



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년02월06일
(11) 등록번호 10-2494375
(24) 등록일자 2023년01월27일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C21D 8/02 (2006.01) B21B 1/40 (2006.01)
B21B 3/00 (2006.01) C22C 1/02 (2006.01)
C22C 21/02 (2006.01) C22C 21/10 (2006.01)
C22C 21/16 (2006.01) C22F 1/053 (2006.01)
C22F 1/057 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C21D 8/0226 (2013.01)
B21B 1/40 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7025201
- (22) 출원일자(국제) 2020년12월18일
심사청구일자 2022년08월05일
- (85) 번역문제출일자 2022년07월20일
- (65) 공개번호 10-2022-0113812
- (43) 공개일자 2022년08월16일
- (86) 국제출원번호 PCT/IB2020/062215
- (87) 국제공개번호 WO 2021/130636
국제공개일자 2021년07월01일
- (30) 우선권주장
19219448.8 2019년12월23일
유럽특허청(EPO)(EP)
- (56) 선행기술조사문헌
US20180119261 A1
US20190136348 A1
WO2019238509 A1
WO2018206696 A1
- (73) 특허권자
노벨리스 코블렌츠 게엠베하
독일 코블렌츠 카를-스파에터-스트라쎬 10번지(우편번호 56070)
- (72) 발명자
마이어 필리프
독일 56070 코블렌츠 칼-슈패터-슈트라쎬 10
- (74) 대리인
양영준, 노대웅

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 최정식

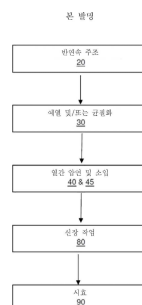
(54) 발명의 명칭 알루미늄 합금 압연 제품의 제조 방법

(57) 요약

다음 단계를 포함하는, 열처리 가능 알루미늄 합금의 알루미늄 합금 압연 제품 제조 방법이 본원에 기재된다: 열처리 가능 알루미늄 합금을 압연 잉곳으로 반연속 주조하는 단계; 압연 잉곳을 피크 금속 온도(PMT)로 균질화하는 단계, 이에 의해 상기 알루미늄 합금은 절대값으로 2 J/g 미만의 DSC 신호와 관련된 비에너지를 가짐; 압연

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



잉곳을 다중 열간 압연 단계에서 적어도 1 mm의 최종 압연 게이지를 갖는 열간 압연된 제품으로 열간 압연하는 단계, 이에 의해 최종 셋의 압연 단계 중 적어도 하나 동안 열간 압연된 제품은 PMT 아래인 50°C미만의 온도를 가짐; 최종 압연 게이지에서 열간 압연된 제품을 열간 압연기 출구 온도로부터 175°C아래로 소입하는 단계; 선택적으로 응력을 완화하는 단계; 및 소입되고 선택적으로 응력 완화된 열간 압연된 제품을 시효시키는 단계.

(52) CPC특허분류

C22C 1/026 (2013.01)

C22C 21/02 (2013.01)

C22C 21/10 (2013.01)

C22C 21/16 (2013.01)

C22F 1/053 (2013.01)

C22F 1/057 (2013.01)

B21B 2003/001 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

다음 단계를 포함하는, 적어도 1 mm의 두께를 갖는 열처리 가능 알루미늄 합금의 알루미늄 합금 압연 제품 제조 방법이며:

- (a) 열처리 가능 알루미늄 합금을 적어도 250 mm의 두께를 갖는 압연 잉곳으로 반연속 주조하는 단계;
- (b) 압연 잉곳을 피크 금속 온도(PMT)로 예열 및 균질화하는 단계, 이에 의해 이후 상기 알루미늄 합금은 절대 값으로 2 J/g 미만의 시차 주사 열량계법(DSC) 신호와 관련된 비에너지를 가짐;
- (c) 다중 열간 압연 단계에서 압연 잉곳을 적어도 1 mm의 최종 압연 게이지를 갖는 열간 압연된 제품으로 열간 압연하는 단계, 이에 의해 최종 셋의 압연 단계 중 적어도 하나 동안 열간 압연된 제품은 PMT - 50°C 내지 PMT 범위의 온도(°C)를 가짐;
- (d) 최종 압연 게이지에서 열간 압연된 제품을 열간 압연기 출구 온도로부터 175°C아래로 소입하는 단계;
- (e) 선택적으로, 최종 압연 게이지에서 소입되고 열간 압연된 제품을 응력 완화하는 단계; 및
- (f) 소입되고 선택적으로 응력 완화된 열간 압연된 제품을 시효시키는 단계,

상기 PMT는 균질화 사이클에서 적용된 최고 균열 온도이고,

상기 방법에는 단계 (c)의 최종 열간 압연 게이지로의 열간 압연 후에 그리고 단계 (f) 동안 임의의 시효시키는 단계 전에 임의의 소둔 또는 용체화 열처리가 없는 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서, 단계 (d) 동안 소입은 적어도 최종 열간 압연 단계와 인라인으로 수행되는 방법.

청구항 4

제1항 또는 제3항에 있어서, 알루미늄 합금은 2XXX-, 6XXX, 및 7XXX-시리즈 알루미늄 합금의 군으로부터 선택되는 방법.

청구항 5

제1항 또는 제3항에 있어서, 상기 알루미늄 합금이 절대값으로 1.0 J/g 미만의 DSC 신호와 관련된 비에너지를 갖는 방법.

청구항 6

제1항 또는 제3항에 있어서, 2XXX- 및 7XXX-시리즈 알루미늄 합금 제품의 경우 PMT는 주어진 알루미늄 합금의 초기 용융 온도보다 15°C미만으로 낮은 방법.

청구항 7

제1항 또는 제3항에 있어서, 열간 압연기 진입 온도는 알루미늄 합금의 PMT - 40°C 내지 PMT의 온도 범위인 방법.

청구항 8

제1항 또는 제3항에 있어서, 최종 압연 게이지에서 열간 압연된 제품의 열간 압연기 출구 온도는 알루미늄 합금

의 PMT - 40℃ 내지 PMT의 온도 범위인 방법.

청구항 9

제1항 또는 제3항에 있어서, 단계 (e) 동안 응력 완화는 원래 길이의 0.5% 내지 8%의 범위의 신장에 의한 것인 방법.

청구항 10

제1항 또는 제3항에 있어서, 최종 열간 압연 게이지에서 열간 압연된 제품은 5 mm 이상인 방법.

청구항 11

제1항 또는 제3항에 있어서, 단계 (c) 동안 압연 잉곳은 열간 압연 단계의 제1 시리즈에서 중간 열간 압연된 게이지로 열간 압연되고, 중간 가열 단계가 이어진 다음 열간 압연 단계의 제2 시리즈에서 적어도 1 mm의 최종 열간 압연된 게이지로 열간 압연되는 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 중간 가열 단계는 알루미늄 합금의 PMT - 40℃ 내지 PMT 범위의 온도까지인 방법.

청구항 13

제1항 또는 제3항에 있어서, 알루미늄 합금은 wt.%로 다음을 포함하는 조성을 갖는 2XXX-시리즈 알루미늄 합금인 방법:

- Cu 1.9% 내지 7%,
- Mg 0.3% 내지 2%,
- Mn 최대 1.2%,
- Si 최대 0.4%,
- Fe 최대 0.4%,
- Cr 최대 0.35%,
- Zn 최대 0.4%,
- Ti 최대 0.15%,
- Zr 최대 0.25%,
- V 최대 0.25%, 알루미늄인 잔부 및 불순물.

청구항 14

제1항 또는 제3항에 있어서, 알루미늄 합금은 wt.%로 다음을 포함하는 조성을 갖는 6XXX-시리즈 알루미늄 합금인 방법:

- Si 0.2% 내지 1.7%,
- Mg 0.1% 내지 1.5%,
- Fe 최대 0.5%,
- Cu 최대 1.0%,
- Mn 최대 1.0%,
- Cr 최대 0.3%,
- Ti 최대 0.15%,
- Zn 최대 1.0%, 알루미늄인 잔부 및 불순물.

청구항 15

제1항 또는 제3항에 있어서, 알루미늄 합금은 wt.%로 다음을 포함하는 조성을 갖는 7XXX-시리즈 알루미늄 합금인 방법:

Zn 4% 내지 9.8%,

Mg 1% 내지 3%,

Cu 최대 2.5%,

및 선택적으로 다음으로 이루어진 균으로부터 선택되는 하나 이상의 원소:

Zr 최대 0.3%, Cr 최대 0.3%, Mn 최대 0.45%, Ti 최대 0.15%, Sc 최대 0.5%, Ag 최대 0.5%,

Fe 최대 0.3%,

Si 최대 0.3%, 불순물 및 잔부 알루미늄.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 2019년 12월 23일에 출원되고 발명의 명칭이 "Method of Manufacturing an Aluminium Alloy Rolled Product"인 유럽 특허 출원 번호 19219448.8의 이익 및 우선권을 주장하며, 그 내용은 전체가 본원에 참조로 포함된다.

[0003] 분야

[0004] 열처리 가능 알루미늄 합금과 같은 알루미늄 합금 시트, 세이트 또는 플레이트 제품 제조 방법이 본원에 기재된다. 알루미늄 합금 시트, 세이트 또는 플레이트 제품은 다양한 응용 분야, 예를 들어, 툴링(tooling) 플레이트로서 또는 세이트 및 장갑(armour) 플레이트에서 사용될 수 있다.

배경 기술

[0005] 산업적 규모에서, 알루미늄 합금 압연 시트, 세이트 및 플레이트 제품, 특히 2XXX-, 6XXX- 및 7XXX-시리즈 알루미늄 합금의 열처리 가능 알루미늄 합금의 제조 공정 또는 방법은, 다음의 공정 단계를 그 순서대로 포함한다:

[0006] (i). 알루미늄 합금의 압연 잉곳의 주조, 바람직하게는 주조 전에 용융된 알루미늄의 탈기 및 여과 후;

[0007] (ii). 압연 잉곳 예열 및/또는 균질화;

[0008] (iii). 중간 압연 게이지 또는 최종 압연 게이지에서 잉곳을 압연 제품으로 열간 압연 및 권취하고 또는 길이에 맞게 절단(cut-to-length)하고 주위 온도로 냉각함;

[0009] (iv). 선택적으로 열간 압연된 제품을 최종 압연 게이지로 냉간 가공, 예를 들어, 냉간 압연;

[0010] (v). 아연, 마그네슘, 망간 및 구리와 같은 가용성 원소의 모든 또는 실질적으로 모든 부분을 가능한 한 많이 고용체로 만들기 위한 압연 제품의 용체화 열처리(solution heat treating, "SHT")를 위해 주위 온도로부터 표적 용체화 열처리 온도로 가열;

[0011] (vi). 알루미늄 합금의 2차 상의 제어되지 않은 석출을 방지하거나 최소화하기 위해, SHT 압연 제품을, 예를 들어 물 또는 다른 적합한 소입(quenching) 매체에서 침지 소입 또는 분무 소입 중 하나에 의해 175°C 이하의 온도, 바람직하게는 주위 온도로 빠르게 냉각; 추가로, 공기 및 공기 제트가 사용될 수 있음;

[0012] (vii). 선택적으로, 응력을 완화하고 제품 평탄도를 개선하기 위해 SHT 및 냉각된 제품을 신장 또는 압축; 및

[0013] (viii). 열처리 가능 알루미늄 합금 및 원하는 조건에 따라 예를 들어 T3, T4, T6, T7 또는 T8 조건으로 압연 제품을 시효, 즉, 자연 시효 또는 인공 시효 또는 이들의 조합.

[0014] 결과적인 압연 제품은 고품질이며, 항공우주 응용 분야뿐만 아니라 장갑 플레이트 및 툴링 플레이트로도 사용될

수 있다.

- [0015] 각 공정 단계는 고가의 하드웨어 및 지원 도구를 필요로 하며 알루미늄 합금 제품은 각 공정 단계 전후에 많은 처리를 필요로 하여 산업 환경에서 복잡한 물류 시스템을 유발한다.
- [0016] 대안의 알루미늄 플레이트 제품 제조 방법은 소위 주조 플레이트 사용에 의한 것이다. 이러한 주조 플레이트는 예를 들어 반도체 관련 장치 및 기계 부품 제조를 위한 틀링 플레이트로 적합하다. 이러한 방법은, 예를 들어 알루미늄 합금의 용융 단계, 주조 전에 용융된 알루미늄의 탈기 및 여과 단계, 슬라브를 생산하기 위한 주조 단계, 및 슬라브를 소정의 두께로 슬라이싱하기 위한 슬라이싱 단계, 및 바람직하게는 표면 평활화 공정 단계를 순서대로 포함한다. 상기 방법은 바람직하게는, 주조 단계 후 슬라이싱 단계 전에 수행되는 균질화를 위한 열처리 단계를 포함한다. 알루미늄 합금은 열간 압연과 같은 열 기계적 변형 공정을 거치지 않는다. 주조 플레이트의 단점은 응고 후 흔히 공정(eutectic) 형태인, 철, 망간, 구리, 아연, 마그네슘 및 규소와 같은 원소의 결정립계에서 결합 및 석출로 인한 불가피한 상이, 균질화 및 SHT와 같은 후속 가공 단계에서 완전히 용해될 수 없고 균열 개시를 위한 부위로 남아, 기계적 특성(예를 들어, 극한 인장 강도, 피로, 연신율, 인성 및 기타)을 낮추고, 또는 국부적 부식(예를 들어 점부식)의 개시체로서 남아 양극산화(anodization)와 같은 최종 처리에 또한 해로울 수 있다. 주조 합금에 존재하는 임의의 산화물 층도 원래 형상을 유지하므로 또한 기계적 특성이 저하된다. 실질적으로 주조된 그대로의 미세구조가 유지되고, 국부적 냉각 속도에 강하게 의존하기 때문에, 압연 플레이트 제품과 비교하여 테스트 위치의 함수로서 기계적 특성의 변동이 훨씬 더 많아, 주조 플레이트를 많은 중요한 엔지니어링 응용 분야에 적합하지 않게 만든다.
- [0017] 당해 분야의 기존 방법은 알루미늄 합금 압연 잉곳이 열간 압연 전에 야금학적 균질화 열처리를 필요로 한다는 개요를 보여준다. 균질화 온도와 열간 압연 온도 간의 차이는 합금에 따라 30°C 내지 150°C다. 따라서 잉곳은 균질화를 떠나는 것과 열간 압연의 시작 사이에 냉각되어야 한다. 잉곳에 대한 원하는 냉각 속도는 150°C/h 내지 500°C/h이다. 이들 방법은 알루미늄 합금에 따라 450°C 내지 600°C 온도에서 상기 잉곳의 야금학적 균질화 열처리 후 열간 압연 전에 250 내지 800 mm 두께, 1000 내지 2000 mm 너비 및 2000 내지 8000 mm 길이 치수의 알루미늄 합금 압연 잉곳을 냉각하는 것을 포함하고, 여기서 30°C 내지 150°C 값의 냉각은 150 내지 500 °C/h의 속도로 수행되고, 열 차이는 균질화 온도로부터 냉각된 전체 잉곳에 걸쳐 40°C 미만이다.

발명의 내용

- [0018] 요약
- [0019] 포함된 본 발명의 구체에는 이 요약이 아니라 청구범위에 의해 정의된다. 이 요약은 본 발명의 다양한 양태의 높은 수준의 개요이며 아래의 상세한 설명 섹션에서 추가로 설명된 개념의 일부를 소개한다. 이 요약은 청구된 발명 주제의 핵심 또는 필수 특징을 식별하도록 의도되는 것이 아니며, 청구된 발명 주제의 범위를 결정하기 위해 별도로 사용하도록 의도되는 것도 아니다. 발명 주제는 전체 명세서의 적절한 부분, 임의의 또는 모든 도면, 및 각각의 청구항을 참조하여 이해되어야 한다.
- [0020] 다음 단계를 포함하는, 적어도 1 mm의 두께를 갖는 열처리 가능 알루미늄 합금의 알루미늄 합금 압연 제품 제조 방법이 본원에 기재된다: 열처리 가능 알루미늄 합금을 적어도 250 mm의 두께를 갖는 압연 잉곳으로 반연속 주조하는 단계; 압연 잉곳을 피크 금속 온도(peak metal temperature, PMT)로 균질화하는 단계, 이에 의해 상기 알루미늄 합금은 절대값으로 2 J/g 미만의 DSC 신호와 관련된 비에너지를 가짐; 압연 잉곳을 다중 열간 압연 단계에서 적어도 1 mm의 최종 압연 게이지를 갖는 열간 압연된 제품으로 열간 압연하는 단계, 이에 의해 최종 셋의 압연 단계 중 적어도 하나 동안 열간 압연된 제품은 PMT 아래인 50°C 미만의 온도를 가짐; 최종 압연 게이지에서 열간 압연된 제품을 열간 압연기 출구 온도로부터 175°C 아래로 소입하는 단계; 선택적으로 최종 압연 게이지에서 소입되고 열간 압연된 제품의 응력을 완화하는 단계; 및 소입되고 선택적으로 응력 완화된 열간 압연된 제품을 시효시키는 단계.
- [0021] 본 발명의 다른 목적 및 장점은 비제한적인 실시예 및 도면의 다음의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 본 발명은 이제 첨부된 도면을 참조하여 설명될 것이며, 여기서 도 1은 종래 기술에 따른 방법의 개략적 표현이고, 도 2는 본 발명에 따른 방법의 개략적 표현이다.
 도 1은 예를 들어 7XXX-시리즈 알루미늄 합금의 플레이트 제품 제조를 위한, 종래 기술에 따른 방법의 개략적인

흐름도를 제공한다. 제1 단계(20)에서 7XXX-시리즈 알루미늄 합금의 압연 공급원료는 반연속 주조 또는 연속 주조 기술에 의해 주조된다. 압연 잉곳은 단계(30)에서, 바람직하게는 400℃내지 480℃범위의 온도에서 균질화 및/또는 예열된다. 압연 잉곳은 단계(40)에서 더 얇은 게이지로 열간 압연되고, 나가는 최종 열간 압연 스탠드는 (더 얇은 게이지 제품의 경우) 권취되고 주위 온도로 천천히 냉각되고 또는 더 두꺼운 게이지 제품의 경우 주위 온도로 천천히 냉각되고 길이에 맞게 절단되고, 선택적으로 단계(50)에서 최종 게이지로 추가로 냉간 압연되고 후속적으로 길이에 맞게 절단된다. 최종 게이지에서 압연 제품은 단계(60)에서 전형적으로 400℃내지 480℃범위의 온도에서 용체화 열처리되고 단계(70)에서 소입된다. 신장 작업(80)에서 제품은 응력 완화되고 제품 평탄도가 증가하며, 예를 들어 T7651 조건으로의 인공 시효에 의한 시효 작업(90)이 이어진다.

도 2는 예를 들어 7XXX-시리즈 알루미늄 합금의 플레이트 제품 제조를 위한, 본 발명에 따른 방법의 개략적인 흐름도를 제공한다. 제1 단계(20)에서 적어도 250 mm의 두께의 7XXX-시리즈 알루미늄 합금을 갖는 압연 공급원료는 반연속 주조에 의해, 바람직하게는 DC-주조에 의해 주조된다. 압연 잉곳은 단계(30)에서 균질화된다. 압연 잉곳은 단계(40)에서 적어도 1 mm의 최종 열간 압연된 게이지를 갖는 열간 압연된 제품으로 열간 압연되고, 열간 압연 스탠드를 나가면 단계(45)에서 175℃아래로, 바람직하게는 60℃아래로 소입된다. 열간 압연된 제품은 후속 소둔 또는 용체화 열처리를 거치지 않는다. 선택적으로, 신장 작업(80)에서 최종 열간 압연 게이지의 열간 압연된 제품은 응력 완화되고 제품 평탄도가 증가하며, 예를 들어 당업계에서 보통의 시효 관행을 사용하는 T7651 조건으로의 인공 시효에 의한 시효 작업(90)이 이어진다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 상세한 설명
- [0024] 아래에서 이해될 것과 같이, 달리 지시된 것을 제외하고, 알루미늄 합금 및 템퍼 지정은 2018년에 알루미늄 협회에 의해 발행된 알루미늄 표준 및 데이터 및 지정 기록의 알루미늄 협회 지정을 지칭하고, 이는 자주 갱신되고 당업자에게 잘 알려져 있다. 템퍼 지정은 유럽 표준 EN515에도 규정된다.
- [0025] 합금 조성 또는 바람직한 합금 조성의 임의의 설명에 대해, 백분율에 대한 모든 언급은 달리 명시되지 않는 한 중량 퍼센트이다.
- [0026] 본원에서 사용된 용어 "최대" 및 "최대 약"은 언급하는 특정 합금 성분의 중량 퍼센트가 0일 가능성을 명시적으로 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 예를 들어, 최대 0.1% Cu는 Cu를 갖지 않는 알루미늄 합금을 포함할 수 있다.
- [0027] 본원에서 사용된 바와 같이, "a," "an," 또는 "the"의 의미는 문맥에서 달리 명시하지 않는 한 단수 및 복수 언급을 포함한다.
- [0028] 본원에서 사용된 바와 같이, 플레이트는 일반적으로 약 15 mm 초과 두께를 갖는다. 예를 들어, 플레이트는 약 15 mm 초과, 약 20 mm 초과, 약 25 mm 초과, 약 30 mm 초과, 약 35 mm 초과, 약 40 mm 초과, 약 45 mm 초과, 약 50 mm 초과, 또는 약 100 mm 초과 두께를 갖는 알루미늄 제품을 지칭할 수 있다.
- [0029] 본원에서 사용된 바와 같이, 시트(시트 플레이트로도 지칭됨)는 일반적으로 약 4 mm 내지 약 15 mm의 두께를 갖는다. 예를 들어, 시트는 약 4 mm, 약 5 mm, 약 6 mm, 약 7 mm, 약 8 mm, 약 9 mm, 약 10 mm, 약 11 mm, 약 12 mm, 약 13 mm, 약 14 mm, 또는 약 15 mm의 두께를 가질 수 있다.
- [0030] 본원에서 사용된 바와 같이, 시트는 일반적으로 약 4 mm 미만의 두께를 갖는 알루미늄 제품을 지칭한다. 예를 들어, 시트는 약 4 mm 미만, 약 3 mm 미만, 약 2 mm 미만, 약 1 mm 미만, 약 0.5 mm 미만, 약 0.3 mm 미만, 또는 약 0.1 mm 미만의 두께를 가질 수 있다.
- [0031] 본원에 개시된 모든 범위는 그 안에 포함된 임의의 그리고 모든 하위범위를 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 예를 들어, "1 내지 10"의 명시된 범위는 1의 최소값과 10의 최대값 (이들 포함) 사이의 임의의 모든 하위범위; 즉 1 이상의 최소값으로 시작하고, 예를 들어, 1 내지 6.1, 10 이하의 최대값으로 끝나는, 예를 들어, 5.5 내지 10, 모든 하위범위를 포함하는 것으로 간주되어야 한다.
- [0032] 본원에서 사용된 "주위 온도"의 의미는 약 15 °C 내지 약 30 °C 예를 들어 약 15 °C 약 16 °C 약 17 °C 약 18 °C 약 19 °C 약 20 °C 약 21 °C 약 22 °C 약 23 °C 약 24 °C 약 25 °C 약 26 °C 약 27 °C 약 28 °C 약 29 °C 또는 약 30 °C 온도를 포함할 수 있다.
- [0033] 알루미늄 합금 압연 플레이트 제품 제조의 대안 방법이 본원에 기재된다. 이러한 목적 및 기타 목적 및 추가 장

점은 본원에 기재된 두께(예를 들어, 적어도 1 mm)를 갖는 열처리 가능 알루미늄 합금의 알루미늄 합금 압연 제품, 즉, 시트, 세이트, 또는 플레이트 제조 방법을 제공하는 본 발명에 의해 충족되거나 초과되고, 상기 방법은 순서대로 다음 단계를 포함한다:

- [0034] (a) 적어도 250 mm의 두께를 갖는 압연 잉곳을 반연속 주조하는 단계;
- [0035] (b) 피크 금속 온도("PMT")에서 압연 잉곳을 예열 및/또는 균질화하는 단계, 이에 의해 상기 예열 및/또는 균질화 후 상기 알루미늄 합금은 절대값으로 2 J/g 미만의 시차 주사 열량계법(DSC) 신호와 관련된 비에너지를 가짐;
- [0036] (c) 바람직하게는 다중 열간 압연 단계에서 압연 잉곳을 적어도 1 mm의 최종 압연 게이지를 갖는 열간 압연된 제품으로 열간 압연하는 단계, 이에 의해 최종 셋의 압연 단계 또는 압연 패스 중 적어도 하나 동안 열간 압연된 제품은 PMT보다 50°C미만 아래의 온도를 가짐;
- [0037] (d) 최종 열간 압연 게이지에서 열간 압연된 제품을 열간 압연기 출구 온도로부터 175°C아래로, 바람직하게는 100°C아래로, 가장 바람직하게는 60°C아래로 소입하는 단계;
- [0038] (e) 선택적으로, 최종 열간 압연 게이지에서 소입되고 열간 압연된 제품의 응력을 완화하는 단계; 및
- [0039] (f) 소입되고 선택적으로 응력 완화된 열간 압연된 제품을 시효, 즉, 자연 시효 또는 인공 시효시키는 단계.
- [0040] 본원에 기재된 방법은 단계 (c)의 최종 압연 게이지에 대한 열간 압연 작업 후 단계 (f) 동안의 임의의 시효 단계 전에 임의의 소둔 또는 용체화 열처리가 없거나 전혀 없다.
- [0041] 본원에 기재된 방법은 알루미늄 합금이 대상 알루미늄 합금의 용체화 열처리에 일반적으로 사용되는 온도 범위인 동안 열간 압연 공정의 전체 또는 적어도 상당한 부분이 수행되고 그 결과 최종 열간 압연 단계 후 열간 압연기를 떠날 때 소입이 이어지도록, 비교적 높은 열간 압연기 진입 온도 및 비교적 높은 열간 압연기 출구 온도를 사용한다. 이는 압연 공정 후 그 다음의 별도의 용체화 열처리에 대한 요구를 피하여, 더욱 시간 효율적이고 용체화 열처리로의 용량을 필요로 하지 않기 때문에 본원에 기재된 공정을 더 경제적으로 만든다. 생성된 알루미늄 합금 시트, 세이트 또는 플레이트 제품은 당업계에서 일반적인 방법에 필요한 일부 처리 단계, 특히 소둔 또는 용체화 열처리를 피함으로써 상당한 비용 이점을 제공하면서, 당업계에서 일반적인 방법을 사용하여 제조된 것과 매우 유사하거나 미미하게 낮은 바람직한 엔지니어링 특성의 세트를 제공한다.
- [0042] 알루미늄 합금은 반연속 주조 기술, 예를 들어, 직접 냉각 (DC)-주조, 전자기 주조 (EMC)-주조, 및 전자기 교반 (EMS)-주조에 의해 압연 제품으로 제작하기 위한 잉곳 또는 슬라브로서 제공된다. 바람직한 구체예에서, 반연속 주조는 압연 잉곳을 DC-주조하는 것에 의한 것이다. 반연속 주조 압연 잉곳은 적어도 250 mm, 바람직하게는 약 350 mm 이상의 두께를 갖는다. 최대 두께는 약 800 mm 및 바람직하게는 약 600 mm이다. 더 얇은 게이지 연속 주조 잉곳(예를 들어 최대 약 40 mm)을 사용하는 것과 비교하여 적어도 250 mm의 두꺼운 게이지 반연속 주조 압연 잉곳으로부터의 시작은 압연 제품의 더 높은 변형 정도 및 예를 들어 구성 입자의 분쇄를 야기하고, 이는 최종 템퍼로 시효될 때 더 높은 강도 및 더 우수한 손상 내성 특성을 유발한다. 더 높은 변형 정도는 또한 탈기 및 여과 작업 후 여전히 존재할 수 있는 경우, 주조된 그대로의 구조에서 임의의 산화물을 유리하게 분쇄하고 크기를 상당히 감소시킨다. 티타늄 및 붕소, 또는 티타늄 및 탄소를 포함하는 것과 같은 입자 미세화제가 또한 당업계에 공지된 바와 같이 사용될 수 있다. 알루미늄 합금 중의 Ti-함량은 최대 0.15%, 예를 들어 0.01% 내지 0.1% 범위이다. 선택적으로, 특히 고 합금화 2XXX- 및 7XXX-시리즈 알루미늄 합금을 갖는, 반연속 주조 압연 잉곳은, 예를 들어 약 275°C내지 450°C 예를 들어 약 300°C내지 400°C범위의 온도에서, 최대 약 24 시간, 예를 들어, 10 내지 20 시간 동안 유지하고, 바람직하게는 이어서 주위 온도로 느리게 냉각하여 응력 완화된다. 압연 잉곳의 반연속 주조 후, 압연 잉곳은 일반적으로 잉곳의 주조된 그대로의 표면 근처의 편석 영역을 제거하고 압연 잉곳 평탄도 및 표면 품질을 개선하기 위해 스킨핑된다.
- [0043] 균질화 열처리의 목적은 적어도: (i) 응고 동안 형성되는 조대 용해성 상을 가능한 한 많이 용해시키고, (ii) 용해 단계를 용이하게 하기 위해 국부적 농도 구배(미세 편석)을 감소시키는 것이다. 예열 처리는 이러한 목적 중 일부를 달성한다. 바람직하게는 본원에 기재된 방법에서, 압연 잉곳은 제조 공정의 후속 단계를 단순화시키고 특히 열간 압연 후 용체화 열처리의 요건을 극복할 수 있는 조건에서 적어도 균질화된다.
- [0044] 일반적으로, 예열은 압연 잉곳을 설정 온도로 가열하고 이 온도에서 설정 시간 동안 균열(soaking)하고 대략 그 온도에서 열간 압연의 시작이 이어지는 것을 지칭한다. 균질화는 압연 잉곳에 적용되는 하나 이상의 균열 단계가 있는, 가열, 균열 및 냉각 사이클을 지칭하고, 여기서 균질화 후의 최종 온도는 주위 온도이다. 균질화 사이

클에서 적용된 최고 온도에서의 균열은 피크 금속 온도("PMT")로 지칭된다. 그 후 균질화된 잉곳은 열간 압연기 진입 온도로도 지칭되는 시작 열간 압연 온도로 재가열 또는 예열된다.

- [0045] 당업계에 공지된 바와 같이, 균질화는 초기 용융을 피하기 위해 온도를 증가시키는 한 단계 또는 여러 단계에서 수행될 수 있다. 이는 구조된 그대로의 조건에 존재하는 상이 점진적으로 용해되도록 하여, 나머지 상의 초기 용융의 온도를 증가시켜 달성된다. 균질화 사이클이 서로 상이하고 증가하는 온도에서 둘 이상의 균열 단계 또는 스테이지에 적용되는 경우, PMT는 해당 사이클에서 사용되는 최고 온도에서의 균열 단계를 지칭한다. 예를 들어, 전형적인 7xxx-시리즈 합금에 대한 2-단계 균질화 공정에서, 정확한 또는 주어진 알루미늄 합금 조성에 따라 다양한 상의 용해 과정을 최적화하기 위해 약 455°C 내지 470°C 예를 들어 약 469°C서 제1 단계, 및 약 470°C 내지 485°C 예를 들어 약 475°C서 제2 단계가 있다. 이 예에서, 약 475°C 온도가 피크 금속 온도이다.
- [0046] 바람직한 구체예에서, 또한 둘 이상의 균열 단계의, 균질화 사이클에서, PMT로부터 열간 압연 진입 온도까지의 점진적인 냉각 이외에는 PMT보다 더 낮은 온도에서의 균열에 의해 열간 압연 전에 PMT에 이어지지 않고, 이 압연 진입 온도는 가능한 한 PMT와 가깝게 유지된다. 이는 불리한 석출물의 형성을 피하기 위한 것이다.
- [0047] 균질화 온도(들)에서의 균열 시간은 약 1 내지 50 시간, 예를 들어 약 2 내지 35 시간 범위이다. 선택적으로, 균질화 온도에서의 균열 시간은 2 내지 45 시간, 3 내지 40 시간, 4 내지 35 시간, 5 내지 30 시간, 6 내지 25 시간, 또는 10 내지 20 시간이다. 적용될 수 있는 가열 속도는 당업자에 의해 결정되는 것이다.
- [0048] 열간 압연된 제품이 열간 압연 공정 이후의 어떤 단계에서도 후속적인 용체화 열처리를 받지 않기 때문에 원하는 기계적 특성의 세트를 얻도록 보장하기 위해, 피크 금속 온도(PMT)에서 알루미늄 합금의 경화에 기여하는 가용성 원소 및 상, 예를 들어 아연, 마그네슘, 구리, 규소, 망간 및 리튬과 같은 원소의 모든 또는 실질적으로 모든 부분을 가능한 한 많이 고용체로 만드는 것이 본원에 기재된 방법의 중요한 특징이다. PMT는 사용되는 알루미늄 합금의 용융을 피하면서 가능한 한 높아야 한다. 2XXX- 및 7XXX-시리즈 알루미늄 합금의 경우, 이는 PMT 온도가 바람직하게는 대상 알루미늄 합금의 초기 용융 온도보다 15°C 미만, 더욱 바람직하게는 10°C 미만 아래이고, 가장 바람직하게는 대상 알루미늄 합금의 초기 용융 온도보다 7.5°C 아래여야 함을 의미한다. 균질화 단계를 위한 PMT는 알루미늄 합금 의존적이며 2XXX-시리즈 알루미늄 합금의 경우 전형적으로 약 430°C 내지 505°C 범위, 바람직하게는 약 470°C 내지 500°C 범위; 6XXX-시리즈 알루미늄 합금의 경우 전형적으로 약 480°C 내지 580°C 범위, 바람직하게는 약 500°C 내지 560°C 범위; 7XXX-시리즈 알루미늄 합금의 경우 전형적으로 약 430°C 내지 490°C 범위, 바람직하게는 약 470°C 내지 485°C 범위이다.
- [0049] 균질화의 품질은 일반적으로 시차 주사 열량계법("DSC")과 같은 기술에 의해 검증된다. 예열 및/또는 균질화 후 및 열간 압연 작업 전에 대상 또는 주어진 알루미늄 합금에 대해 상의 잔류 용융 피크가 절대값으로 2 J/g 아래여야 함이 밝혀졌다. 바람직한 구체예에서 이는 1.0 J/g 아래, 더욱 바람직하게는 0.5 J/g 아래, 가장 바람직하게는 0.2 J/g 아래이다. 이는 일반적으로 당업계에서 합금 원소가 가장 풍부한 압연 잉곳의 위치로부터 채취한 샘플에서 측정된다. 반면속 주조 작업으로 인한 합금 원소의 거시적 편석의 결과로서, 샘플은 압연 잉곳의 3분의 1 두께 및 4분의 1 너비 위치에서 채취되어야 한다. 바람직한 측정 장치는 실온으로부터 DSC 장치에서 약 45 mg 무게의 시편의 최종 용융까지 20°C분의 가열 속도를 사용하는 TA Instruments 910 DSC(TA Instruments; New Castle, DE)이다. 측정은 50°C 내지 600°C 온도 범위에서 수행되고 A199.995가 기준 물질로서 사용된다. 샘플 챔버는 300 ml/분의 유량으로 아르곤 가스로 테스트하는 동안 연속으로 퍼지된다.
- [0050] 본원에 기재된 방법의 또 다른 중요한 특징은 압연 잉곳이 다중 열간 압연 단계 또는 열간 압연 패스에서 적어도 1 mm의 최종 압연 게이지를 갖는 열간 압연된 제품으로 압연되고, 이에 의해 압연 온도가 최종 셋의 압연 단계 또는 열간 압연 패스 중 적어도 하나 동안 열간 압연된 제품이 균질화 단계 동안 적용된 PMT보다 약 50°C 미만 아래인 온도를 갖도록 제어되는 열간 압연 공정이다. 한 구체예에서, 최종 셋의 압연 단계 중 적어도 하나 동안 열간 압연된 제품은 PMT보다 약 5°C 내지 50°C 범위 아래, 더욱 바람직하게는 PMT보다 약 5°C 내지 40°C 범위 아래의 온도를 갖는다. 예를 들어, 열간 압연된 제품은 PMT보다 약 5°C 약 10°C 약 15°C 약 20°C 약 25°C 약 30°C 약 35°C 약 40°C 약 45°C 아래, 또는 그 사이의 온도를 갖는다. 열간 압연 공정의 바람직한 구체예에서, 열간 압연된 제품은 열간 압연기를 떠나거나 나갈 때 최종 압연 단계 또는 압연 패스 동안 이 온도 범위의 온도를 갖는다. 높은 열간 압연 출구 온도는 열간 압연 작업에 이어서 최종 열간 압연 스탠드를 나갈 때 소입 단계가 이어지는 동안 모든 또는 실질적으로 모든 합금 원소가 고용체로 남아 있도록 보장한다.
- [0051] 한 구체예에서 열간 압연기 진입 온도는 균질화 단계 동안 적용되는 PMT보다 약 40°C 미만 아래, 바람직하게는 대상 또는 주어진 알루미늄 합금의 PMT보다 약 5°C 내지 40°C 범위 아래, 바람직하게는 대상 또는 주어진 알루미늄 합금의 PMT보다 약 5°C 내지 30°C 범위 아래의 온도 범위이다. 예를 들어, 열간 압연기 진입 온도는 PMT보다

약 5℃ 약 10℃ 약 15℃ 약 20℃ 약 25℃ 약 30℃ 약 35℃ 약 40℃아래, 또는 그 사이일 수 있다.

- [0052] 제1 열간 압연 작업에서 열간 압연된 제품의 최종 게이지에 따라, 가열된 압연 잉곳은 공급원료의 두께를 약 15 mm 이상의 게이지 범위로 감소시키는 역할을 하는 가역 또는 비가역 압연기 스탠드를 사용하여 하나 이상의 패스에서 분괴 열간 압연을 거친다. 다음으로 분괴 열간 압연 후, 공급원료는 1 mm 내지 15 mm 범위, 예를 들어 약 3 mm 또는 약 10 mm의 최종 게이지로의 하나 이상의 패스에서 열간 마무리 압연을 위한 압연기에 공급될 수 있다. 열간 마무리 압연 작업은 예를 들어 가역 압연기 또는 연속 압연기를 사용하여 수행될 수 있다.
- [0053] 본 발명의 한 구체예에서, 알루미늄 합금은 균질화 단계 동안 적용된 PMT보다 약 40℃미만 아래의 온도 범위의 열간 압연기 진입 온도를 사용하여, 본원에 기재된 바람직한 범위로, 최종 열간 압연 게이지로 열간 압연되고, 이에 의해 압연 온도는 최종 셋의 압연 단계 또는 열간 압연 패스 중 적어도 하나 동안 열간 압연된 제품이 균질화 단계 동안 적용된 PMT보다 약 50℃미만 아래의 온도를 갖도록, 본원에 기재된 바람직한 범위로 제어된다.
- [0054] 본 발명의 한 구체예에서 알루미늄 합금은 열간 압연 단계의 제1 시리즈에서 중간 열간 압연된 게이지로 열간 압연되고, 중간 가열 단계가 이어진 다음 열간 압연 단계의 제2 시리즈에서 최종 열간 압연된 게이지로 열간 압연된다. 바람직하게는 중간 열간 압연된 게이지에서 압연 제품은 취급의 용이성을 위해 그리고 조질 석출물의 형성을 피하기 위해 약 150℃아래, 바람직하게는 100℃아래로 빠르게 냉각 또는 소입된다. 다음으로 압연 제품은 알루미늄 합금의 경화에 기여하는 가용성 원소 또는 상의 모든 또는 실질적으로 모든 부분이 가능한 한 많이 고용체로 되돌아가도록 보장하기 위해 균질화 단계 동안 적용된 PMT보다 약 40℃미만 아래의 범위, 바람직하게는 대상 또는 주어진 알루미늄 합금의 PMT보다 약 5℃내지 40℃범위 아래, 바람직하게는 대상 알루미늄 합금의 PMT보다 약 5℃내지 30℃범위 아래의 온도로, 본원에 기재된 바람직한 범위로 재가열되고, 최종 열간 압연된 게이지로의 열간 압연 단계의 제2 시리즈가 이어진다.
- [0055] 본 발명의 또 다른 구체예에서 알루미늄 합금은 열간 압연 단계의 제1 시리즈에서 중간 열간 압연된 게이지로 열간 압연되고, 중간 가열 단계가 이어진 다음 열간 압연 단계의 제2 시리즈에서 최종 열간 압연된 게이지로 열간 압연된다. 바람직하게는 중간 열간 압연된 게이지에서 압연 제품은 온도 손실을 최소화하기 위해, 일반적으로 PMT보다 약 150℃이상 아래로 떨어지는 것을 피하기 위해, 바람직하게는 PMT보다 약 100℃이상 아래로 떨어지는 것을 피하기 위해 가능한 한 빠르게 중간 재가열된다. 다음으로 압연 제품은 알루미늄 합금의 경화에 기여하는 가용성 원소 또는 상의 모든 또는 실질적으로 모든 부분이 가능한 한 많이 고용체로 되돌아가도록 보장하기 위해 균질화 단계 동안 적용된 PMT보다 약 40℃미만 아래의 범위, 바람직하게는 대상 또는 주어진 알루미늄 합금의 PMT보다 약 5℃내지 40℃범위 아래, 바람직하게는 대상 알루미늄 합금의 PMT보다 약 5℃내지 30℃범위 아래의 온도로, 본원에 기재된 바람직한 범위로 재가열되고, 최종 열간 압연된 게이지로의 열간 압연 단계의 제2 시리즈가 이어진다.
- [0056] 방법의 또 다른 구체예에서 알루미늄 합금은 열간 압연 단계의 제1 시리즈에서 중간 열간 압연된 게이지로 열간 압연되고 이에 의해 열간 압연 진입 온도는 대상 알루미늄 합금에 대해 당업자에게 공지된 바와 같고 이는 본원에 기재된 방법에 대한 바람직한 열간 압연기 진입 온도보다 일반적으로 더 낮다. 중간 열간 압연된 게이지에서, 압연 소재는 알루미늄 합금의 경화에 기여하는 가용성 원소 또는 상의 모든 또는 실질적으로 모든 부분이 가능한 한 많이 고용체로 되돌아가도록 보장하기 위해 균질화 단계 동안 적용된 PMT보다 약 40℃미만 아래의 범위, 바람직하게는 대상 알루미늄 합금의 PMT보다 약 5℃내지 40℃범위 아래, 바람직하게는 대상 또는 주어진 알루미늄 합금의 PMT보다 약 5℃내지 30℃범위 아래의 온도로, 본원에 기재된 바람직한 범위로 재가열되고, 최종 열간 압연된 게이지로의 열간 압연 단계의 제2 시리즈가 이어진다.
- [0057] 한 구체예에서, 알루미늄 합금 제품은 공정 단계 (c)에서 다중 열간 압연 단계 또는 열간 압연 패스에서 열간 압연기에서 적어도 1.0 mm의 최종 압연 게이지를 갖는 열간 압연된 제품으로 열간 압연되었다. 바람직한 구체예에서 최종 압연 게이지는 적어도 1.5 mm, 더욱 바람직하게는 적어도 3 mm이다. 추가의 구체예에서 최종 압연 게이지는 적어도 5 mm, 바람직하게는 적어도 15 mm, 더욱 바람직하게는 적어도 25.4 mm(1.0 인치)이다.
- [0058] 한 구체예에서, 알루미늄 합금 제품은 공정 단계 (c)에서 다중 열간 압연 단계 또는 열간 압연 패스에서 열간 압연기에서 최대 254 mm(10.0 인치)의 최종 압연 게이지를 갖는 열간 압연된 제품으로 열간 압연되었다. 한 구체예에서 최종 압연 게이지는 최대 203.2 mm(8.0 인치)이다. 한 구체예에서 최종 압연 게이지는 최대 152.4 mm(6.0 인치), 바람직하게는 최대 101.6 mm(4.0 인치)이다.
- [0059] 한 구체예에서, 알루미늄 합금 제품은 공정 단계 (c)에서 다중 열간 압연 단계 또는 열간 압연 패스에서 열간 압연기에서 into 5.0 mm 내지 12 mm, 바람직하게는 5.0 mm 내지 10 mm 범위의 최종 압연 게이지를 갖는 열간 압

연된 세이트 제품으로 열간 압연되었다.

- [0060] 소입 단계 (d)에서, 알루미늄 합금 압연 제품은 액체(예를 들어, 물, 오일, 또는 물-오일 에멀전) 및/또는 기체(예를 들어, 공기) 또는 또 다른 선택된 소입 매체로 소입된다. 단계 (d) 동안 소입 작업의 한 구체예에서 소입 속도는 적어도 열간 압연기 출구 온도로부터 약 175°C이하, 바람직하게는 약 100°C이하 아래의 온도 범위에 대해, 적어도 약 10°C초 내지 약 600°C초, 바람직하게는 적어도 약 20°C초 내지 약 500°C초이다. 예를 들어, 소입은 약 30°C초, 약 40°C초, 약 50°C초, 약 70°C초, 약 80°C초, 약 90°C초, 약 100°C초, 약 200°C초, 약 300°C초, 약 400°C초, 약 500°C초, 약 600°C초의 속도, 또는 그 사이의 속도로 수행될 수 있다. 본원에 기재된 한 구체예에서, 소입 작업은 알루미늄 합금 열간 압연된 제품을 열간 압연기 출구 온도로부터 약 60°C이하의 온도, 또는 예를 들어 약 30°C또는 약 25°C또는 약 20°C 대략 주위 온도로 감소시키는 것이다.
- [0061] 본 발명의 바람직한 구체예에서 단계 (d) 동안의 소입 작업은 열간 압연 작업과 인라인(in-line)으로, 더욱 바람직하게는 적어도 셋의 열간 압연 단계 또는 열간 압연 패스와 인라인으로 수행된다.
- [0062] 소입 작업 후 냉각된 압연 제품은 더 얇은 게이지 압연 제품(전형적으로 10 mm 미만의 게이지를 가짐)의 경우 권취되거나 더 두꺼운 게이지 제품의 경우(일반적으로 10 mm 초과와 게이지를 가짐, 더욱 일반적으로 15 mm 초과와 게이지를 가짐, 가장 일반적으로 25.4 mm 초과와 게이지를 가짐) 길이에 맞게 절단될 수 있다.
- [0063] 한 구체예에서, 특히 2XXX 및 7XXX-시리즈 알루미늄 합금의 경우, 최종 압연 게이지에서 열간 압연되고 소입된 압연 스톱이 응력 완화될 수 있다. 응력 완화는 냉간 압연, 신장, 교정(levelling) 또는 압축에 의해 수행될 수 있다.
- [0064] 한 구체예에서 단계 (e) 동안 응력 완화 및 제품 평탄도 개선은 바람직하게는 주위 온도에서, 냉간 압연 작업 전에 원래 두께의 5% 미만의 냉간 압하율을 적용함으로써 냉간 압연에 의해 수행된다. 바람직하게는 냉간 압하율은 원래 두께의 3% 미만, 더욱 바람직하게는 1% 미만이다. 본 발명에 따른 방법에서 이 목적을 위한 것 이외에 추가의 냉간 압연 단계 또는 냉간 압연 작업이 알루미늄 합금 압연 제품에 수행되지 않는다.
- [0065] 또 다른 구체예에서 단계 (e) 동안 응력 완화는 그 안의 잔류 응력을 완화시키고 압연 제품의 평탄도를 개선하기 위해 원래 길이의 약 0.1% 내지 5% 범위의 교정에 의해 수행된다. 바람직하게는 교정은 약 0.1% 내지 2%, 더욱 바람직하게는 약 0.1% 내지 1.5%의 범위이다. 바람직하게는 교정 작업이 주위 온도에서 수행된다.
- [0066] 바람직한 구체예에서 단계 (e) 동안 응력 완화는 그 안의 잔류 응력을 완화시키고 압연 제품의 평탄도를 개선하기 위해 원래 길이의 약 0.5% 내지 8% 범위의 신장에 의해 수행된다. 바람직하게는 신장은 약 0.5% 내지 6%, 더욱 바람직하게는 약 1% 내지 3%의 범위이다. 바람직하게는 신장 작업은 주위 온도에서 수행된다.
- [0067] 공정 단계 (f)에서 알루미늄 합금 압연 제품은 특히 사용되는 열처리 가능 알루미늄 합금 및 최종 기계적 특성을 달성하기 위해 원하는 조건에 따라 T3, T4, T6, T7 또는 T8 템퍼로 시효, 즉, 자연 시효 또는 인공 시효 또는 이들의 조합으로 시효된다.
- [0068] 한 구체예에서 다음 공정 단계에서, 예를 들어 원하는 구조적 형상 또는 최종 근접 구조적 형상(near-net structural shape)이 이후 시효된 플레이트 제품 또는 섹션으로부터 기계가공될 수 있다.
- [0069] 알루미늄 합금이 2XXX-시리즈 알루미늄 합금인 구체예에서 최종 기계적 특성을 달성하기 위한 원하는 템퍼로의 시효는 T3, T4, T6, 및 T8의 군으로부터 선택된다. T6 및 T8 템퍼에 대한 인공 시효 단계는 바람직하게는 130°C 내지 210°C범위의 온도에서 4 내지 30 시간 범위의 균열 시간 동안 적어도 하나의 시효 단계를 포함한다.
- [0070] 바람직한 구체예에서 최종 기계적 특성을 달성하기 위한 원하는 템퍼로의 2XXX-시리즈 알루미늄 합금의 시효는 T3 템퍼, 더욱 바람직하게는 T351, T37 또는 T39 템퍼로의 자연 시효이다.
- [0071] 바람직한 구체예에서 최종 기계적 특성을 달성하기 위한 원하는 템퍼로의 2XXX-시리즈 알루미늄 합금의 시효는 T6 템퍼로의 시효이다.
- [0072] 바람직한 구체예에서 최종 기계적 특성을 달성하기 위한 원하는 템퍼로의 2XXX-시리즈 알루미늄 합금의 시효는 T8 템퍼, 더욱 바람직하게는 T851, T87 또는 T89 템퍼로의 시효이다.
- [0073] 알루미늄 합금이 6XXX-시리즈 알루미늄 합금인 구체예에서 최종 기계적 특성을 달성하기 위한 원하는 템퍼로의 시효는 T4 및 T6의 군으로부터 선택된다.
- [0074] 알루미늄 합금이 7XXX-시리즈 알루미늄 합금인 구체예에서 최종 기계적 특성을 달성하기 위한 원하는 템퍼로의

시효는 T4, T5, T6, 및 T7의 군으로부터 선택된다. 시효 단계는 바람직하게는 120℃ 내지 210℃ 범위의 온도에서 4 내지 30 시간 범위의 균열 시간 동안 적어도 하나의 시효 단계를 포함한다.

- [0075] 한 구체예에서 최종 기계적 특성을 달성하기 위한 원하는 템퍼로의 7XXX-시리즈 알루미늄 합금의 시효는 T6 템퍼로의 시효이다.
- [0076] 바람직한 구체예에서 최종 기계적 특성을 달성하기 위한 원하는 템퍼로의 7XXX-시리즈 알루미늄 합금의 시효는 T7 템퍼, 더욱 바람직하게는 T73, T74, T76, T77 또는 T79 템퍼로의 시효이다.
- [0077] 압연 제품으로의 제작을 위한 열간 압연 잉곳 또는 슬라브는 양면 또는 한 면에 클래딩이 제공될 수 있고 이 복합체는 이후 본원에 기재된 방법에 따라 가공된다. 특히, 이러한 클래딩은 2XXX-시리즈 알루미늄 합금, 예를 들어 2X24-시리즈의 합금 가공 시 유용하다. 이러한 클래드 또는 복합체 제품은 열처리 가능 알루미늄 합금의 코어 및 부식이 코어를 보호하는 일반적으로 더 고순도의 합금의 클래딩을 이용한다. 클래딩은 본질적으로 비합금화된 알루미늄 또는 0.1% 또는 1% 이하의 모든 다른 원소를 포함하는 알루미늄을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 본원에서 1xxx-타입 시리즈로 지정된 알루미늄 합금은 1000-타입, 1100-타입, 1200-타입 및 1300-타입의 하위 클래스를 포함하여 모든 알루미늄 협회(Aluminium Association, AA) 합금을 포함한다. 따라서, 코어상의 클래딩은 1060, 1045, 1100, 1200, 1230, 1135, 1235, 1435, 1145, 1345, 1250, 1350, 1170, 1175, 1180, 1185, 1285, 1188, 1199, 또는 7072와 같은 다양한 알루미늄 협회 합금으로부터 선택될 수 있다. 또한, 특히 2XXX-시리즈 코어 합금의 경우, AA7XXX-시리즈 합금, 예컨대 아연 함유 (0.8% 내지 1.3%) 7072가 클래딩 역할을 할 수 있고, AA6XXX-시리즈 합금, 예컨대 일반적으로 1% 초과 합금 첨가물을 함유하는 6003 또는 6253이 클래딩 역할을 할 수 있다. 다른 합금이 특히 코어 합금에 충분한 전체 부식 보호를 제공하는 한 클래딩으로서 또한 유용할 수 있다. 클래드 층 또는 층들은 일반적으로 코어보다 훨씬 더 얇고, 각각 전체 복합체 두께의 약 1% 내지 15% 또는 20% 또는 가능하게는 25%를 구성한다. 클래딩 층은 더 일반적으로 전체 복합체 두께의 약 1% 내지 12%를 구성한다.
- [0078] 본 발명에 따른 방법은 열처리 가능 알루미늄 합금, 특히 2XXX, 6XXX 및 7XXX-시리즈 알루미늄 합금의 셰이트 또는 플레이트 제품의 생산을 위해 사용된다.
- [0079] 한 구체예에서 2XXX-시리즈 합금은 wt.%로 다음을 포함하는 조성을 갖는 알루미늄 합금이다:
- [0080] Cu 1.9% 내지 7%, 바람직하게는 3.0% 내지 6.8%, 더욱 바람직하게는 3.2% 내지 4.95%,
- [0081] Mg 0.3% 내지 2%, 바람직하게는 0.8% 내지 1.8%,
- [0082] Mn 최대 1.2%, 바람직하게는 0.2% 내지 1.2%, 더욱 바람직하게는 0.2 to 0.9%,
- [0083] Si 최대 0.4%, 바람직하게는 최대 0.25%,
- [0084] Fe 최대 0.4%, 바람직하게는 최대 0.25%,
- [0085] Cr 최대 0.35%, 바람직하게는 최대 0.20%,
- [0086] Zn 최대 0.4%,
- [0087] Ti 최대 0.15%, 바람직하게는 0.01% 내지 0.1%,
- [0088] Zr 최대 0.25, 바람직하게는 최대 0.12%,
- [0089] V 최대 0.25%,
- [0090] 알루미늄인 잔부 및 불순물. 전형적으로, 이러한 불순물은 각각 <0.05%, 총 <0.15% 존재한다.
- [0091] 바람직한 구체예에서 2XXX-시리즈 알루미늄 합금은 AA2X24-시리즈 알루미늄 합금으로부터의 것이고, 여기서 X는 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 또는 8과 같다. 특히 바람직한 알루미늄 합금은 AA2024, AA2524, 및 AA2624의 범위 이내이다.
- [0092] 선택적으로, 알루미늄 합금은 다음 알루미늄 합금 지정 중 하나에 따른 2XXX-시리즈 알루미늄 합금일 수 있다: AA2001, A2002, AA2004, AA2005, AA2006, AA2007, AA2007A, AA2007B, AA2008, AA2009, AA2010, AA2011, AA2011A, AA2111, AA2111A, AA2111B, AA2012, AA2013, AA2014, AA2014A, AA2214, AA2015, AA2016, AA2017, AA2017A, AA2117, AA2018, AA2218, AA2618, AA2618A, AA2219, AA2319, AA2419, AA2519, AA2021, AA2022, AA2023, AA2025, AA2026, AA2027, AA2028, AA2028A, AA2028B, AA2028C, AA2029, AA2030, AA2031, AA2032,

AA2034, AA2036, AA2037, AA2038, AA2039, AA2139, AA2040, AA2041, AA2044, AA2045, AA2050, AA2055, AA2056, AA2060, AA2065, AA2070, AA2076, AA2090, AA2091, AA2094, AA2095, AA2195, AA2295, AA2196, AA2296, AA2097, AA2197, AA2297, AA2397, AA2098, AA2198, AA2099, 또는 AA2199.

[0093] 한 구체예에서 6XXX-시리즈 합금은 wt.%로 다음을 포함하는 조성을 갖는 알루미늄 합금이다:

[0094] Si 0.2% 내지 1.7% 바람직하게는 0.5% 내지 1.5%,

[0095] Mg 0.1% 내지 1.5%, 바람직하게는 0.15% 내지 1.2%, 가장 바람직하게는 0.15% 내지 0.9%,

[0096] Fe 최대 0.5%, 바람직하게는 최대 0.25%,

[0097] Cu 최대 1.0%, 바람직하게는 최대 0.6%, 가장 바람직하게는 최대 0.2%,

[0098] Mn 최대 1.0%,

[0099] Cr 최대 0.3%, 바람직하게는 최대 0.25%,

[0100] Ti 최대 0.15%, 바람직하게는 0.005% 내지 0.1%,

[0101] Zn 최대 1.0%, 바람직하게는 최대 0.5%, 가장 바람직하게는 최대 0.3%,

[0102] 알루미늄인 잔부 및 불순물. 전형적으로, 이러한 불순물은 각각 <0.05%, 총 <0.15% 존재한다.

[0103] 한 구체예에서 6XXX-시리즈 알루미늄 합금은 6011, 6016, 6056, 6061, 6063, 및 6082, 및 이들의 근조성(near-compositional) 변형의 군으로부터 선택된다.

[0104] 선택적으로, 알루미늄 합금은 다음 알루미늄 합금 지정 중 하나에 따른 6XXX 시리즈 알루미늄 합금일 수 있다:

AA6101, AA6101A, AA6101B, AA6201, AA6201A, AA6401, AA6501, AA6002, AA6003, AA6103, AA6005, AA6005A, AA6005B, AA6005C, AA6105, AA6205, AA6305, AA6006, AA6106, AA6206, AA6306, AA6008, AA6009, AA6010, AA6110, AA6110A, AA6011, AA6111, AA6012, AA6012A, AA6013, AA6113, AA6014, AA6015, AA6016, AA6016A, AA6116, AA6018, AA6019, AA6020, AA6021, AA6022, AA6023, AA6024, AA6025, AA6026, AA6027, AA6028, AA6031, AA6032, AA6033, AA6040, AA6041, AA6042, AA6043, AA6151, AA6351, AA6351A, AA6451, AA6951, AA6053, AA6055, AA6056, AA6156, AA6060, AA6160, AA6260, AA6360, AA6460, AA6460B, AA6560, AA6660, AA6061, AA6061A, AA6261, AA6361, AA6162, AA6262, AA6262A, AA6063, AA6063A, AA6463, AA6463A, AA6763, A6963, AA6064, AA6064A, AA6065, AA6066, AA6068, AA6069, AA6070, AA6081, AA6181, AA6181A, AA6082, AA6082A, AA6182, AA6091, 또는 AA6092.

[0105] 한 구체예에서 방법은 반도체 관련 장치를 제조하기 위한 6XXX-시리즈 알루미늄 합금 틀링 세이트 또는 플레이트 제품, 특히 알루미늄 합금 플레이트로부터 얻어지는 진공실 요소를 제조하는 것이다. 진공실 요소는 진공실 구조의 제작을 위한 요소 및 진공실 본체, 밸브 본체, 플랜지, 연결 요소, 밀봉 요소, 확산기 및 전극과 같은 진공실의 내부 구성요소이다. 이들은 특히 알루미늄 합금 플레이트의 기계가공 및 표면 처리, 즉 양극산화에 의해 얻어진다.

[0106] 한 구체예에서 7xxx-시리즈 알루미늄 합금은 wt.%로 다음을 포함하는 조성을 갖는다:

[0107] Zn 4% 내지 9.8%, 바람직하게는 5.5% 내지 8.7%,

[0108] Mg 1% 내지 3%,

[0109] Cu 최대 2.5%, 바람직하게는 1% 내지 2.5%,

[0110] 및 선택적으로 다음으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상의 원소:

[0111] Zr 최대 0.3%,

[0112] Cr 최대 0.3%,

[0113] Mn 최대 0.45%,

[0114] Ti 최대 0.15%, 바람직하게는 최대 0.1%,

[0115] Sc 최대 0.5%,

- [0116] Ag 최대 0.5%,
- [0117] Fe 최대 0.3%, 바람직하게는 최대 0.15%,
- [0118] Si 최대 0.3%, 바람직하게는 최대 0.15%,
- [0119] 불순물 및 잔부 알루미늄. 전형적으로, 이러한 불순물은 각각 <0.05% 및 총 <0.15% 존재한다.
- [0120] 선택적으로, 알루미늄 합금은 다음 알루미늄 합금 지정 중 하나에 따른 7XXX 시리즈 알루미늄 합금일 수 있다: AA7019, AA7020, AA7021, AA7085, AA7108, AA7108A, AA7015, AA7017, AA7018, AA7030, AA7033, AA7046, AA7046A, AA7003, AA7009, AA7010, AA7012, AA7016, AA7116, AA7122, AA7023, AA7026, AA7029, AA7129, AA7229, AA7032, AA7033, AA7036, AA7136, AA7040, AA7140, AA7041, AA7049, AA7049A, AA7149, AA7249, AA7349, AA7449, AA7050, AA7050A, AA7150, AA7250, AA7055, AA7155, AA7255, AA7056, AA7060, AA7064, AA7065, AA7068, AA7168, AA7075, AA7175, AA7475, AA7278A, AA7081, AA7181, AA7185, AA7090, AA7099, 또는 AA7199.
- [0121] 본 발명의 한 구체예에서 방법은 알루미늄 합금 틀링 세이트 또는 플레이트 제품 또는 비행공우주 건설 세이트 또는 플레이트를 제조하는 것이다.
- [0122] 본 발명의 한 구체예에서 방법은 알루미늄 합금 장갑 플레이트 제품, 특히 지뢰 폭발 내성을 제공하는 장갑차의 하부 구조의 일부로서, 장갑차의 문, 장갑차의 엔진 후드 또는 프런트 펜더, 포탑을 제조하는 것이다. 알루미늄 합금 장갑 플레이트 제품은 바람직하게는 7XXX-시리즈 합금으로부터의 것이며, 이는 AA7020, AA7449, AA7050, AA7056, AA7081, AA7181, AA7085, AA7185, 및 이들의 근조성 변형의 균으로부터 선택된 7XXX-시리즈 알루미늄 합금을 포함할 것이다.
- [0123] **실시예**
- [0124] 반연속 DC-주조의 산업적 규모에서 440 mm 두께 및 1740 mm 너비의 알루미늄 합금 압연 잉곳이 주조된다.
- [0125] 알루미늄 합금은 6.55% Zn, 2.37% Mg, 2.15% Cu, 0.10% Zr, 0.10% Fe, 및 0.07%Si, 잔부 불가피한 불순물 및 알루미늄으로 구성된다.
- [0126] 주조 잉곳은 약 12 시간 동안 350°C서 균열에 의해 응력 완화되었고 주위 온도로의 냉각이 이어졌다.
- [0127] 주조된 그대로의 응력 완화된 샘플에 대한 DSC 측정은 TA Instruments 910 DSC 장비에서 시편이 최종 용융될 때까지 실온으로부터 20°C분의 표준 가열 속도로 수행되었다. 이 측정은 전체 19.5 J/g로 482°C서 18.7 J/g의 용융 공정상의 피크, 488°C서 0.3 J/g의 용융 S 상의 피크, 및 542°C서 0.5 J/g의 용융 Mg₂Si 상의 피크를 나타냈다.
- [0128] 본원에 기재된 방법에 따르면, 압연 잉곳은 약 35°C시간의 평균 가열 속도로 470°C지 가열하고, 470°C서 12 시간 균열이 이어지고, 그 다음 약 35°C시간으로 475°C지 가열하고, 475°C서 25 시간 균열이 이어지고, 주위 온도로 냉각함으로써 균질화되었다. 475°C서의 균열은 이러한 2 단계 균질화 사이클에서 적용된 최고 온도이며 이 사이클에서 최고 온도를 갖는 최종 단계이기도 하다; 따라서 475°C 피크 금속 온도(PMT)이다.
- [0129] 균질화된 물질의 DSC 측정은 잉곳의 3분의 1-두께 및 4분의 1-너비에서 채취하고, 위에서 언급한 균질화 사이클을 거치고, 물 소입된 30x30x10 mm의 샘플에서 수행되었고, 이로부터 45 mg의 DSC 시편이 취해지고, TA Instruments 910 DSC 장비에서 아르곤 분위기하에 시편이 최종 용융될 때까지 실온으로부터 20°C분의 표준 가열 속도를 겪는다. 이는 매우 우수한 균질화된 알루미늄 합금 잉곳을 제공하고 본 발명에 따른 방법에서 사용하기에 매우 적합한 0.5 J/g의 잔류 상의 전체 용융의 피크를 야기했다.
- [0130] 이후 균질화된 압연 잉곳은 첫 번째 열간 압연 스탠드로 빠르게 이송되고 그 다음 다중 압연 단계에서 70 mm 최종 두께의 플레이트로 열간 압연된 다음 최종 열간 압연 단계를 나가면 약 60°C지 에멀전을 사용한 물 소입을 거친다. 열간 압연 시작 온도는 약 470°C고 열간 압연 출구 온도는 약 450°C다.
- [0131] 알루미늄 합금 플레이트 제품은 인공 시효 처리를 거치고 기계적 특성에 대해 테스트된다.
- [0132] **예시**
- [0133] 예시 1은 다음 단계를 포함하는, 적어도 1 mm의 두께를 갖는 열처리 가능 알루미늄 합금의 알루미늄 합금 압연 제품 제조 방법이다: (a) 열처리 가능 알루미늄 합금을 적어도 250 mm의 두께를 갖는 압연 잉곳으로 반연속 주

조하는 단계; (b) 압연 잉곳을 피크 금속 온도(PMT)로 예열 및/또는 균질화하는 단계, 이에 의해 상기 알루미늄 합금은 절대값으로 2 J/g 미만의 시차 주사 열량계법(DSC) 신호와 관련된 비에너지를 가짐; (c) 압연 잉곳을 다중 열간 압연 단계에서 적어도 1 mm의 최종 압연 게이지를 갖는 열간 압연된 제품으로 열간 압연하는 단계, 이에 의해 최종 셋의 압연 단계 중 적어도 하나 동안 열간 압연된 제품은 PMT보다 50℃미만 아래의 온도(℃)를 가짐; (d) 최종 압연 게이지에서 열간 압연된 제품을 열간 압연기 출구 온도로부터 175℃아래로 소입하는 단계; (e) 선택적으로 최종 압연 게이지에서 소입되고 열간 압연된 제품을 응력 완화하는 단계; 및 (f) 소입되고 선택적으로 응력 완화된 열간 압연된 제품을 시효시키는 단계.

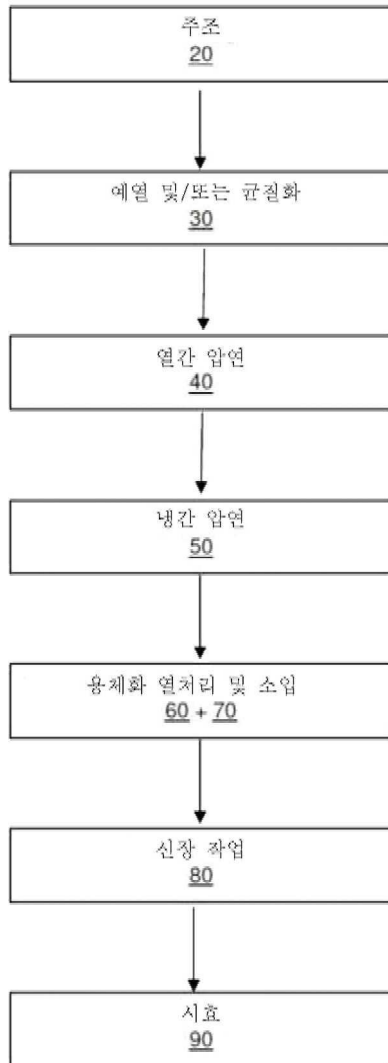
- [0134] 예시 2는 상기 방법에 단계 (c)의 최종 열간 압연 게이지로의 열간 압연 후 임의의 용체화 열처리가 없는 임의의 선행 또는 후속 예시에 따른 방법이다.
- [0135] 예시 3은 단계 (d) 동안 소입이 적어도 최종 열간 압연 단계와 인라인으로 수행되는 임의의 선행 또는 후속 예시에 따른 방법이다.
- [0136] 예시 4는 알루미늄 합금이 2XXX-, 6XXX, 및 7XXX-시리즈 알루미늄 합금의 군으로부터 선택되는 임의의 선행 또는 후속 예시에 따른 방법이다.
- [0137] 예시 5는 상기 알루미늄 합금이 절대값으로 1.0 J/g 미만, 바람직하게는 절대값으로 0.5 J/g 미만의 DSC 신호와 관련된 비에너지를 갖는 임의의 선행 또는 후속 예시에 따른 방법이다.
- [0138] 예시 6은 2XXX- 및 7XXX-시리즈 알루미늄 합금 제품의 경우 PMT가 주어진 알루미늄 합금의 초기 용융 온도보다 15℃미만, 바람직하게는 10℃미만 아래의 임의의 선행 또는 후속 예시에 따른 방법이다.
- [0139] 예시 7은 열간 압연기 진입 온도가 알루미늄 합금의 PMT보다 40℃미만 아래, 바람직하게는 알루미늄 합금의 고상선 온도보다 30℃미만 아래의 온도 범위인 임의의 선행 또는 후속 예시에 따른 방법이다.
- [0140] 예시 8은 최종 압연 게이지에서 열간 압연된 제품의 열간 압연기 출구 온도가 알루미늄 합금의 PMT보다 40℃미만 아래의 온도 범위, 바람직하게는 알루미늄 합금의 PMT보다 30℃미만 아래의 범위인 임의의 선행 또는 후속 예시에 따른 방법이다.
- [0141] 예시 9는 단계 (e) 동안 응력 완화가 원래 길이의 약 0.5% 내지 8%의 범위, 바람직하게는 원래 길이의 약 0.5% 내지 6%의 범위의 신장에 의한 것인 임의의 선행 또는 후속 예시에 따른 방법이다.
- [0142] 예시 10은 최종 열간 압연 게이지에서 열간 압연된 제품이 5 mm 이상, 바람직하게는 10 mm 이상, 및 더욱 바람직하게는 25.4 mm 이상인 임의의 선행 또는 후속 예시에 따른 방법이다.
- [0143] 예시 11은 단계 (c) 동안 압연 잉곳이 열간 압연 단계의 제1 시리즈에서 중간 열간 압연된 게이지로 열간 압연되고, 중간 가열 단계가 이어진 다음 열간 압연 단계의 제2 시리즈에서 적어도 1 mm의 최종 열간 압연된 게이지로 열간 압연되는 임의의 선행 또는 후속 예시에 따른 방법이다.
- [0144] 예시 12는 중간 가열 단계가 알루미늄 합금의 PMT보다 40℃미만 아래, 바람직하게는 알루미늄 합금의 PMT보다 30℃미만 아래의 범위인 온도까지인 임의의 선행 또는 후속 예시에 따른 방법이다.
- [0145] 예시 13은 알루미늄 합금이 wt.%로 다음을 포함하는 조성을 갖는 2XXX-시리즈 알루미늄 합금인 임의의 선행 또는 후속 예시에 따른 방법이다:
- [0146] Cu 1.9% 내지 7%, 바람직하게는 3.0% 내지 6.8%,
- [0147] Mg 0.3% 내지 2%,
- [0148] Mn 최대 1.2%,
- [0149] Si 최대 0.4%,
- [0150] Fe 최대 0.4%,
- [0151] Cr 최대 0.35%,
- [0152] Zn 최대 0.4%,
- [0153] Ti 최대 0.15%,
- [0154] Zr 최대 0.25%,

- [0155] V 최대 0.25%, 알루미늄인 잔부 및 불순물.
- [0156] 예시 14는 알루미늄 합금이 wt.%로 다음을 포함하는 조성을 갖는 6XXX-시리즈 알루미늄 합금인 임의의 선행 또는 후속 예시에 따른 방법이다:
- [0157] Si 0.2% 내지 1.7%, 바람직하게는 0.5% 내지 1.5%,
- [0158] Mg 0.1% 내지 1.5%, 바람직하게는 0.15% 내지 1.2%,
- [0159] Fe 최대 0.5%,
- [0160] Cu 최대 1.0%, 바람직하게는 최대 0.6%,
- [0161] Mn 최대 1.0%,
- [0162] Cr 최대 0.3%,
- [0163] Ti 최대 0.15%,
- [0164] Zn 최대 1.0%, 알루미늄인 잔부 및 불순물.
- [0165] 예시 15는 알루미늄 합금이 wt.%로 다음을 포함하는 조성을 갖는 7XXX-시리즈 알루미늄 합금인 임의의 선행 또는 후속 예시에 따른 방법이다:
- [0166] Zn 4% 내지 9.8%, 바람직하게는 5.5% 내지 8.7%,
- [0167] Mg 1% 내지 3%,
- [0168] Cu 최대 2.5%, 바람직하게는 1% 내지 2.5%,
- [0169] 및 선택적으로 다음으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상의 원소:
- [0170] Zr 최대 0.3%, Cr 최대 0.3%, Mn 최대 0.45%, Ti 최대 0.15%, Sc 최대 0.5%, Ag 최대 0.5%,
- [0171] Fe 최대 0.3%,
- [0172] Si 최대 0.3%, 불순물 및 잔부 알루미늄.
- [0173] 상기 인용된 모든 특허, 간행물, 및 초록은 그 전체가 본원에 참조로 포함된다. 본 발명의 다양한 목적을 달성하기 위해 본 발명의 다양한 구체예가 설명되었다. 이들 구체예는 단지 본 발명의 원리를 예시하는 것임을 인식해야 한다. 다음의 청구범위에 정의된 바와 같이 본 발명의 사상 및 범위에서 벗어나지 않고 많은 수정 및 개조가 당업자에게 쉽게 명백할 것이다.

도면

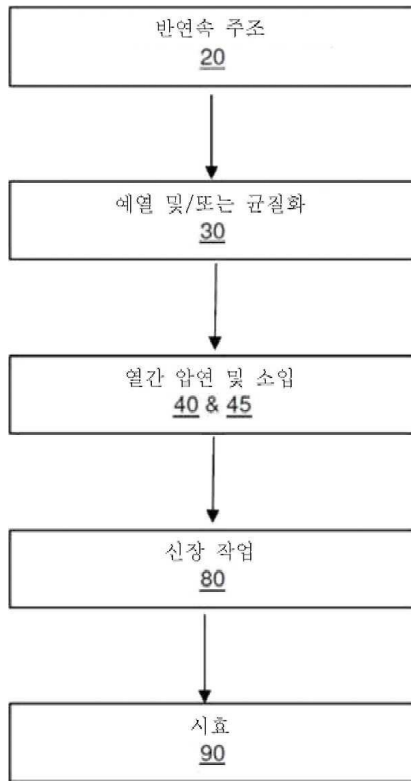
도면1

종래 기술



도면2

본 발명



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 9

【변경전】

제1항 또는 제3항에 있어서, 단계 (e) 동안 응력 완화는 원래 길이의 약 0.5% 내지 8%의 범위의 신장에 의한 것인 방법.

【변경후】

제1항 또는 제3항에 있어서, 단계 (e) 동안 응력 완화는 원래 길이의 0.5% 내지 8%의 범위의 신장에 의한 것인 방법.