (KR). 조형호 (JO, Hyung HO); 613-771 부산 수영구 광안해변로 418, 대우푸르지오 105동 2803호, Seoul (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 정안 (HONESTY & JR PARTNERS INTELLECTUAL PROPERTY LAW GROUP); 135-833 서울시 강남구 선릉로 615 5층, Seoul (KR).

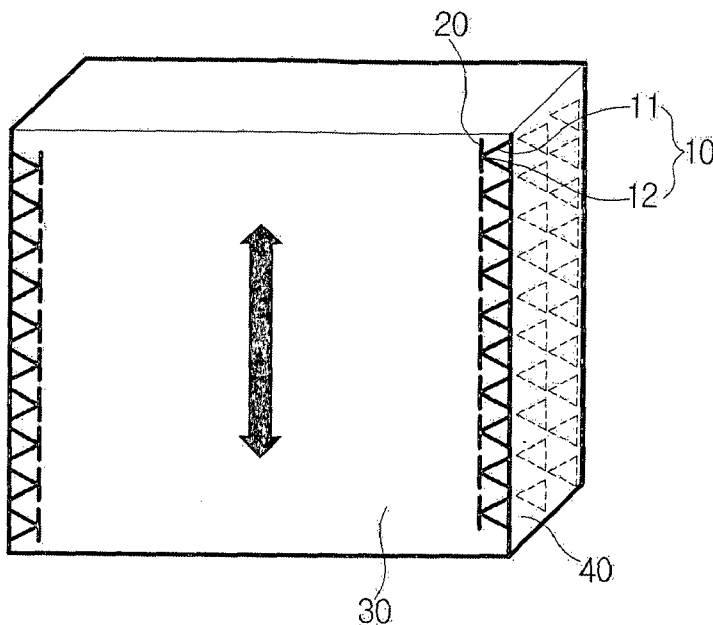
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) Title: METAL MATERIAL WITH IMPROVED LOW-TEMPERATURE PROPERTY AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 발명의 명칭: 저온 특성이 향상된 금속 재료 및 그 제조방법



(57) Abstract: The present invention relates to a metal material with an improved low-temperature property and a method for manufacturing the same, and the metal material is capable of being safely used at a low temperature by inducing a ductile fracture through an increase in fracture toughness at a low temperature. According to one embodiment of the present invention, provided are a metal material with an improved low-temperature property, in which at least one notch is recessed on a surface thereof and at least one fine crack is processed at a lower end of the notch that intersects with the notch in a notch width direction, and a method for manufacturing the same.

(57) 요약서: 본 발명은 저온에서의 파괴 인성 증가에 의해 연성 파괴가 유도되도록 함으로써, 저온에서 안전하게 사용할 수 있는 저온 특성이 향상된 금속 재료 및 그 제조 방법에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예에 의하면, 표면에 적어도 하나 이상의 노치(notch)가 함몰 형성되고, 상기 노치의 하단에

상기 노치를 폭 방향으로 가로지르는 미세 크랙이 적어도 하나 이상 가공되는 것을 특징으로 하는 저온 특성이 향상된 금속 재료 및 그 제조방법이 제공된다.

【명세서】**【발명의 명칭】**

저온 특성이 향상된 금속 재료 및 그 제조방법

【기술분야】

본 발명은 금속 재료 및 그 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 저온에서의 파괴 인성 증가에 의해 연성 파괴가 유도되도록 함으로써, 저온에서 안전하게 사용할 수 있는 저온 특성이 향상된 금속 재료 및 그 제조방법에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

일반적으로, 혹한지나 극지 등과 같은 지역에서 사용되는 설비나 선박, 차량 등에 적용되는 부품, 또는 저온 조건에서 사용되는 설비나 부품의 경우에는 무엇보다도 저온 파괴인성이 높은 재질이 요구되고 있으며 저온에서는 인장강도와 항복강도가 증가하게 되며, 연신율과 단면 수축률은 상온에서 크고 저온으로 갈수록 작은 값을 나타내게 된다. 이는 온도가 내려감에 따라 연성이 저하됨을 의미한다.

저온 취성(low temperature brittleness)은 0℃ 이하의 저온에서 인장강도와 경도가 크고 충격값이 낮은 현상으로, 체심입방(BCC) 결정구조나 조밀6방(HCP) 결정구조의 금속재료가 고온에서는 연성파괴가 발생하는데도 불구하고, 온도의 저하와 함께 연성-취성 전이(ductile to brittle transition)가 생겨 벽개파괴(cleavage fracture)가 발생하는 것을 의미한다.

벽개파괴는 특정한 결정학적 면을 따라 균열이 빠르게 진행되는 파괴로 정의된다. 벽개파괴가 발생하는 면은 면간거리가 가장 크고, 원자간 결합력이 작은 면이 균열의 진행 면이 되며, 체심입방(BCC) 결정구조를 가지는 금속의 경우 {100}이 벽개파괴면이다. 벽개파괴의 균열 진행경로는 다결정 재료에서 입내로 진행되고, 입계를 만나면 이웃한 두 결정의 방위관계에 따라 일정한 각으로 균열 진행경로가 바뀌며, 균열 진전 경로가 꺾이게 된다. 벽개면을 따라 진행되는 균열의 방향은 거시적으로 보면 최대 주응력에 수직인 방향이다. 벽개 파괴는 소성변형이 제한되는 경우 발생하며, 면심입방(FCC) 결정구조의 금속은 저온에서도 연성파괴에 적당한 슬립계가 작동하므로 벽개파괴가 발생되지 않지만, 체심입방(BCC) 결정구조와 조밀6방(HCP) 결정구조의 금속은 저온에서 슬립계가 제한되므로 벽개파괴가 발생한다.

한편, 온도 감소에 따라 충격 흡수에너지가 낮아지는 연성-취성 전이 현상은, 소성변형과 벽개 균열의 생성과 성장의 경쟁에 의해 소성변형이 발생하기 어려운 경우, 입내로 취성파괴가 진행하여 발생한다. 체심입방(BCC) 결정구조 금속의 경우 슬립계가 제한되므로 뚜렷한 연성-취성 전이 현상이 발생한다.

현재, 저온 환경에서 사용되는 금속 재료는 저온 특성이 우수한 니켈 합금이나 스테인리스 강이 주로 사용되고 있는데, 이들 재료는 값이 비싸다는 단점이 있다. 이에 따라, 최근 상기 재료들을 값이 저렴한 저합금강 재료로 대체하기 위한 연구가 계속되고 있으며, 특히 저온에서 취성파괴로 인한 안전사고의 발생을 방지하기 위해,

3

금속 재료의 저온 파괴인성을 향상시키기 위한 연구가 지속되어 왔는데, 주로 합금 원소 및 조성비, 또는 열처리 등 재료의 내부적 요인을 변화시킴으로써 결정립 미세화 등을 통해 재료 특성을 개선하고 있다.

그러나, 이와 같이 합금원소나 열처리 방법의 개발을 통해 재료의 저온특성을 향상시키는 것은, 재료 자체의 내부 특성 때문에 강도 및 파괴인성을 동시에 향상시키는 데에는 한계가 있고, 개선이 되더라도 효과가 미미하며, 공정 추가에 따른 제조비용의 증가에 비해 다양한 분야에서의 적용성이 낮다는 문제점이 있다.

【선행기술문헌】**【특허문헌】**

(특허문헌 1) KR10-2010-0117958 A (2010.11.04 공개)

(특허문헌 2) KR10-2012-0011292 A (2012.02.07 공개)

(특허문헌 3) KR10-1996-7004080 A (1996.08.31 공개)

【발명의 내용】**【해결하고자 하는 과제】**

본 발명은 상술한 바와 같은 문제를 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 일 실시예는, 재료 내부의 특성은 유지하면서 외부 가공에 의해 강도 및 저온 파괴인성이 향상된 금속 재료와 그 제조방법의 제공을 목적으로 한다.

【과제의 해결 수단】

본 발명의 바람직한 일 실시예에 의하면, 표면에 적어도 하나 이상의 노치(notch)가 함몰 형성되고, 상기 노치의 하단에 상기 노치를 폭 방향으로 가로지르는 미세 크랙이 적어도 하나 이상 가공되는 것을 특징으로 하는 저온 특성이 향상된 금속 재료가 제공된다.

상기 노치는, 냉간압연 또는 냉간단조에 의해 압하 가공된 원재료의 적어도 일면에 형성된다.

상기 노치는, 쐐기형 또는 원호형 단면 형태인 것이 바람직하다.

노치는, 한 쌍의 경사면과, 상기 한 쌍의 경사면이 서로 접하는 경계부를 포함한다.

상기 미세 크랙은, 상기 경계부의 길이 방향에 수직한 방향으로 가공되고, 미세 크랙은, 서로 이격하여 복수 개 형성될 수 있다.

상기 원재료는 체심입방(BCC) 결정구조의 금속인 것이 바람직하다.

표면에 노치(notch)를 성형하는 노치 성형단계; 및 상기 노치의 하단에 상기 노치의 폭 방향으로 가로지르도록 적어도 하나 이상의 미세 크랙을 가공하는 크랙 가공단계를 포함하는 저온 특성이 향상된 금속 재료의 제조방법이 제공된다.

상기 노치는 쐐기형 또는 원호형 단면 형태로 성형되는 것이 바람직하다.

상기 노치 성형단계 이전에, 원재료를 압하 가공하는 압하 가공단계를 더 포함할 수 있으며, 상기 원재료는 냉간압연 또는 냉간단조에 의해 압하 가공될 수 있

다.

상기 노치는 한 쌍의 경사면과, 상기 한 쌍의 경사면이 서로 접하는 경계부를 포함하며, 상기 미세 크랙은 상기 경계부의 길이 방향에 수직한 방향으로 가공된다.

상기 노치는 프레스 가공 또는 절삭 가공 또는 방전 가공 또는 레이저 가공에 의해 형성될 수 있다.

상기 미세 크랙은 절삭 가공 또는 방전 가공 또는 레이저 가공에 의해 형성될 수 있다.

상기 미세 크랙은 서로 이격하여 복수 개 형성되는 것이 바람직하고, 상기 원재료는 체심입방(BCC) 결정구조의 금속으로 이루어지는 것이 바람직하다.

【발명의 효과】

본 발명의 일 실시예에 따른 저온 특성이 향상된 금속 재료 및 그 제조방법에 의하면, 금속 재료 내부의 특성은 유지하고 외부 가공에 의해 강도 및 저온 파괴인성을 향상시키므로, 비용이 저렴하고 다양한 분야에 용이하게 적용할 수 있다.

또한, 저온 환경에서 사용되는 LNG 탱크, 쇄빙선, 플랜트 등 다양한 산업분야에 적용 가능하고, 저온에서의 안전성을 향상시켜 안전사고를 예방할 수 있다.

특히, 값이 저렴한 체심입방(BCC) 결정구조 금속의 저온 특성을 개선함으로써, 높은 인장강도 및 저온 파괴인성을 가진 금속재를 저렴하게 생산할 수 있으며,

두께가 두꺼운 금속재로 이루어지는 큰 구조물에도 적용 가능하다.

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 연성-취성 천이를 설명하기 위한 온도-응력 그래프.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 저온 특성이 향상된 금속 재료의 개략도.

도 3은 압연 방향과 노치의 길이 방향에 따른 인장강도를 비교한 그래프.

도 4는 압연 방향과 노치의 길이 방향에 따른 흡수엔지를 비교한 그래프.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 저온 특성이 향상된 금속 재료의 제조방법 순서도.

도 6(a)는 비교예로서 종래의 샤르피 충격 시험용 시편의 사시도.

도 6(b)는 도 6(a)에 도시된 시편의 파면 사진.

도 7(a)는 시험예로서 본 발명의 일 실시예에 따라 미세 크랙이 가공된 샤르피 충격 시험용 시편의 사시도.

도 7(b)는 도 7(a)에 도시된 시편의 파면 사진.

도 8은 비교예와 시험예의 샤르피 충격 시험 결과를 도시한 그래프.

도 9는 온도 변화에 따른 비교예와 시험예의 파면 사진.

도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 원호형 단면 형태의 노치를 도시한

개략도.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

이하, 본 발명인 저온 특성이 향상된 금속 재료 및 그 제조방법의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 설명하기로 한다.

실시예

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 연성-취성 전이를 설명하기 위한 온도-응력 그래프이다.

일반적으로 금속 재료를 냉간압연 또는 냉간단조 등의 방법으로 압하 가공하면, 도 1에 도시된 온도-응력 그래프에서 항복강도(yield strength) 곡선이 오른쪽으로 이동하고($\sigma_{Y1} \rightarrow \sigma_{Y2}$), 취성강도(brittle strength) 선이 아래쪽으로 이동하여($\sigma_{B1} \rightarrow \sigma_{B2}$), 연성-취성 전이 온도(DBTT; ductile-brittle transition temperature)가 (1) 지점에서 (2) 지점으로 이동하면서 증가하게 된다.

그런데, 본 발명의 일 실시예에 따른 저온 특성이 향상된 금속 재료에 의하면, 도 1에 도시된 항복강도 곡선이 오른쪽으로 이동하면서($\sigma_{Y1} \rightarrow \sigma_{Y2}$), 취성강도 선이 급격히 위쪽으로 이동함으로써($\sigma_{B1} \rightarrow \sigma_{B3}$), 연성-취성 전이온도(DBTT)가 (1) 지점에서 (1) 지점보다 저온인 (3) 지점으로 이동하여, 금속 재료의 강도와 저온 파괴인성이 동시에 증가될 수 있다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 저온 특성이 향상된 금속 재료의 개략도

이다.

본 발명의 일 실시예에 따라 저온 특성이 향상되는 금속성 원재료는, 특별히 그 종류가 제한되지는 않는다. 다만, 면심입방(FCC) 결정구조의 재료에 비해, 저온에서 쉽게 취성과파괴 경향을 보이는 체심입방(BCC) 결정구조나 조밀6방(HCP) 결정구조를 가진 재료의 경우, 저온 파괴인성 등의 특성이 더욱 크게 향상되는 효과를 볼 수 있다.

본 발명의 일 실시예로서, 체심입방(BCC) 결정구조이며 값이 저렴한 저합금강을 원재료로 선택한 예를 들어 본 발명을 설명하기로 한다.

본 발명의 일 실시예에 의하면, 금속 재료의 저온 파괴인성을 향상시키기 위해, 원재료의 표면에 노치(notch)(10)가 함몰 형성되고, 노치(10)의 하단에 미세 크랙(crack)(20)이 가공된다. 이때, 원재료는 압하 가공에 의해 강도가 향상된 상태인 것이 바람직하다.

도 2에 도시된 바와 같이, 저합금강으로 이루어지는 원재료의 표면에 적어도 하나 이상의 노치(10)가 함몰 형성된다. 이때, 원재료는 냉간압연 또는 냉간단조에 의해 압하 가공되어 강도가 향상된 상태인 것이 바람직하며, 노치(10)는 압하 가공된 면의 인접면에 형성된다.

예를 들어, 도 2에 도시된 바와 같이 원재료가 냉간압연된 경우, 노치(10)는 압연면(30)에 대하여 압연방향 좌우 양측의 인접면(40) 중 어느 하나, 또는 둘 모두

에 형성될 수 있다. 또한, 노치(10)는 예를 들어 프레스 가공이나 절삭 가공, 방전 가공 또는 레이저 가공 등의 다양한 방법에 의해 형성될 수 있는데, 재료 및 노치의 규격과 제조 효율을 고려하여 적절히 선택되는 것이 바람직하다.

노치(10)는, 일 예로서 서로 대향하는 한 쌍의 경사면(11)과, 이들 경사면(11)이 하단에서 서로 접하는 경계부(12)를 포함하여 'V'자 단면의 썸기 형태로 형성될 수 있다.

여기서, 노치(10)의 개수, 노치(10) 간의 간격, 노치(10)의 폭과 길이 및 깊이 등의 규격은 원재료의 규격과 강도 및 인성 등의 내부 특성을 고려하여 필요에 따라 적절히 선택될 수 있으며 노치(10)의 경계부(12) 길이 방향은 압연 방향에 대하여 수직한 방향으로 형성되는 것이 바람직하다.

이는, 재료의 강도와 파괴인성을 최대화시키기 위함이며, 도 3과 도 4는 마르텐사이트 조직인 9Cr-2W계 강(FM steels)을 60% 압하율로 냉간 압연하였을 때, 압연 방향과 노치의 길이 방향에 따른 인장강도와 흡수에너지를 각각 비교한 그래프이다. 도 3과 도 4를 참조하면, 압연 방향과 노치의 길이 방향이 수직일 때(실선으로 표시), 압연 방향과 노치의 길이 방향이 평행인 경우(점선으로 표시)에 비해, 인장강도 및 흡수에너지가 더욱 크게 나타남을 알 수 있다.

도 2를 참조하면, 노치(10)의 하단에는 노치(10)를 폭 방향으로 가로지르도록 미세 크랙(20)이 가공된다. 즉, 노치(10)의 일측 경사면(11) 하단에서 경계부(12)

를 지나 타측 경사면(11) 하단으로 미세 크랙(20)이 가공된다. 이때, 미세 크랙(20)은 절삭 가공이나 방전 가공 또는 레이저 가공에 의해 경계부(12)의 길이 방향으로 서로 이격하여 복수 개가 평행하게 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 미세 크랙(20)은 노치(10)의 경계부(12) 길이 방향에 대하여 소정의 각도로 경사지게 형성될 수 있으며, 바람직하게는 경계부(12)의 길이 방향에 대하여 수직한 방향으로 길게 형성된다.

미세 크랙(20)의 개수, 미세 크랙(20) 간의 간격, 및 미세 크랙(20)의 폭과 길이 등 규격이 필요에 따라 적절히 선택될 수 있음은 물론이다.

이와 같이, 냉간에서 압하 가공되고, 표면에 적어도 하나 이상의 노치(10)가 함몰 형성되며, 노치(10)의 하단에 적어도 하나 이상의 미세 크랙(20)이 가공된 금속 재료는, 원재료에 비해 강도 및 저온 파괴인성이 향상된다.

강도 향상은, 원재료에 대한 냉간압연 또는 냉간단조 등의 압하 가공에 의해 이루어질 수 있으며, 특히 냉간압연에 의해 금속조직의 전위를 증가시켜 강도를 향상시키는 경우에는, 압하율과 압연 방향을 조절함으로써 원재료의 기계적 특성을 용이하게 조절할 수 있다.

저온 파괴인성의 향상은 노치(10)와 미세 크랙(20)에 의해 이루어지는데, 일반적으로 크랙은 저온에서 결함으로 작용하여 파괴를 발생시키지만, 크랙의 개수 및 방향을 조절함으로써, 크랙 에너지를 분산시켜 인성을 증가시킬 수 있다.

즉, 본 발명의 일 실시예에 의하면, 원재료 내부의 크랙 및 결함에 집중되는 응력을 표면에 인위적으로 형성시킨 노치(10)로 분산시키고, 또한 노치(10)의 경계부(12)에 집중되는 응력을 경계부(12)에 수직한 방향으로 가공된 미세 크랙(20)으로 더욱 분산시켜, 금속 재료의 인성을 급격히 증가시키게 되는 것이다. 이때, 미세 크랙(20)의 개수 및 방향성을 조절함으로써 인성 향상 효과의 조절이 가능하다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 저온 특성이 향상된 금속 재료의 제조방법 순서도이다. 이하, 도 5를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 저온 특성이 향상된 금속 재료의 제조방법을 순서대로 설명하기로 한다.

압하 가공단계(S10):

저온 특성을 향상시키고자 하는 금속성 원재료를 압하 가공하여 강도를 향상시킨다. 이때, 체심입방(BCC) 결정구조를 가지며 값이 저렴한 저합금강이 원재료로 선택되는 것이 바람직하나, 그 외의 다른 금속성 재료가 선택될 수 있음은 물론이다.

압하 가공은 냉간압연 또는 냉간단조 공정에 의해 이루어질 수 있다. 바람직하게는 냉간압연 공정에 의해 원재료의 전위를 증가시켜 강도를 향상시키는데, 예를 들어 60% 정도의 압하율로 저합금강을 냉간 압연하는 경우, 40% 이상의 강도 향상 효과를 볼 수 있다. 즉, 압하율 및 압연 방향을 조절함으로써, 원재료의 강도 등 기

계적 특성을 적절히 조절할 수 있다.

노치 성형단계(S20):

압하 가공된 원재료의 표면에 적어도 하나 이상의 노치(10)를 성형한다. 냉간 압연된 원재료의 경우에는, 압연면(30)에 대하여 압연방향과 수직인 인접면(40)에 노치(10)를 성형하는 것이 바람직하다.

이때, 노치(10)는 폭 방향 단면이 'V'자 형태이고 폭 보다 길이가 긴 쐐기 형태로 압연면(30)의 일측 인접면(40)의 표면 또는 양측 인접면(40)의 표면에 함몰 형성될 수 있으며, 한 쌍의 경사면(11)과, 경사면(11) 하단이 서로 접하는 모서리 형태의 경계부(12)를 포함한다. 경계부(12)의 길이 방향은 압연방향에 대하여 수직인 방향인 것이 바람직하다.

노치(10) 성형은 프레스 가공에 의해 이루어지는 것이 바람직하나, 필요시에는 펀치 등을 이용한 수작업에 의할 수도 있고, 절삭 또는 방전 가공이나 레이저 가공에 의해 노치(10)를 성형할 수도 있다. 또한, 노치(10)의 개수와 노치(10) 사이 간격, 노치(10)의 폭과 길이 및 깊이 등의 규격은 필요에 따라 적절히 선택될 수 있다.

크랙 가공단계(S30):

노치(10)의 하단에 노치(10)를 가로질러 양쪽 경사면(11)으로 이어지는 미세 크랙(20)을 가공한다. 이때, 미세 크랙(20)은 방전 가공에 의해 홈 형태로 가공되는

것이 바람직하며, 필요에 따라서는 별도의 절삭용구에 의해 절삭 가공되거나 레이저 가공에 의해 형성되는 것도 가능하다.

미세 크랙(20)은 일측 경사면(11) 하단에서 경계부(12)를 지나 타측 경사면(11) 하단으로 이어지며, 경계부(12)의 길이 방향으로 서로 이격하여 복수 개 가공되는 것이 바람직한데, 경계부(12)에 대하여 수직인 방향으로 길게 가공되는 것이 바람직하다.

미세 크랙(20)의 개수, 방향, 미세 크랙(20) 간의 간격, 및 미세 크랙(20)의 폭과 길이 등 규격은 미세 크랙(20)에 의한 인성 향상 효과를 감안하여 필요에 따라 적절히 선택될 수 있다.

이와 같이, 노치(10)의 경계부(12)를 가로질러 복수 개의 미세 크랙(20)이 가공되면, 경계부(12)에 집중되는 응력이 미세 크랙(20)을 통해 분산되어, 금속 재료의 인성이 향상되는 효과를 가져온다. 즉, 저온에서 파괴시 연성파괴가 발생하며, 이에 따라 안전한 사용이 가능해진다.

도 6(a)는 비교예로서 종래의 샤르피 충격 시험용 시편의 사시도이며, 도 7(a)는 시험예로서 본 발명의 일 실시예에 따라 미세 크랙이 가공된 샤르피 충격 시험용 시편의 사시도이다.

이하, 도 6(a)와 도 7(a)를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 저온 특성이 향상된 금속 재료 및 그 제조방법의 시험예를 설명한다.

먼저, 도 6(a)에 도시된 바와 같이, 중간 부분에 'V'자 형태의 노치(10)가 절개 형성된 샤르피 충격 시험(Charpy impact test)용 시편을 비교예로서 준비하고, 도 7(a)에 도시된 바와 같이 상기 비교예와 외관상 동일한 형태이되, 노치(10)의 경사면(11)이 서로 접하는 경계부(12)에 경계부(12)의 길이 방향과 수직인 방향으로 복수 개의 미세 크랙(20)을 가공한 시편을 시험예로 준비하였다.

이때, 시편은 템퍼트 마르텐사이트(tempered martensite) 조직을 가지며, 870℃에서 담금질(quenching) 후 630℃에서 8시간 템퍼링(tempering)하여 오스테나이트(austenizing) 열처리된 저합금강 재료로 제작되었다. 저합금강 재료의 화학성분은 아래의 표 1과 같다.

【표 1】

성분	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Nb	V	Al	B
wt%	0.086	0.26	0.86	0.004	0.003	3.78	0.23	0.005	0.009	0.014	0.026	0.016	0.0002

이후, 각각의 시편을 저온으로 냉각하고 샤르피 충격시험을 실시하였으며, 시편은 경계부(12)를 기준으로 절단되었다.

도 6(b)는 도 6(a)에 도시된 시편이 -140℃에서 절단된 파면 사진이며, 도 7(b)는 도 7(a)에 도시된 시편이 -140℃에서 절단된 파면 사진이다.

이때, 도 6(b)에 점선으로 표시된 부분과 같이, 비교예로서 준비된 시편은 노치(10)의 경계부(12)에서 응력집중에 의해 취성파괴가 발생한다. 반면에, 시험예로서

준비된 시편은 경계부(12)에서 응력 분산에 의한 파괴인성의 향상으로 인해 연성파괴가 발생함을 볼 수 있다.

즉, 비교예의 경우에는, 도 6(a)에서 도면상 가로방향 타원형으로 표시된 영역에 응력이 집중되어 저온에서 취성파괴가 발생한다. 반면에, 시험예의 경우는 방전 가공된 미세 크랙(20)이 응력 집중을 방해하고, 도 7(a)에서 미세 크랙(20)의 주변에 일점쇄선으로 도시된 세로방향 타원형 영역으로 응력이 분산되며, 파단시 에너지 분산에 의해 많은 에너지를 흡수함으로써, 파괴인성이 증가하여 연성파괴가 발생하게 되는 것이다.

따라서, 정적 파괴 모드일 경우에도, 저온에서 비교예와 같은 기존의 재료는 갑작스런 취성파괴가 발생하지만, 본 발명의 일 실시예에 따른 실험예와 같이 노치(10) 하단에 미세 크랙(20)이 형성된 재료는 저온에서 연성파괴가 발생하여 크랙이 천천히 진행되기 때문에 안전성이 높다.

도 8은 도 6(a)에 도시된 비교예와 도 7(a)에 도시된 시험예의 샤르피 충격 시험 결과를 도시한 그래프이다.

시편의 온도를 달리하면서 샤르피 흡수 에너지를 측정한 결과, 단순히 'V'자 형태의 노치(10)가 형성된 비교예의 경우, 저합금강의 일반적인 특성으로서 연성-취성 천이 온도(DBTT)가 -85°C 정도임에 따라, -100°C 이하의 온도부터 취성 파괴가 발생함을 볼 수 있다.

반면에, 'V'자 형태의 노치(10)에 복수 개의 미세 크랙(20)을 수직하게 가공한 시험예의 경우, -140°C 의 온도까지도 100J 이상의 높은 흡수 에너지를 보여주는 바, 비교예에 비해 흡수 에너지가 수십 배 이상 상승된 것을 확인할 수 있다. 다만, 이러한 흡수 에너지의 상승에 따른 인성의 향상 효과는 저온에서만 확인될 뿐, 고온 영역에서는 비교예에 비해 큰 효과가 없다.

도 9는 온도 변화에 따른 비교예와 시험예의 파면 사진이다.

도 9에 도시된 바와 같이, 비교예의 경우 상온에서는 연성파괴가 발생하지만, -100°C 이하의 온도에서는 취성파괴가 발생하였다.

반면에, 시험예의 경우에는 -140°C 온도 영역까지도 연성파괴를 보여주는 딤플(dimple)이 발생하였으며, 샤르피 충격 시험 후 시편이 변형된 모습으로부터 재료의 인성이 급격히 증가하였음을 알 수 있다. 다만, 액체질소 온도인 -200°C 부근에서는 취성파괴가 발생하였다.

도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 원호형 단면 형태의 노치를 도시한 개략도이다.

본 발명의 다른 실시예에 의하면, 도 10에 도시된 바와 같은 원호형 단면 형태의 노치(10')가 형성될 수 있다. 이 경우, 하단이 뾰족하게 형성되는 전술한 실시예의 쐐기형 노치(10)에 비해, 노치(10')의 하단부에서 응력 분산이 더 많이 이루어지는 효과를 기대할 수 있다. 물론, 추후 큰 응력에 의해 크랙이 발생하는 경우에는

경계부(12')에 대하여 수직 방향으로 형성되는 미세크랙(20')이 또 다시 응력을 분산시키기 때문에 크랙의 진행을 방해하여 연성파괴를 유도하게 된다.

이때, 경사면(11')은 도 10에 도시된 바와 같이 곡면으로 형성될 수 있으며, 다른 예로서 원호 단면 형태의 곡면과 곡면의 상단에서 상향으로 수직하게, 또는 소정 각도로 경사지게 연장되는 평면을 포함하여 이루어지는 것도 가능하다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

표면에 적어도 하나 이상의 노치(notch)가 함몰 형성되고, 상기 노치의 하단에 상기 노치를 폭 방향으로 가로지르는 미세 크랙이 적어도 하나 이상 가공되는 것을 특징으로 하는 저온 특성이 향상된 금속 재료.

【청구항 2】

청구항 1에 있어서, 상기 노치는,

냉간압연 또는 냉간단조에 의해 압하 가공된 원재료의 적어도 일면에 형성되는 것을 특징으로 하는 저온 특성이 향상된 금속 재료.

【청구항 3】

청구항 1에 있어서, 상기 노치는,

췌기형 또는 원호형 단면 형태인 것을 특징으로 하는 저온 특성이 향상된 금속 재료.

【청구항 4】

청구항 1에 있어서, 상기 노치는,

한 쌍의 경사면과, 상기 한 쌍의 경사면이 서로 접하는 경계부를 포함하는 것을 특징으로 하는 저온 특성이 향상된 금속 재료.

【청구항 5】

청구항 4에 있어서, 상기 미세 크랙은,

상기 경계부의 길이 방향에 수직한 방향으로 가공되는 것을 특징으로 하는 저온 특성이 향상된 금속 재료.

【청구항 6】

청구항 1에 있어서, 상기 미세 크랙은,

서로 이격하여 복수 개 형성되는 것을 특징으로 하는 저온 특성이 향상된 금속 재료.

【청구항 7】

청구항 2에 있어서,

상기 원재료는 체심입방(BCC) 결정구조의 금속인 것을 특징으로 하는 저온 특성이 향상된 금속 재료.

【청구항 8】

표면에 노치(notch)를 성형하는 노치 성형단계; 및

상기 노치의 하단에 상기 노치의 폭 방향으로 가로지르도록 적어도 하나 이상의 미세 크랙을 가공하는 크랙 가공단계를 포함하는 저온 특성이 향상된 금속 재료의 제조방법.

【청구항 9】

청구항 8에 있어서,

상기 노치가 켜기형 또는 원호형 단면 형태로 성형되는 것을 특징으로 하는 저온 특성이 향상된 금속 재료의 제조방법.

【청구항 10】

청구항 8에 있어서,

상기 노치 성형단계 이전에, 원재료를 압하 가공하는 압하 가공단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 저온 특성이 향상된 금속 재료의 제조방법.

【청구항 11】

청구항 10에 있어서,

상기 원재료는 냉간압연 또는 냉간단조에 의해 압하 가공되는 것을 특징으로 하는 저온 특성이 향상된 금속 재료의 제조방법.

【청구항 12】

청구항 8에 있어서,

상기 노치는 한 쌍의 경사면과, 상기 한 쌍의 경사면이 서로 접하는 경계부를 포함하며, 상기 미세 크랙은 상기 경계부의 길이 방향에 수직한 방향으로 가공되는 것을 특징으로 하는 저온 특성이 향상된 금속 재료의 제조방법.

【청구항 13】

청구항 8에 있어서,

상기 노치는 프레스 가공 또는 절삭 가공 또는 방전 가공 또는 레이저 가공

에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 저온 특성이 향상된 금속 재료의 제조방법.

【청구항 14】

청구항 8에 있어서,

상기 미세 크랙은 절삭 가공 또는 방전 가공 또는 레이저 가공에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 저온 특성이 향상된 금속 재료의 제조방법.

【청구항 15】

청구항 8에 있어서,

상기 미세 크랙은 서로 이격하여 복수 개 형성되는 것을 특징으로 하는 저온 특성이 향상된 금속 재료의 제조방법.

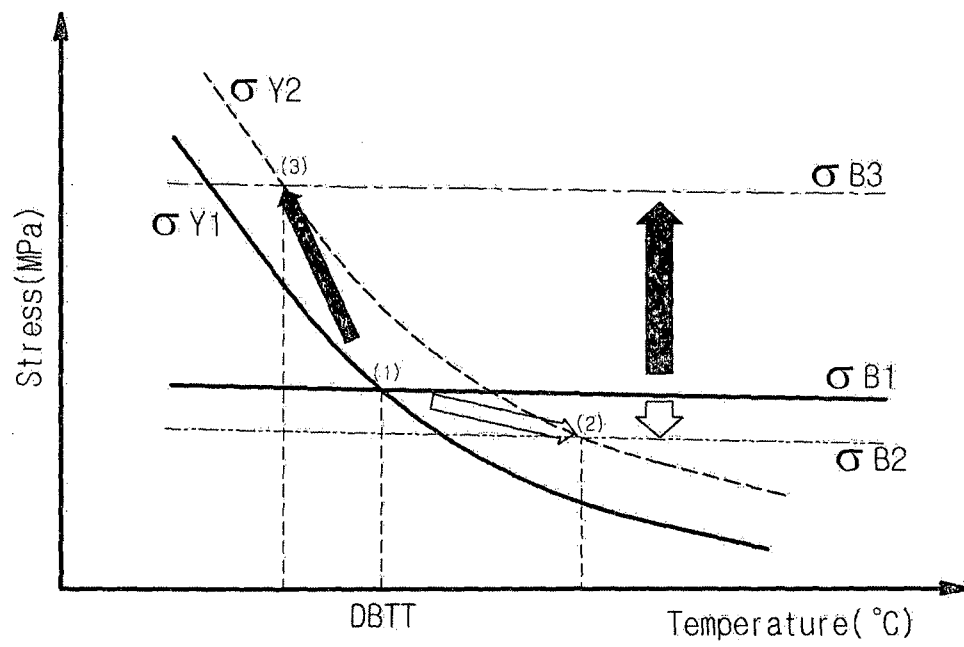
【청구항 16】

청구항 11에 있어서,

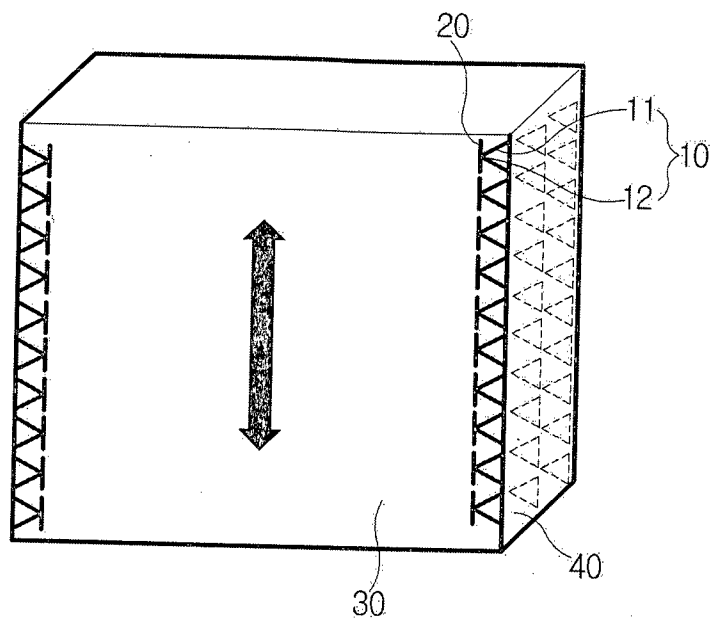
상기 원재료는 저합금강으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 저온 특성이 향상된 금속 재료의 제조방법.

【도면】

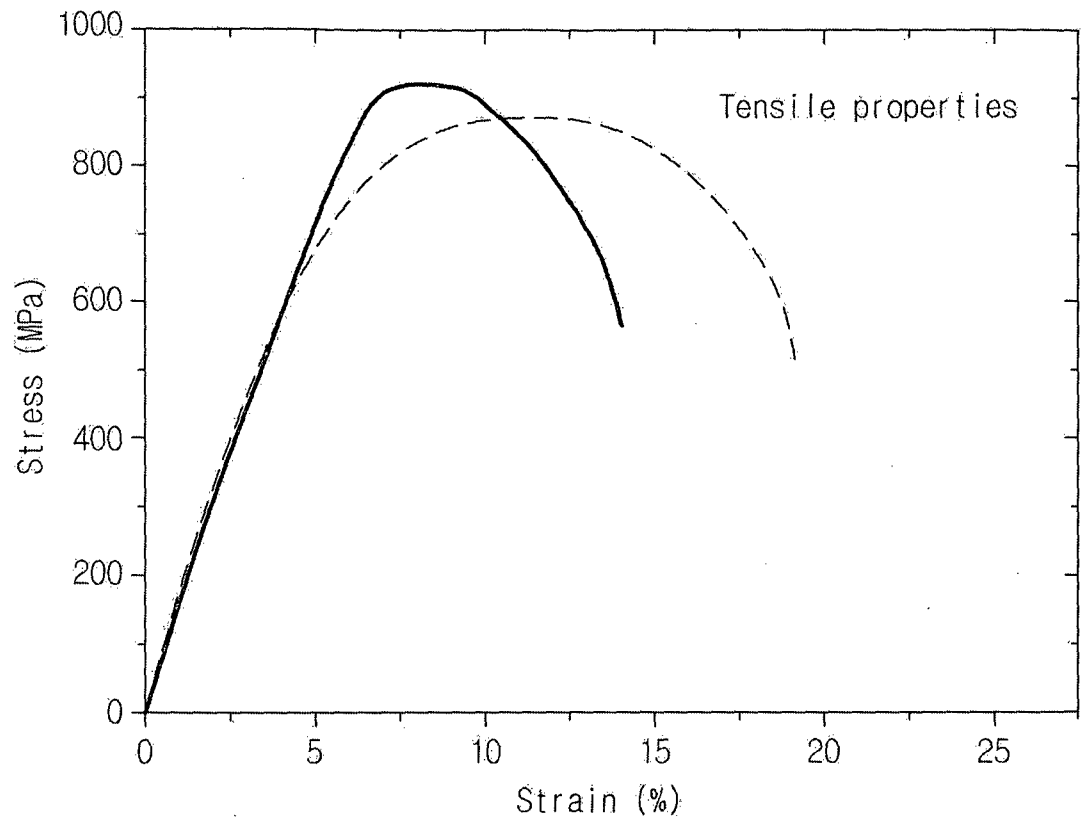
【도 1】



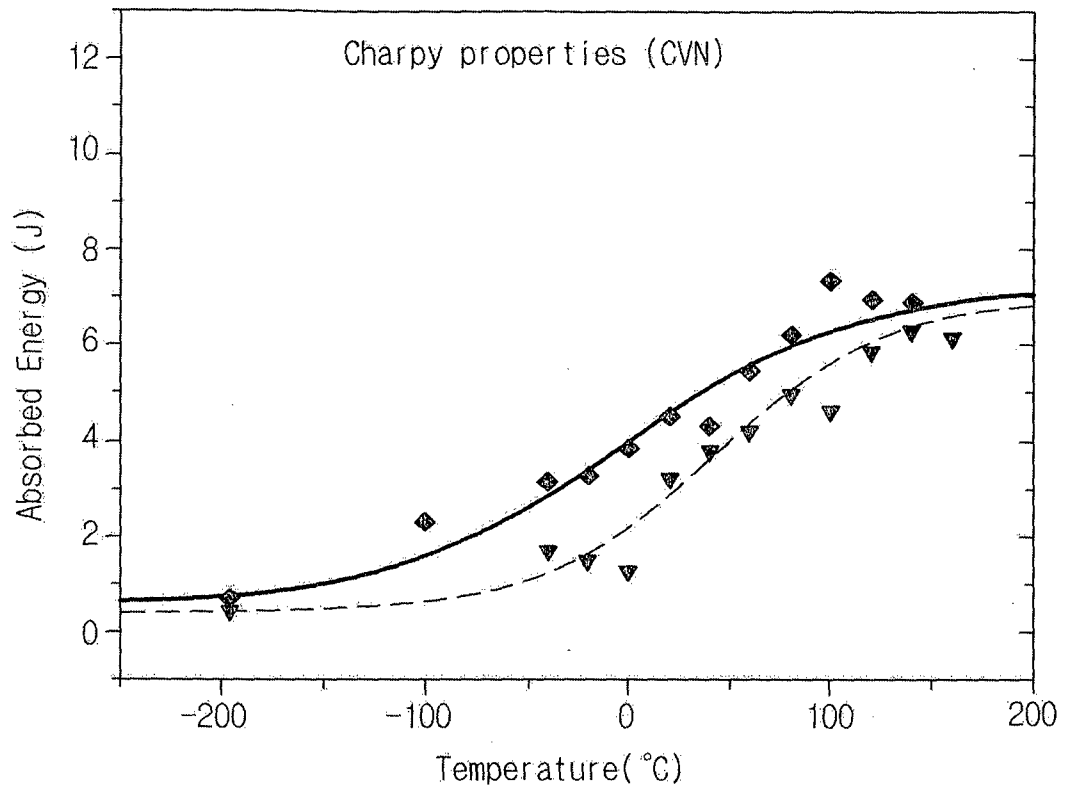
【도 2】



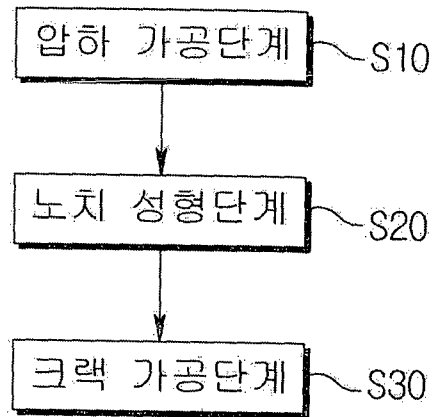
【도 3】



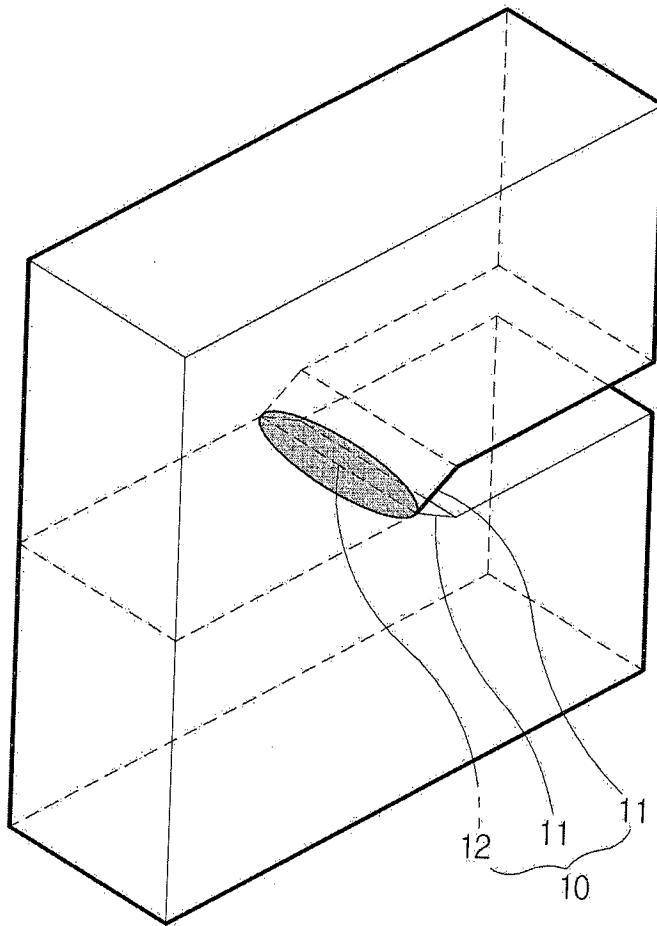
【도 4】



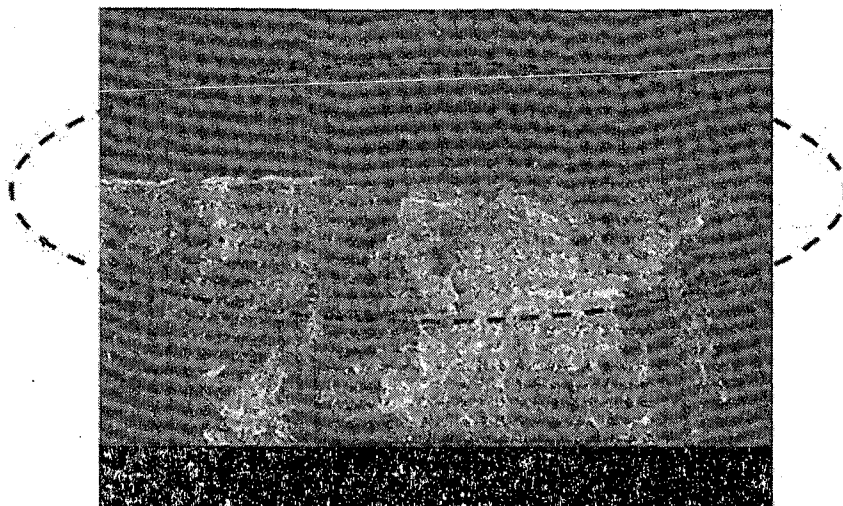
【도 5】



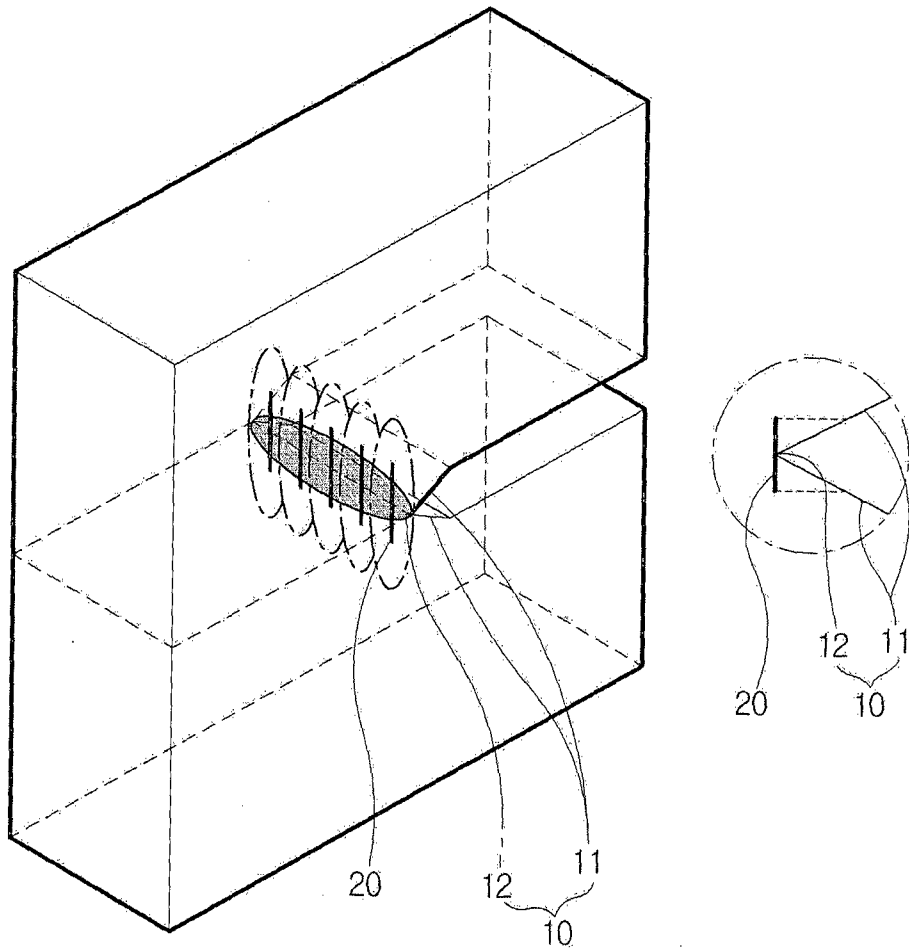
【도 6a】



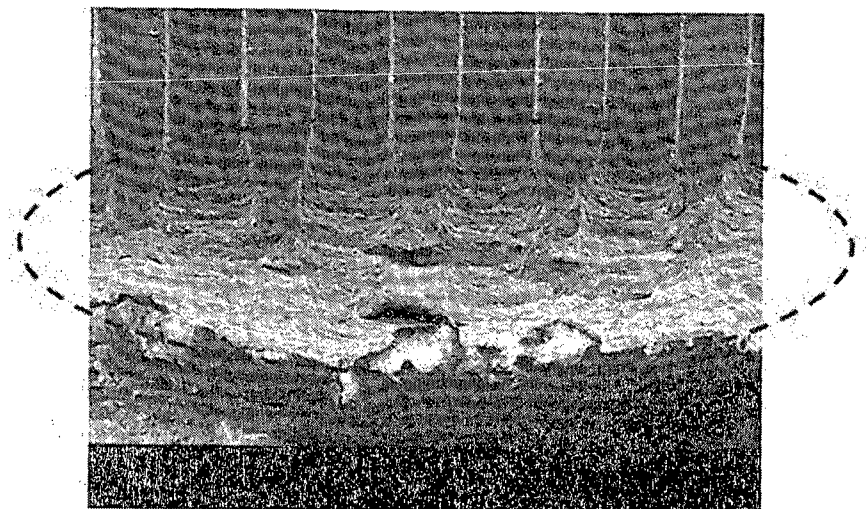
【도 6b】



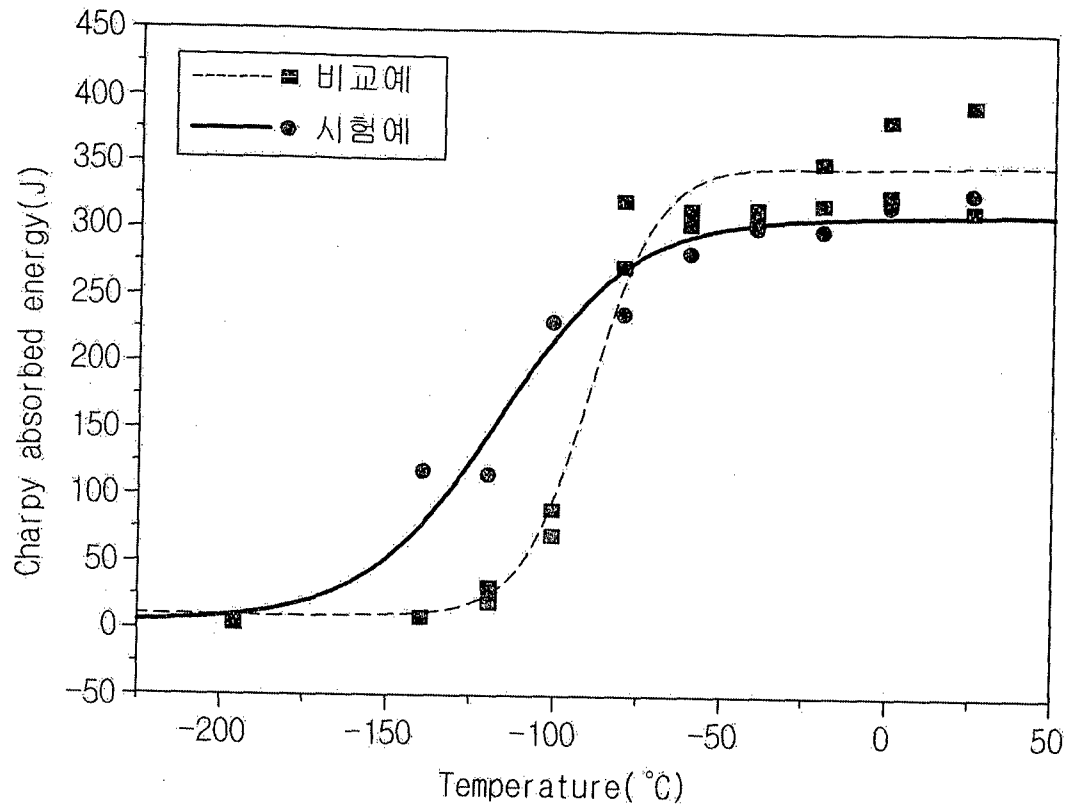
【도 7a】



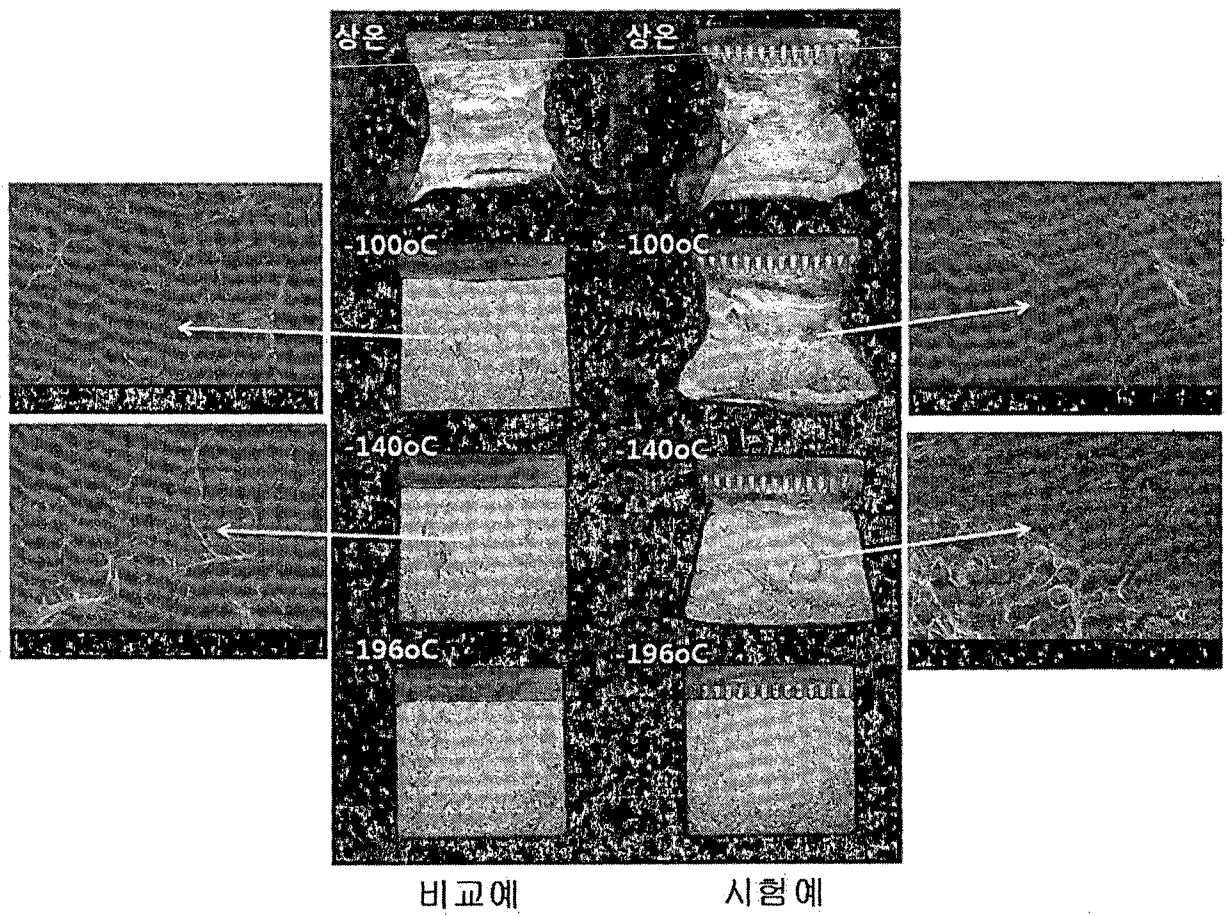
【도 7b】



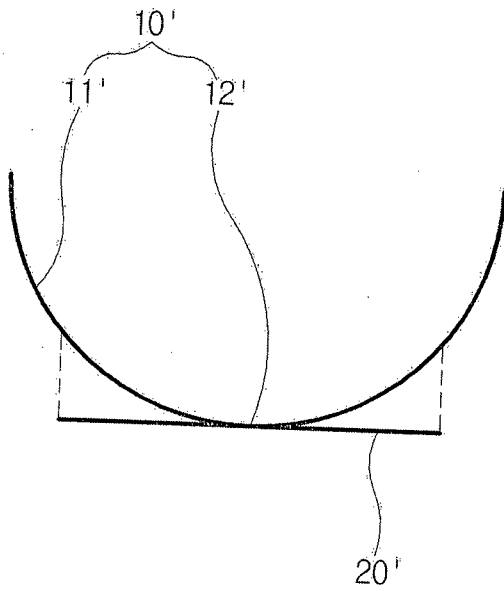
【도 8】



【도 9】



【도 10】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2014/008075**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*****B21D 28/02(2006.01)i, C21D 7/00(2006.01)i, C21D 10/00(2006.01)i***

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B21D 28/02; B23K 26/40; B23K 26/38; C22C 38/00; B21B 1/22; C21D 8/00; C21D 7/00; C21D 10/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: metal material, temperature property, BCC, cold, rolling

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-2007-0043866 A (MITSUBOSHI DIAMOND INDUSTRIAL CO., LTD) 25 April 2007 See abstract, claims 1 to 20 and figures 1 to 24.	1-16
Y	JP 2002-129277 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 09 May 2002 See abstract, claim 1 and figure 1.	1-16
Y	KR 10-2001-0033366 A (EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY) 25 April 2001 See abstract and page 7, lines 2 - 14.	7,16



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

08 JANUARY 2015 (08.01.2015)

Date of mailing of the international search report

12 JANUARY 2015 (12.01.2015)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2014/008075

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2007-0043866 A	25/04/2007	CN 101001729 A	18/07/2007
		CN 101001729 B	23/03/2011
		CN 101001729 C0	18/07/2007
		EP 1772245 A1	11/04/2007
		EP 1772245 B1	07/05/2014
		JP 04916312 B2	11/04/2012
		MX 2007001159 A	25/09/2007
		RU 2007-107398 A	10/09/2008
		SG 156607 A1	26/11/2009
		TW I378904 B	11/12/2012
		US 2008-0194079 A1	14/08/2008
		US 7723212 B2	25/05/2010
		WO 2006-011608 A1	02/02/2006
		ZA 200700824 A	27/05/2009
JP 2002-129277 A	09/05/2002	NONE	
KR 10-2001-0033366 A	25/04/2001	AU 1998-83739 A1	12/07/1999
		AU 1998-83739 B2	18/10/2001
		CA 2316970 A1	01/07/1999
		CA 2316970 C	27/07/2004
		CN 1098358 C	08/01/2003
		CN 1282380 A	31/01/2001
		CN 1282380 C0	31/01/2001
		EP 1047798 A1	02/11/2000
		GB 2346895 A	23/08/2000
		JP 2001-527153 A	25/12/2001
		WO 99-32670 A1	01/07/1999

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) B21D 28/02(2006.01)i, C21D 7/00(2006.01)i, C21D 10/00(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) B21D 28/02; B23K 26/40; B23K 26/38; C22C 38/00; B21B 1/22; C21D 8/00; C21D 7/00; C21D 10/00 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: metal material, temperature property, BCC, 냉간, 압연		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-2007-0043866 A (미쓰보시 다이야몬드 고교 가부시키키가이샤) 2007.04.25 요약, 청구항 1 내지 20 및 도면 1 내지 24 참조.	1-16
Y	JP 2002-129277 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 2002.05.09 요약, 청구항 1 및 도면 1 참조.	1-16
Y	KR 10-2001-0033366 A (엑손모빌 업스트림 리서치 캄파니) 2001.04.25 요약 및 페이지 7, 라인 2 - 14 참조.	7, 16
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2015년 01월 08일 (08.01.2015)		국제조사보고서 발송일 2015년 01월 12일 (12.01.2015)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-472-7140		심사관 강창수 전화번호 +82-42-481-3413 

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2007-0043866 A	2007/04/25	CN 101001729 A CN 101001729 B CN 101001729 C0 EP 1772245 A1 EP 1772245 B1 JP 04916312 B2 MX 2007001159 A RU 2007-107398 A SG 156607 A1 TW I378904 B US 2008-0194079 A1 US 7723212 B2 WO 2006-011608 A1 ZA 200700824 A	2007/07/18 2011/03/23 2007/07/18 2007/04/11 2014/05/07 2012/04/11 2007/09/25 2008/09/10 2009/11/26 2012/12/11 2008/08/14 2010/05/25 2006/02/02 2009/05/27
JP 2002-129277 A	2002/05/09	없음	
KR 10-2001-0033366 A	2001/04/25	AU 1998-83739 A1 AU 1998-83739 B2 CA 2316970 A1 CA 2316970 C CN 1098358 C CN 1282380 A CN 1282380 C0 EP 1047798 A1 GB 2346895 A JP 2001-527153 A WO 99-32670 A1	1999/07/12 2001/10/18 1999/07/01 2004/07/27 2003/01/08 2001/01/31 2001/01/31 2000/11/02 2000/08/23 2001/12/25 1999/07/01