(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년09월20일
(11) 등록번호 10-1900973
(24) 등록일자 2018년09월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 21/00 (2006.01) *C22C 21/10* (2006.01)
C22F 1/053 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-7017601
(22) 출원일자(국제) 2011년12월06일
심사청구일자 2016년12월05일
(85) 번역문제출일자 2013년07월05일
(65) 공개번호 10-2014-0012628
(43) 공개일자 2014년02월03일
(86) 국제출원번호 PCT/FR2011/000637
(87) 국제공개번호 WO 2012/080592
국제공개일자 2012년06월21일
(30) 우선권주장
10/04865 2010년12월14일 프랑스(FR)
(56) 선행기술조사문헌
US20050238529 A1
WO2008005852 A2*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
콩스텔리움 이수와르
프랑스 이수와르 63500 뤼 이브 라무르드되 제트 아이 레스 리스테스
콩스텔리움 발레 에스아 (아게, 리미티드)
스위스 씨에이치-3960 시에르 루트 데 라미누아 15
(72) 발명자
자스꾸에르 세드릭
프랑스 에프-69500 이수아르 뤼 드 라 리베르떼 20
푸르니에 장-에띠엔
스위스 씨에이치-1996 바세-넨다즈 슈만 드 손빌 28
(74) 대리인
김태홍

전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 조현정

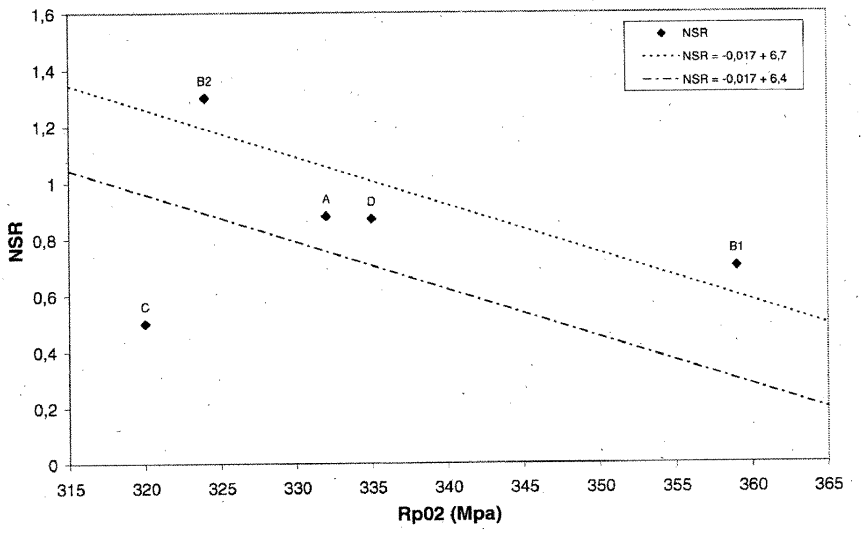
(54) 발명의 명칭 **7XXX 합금으로 제조된 두꺼운 제품 및 제조 방법**

(57) 요 약

이 발명에 관한, 두꺼운 블록의 제조를 위한 알루미늄 합금은, (중량% 단위), Zn: 5.3% 내지 5.9%, Mg: 0.8% 내지 1.8%, Cu: 0.2% 미만, Zr: 0.05% 내지 0.12%, Ti 0.15% 미만, Mn 0.1% 미만, Cr 0.1% 미만, Si 0.15% 미만, Fe 0.20% 미만, 총 함량이 0.15% 미만이고, 각각 0.05% 미만의 개별적 함량을 갖는 불순물 및 잔부 알루미늄을

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



포함한다. 합금이 이용될 수 있을 것인 공정은:

(a) 이 발명에 따른 합금으로 된 두꺼운 블록을 주조하는 단계,

(b) 500℃ 내지 560℃의 온도에서 10 분 내지 20 시간 동안 상기 주조된 블록을 용체화 처리하는 단계,

(c) 상기 용체화 처리된 블록을 100℃ 미만의 온도로 냉각하는 단계,

(d) 4 시간 내지 48 시간 동안 120℃ 내지 170℃까지 가열함으로써 상기 용체화 처리되고 냉각된 블록을 템퍼링하는 단계를 포함한다.

이 공정에서, 상기 블록은 주조 단계와 템퍼링 단계 사이의 가공에 의해 어떤 심각한 변형도 겪지 않는다. 이 발명에 따른 합금 및 방법은 사출 성형 플라스틱을 위한 주형의 제조를 위해 특히 유용하다.

명 세 서

청구범위

청구항 1

두꺼운 블록의 제조를 위한 알루미늄 합금으로서, (중량% 단위);

Zn: 5.4% 내지 5.8%,

Mg: 0.8% 내지 1.8%,

Cu: 0.2% 미만,

Zr: 0.05% 내지 0.12%,

Ti: 0.15% 미만,

Mn: 0.1% 미만,

Cr: 0.1% 미만,

Si: 0.15% 미만,

Fe: 0.20% 미만,

총 함량이 0.15% 미만이고, 각각 0.05% 미만의 개별적 함량을 갖는 불순물, 및

잔부 알루미늄

을 포함하는 알루미늄 합금.

청구항 2

제1항에 있어서, (중량% 단위)

Mg: 1.0% 내지 1.4% 또는

Cu: 0.05% 미만인 것인 알루미늄 합금.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 최대 Zr 함량이 0.10 중량%인 것인 알루미늄 합금.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

Ti: 0.01% 내지 0.05% 또는

Mn: 0.05% 미만 또는:

Cr: 0.05% 미만 또는:

Si: 0.10% 미만 또는:

Fe: 0.15% 미만인 것인 알루미늄 합금.

청구항 5

두꺼운 알루미늄 블록을 제조하는 두꺼운 알루미늄 블록의 제조 방법으로서:

(a) 제1항 또는 제2항에 따라 미가공 합금 성형체를 주조하는 단계.

(b) 선택적으로, 450℃ 내지 550℃의 온도에서 10 분 내지 30 시간의 기간 동안 균질화하는 단계 또는 300℃ 내지 400℃의 온도에서 10 분 내지 30 시간의 기간 동안 응력 완화시킨 다음, 100℃ 미만의 온도로 냉각하는

단계;

(c) 500℃ 내지 560℃의 온도에서 10 분 내지 20 시간 동안 상기 주조된 블록을 용체화 처리(solution heat treatment)하는 단계,

(d) 상기 용체화 처리된 블록을 100℃ 미만의 온도로 냉각하는 단계, 및

(e) 4 시간 내지 48 시간 동안 120℃ 내지 170℃까지 가열함으로써 상기 용체화 처리되고 냉각된 블록을 템퍼링하는 단계를 포함하고,

상기 블록은 주조 단계와 템퍼링 단계 사이의 가공에 의해 어떤 심각한 변형도 겪지 않는 것인 두꺼운 알루미늄 블록의 제조 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 단계 (d)의 냉각이 적어도 800℃/h의 냉각 속도로 수행되고, 용체화 처리된 블록이 응력 완화되고 1% 내지 5% 범위에 이르는 영구 변형을 갖도록, 제어된 압축에 의해 냉각되는 것인 두꺼운 알루미늄 블록의 제조 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 물 속에의 침지는 적어도 50℃의 물 속에 침지함으로써 수행되는 것인 두꺼운 알루미늄 블록의 제조 방법.

청구항 8

제6항에 따른 방법에 의해 얻어질 수 있는 두꺼운 알루미늄 블록에 있어서, 방향 TL로의 ¼ 두께에서, 노치를 지닌 바아 상에서의 기계적 강도와 ASTM E602-03, 섹션 9.2에 따라 측정된 항복 강도 $R_{p0.2}$ 간의 NSR이라고 칭해지는 비율 및 항복 강도 $R_{p0.2}$는:

- $NSR > -0.017 * R_{p0.2} + 6.7$ 및

- $R_{p0.2} > 320$ MPa이 되는 것을 특징으로 하는 두꺼운 알루미늄 블록.

청구항 9

제8항에 있어서, NSR > 0.8인 것을 특징으로 하는 두꺼운 알루미늄 블록.

청구항 10

제8항에 있어서, 두꺼운 알루미늄 블록은 사출 성형 플라스틱을 위한 주형의 제조에 사용 가능한 것인 두꺼운 알루미늄 블록.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 이 발명은 일반적으로 알루미늄 합금 제품에 관한 것이며, 더 자세하게는, 합금 7xxx으로 된 두꺼운 제품, 그 이용 및 제조 공정에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 사출 성형으로 얻어진 플라스틱 분야에서는, 대형 제품에 대한 수요가 커지고 있다. 그러한 대형 제품을 제조하기 위한 주형(mold)을 만들기 위해서는, 두꺼운 블록, 즉 그 두께가 350㎜ 초과, 양호하게는 450㎜ 초과 또는 550㎜ 초과까지도 되는 블록을 이용할 필요가 있다. "블록"이라고 함은 본질적으로 평행 6면체 형상인 중실 제품(solid product)을 의미한다.

[0003] 두꺼운 알루미늄 블록은 기계 공학 분야에서도 유용하다.

[0004] 주형 제조를 위한 두꺼운 알루미늄 블록에 대해 수요가 많은 특성은, 항복 강도 또는 극한 인장 강도, 및 높은 노치 강도와 같은 고도로 정적인 기계적 성질이며, 이러한 성질들은 일반적으로 상반적인 것이다. 노치 강도

(notch strength)는 이러한 제품의 이용을 위해 중요한 특성이며, 예를 들어, ASTM E602 표준에 따라 측정된 항복 강도와 노치 존재시의 강도 사이의 비율인 NSR[“Sharp-Notch Strength-to-Yield Strength Ratio(항복 강도에 대한 예리한 노치에서의 강도의 비율)”]을 특징으로 할 수 있을 것이다. 두꺼운 제품을 위해, 이러한 특성들은 특히 쿼터 두께(quarter-thickness) 및/또는 중간 두께(mid-thickness)에서 얻어져야 하며, 그러므로, 낮은 퀜치 감도(quench sensitivity)를 가져야 한다. 제품의 냉각 속도가 저감함에 따라 항복 강도와 같은 정적인 기계적 특성들이 저감하면, 그 제품이 퀜치에 민감하다고 말해진다. 퀜칭 속도(quenching speed)는 퀜치 중인 제품의 평균 냉각 속도이다.

[0005] 양호하게는, 두꺼운 블록은 낮은 잔류 응력도 가져야만 한다. 실제로, 잔류 응력은 기계 가공 중에 변형을 유발하며, 주형의 기하학적 구조에 영향을 준다. 잔류 응력은, 예를 들어 국제 특허 출원 WO2004/053180호에 기술된 방법으로 측정될 수 있다. 낮은 잔류 응력이라고 함은 전형적으로 4 kJ/m^3 미만, 일반적으로 대략 2 kJ/m^3의 W_{Tbar} 값을 포함한다.

[0006] 마지막으로, 두꺼운 블록들은 가능한 한 신속하고 경제적인 공정으로 얻어져야만 한다.

[0007] 특허 EP1587965호(Alcan)는, 다음과 같이, 즉 4.6% 내지 5.2% Zn; 2.6% 내지 3.0% Mg; 0.1% 내지 0.2% Cu; 0.05% 내지 0.2% Zr; 0.05% 이하의 Mn; 0.05% 이하의 Cr; 0.15% 이하의 Fe; 0.15% 이하의 Si; 0.10% 이하의 Ti로 조성된(중량% 단위) 두꺼운 블록을 제조하기에 유용한 합금 및 이러한 블록들을 제조하는 방법을 개시하며, 연속 주조(continuous casting)로 직접 얻어지는 잉곳(ingot)이 블록으로서 이용된다.

[0008] 국제 출원 WO2008/005852호(알칸)는 (중량% 단위로) 6% 내지 8% 아연, 1% 내지 2% 마그네슘, 그리고 Zr, Mn, Cr, Ti 및/또는 Sc와 같은 분산질 형성 원소를 포함하는 매우 두꺼운인 제품에 유용한 합금을 기술한다.

[0009] 다른 출원들의 경우에 유사한 조성의 합금이 알려져 있기도 하다. 예를 들어, 다음의 것이 알루미늄 협회(The Aluminium Association)에 등록되어 있다:

[0010] - 다음의 조성을 갖는 합금 7003:

[0011] 5.0% 내지 6.5% Zn; 0.50% 내지 1.0% Mg; 0.05% 내지 0.25% Zr; 0% 내지 0.20% Cu; 0% 내지 0.35% Fe; 0% 내지 0.30% Si; 0% 내지 0.30% Mn; 0% 내지 0.20% Cr; 0% 내지 0.20% Ti; 총 함량이 0.15% 미만이고, 0.05% 미만의 불가피한 불순물들을 갖는 잔부 Al

[0012] - 다음의 조성을 갖는 합금 7021:

[0013] 5.0% 내지 6.0% Zn; 1.2% 내지 1.8% Mg; 0.08% 내지 0.18% Zr; 0% 내지 0.25% Cu; 0% 내지 0.40% Fe; 0% 내지 0.25% Si; 0% 내지 0.10% Mn; 0% 내지 0.05% Cr; 0% 내지 0.10% Ti; 총 함량이 0.15% 미만이고, 0.05% 미만의 불가피한 불순물들을 갖는 잔부 Al

[0014] 미국 특허 3,852,122호(Ardal)은, 범퍼, 구조적 부품 및 기체를 응축된 상태로 제조, 저장 및 운송하기 위해 이용되는 부품을 제조하기 위해 이용되는 긴 제품을 제조하기 위한, (중량% 단위로) 4.5% 내지 5.8% Zn, 1.0% 내지 1.8% Mg, 0.10% 내지 0.30% Zr, 0% 내지 0.30% Fe, 0% 내지 0.15% Si, 0% 내지 0.25% Mn의 조성을 갖는 합금을 개시한다.

[0015] 특허 출원 FR 2341661호(VMRBA)는, 열간 작업에 의해 단조(forge) 또는 반죽(knead)되고, 차량, 기계, 기기 및 공구용 저장통의 구성에 이용하기 위한, (중량% 단위로) 4.0% 내지 6.2% Zn, 0.8% 내지 3.0% Mg, 0% 내지 1.5% Cu, 0.05% 내지 0.30% Zr, 0% 내지 0.20% Fe, 0% 내지 0.15% Si, 0% 내지 0.25% Mn, 0% 내지 0.10% Ti의 조성을 갖는 합금을 개시한다.

[0016] 특허 출원 JP81144031호(Furukawa)는, 배관 제조를 위한, (중량% 단위로) 4.0% 내지 6.5% Zn, 0.4% 내지 1.8% Mg, 0.1% 내지 0.5% Cu, 0.1% 내지 0.5% Zr, 및 추가적으로 0.05% 내지 0.20% Mn 및/또는 Cr 0.05% 내지 0.20%의 조성을 갖는 합금을 개시한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0017] 이 발명에 의해 해결하려는 과제는, 신속하고 경제적인 공정에 의해 낮은 수준의 잔류 응력을 갖고 정적인 기계적 특성들과 노치 강도 사이의 개선된 특성 균형을 갖는 두꺼운 알루미늄 블록을 얻으려는 것이다.

과제의 해결 수단

[0018] 이 발명의 제1 목적으로서의, 두꺼운 블록을 제조하기 위한 알루미늄 합금은, (중량% 단위):

[0019] Zn: 5.3% 내지 5.9%,

[0020] Mg: 0.8% 내지 1.8%,

[0021] Cu: 0.2% 미만,

[0022] Zr: 0.05% 내지 0.12%,

[0023] Ti: 0.15% 미만,

[0024] Mn: 0.1% 미만,

[0025] Cr: 0.1% 미만,

[0026] Si: 0.15% 미만,

[0027] Fe: 0.20% 미만,

[0028] 총 함량이 0.15% 미만이고, 각각 0.05% 미만의 개별적 함량을 갖는 불순물 및

알루미늄 잔부

를 포함한다.

[0029] 이 발명의 제2 목적으로서의, 방법은:

[0030] (a) 이 발명에 따른 합금으로 된 두꺼운 블록을 주조하는 단계,

[0031] (b) 선택적으로, 450℃ 내지 550℃의 온도에서 10 분 내지 30 시간의 기간 동안 균질화하는 단계 및/또는 300℃ 내지 400℃의 온도에서 10 분 내지 30 시간의 기간 동안 응력 완화시킨 다음, 100℃ 미만의 온도로 냉각하는 단계;

[0032] (c) 500℃ 내지 560℃의 온도에서 10 분 내지 20 시간 동안 상기 주조된 블록을 용체화 처리하는 단계,

[0033] (d) 상기 용체화 처리된 블록을 100℃ 미만의 온도로 냉각하는 단계,

[0034] (e) 4 내지 48 시간 동안 120℃ 내지 170℃까지 가열함으로써 상기 용체화 처리되고 냉각된 블록을 템퍼링하는 단계를 포함하고,

[0035] 상기 블록은 주조 단계와 템퍼링 단계 사이의 가공에 의해 어떤 심각한 변형도 겪지 않는다.

[0036] 이 발명의 또 다른 목적으로서의, 이 발명에 따른 공정에 의해 얻어질 수 있는 알루미늄으로 된 두꺼운 블록에 있어서, 방향 TL로의 ¼ 두께에서, 노치를 가진 시편 상에서의 기계적 강도와 ASTM E602-03, 섹션 9.2에 따라 측정된 항복 강도 $R_{p0.2}$ 사이에서의 NSR이라고 칭해지는 비율 및 항복 강도 $R_{p0.2}$는:

[0037] $NSR > -0.017 * R_{p0.2} + 6.7$,

[0038] $R_{p0.2} > 320$ MPa, 양호하게는 330 MPa, 및/또는:

[0039] NSR > 0.8, 양호하게는 1.0인 것을 특징으로 한다.

[0040] 이 발명의 또 다른 목적은, 플라스틱 사출 성형을 위한 주형의 제조를 위해 이 발명에 따른 두꺼운 블록을 이용하는 것이다.

도면의 간단한 설명

[0041] 도 1: 항복 강도 $R_{p0.2}$ 과, 기계적 강도 노치를 가진 시편과 항복 강도 $R_{p0.2}$ 사이의 비율인, NSR(“Sharp-Notch Strength-to-Yield Strength Ratio”)이라고 칭해지는 파라미터 사이에서 도달되는 절충.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0042] 달리 언급하지 않는 한, 합금의 화학적 조성에 관한 모든 표시는 합금의 총 중량에 기반한 중량%로 표현된다. 합금의 명칭은 이 기술분야에서의 전문가에 알려진 알루미늄 협회(The Aluminum Association)(AA)의 규정에 따른다. 템퍼(temper)의 정의는 유럽 표준 EN 515에 나타나 있다.

[0043] 달리 언급하지 않는 한, 정적인 기계적 특성들, 다시 말해서, 파단 시의 최대 연신율(the ultimate elongation at rupture)(R_m), 인장 항복 강도(the tensile yield strength)($R_{p0.2}$) 및 파단 연신율(elongation at rupture)(A)은 EN 10002-1 또는 NF EN ISO 6892-1에 따라, 부품들이 유지되어 있는 위치에서, 표준 EN 485-1에 의해 정해지는 방향으로의, 인장 시험에 의해 결정된다. 노치를 가진 시편 상의 기계적 강도는 표준 ASTM E602-03에 따라 얻어진다. 표준 E602-03, 섹션 9.2에 따라, 노치를 가진 시편 상의 기계적 강도와 항복 강도 $R_{p0.2}$ 사이의 NSR("Sharp-Notch Strength -to-Yield Strength Ratio")라고 칭해지는 비율이 계산되고, 이 비율은 시료의 노치 강도의 표시를 제공한다.

[0044] 과제를 해결하는 합금은, (중량% 단위);

[0045] Zn: 5.3% 내지 5.9%,

[0046] Mg: 0.8% 내지 1.8%,

[0047] Cu: 0.2%% 미만,

[0048] Zr: 0.05% 내지 0.12%,

[0049] Ti 0.15% 미만,

[0050] Mn 0.1% 미만,

[0051] Cr 0.1% 미만,

[0052] Si 0.15% 미만,

[0053] Fe 0.20% 미만,

[0054] 총 함량이 0.15% 미만이고, 각각 0.05% 미만의 개별적 함량을 갖는 불순물 및

잔부 알루미늄

을 포함한다.

[0055] 5.3 중량% 내지 5.9 중량%의 아연 함량, 0.8 중량% 내지 1.8 중량%의 마그네슘 함량 및 0.2 중량% 미만의 구리 함량의 조합은 기계적 내성과 노치 강도 사이의 개선된 절충을 이루는 것이 가능하게 한다. 양호한 Zn 함량은 5.4 중량% 내지 5.8 중량%이다. 양호한 마그네슘 함량은 1.0 중량% 내지 1.4 중량%이거나 또는 1.1 중량% 내지 1.3 중량%이기도 한다. 구리 함량은, 양호하게는, 0.05 중량% 미만이거나 또는 0.04 중량% 미만이기도 한다.

[0056] 지르코늄 함량은 0.05 중량% 내지 0.12 중량%이다. 양호하게는, 지르코늄 함량이, 특히, 두꺼운 알루미늄 블록의 퀜치 감도를 더 저감시키기 위해, 최대한으로 0.10 중량%이거나, 또는 0.08 중량%이기도 하다.

[0057] 티타늄 함량은 0.15 중량% 미만이다. 양호하게는, 주조 중의 입도(粒度)를 개선하기 위해, 0.01 중량% 내지 0.05 중량%, 양호하게는 0.02 중량% 내지 0.04 중량%의 티타늄의 양이 첨가된다.

[0058] Cr 함량 및 Mn 함량은 0.1% 미만이다. 양호하게는, Cr 함량은 0.05 중량% 미만이거나 또는 0.03 중량% 미만이기도 하며, 및/또는 Mn 함량은 0.05 중량% 미만이거나 또는 0.03중량% 미만이기도 하며, 그것은 두꺼운 알루미늄 블록의 퀜치 감도를 더 저감시키는 것을 가능하게 한다.

[0059] Si 및 Fe는 불가피한 불순물이고, 그 함량은, 특히 노치를 가진 시편 상의 기계적 강도를 향상시키기 위해, 최소화하고자 한다. Fe 함량은 0.20 중량% 미만이고, 양호하게는 0.15중량% 미만이다. Si 함량은 0.15 중량% 미만이고, 양호하게는 0.10중량% 미만이다.

[0060] 이 발명에 따라 두꺼운 합금 블록을 제조하기에 적합한 발명은,

[0061] (a) 이 발명에 따른 합금으로 된 두꺼운 블록을 주조하는 단계,

[0062] (b) 500℃ 내지 560℃의 온도에서 10 분 내지 20 시간 동안 상기와 같이 주조된 블록을 용체화 처리하는 단계,

[0063] (c) 상기 용체화 처리된 블록을 100℃ 미만의 온도로 냉각하는 단계,

[0064] (d) 4 시간 내지 48 시간 동안 120℃ 내지 170℃까지 가열함으로써 상기 용체화 처리되고 냉각된 블록을 템퍼링하는 단계를 포함한다.

[0065] 두꺼운 블록은, 양호하게는, 반연속적인 직접 냉경 주조(semi-continuous direct chill casting)에 의해 주조된다. 두꺼운 블록은, 350㎜ 초과, 양호하게는 이상 450㎜ 초과 또는 550㎜ 초과이기도 한 두께를 갖는다. 블록은 형상이 사실상 평행 6면체며: 그것은 일반적으로 최대 치수(길이), 제2 최대 치수(폭) 및 상대적으로 작은 치수(두께)를 갖는다.

[0066] 블록은 전형적으로, 450℃ 내지 550℃의 온도에서 10 분 내지 30 시간의 기간 동안 열처리하거나 및/또는 300℃ 내지 400℃의 온도에서 10 분 내지 30 시간의 기간 동안 응력 완화되고, 후속해서 100℃ 미만의 온도로 냉각하는 것에 의해, 선택적으로 균질화된다.

[0067] 그 후, 블록은, 용체화 처리, 즉 블록이 10 분 및 5 시간 또는 20 시간까지의 기간 동안 500 ℃ 내지 560℃의 온도에 도달하게 하도록 열처리된다. 이 열처리는, 일정한 온도에서 수행되거나 또는 몇 개의 단계로 수행될 수 있을 것이다.

[0068] 용체화 처리 후, 블록은 100℃ 미만의 온도, 양호하게는 상온으로 냉각된다. 냉각은, 정체된 대기 중에서, 순환되는 공기에 의해, 미스트(mist)를 뿌림으로써, 물을 뿌림으로써, 또는 물 속에 담금으로써 수행될 수 있다. 양호하게는, 냉각 속도는 적어도 200℃/h이다.

[0069] 이 발명의 제1의 양호한 실시예에서는, 냉각 속도가 200℃/h 미만이다. 이 실시예에서, 잔류 응력은 낮지만, 기계적 특성들은 합금의 어떤 퀜치 감도로 인해 그들의 최대 값에 도달하지 못한다. 이 냉각 속도는 정체된 대기 중에서 또는 팬으로 얻어질 수 있다.

[0070] 이 발명의 제2 양호한 실시예에서는, 냉각 속도가 적어도 800℃/h에 동등하다. 그러한 냉각 속도는 물을 뿌리는 것에 의해 또는 물 속에 담그는 것에 의해 얻어질 수 있다.

[0071] 너무 높은 냉각속도는 블록 속에 너무 큰 잔류 응력을 발생시킬 수 있을 것이므로, 양호하게는 적어도 50℃ 및 양호하게는 적어도 70℃의 온도에 있는 물이 냉각에 이용된다. 이 제2 실시예에서는, 퀜치된 블록이, 1%와 5% 사이, 및 양호하게는 2%와 4% 사이에서, 양호하게는 영구 변형되는 냉간 압축에 의해, 응력 완화된다. 응력 완화는, 금속 속의 잔류 응력을 저감시키고 기계 가공 중의 뒤틀림을 회피하는 것이 가능하게 한다.

[0072] 이 발명의 제3 양호한 실시예에서는, 냉각 속도가 200℃/h 내지 400℃/h의 범위이다. 놀랍게도, 냉각 속도가 200℃/h 내지 400℃/h일 때, 만족스러운 기계적 특성 및 낮은 잔류 에너지가 동시에 얻어질 수 있으며, 이에 의해 압축에 의한 응력 완화의 단계를 없애는 것이 가능해진다. 그러한 냉각 속도는 미세 분무에 의해 얻어질 수 있다.

[0073] 마지막으로, 용체화 처리되고 냉각된 블록이 템퍼링된다. 템퍼링은, 블록이 4 시간 내지 48 시간, 양호하게는 8 시간 내지 24 시간의 기간 동안 120℃ 내지 170℃의 온도, 양호하게는 130℃ 내지 160℃의 온도에 도달하도록 수행된다. 양호하게는, 템퍼링은, 정적 기계적 특성들(R_m 및 $R_{p0.2}$)의 피크에 대응하는, 템퍼 T6 또는 T652에 도달하도록 수행된다.

[0074] 각각의 가공 사이에, 블록을 톱질하거나 및/또는 그 표면을 기계 가공하는 단순 작업들을 수행하는 것이 가능하다.

[0075] 그러나, 상기 블록은 주조와 템퍼링 사이의 작업에 의해 어떤 심각한 변형도 겪지 않는다. "작업(working)"이라고 함은 전형적으로 열간 압연 또는 단조 작업을 의미한다. "심각한 변형"은, 주조와 템퍼링 사이에서의 가공에 의해, 주조된 블록 - 형상이 사실상 평행 6면체(길이 L, 폭 TL, 두께 TC)인 두꺼운 블록 - 의 치수들 중 어느 하나도, 심각한, 즉 전형적으로 적어도 약 10%의, 변화를 겪지 않음을 의미한다. 다시 말해서, 주조된 블록의 치수들 중 어느 하나도 작업의 결과로서 절대 값으로 전형적으로 10% 초과의 상대적 변화를 겪지 않으며, 그것은, 상기 작업이 각각의 방향 L, TL, TC로의 영구 변형 중 어느 것도 Ln(1.1) = 0.095의 근사치보다 더 크지 않으며, 전형적으로 0.135 미만인 일반적인 소성 변형 ($\bar{\varepsilon} = \sqrt{\frac{2}{3}\left(\varepsilon_L^2 + \varepsilon_{TL}^2 + \varepsilon_{TC}^2\right)}$)에 대응함을 의미한다

[0076] 이 발명에 따른 방법에 의해 얻어지는 두꺼운 블록은, 특성들, 특히 두개의 상반적인 특성(하나가 높아지면 다

른 하나는 낮아짐)인, 항복 강도와 노치 강도 사이의 양호한 절충을 갖는다. 더 자세하게는, 출원인은, 템퍼링 단계까지의 공정에서(주조, 선택적 균질화 및 응력 완화, 용액 경화 및 퀜칭, 주조와 최종적인 템퍼링 단계 사이에서 아무런 중요한 작업도 없이), 특허 청구된 단계들의 뒤를 이어감으로써 얻어지는, 이 발명에 따른 조성물을 갖는 두꺼운 합금 블록에 관하여, 그 후, 주어진 항복 강도 $R_{p0.2}$를 달성하기 위해 수행되는, 템퍼링 처리(단일 단계 또는 다중 단계)에 무관하게, NSR ("Sharp-Notch Strength-to-Yield Strength Ratio"), 즉 그렇게 얻어진 블록의 노치 강도의 특징이 되도록 이용되는 파라미터가, 목표로 하는 R_{p02}를 얻기 위해 수행되는 어닐링 처리에 종속하지 않는 값에 도달함을, 발견했다. 그러므로, 우리는, 그러한 두꺼운 블록을 위해, 예를 들어, ¼ 두께에서 측정된 R_{p02}와 NSR 사이의 관계를 설정할 수 있으며, 이 관계는 사실상 선형인 것으로 보인다.

[0077] 그러므로, 출원인은, 제1 실시예의 방법이 이용될 때, 방향 TL로의 ¼ 두께에서, NSR(ASTM E602-03, 섹션 9.2에 따라 측정된 비율)에 의해 평가된 노치 강도가:

[0078] $-0.017 * R_{p0.2} + 6.4$보다 더 크게 설정할 수 있었다.

[0079] 전형적으로, NSR은 적어도 0.7, 양호하게는 0.8이며, 항복 강도는 적어도 320 MPa, 양호하게는 330 MPa이다.

[0080] 제2 실시예의 방법이 이용될 때, 방향 TL로의 ¼ 두께에서, NSR(ASTM E602-03, 섹션 9.2에 따라 측정된 비율)에 의해 평가된 노치 강도는:

[0081] $-0.017 * R_{p0.2} + 6.7$보다 더 크다.

[0082] 전형적으로, NSR은 적어도 0.8, 양호하게는 1.0이며, 항복 강도는 적어도 320 MPa, 양호하게는 330 MPa이다.

[0083] 높은 기계적 강도와 노치 강도를 동시에 얻는 것은 놀라운 결과이다.

[0084] 이 발명의 두꺼운 블록은, 양호하게는, 사출 성형 플라스틱을 위한 주형을 제조하기 위해 이용된다.

[0085] **예**

[0086] 이 발명의 예는 A 및 B라고 지칭된다. 예 C 및 D는 비교의 목적으로 주어졌다. 이 예에서 시험된 다양한 합금의 화학적 조성이 표 1에 주어진다.

표 1

[0087]

참조 번호	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Zr	Cr	Ti
A	0.05	0.08	0.02	0.01	1.2	5.7	0.08	0.01 미만	0.04
B	0.05	0.08	0.03	0.01 미만	1.2	5.6	0.08	0.01 미만	0.04
C	0.05	0.13	0.2	0.01	2.8	4.9	0.09	0.01 미만	0.03
D	0.08	0.04	0.6	0.01 미만	2.2	6.3	0.10	0.01 미만	0.03

[0088] 화학적 조성 (중량%)

[0089] 합금 A, B, C 및 D는 두께 625㎜의 블록의 형태로 주조되었다.

[0090] 합금 블록 A 및 C는 다음과 같이 처리 되었다: 블록이 먼저 480℃에서 10 시간 동안 균질화되었다. 그 후, 블록은 540℃에서 4 시간 동안 용체화 처리되었고, 약 40℃/h로 공기 냉각되었다(2 시간에 걸쳐 540℃로부터 410℃로, 그 후, 9 시간에 걸쳐 410℃로부터 90℃로). 그 후, 블록은, 먼저 105℃에서 약 12 시간 동안, 그 후, 160℃에서 약 16 시간 동안, 템퍼링을 겪었다.

[0091] 합금 블록 B 및 D는 다음과 같이 처리되었다: 블록이 먼저 350℃에서 2 시간 동안 응력 완화를 겪었다. 540℃에서 4 시간 동안(블록 B) 또는 475℃에서 10 시간 동안(블록 D) 용체화 처리 후, 블록은 침지에 의해 80℃의 물로 냉각되었다. 그 후, 블록은 3%의 압축에 의한 응력 완화를 겪었다. 그 후, 합금 B 블록은 24 시간 동안 130℃(블록 B1) 또는 16 시간 동안 150℃(블록 B2)의 템퍼링을 겪었다. 한편, 합금 D 블록은 먼저 90℃에서 8 시간 내지 12 시간 동안, 그 후, 160℃에서 14 시간 내지 16 시간 동안 템퍼링 처리를 겪었다.

[0092] 방향 TL로 기계적 ¼ 두께에서 측정되어 얻어진 특성들이 표 2에 제시되어 있다.

표 2

[0093]

참조번호	템퍼링	R_m (MPa)	$R_{p0.2}$ (MPa)	A50 (%)	NSR
A	105℃에서 10h 내지 15h +160℃에서 16h 내지 17h	355	332	1.8	0.88
B1	T° 1 (130℃ /24h)	407	359	3	0.7
B2	T° 2 (150℃ /16h)	376	324	8	1.3
C	105℃에서 10h 내지 15h +160℃에서 16h 내지 17h	335	320	0.4	0.50
D	90℃에서 8h 내지 12h +160℃에서 14h 내지 16h	401	335	2	0.87

[0094] TL 방향으로 ¼ 두께에서 얻어진 기계적 특성들

[0095] 도 1은, “항복 강도에 대한 예리한 노치에서의 강도의 비율(Sharp-Notch Strength-to-Yield Strength Ratio)”이라고 칭해지고, 약어로 “NSR”이라고 알려져 있으며, 재료의 노치 강도의 감도를 특징화하기 위해 보편적으로 이용되는 비율과 항복 강도 $R_{p0.2}$ 사이에서 얻어진 절충을 도시한다. 그 명칭이 암시하듯이, 이 파라미터는 노치를 가진 시편에서 측정된 기계적 강도와 노치를 갖지 않는 시편에서 측정된 항복 강도의 비율이다. 이 파라미터의 이용에 대한 타당성 및 그것을 측정하기 위한 실험 규약은 표준 ASTM E602-03, 특히 섹션 9.2에 기술되어 있다.

[0096] 동일한 변환 조건 하에서, 이 발명에 따른 합금 A는, 합금 C에 비해, 항복 강도와 NSR 비율, 그리고 이에 따라 노치 강도의 동시적 향상을 제공한다. 얻어진 NSR 비율은

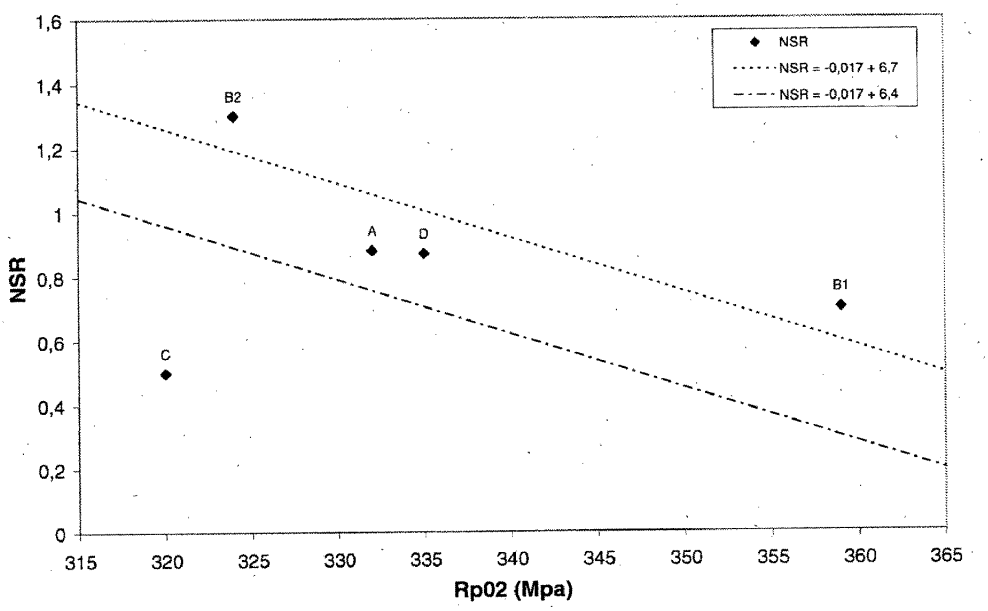
[0097] $- 0.017 * R_{p0.2} + 6.4$보다 더 크다.

[0098] 이 발명에 따른 합금의 양호한 변환 공정은 NSR 비율을 더 향상시킬 수 있다. 이 발명의 블록 B 합금은 $- 0.017 * R_{p0.2} + 6.7$보다 더 큰 NSR 비율을 달성하였다.

[0099] 이 비율은 유사한 변환 조건에서의 합금 D에서는 얻어지지 않는다.

도면

도면1


NSR
NSR = -0,017 + 6,7
NSR = -0,017 + 6,4
B2
A
D
B1
C
NSR
Rp02 (Mpa)
1,6
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
315
320
325
330
335
340
345
350
355
360
365