(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0011686
(43) 공개일자 2025년01월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 21/08 (2006.01) *C22C 1/02* (2006.01)
C22F 1/047 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 21/08 (2013.01)
C22C 1/026 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7042513
(22) 출원일자(국제) 2023년05월22일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년12월23일
(86) 국제출원번호 PCT/US2023/023056
(87) 국제공개번호 WO 2023/229968
국제공개일자 2023년11월30일
(30) 우선권주장
63/344,968 2022년05월23일 미국(US)

(71) 출원인
아르코닉 테크놀로지스 엘엘씨
미국 펜실베니아 15212, 피츠버그, 이사벨라 스트리트 201
(72) 발명자
쿠베나 케리 에이
미국 펜실베니아주 17543 리티츠 릿지 로드 16
존커 해리
미국 펜실베니아주 15238 피츠버그 헤더게이트 드라이브 717
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 44 항

(54) 발명의 명칭 **신규 스크랩 기반 알루미늄 합금 제품**

(57) 요 약

신규 알루미늄 합금이 개시된다. 신규 알루미늄 합금은 1.05 내지 1.55 중량%의 Si, 0.85 내지 2.10 중량%의 Mg, 0.15 내지 0.75 중량%의 Cu, 0.20 내지 0.90 중량%의 Fe, 0.5 내지 1.5 중량%의 Mn, 0.01 내지 0.15 중량%의 Ti, 최대 0.4 중량%의 Zn, 최대 0.25 중량%의 Cr, Zr, 및 V 중 어느 하나, 그리고 최대 0.05 중량%의 Ni을 포함하고, 나머지는 알루미늄, 부수적 원소, 및 불순물이다. 신규 알루미늄 합금은 적어도 부분적으로는 UBC 또는 브레이징 스크랩과 같은 스크랩 재료에서 유래될 수 있다. 신규 알루미늄 합금은 H-템퍼 시트 제품으로 가공될 수 있다. 새로운 알루미늄 합금은 강도, 연신율, 내식성 중 적어도 두 가지 이상의 향상된 조합을 구현할 수 있다.

(52) CPC특허분류
C22F 1/047 (2013.01)
(72) 발명자
왕 웨이
미국 펜실베니아주 16801 스테이트 콜리지 그웬드 레인 2206
야나르 카가테이
미국 펜실베니아주 15238 피츠버그 해로우 로드 202

명 세 서

청구범위

청구항 1

알루미늄 합금 시트 제품으로서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은:

1.05 내지 1.55 중량%의 Si;

0.85 내지 2.10 중량%의 Mg;

0.15 내지 0.75 중량%의 Cu;

0.20 내지 0.90 중량%의 Fe;

0.5 내지 1.5 중량%의 Mn;

0.01 내지 0.15 중량%의 Ti;

최대 0.4 중량%의 Zn;

최대 0.25 중량%의 Cr, Zr, 및 V 중 어느 하나; 및

최대 0.05 중량%의 Ni를 포함하고,

나머지는 알루미늄, 부수적 원소, 및 불순물을 포함하되,

상기 알루미늄 합금 시트 제품은 0.4 내지 4 mm의 두께를 갖고,

상기 알루미늄 합금 시트는 다음:

(i) 50 부피% 이하의 재결정화된 결정립;

(ii) 적어도 0.5%의 Mg_2Si 면적 백분율;

(iii) 평방 마이크로미터당 적어도 0.5개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적;

(iv) 적어도 0.5%의 구성 면적 백분율; 및

(v) 평방 마이크로미터당 적어도 0.5개 입자의 평균 구성 입자 면적 중 적어도 하나를 구현하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 1.10 중량%의 Si, 또는 적어도 1.15 중량%의 Si를 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 1.45 중량% 이하의 Si, 또는 1.40 중량% 이하의 Si를 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 0.90 중량%의 Mg, 또는 적어도 0.95 중량%의 Mg을 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 2.05 중량% 이하의 Mg, 또는 2.00 중량% 이하의 Mg, 또는 1.95 중량% 이하의 Mg, 또는 1.90 중량% 이하의 Mg을 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 0.20 중량%의 Cu, 또는 적어도 0.25 중량%의 Cu, 또는 적어도 0.30 중량%의 Cu를 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 0.70 중량% 이하의 Cu, 또는 0.65 중량% 이하의 Cu, 또는 0.60 중량% 이하의 Cu를 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 0.25 중량%의 Fe, 또는 적어도 0.30 중량%의 Fe를 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 0.85 중량% 이하의 Fe, 또는 0.80 중량% 이하의 Fe, 또는 0.75 중량% 이하의 Fe를 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 0.55 중량%의 Mn, 또는 적어도 0.60 중량%의 Mn, 또는 적어도 0.65 중량%의 Mn, 또는 적어도 0.70 중량%의 Mn, 또는 적어도 0.75 중량%의 Mn, 또는 적어도 0.80 중량%의 Mn, 또는 적어도 0.85 중량%의 Mn, 또는 적어도 0.90 중량%의 Mn, 또는 적어도 0.95 중량%의 Mn, 또는 적어도 1.0 중량%의 Mn을 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 1.45 중량% 이하의 Mn, 또는 1.40 중량% 이하의 Mn, 또는 1.35 중량% 이하의 Mn, 또는 1.30 중량% 이하의 Mn, 또는 1.25 중량% 이하의 Mn, 또는 1.20 중량% 이하의 Mn을 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 0.12 중량% 이하의 Ti, 또는 0.10 중량% 이하의 Ti를 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 0.02 중량%의 Ti, 또는 적어도 0.05 중량%의 Ti를 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 0.35 중량% 이하의 Zn, 또는 0.30 중량% 이하의 Zn, 또는 0.25 중량% 이하의 Zn, 또는 0.20 중량% 이하의 Zn을 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 15

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 0.01 중량%의 Zn을 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 16

제1항 내지 제15항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 0.15 중량% 이하의 Zr, 또는 0.10 중량% 이하의 Zr, 또는 0.08 중량% 이하의 Zr, 또는 0.05 중량% 이하의 Zr, 또는 0.03 중량% 이하의 Zr을 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 17

제1항 내지 제16항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 0.01 중량%의 Zr을 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 18

제1항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 0.15 중량% 이하의 V, 또는 0.10 중량% 이하의 V, 또는 0.08 중량% 이하의 V, 또는 0.05 중량% 이하의 V, 또는 0.03 중량% 이하의 V를 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 19

제1항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 0.01 중량%의 V를 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 20

제1항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 0.18 중량% 이하의 Cr, 또는 0.15 중량% 이하의 Cr, 또는 0.12 중량% 이하의 Cr, 또는 0.10 중량% 이하의 Cr, 또는 0.08 중량% 이하의 Cr, 또는 0.05 중량% 이하의 Cr, 또는 0.03 중량% 이하의 Cr을 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 21

제1항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 0.01 중량%의 Cr을 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 22

제1항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 0.03 중량% 이하의 Ni, 또는 0.01 중량% 이하의 Ni을 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 23

제1항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 45 부피% 이하의 재결정화된 결정립, 또는 40 부피% 이하의 재결정화된 결정립, 또는 35 부피% 이하의 재결정화된 결정립, 또는 30 부피% 이하의 재결정화된 결정립, 또는 25 부피% 이하의 재결정화된 결정립, 또는 20 부피% 이하의 재결정된 결정립, 또는 15 부피% 이하의 재결정된 결정립을 구현하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 24

제1항 내지 제23항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 0.6%, 또는 적어도 0.7%, 또는 적어도 0.8%, 또는 적어도 0.9%, 또는 적어도 1.0%, 또는 적어도 1.1%, 또는 적어도 1.2%의 Mg_2Si 면적 백분율을 구현하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 25

제1항 내지 제24항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 평방 마이크로미터당 적어도 0.75개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 1.0개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 1.25개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 1.5개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 1.75개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 2.0개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 2.25개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 2.5개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 2.75개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 3.0개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 3.25개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 3.5개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적을 구현하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 26

제1항 내지 제25항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 0.75%, 또는 적어도 1.0%,

또는 적어도 1.25%, 또는 적어도 1.5%, 또는 적어도 1.75%, 또는 적어도 2.0%, 또는 적어도 2.25%, 또는 적어도 2.50%, 또는 적어도 2.75%의 구성 면적 백분율을 구현하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 27

제1항 내지 제26항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 평방 마이크로미터당 적어도 0.75개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 1.0개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 1.25개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 1.5개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 1.75개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 2.0개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 2.25개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 2.5개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 2.75개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 3.0개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 3.25개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 3.5개 입자, 또는 평방 마이크로미터당 적어도 3.75개 입자의 평균 구성 입자 면적을 구현하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 28

제1항 내지 제27항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은, (i) 50 부피% 이하의 재결정화된 결정립; (ii) 적어도 0.5%의 Mg_2Si 면적 백분율; (iii) 평방 마이크로미터당 적어도 0.5개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적; (iv) 적어도 0.5%의 구성 면적 백분율; 및 (v) 평방 마이크로미터당 적어도 0.5개 입자의 평균 구성 입자 면적 중 적어도 두 개를 구현하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 29

제1항 내지 제28항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은, (i) 50 부피% 이하의 재결정화된 결정립; (ii) 적어도 0.5%의 Mg_2Si 면적 백분율; (iii) 평방 마이크로미터당 적어도 0.5개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적; (iv) 적어도 0.5%의 구성 면적 백분율; 및 (v) 평방 마이크로미터당 적어도 0.5개 입자의 평균 구성 입자 면적 중 적어도 세 개를 구현하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 30

제1항 내지 제29항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은, (i) 50 부피% 이하의 재결정화된 결정립; (ii) 적어도 0.5%의 Mg_2Si 면적 백분율; (iii) 평방 마이크로미터당 적어도 0.5개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적; (iv) 적어도 0.5%의 구성 면적 백분율; 및 (v) 평방 마이크로미터당 적어도 0.5개 입자의 평균 구성 입자 면적 중 적어도 네 개를 구현하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 31

제1항 내지 제30항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은, (i) 50 부피% 이하의 재결정화된 결정립; (ii) 적어도 0.5%의 Mg_2Si 면적 백분율; (iii) 평방 마이크로미터당 적어도 0.5개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적; (iv) 적어도 0.5%의 구성 면적 백분율; 및 (v) 평방 마이크로미터당 적어도 0.5개 입자의 평균 구성 입자 면적 중 모두를 구현하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 32

제1항 내지 제31항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 35 ksi, 또는 적어도 36 ksi, 또는 적어도 37 ksi, 또는 적어도 38 ksi, 또는 적어도 39 ksi, 또는 적어도 40 ksi의 길이 방향(L) 인장 항복 강도를 구현하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 33

제1항 내지 제32항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 3.0%, 또는 적어도 3.5%, 또는 적어도 4.0%, 또는 적어도 4.5%, 또는 적어도 5.0%의 길이 방향(L) 연신율을 구현하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 34

제1항 내지 제33항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 시트 제품은 동등한 게이지의 종래 AA3004 시

트 제품과 비교하여 적어도 동등한 ASTM G85 내식성을 구현하는, 알루미늄 합금 시트 제품.

청구항 35

알루미늄 합금 시트 제품을 만드는 방법으로서, 상기 방법은:

(a) 알루미늄 기반 스크랩으로부터 알루미늄 합금 잉곳을 생성하는 단계(상기 생성하는 단계는:

(i) 제1 알루미늄 스크랩 재료를 다른 알루미늄 물질과 혼합하여 타겟 잉곳 조성을 달성하는 단계로서, 상기 다른 알루미늄 물질은 (A) 제2 알루미늄 스크랩 재료와 (B) 일차 알루미늄 중 적어도 하나인, 단계;

(ii) 상기 혼합 단계 전 또는 후에, 상기 제1 알루미늄 스크랩 재료와 상기 다른 알루미늄 물질을 가열하여 용융 알루미늄 합금을 생성하는 단계; 및

(iii) 상기 용융 알루미늄 합금을 상기 알루미늄 합금 잉곳으로 주조하는 단계를 포함하되, 상기 알루미늄 합금 잉곳은 상기 타겟 잉곳 조성을 달성하고, 상기 타겟 잉곳 조성은:

1.05 내지 1.55 중량%의 Si;

0.85 내지 2.10 중량%의 Mg;

0.15 내지 0.75 중량%의 Cu;

0.20 내지 0.90 중량%의 Fe;

0.5 내지 1.5 중량%의 Mn;

0.01 내지 0.15 중량%의 Ti;

최대 0.4 중량%의 Zn;

최대 0.25 중량%의 Cr, Zr, 및 V 중 어느 하나; 및

최대 0.05 중량%의 Ni를 포함하고,

나머지는 알루미늄, 부수적 원소, 및 불순물을 포함함); 및

(b) 상기 알루미늄 합금 잉곳을 0.4 내지 4.0 mm 두께의 H-템퍼 시트 제품으로 가공하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 36

제35항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 잉곳을 H-템퍼 시트 제품으로 가공하는 단계는, 최종 게이지로 냉간 압연 후 부분적으로 어닐링하여 H2 템퍼를 달성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 37

제35항 또는 제36항에 있어서, 상기 제1 알루미늄 스크랩 재료는 브레이징 스크랩, 사용한 음료 캔(UBC) 스크랩, 및 이들의 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택되는, 방법.

청구항 38

제37항에 있어서, 상기 다른 알루미늄 물질은 일차 알루미늄인, 방법.

청구항 39

제37항에 있어서, 상기 다른 알루미늄 물질은 제2 알루미늄 스크랩 재료인, 방법.

청구항 40

제39항에 있어서, 상기 제2 알루미늄 스크랩 재료는 3xxx, 4xxx, 5xxx, 또는 6xxx 알루미늄 합금 스크랩 중 적어도 하나를 포함하는, 방법.

청구항 41

제39항에 있어서, 상기 제2 알루미늄 스크랩 재료는 산업 또는 자동차용 스크랩 중 적어도 하나를 포함하는, 방

법.

청구항 42

제35항 내지 제41항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 잉곳의 적어도 30%가 상기 제1 알루미늄 스크랩 재료를 포함하거나, 상기 잉곳의 적어도 35%가 상기 제1 알루미늄 스크랩 재료를 포함하거나, 상기 잉곳의 적어도 40%가 상기 제1 알루미늄 스크랩 재료를 포함하거나, 상기 잉곳의 적어도 45%가 상기 제1 알루미늄 스크랩 재료를 포함하거나, 상기 잉곳의 적어도 50%가 상기 제1 알루미늄 스크랩 재료를 포함하거나, 상기 잉곳의 적어도 55%가 상기 제1 알루미늄 스크랩 재료를 포함하거나, 상기 잉곳의 적어도 60%가 상기 제1 알루미늄 스크랩 재료를 포함하거나, 상기 잉곳의 적어도 65%가 상기 제1 알루미늄 스크랩 재료를 포함하는, 방법.

청구항 43

제35항 내지 제41항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 잉곳의 적어도 50%가 상기 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료를 포함하거나, 상기 잉곳의 적어도 55%가 상기 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료를 포함하거나, 상기 잉곳의 적어도 60%가 상기 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료를 포함하거나, 상기 잉곳의 적어도 65%가 상기 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료를 포함하거나, 상기 잉곳의 적어도 70%가 상기 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료를 포함하거나, 상기 잉곳의 적어도 75%가 상기 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료를 포함하거나, 상기 잉곳의 적어도 80%가 상기 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료를 포함하거나, 상기 잉곳의 적어도 85%가 상기 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료를 포함하거나, 상기 잉곳의 적어도 90%가 상기 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료를 포함하거나, 상기 잉곳의 적어도 94%가 상기 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료를 포함하는, 방법.

청구항 44

제35항 내지 제43항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 H-템퍼 시트 제품은 용액 열처리나 인공 에이징을 거치지 않는, 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] **관련 출원에 대한 상호 참조**

[0002] 본 출원은 2022년 5월 23일에 출원된 "NEW SCRAP-BASED ALUMINUM ALLOY PRODUCTS"라는 명칭의 미국 가출원 제63/344,968호에 대한 우선권을 주장하며, 상기 출원은 그 전체가 참조로서 본원에 통합된다.

배 경 기 술

[0003] 미국 특허 출원 공개 제2021/0087664호에서 언급된 바와 같이 알루미늄은 탄소 풋프린트에 일부 기여할 수 있다. 탄소 풋프린트와 알루미늄 채굴을 줄이는 효과적인 방법은 재활용 알루미늄, 특히 소비 후 재활용(PCR) 알루미늄의 사용을 늘리는 것이다. PCR 알루미늄의 주요 공급원 중 하나는 사용한 음료 캔(UBC) 스크랩이다. 재활용을 늘리면 탄소 풋프린트와 일차 알루미늄 소비를 줄이는 데 큰 영향을 미칠 수 있다.

발명의 내용

[0004] 광범위하게, 본 특허 출원은 신규 알루미늄 합금에 관한 것이다. 신규 알루미늄 합금은 스크랩에서 유래될 수 있으므로 제조 비용을 절감할 수 있다. 신규 알루미늄 합금은 스크랩에서 유래되었음에도 불구하고 뛰어난 기계적 특성과 내식성을 구현할 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 1.05 내지 1.55 중량%의 Si, 0.85 내지 2.10 중량%의 Mg, 0.15 내지 0.75 중량%의 Cu, 0.20 내지 0.90 중량%의 Fe, 0.5 내지 1.5 중량%의 Mn, 0.01 내지 0.15 중량%의 Ti, 최대 0.4 중량%의 Zn, 최대 0.25 중량%의 Cr, Zr, 및 V 중 어느 하나, 그리고 최대 0.05 중량%의 Ni을 포함하고, 나머지는 알루미늄, 부수적 원소, 및 불순물이다. 하나의 접근 방식에서, 신규 알루미늄 합금은 두께가 0.4 내지 4 mm인 시트 제품의 형태이다. 일 구현예에서, 알루미늄 합금 시트 제품은 다음 미세구조 특징 중 적어도 하나를 구현한다. (i) 50 부피% 이하의 재결정화된 결정립, (ii) 적어도 0.5%의 Mg_2Si 면적 백분율, (iii) 평방 마이크로미터당 적어도 0.5개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적, (iv) 적어도 0.5%의 구성 면적 백분율, 및 (v) 평방 마이크로미터당 적어도 0.5개 입자의 평균 구성 입자 면적. 이러한 미세구조 특징을 결정하는 방법은 아래에 설명된 *미세구조 평가 절차*에 설명되어 있다.

[0005] *i. 조성*

[0006] 전술한 바와 같이, 신규 알루미늄 합금은 일반적으로 1.05 내지 1.55 중량%의 Si를 포함한다. 이러한 실리콘 수준은, 예를 들어, 스크랩 활용률의 향상 및/또는 기계적 특성의 향상을 용이하게 할 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 1.10 중량%의 Si를 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 1.15 중량%의 Si를 포함한다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 1.45 중량% 이하의 Si를 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 1.40 중량% 이하의 Si를 포함한다.

[0007] 전술한 바와 같이, 신규 알루미늄 합금은 일반적으로 0.85 내지 2.10 중량%의 Mg을 포함한다. 이러한 마그네슘 수준은, 예를 들어, 기계적 특성(예: 변형 경화)의 향상을 용이하게 할 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.90 중량%의 Mg을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.95 중량%의 Mg을 포함한다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 2.05 중량% 이하의 Mg을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 2.00 중량% 이하의 Mg을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 1.95 중량% 이하의 Mg을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 1.90 중량% 이하의 Mg을 포함한다.

[0008] 전술한 바와 같이, 신규 알루미늄 합금은 일반적으로 0.15 내지 0.75 중량%의 Cu를 포함한다. 이러한 수준의 구리는, 예를 들어, 불필요하게 내식성을 저하시키지 않으면서도 기계적 특성의 향상을 용이하게 할 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.20 중량%의 Cu를 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.25 중량%의 Cu를 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.30 중량%의 Cu를 포함한다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.70 중량% 이하의 Cu를 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.65 중량% 이하의 Cu를 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.60 중량% 이하의 Cu를 포함한다.

[0009] 전술한 바와 같이, 신규 알루미늄 합금은 일반적으로 0.20 내지 0.90 중량%의 Fe를 포함한다. 이러한 수준의 철은, 예를 들어, 높은 스크랩 허용 오차 및/또는 분산질 형성을 용이하게 할 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.25 중량%의 Fe를 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.30 중량%의 Fe를 포함한다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.85 중량% 이하의 Fe를 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.80 중량% 이하의 Fe를 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.75 중량% 이하의 Fe를 포함한다.

[0010] 전술한 바와 같이, 신규 알루미늄 합금은 일반적으로 0.5 내지 1.5 중량%의 Mn을 포함한다. 이러한 수준의 망간은, 예를 들어, 높은 스크랩 허용 오차 및/또는 분산질 형성을 용이하게 할 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.55 중량%의 Mn을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.60 중량%의 Mn을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.65 중량%의 Mn을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.70 중량%의 Mn을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.75 중량%의 Mn을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.80 중량%의 Mn을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.85 중량%의 Mn을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.90 중량%의 Mn을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.95 중량%의 Mn을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 1.0 중량%의 Mn을 포함한다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 1.45 중량% 이하의 Mn을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 1.40 중량% 이하의 Mn을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 1.35 중량% 이하의 Mn을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 1.30 중량% 이하의 Mn을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 1.25 중량% 이하의 Mn을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 1.20 중량% 이하의 Mn을 포함한다.

[0011] 전술한 바와 같이, 신규 알루미늄 합금은 일반적으로 0.01 내지 0.15 중량%의 Ti를 포함한다. 티타늄은, 예를 들어, 결정립 정제를 용이하게 할 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.02 중량%의 Ti를 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.03 중량%의 Ti를 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.04 중량%의 Ti를 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.05 중량%의 Ti를 포함한다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.12 중량% 이하의 Ti를 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.10 중량% 이하의 Ti를 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.08 중량% 이하의 Ti를 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.05 중량% 이하의 Ti를 포함한다.

[0012] 전술한 바와 같이, 신규 알루미늄 합금은 최대 0.40 중량%의 Zn을 포함하고, 이는 높은 스크랩 허용 오차를 용

이하게 할 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.35 중량% 이하의 Zn을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.30 중량% 이하의 Zn을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.25 중량% 이하의 Zn을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.20 중량% 이하의 Zn을 포함한다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.01 중량%의 Zn을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.05 중량%의 Zn을 포함한다.

[0013] 전술한 바와 같이, 신규 알루미늄 합금은 최대 0.25 중량%의 Cr, Zr, 및 V 중 어느 하나를 포함할 수 있으며, 이는 재결정화를 제어하는 데 유용할 수 있다. 하나의 접근 방식에서, 신규 알루미늄 합금은 0.20 중량%부터 그 이하의 Zr을 포함하는, 알루미늄 합금 시트 제품. 다른 접근 방식에서, 신규 알루미늄 합금은 0.15 중량% 이하의 Zr을 포함한다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.10 중량% 이하의 Zr을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.08 중량% 이하의 Zr을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.05 중량% 이하의 Zr을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.04 중량% 이하의 Zr을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.03 중량% 이하의 Zr을 포함한다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.01 중량%의 Zr을 포함한다.

[0014] 하나의 접근 방식에서, 신규 알루미늄 합금은 0.20 중량%부터 그 이하의 Cr을 포함한다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.15 중량% 이하의 Cr을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.10 중량% 이하의 Cr을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.08 중량% 이하의 Cr을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.05 중량% 이하의 Cr을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.04 중량% 이하의 Cr을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.03 중량% 이하의 Cr을 포함한다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.01 중량%의 Cr을 포함한다.

[0015] 하나의 접근 방식에서, 신규 알루미늄 합금은 0.20 중량% 이하의 V를 포함한다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.15 중량% 이하의 V를 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.10 중량% 이하의 V를 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.08 중량% 이하의 V를 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.05 중량% 이하의 V를 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.04 중량% 이하의 V를 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.03 중량% 이하의 V를 포함한다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.01 중량%의 V를 포함한다.

[0016] 신규 알루미늄 합금은 일반적으로 언급한 합금 성분을 포함하며, 나머지는 알루미늄, 선택적인 부수적 원소, 및 불순물이다. 본원에서 사용되는 바와 같이, "부수적 원소"는 합금의 제조를 돕기 위해 합금에 임의로 첨가될 수 있는, 전술한 원소 이외의 원소 또는 재료를 의미한다. 부수적 원소의 예시는 탈산화제와 같은 주조 보조제를 포함한다. 선택적인 부수적 원소는 합금에 최대 1.0 중량%의 누적량으로 포함될 수 있다. 하나의 비제한적인 예시로서, 예를 들어 산화물 접힘, 피트 및 산화물 패치로 인한 잉곳 균열을 감소시키거나 제한하기 위해(그리고 일부 경우에 제거하도록) 주조 동안에 하나 이상의 부수적 원소가 합금에 첨가될 수 있다. 이들 유형의 부수적 원소는 일반적으로 본원에서 탈산화제로서 지칭된다. 일부 탈산화제의 예시는 Ca, Sr, 및 Be를 포함한다. 칼슘(Ca)이 합금에 포함되는 경우에, 이는 대체로 최대 약 0.05 중량%, 또는 최대 약 0.03 중량%의 양으로 존재한다. 일부 구현예에서, Ca는 약 0.001-0.03 중량% 또는 약 0.05 중량%, 예컨대 0.001-0.008 중량%(또는 10 내지 80 ppm)의 양으로 합금에 포함된다. 스트론튬(Sr)은 (전체적 또는 부분적으로) Ca 대체제로서 합금에 포함될 수 있으므로, Ca와 동일하거나 유사한 양으로 합금에 포함될 수 있다. 전통적으로, 베릴륨(Be) 첨가는 잉곳 균열의 경향을 감소시키는 데 도움을 주었지만, 환경, 건강 및 안전상의 이유로, 합금의 일부 구현예는 실질적으로 Be이 제거된다. Be가 합금에 포함되는 경우에, 이는 일반적으로 최대 약 20 ppm의 양으로 존재한다. 부수적 원소는 소량으로 존재할 수 있거나, 상당량 존재할 수 있고, 합금이 본원에 설명된 바람직한 특성을 보유하는 한, 본원에 설명된 합금으로부터 벗어나지 않기만 하면, 그 자체로 바람직하거나 다른 특성을 추가할 수 있다. 그러나, 본 개시의 범위는, 본원에서 원하고 달성하고자 하는 특성의 조합에 달리 영향을 미치지 않는 양의 원소(들)의 단순한 첨가에 의해, 벗어나서는 안 되며 벗어날 수도 없음을 이해해야 한다.

[0017] 신규 알루미늄 합금은 소량의 불순물을 함유할 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 총 0.15 중량% 이하의 불순물을 포함하고, 알루미늄 합금은 각각이 0.05 중량% 이하인 불순물을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 총 0.10 중량% 이하의 불순물을 포함하고, 알루미늄 합금은 각각이 0.03 중량% 이하인 불순물을 포함한다.

[0018] 일반적으로 신규 알루미늄 합금에는 니켈이 실질적으로 포함되어 있지 않고, 즉 니켈은 불순물로서만 포함되어 있으며, 일반적으로 0.04 중량% 미만의 Ni 또는 0.01 중량% 미만의 Ni이 포함되어 있다. 일반적으로 신규 알루

미늄 합금에는 리튬이 실질적으로 포함되어 있지 않고, 즉 리튬은 불순물로서만 포함되어 있으며, 일반적으로 0.04 중량% 미만의 Li 또는 0.01 중량% 미만의 Li이 포함되어 있다. 일반적으로 신규 알루미늄 합금에는 은이 실질적으로 포함되어 있지 않고, 즉 은은 불순물로서만 포함되어 있으며, 일반적으로 0.04 중량% 미만의 Ag 또는 0.01 중량% 미만의 Ag이 포함되어 있다. 일반적으로 신규 알루미늄 합금에는 납이 실질적으로 포함되어 있지 않고, 즉 납은 불순물로서만 포함되어 있으며, 일반적으로 0.04 중량% 미만의 Pb 또는 0.01 중량% 미만의 Pb이 포함되어 있다. 일반적으로 신규 알루미늄 합금에는 카드뮴이 실질적으로 포함되어 있지 않고, 즉 카드뮴은 불순물로서만 포함되어 있으며, 일반적으로 0.04 중량% 미만의 Cd 또는 0.01 중량% 미만의 Cd이 포함되어 있다. 일반적으로 신규 알루미늄 합금에는 탈륨이 실질적으로 포함되어 있지 않고, 즉 탈륨은 불순물로서만 포함되어 있으며, 일반적으로 0.04 중량% 미만의 Ti 또는 0.01 중량% 미만의 Ti이 포함되어 있다. 일반적으로 신규 알루미늄 합금에는 스칸듐이 실질적으로 포함되어 있지 않고, 즉 스칸듐은 불순물로서만 포함되어 있으며, 일반적으로 0.04 중량% 미만의 Sc 또는 0.01 중량% 미만의 Sc이 포함되어 있다.

[0019] *ii. 제조 방법*

[0020] 신규 알루미늄 합금은 가공된 형태와 적절한 템퍼로 제조될 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 잉곳 또는 스트립으로 주조(예를 들어, 직접 냉각 주조 또는 연속 주조)한 후 적절한 가공을 통해 다양한 템퍼, 예컨대 ANSI H35.1(2009)에 따른 H-템퍼, 예를 들면 H1, H2, 또는 H3 템퍼를 달성함으로써 제조될 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 "H1 템퍼"로 가공된다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 "H2 템퍼"로 가공된다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 "H3 템퍼"로 가공된다.

[0021] 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 잉곳 형태로 직접 냉각(DC) 주조된다. 기존의 스캘핑, 라싱 또는 필링(필요한 경우), 및 잉곳의 균질화(필요한 경우) 후, 제품을 열간 가공함으로써 잉곳은 추가 가공될 수 있고, 이때 균질화는 스캘핑 전 또는 후에 완료될 수 있다. 그런 다음 제품을 임의로 냉간 가공 및/또는 임의로 어닐링할 수 있다. 일 구현예에서, H-템퍼 시트 제품으로의 가공은 최종 게이지로 냉간 압연 후 부분적으로 어닐링하여 H2 템퍼를 달성하는 것을 포함한다.

[0022] 신규 알루미늄 합금을 H 템퍼로 가공하는 경우, 이들의 제조 방법은 일반적으로 용액 열처리 또는 인공 에이징을 포함하지 않는다(없음). 이러한 단계는 불필요한 비용을 추가하며, H 템퍼는 이러한 단계 없이도 필요한 특성을 달성할 수 있다.

[0023] 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 T 템퍼로 가공될 수 있으며, 이는 용액 열처리 후 자연 및/또는 인공 에이징을 포함할 수 있다. 신규 합금의 높은 마그네슘 실리사이드(Mg_2Si) 함량은 다른 T 템퍼 중에서도 T4(자연적으로 에이징됨) 또는 T6(인공적으로 에이징됨) 템퍼의 강도 향상을 용이하게 할 수 있다.

[0024] 신규 알루미늄 합금 제품은 임의의 적절한 최종 게이지 두께를 가질 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 0.4 내지 4 ㎜의 두께를 갖는 시트 형태이다. 다른 가공 제품 형태(예를 들어, 판재, 압출, 단조)가 사용될 수 있다.

[0025] 전술한 바와 같이, 본원에서 설명된 신규 알루미늄 합금을 제조하는 데 사용되는 잉곳은 적어도 부분적으로 알루미늄 합금 스크랩에서 유래될 수 있다. 예를 들어, 방법은 (a) 알루미늄 기반 스크랩으로부터 알루미늄 합금 잉곳을 생성하는 단계와 (b) 알루미늄 합금 잉곳을 적절한 가공 제품 형태 및 템퍼, 예컨대 두께 0.4 내지 4.0 ㎜의 H-템퍼 시트 제품으로 가공하는 단계를 포함할 수 있다.

[0026] 위에서 참조된 단계(a)(즉, 알루미늄 합금 잉곳 생성)와 관련하여, 이 단계(a)는, (i) 타겟 잉곳 조성을 달성하기 위해 제1 알루미늄 스크랩 재료를 다른 알루미늄 물질과 혼합하는 단계, (ii) 혼합 단계 전 또는 후에, 제1 알루미늄 스크랩 재료와 다른 알루미늄 물질을 가열하여 용융 알루미늄 합금을 생성하는 단계, (iii) 용융 알루미늄 합금을 알루미늄 합금 잉곳으로 주조하는 단계를 포함하되, 알루미늄 합금 잉곳은 타겟 잉곳 조성을 달성할 수 있다. 다른 알루미늄 물질은 (A) 제2 알루미늄 스크랩 재료, (B) 일차 알루미늄, 및 (C) 이들의 혼합물 중 적어도 하나일 수 있다. 타겟 잉곳 조성은 본원에 개시된, *조성 및 실시예* 섹션에 포함된 임의의 조성물일 수 있다.

[0027] 일 구현예에서, 제1 알루미늄 스크랩 재료 및 제2 알루미늄 스크랩 재료 중 적어도 하나는 3xxx 알루미늄 합금 스크랩, 4xxx 알루미늄 합금 스크랩, 5xxx 알루미늄 합금 스크랩, 또는 6xxx 알루미늄 합금 스크랩이다. 일 구현예에서, 제1 알루미늄 스크랩 재료 및 제2 알루미늄 스크랩 재료 중 적어도 하나는 3004 및/또는 3104 알루미늄 합금 스크랩이다. 다른 구현예에서, 제1 알루미늄 스크랩 재료 및 제2 알루미늄 스크랩 재료 중 적어도 하나는 4343 알루미늄 합금 스크랩이다. 또 다른 구현예에서, 제1 알루미늄 스크랩 재료 및 제2 알루미늄 스크랩 재

료 중 적어도 하나는 5052 및/또는 5182 알루미늄 합금 스크랩이다. 다른 구현예에서, 제1 알루미늄 스크랩 재료 및 제2 알루미늄 스크랩 재료 중 적어도 하나는 6061, 6063, 6022, 6111, 및/또는 6013 알루미늄 합금 스크랩이다.

[0028] 일 구현예에서, 제1 알루미늄 스크랩 재료 및 제2 알루미늄 스크랩 재료 중 적어도 하나는 브레이징 스크랩이다. 적합한 브레이징 스크랩 재료는 코어와 라이너가 있는 복합 합금을 포함할 수 있다. 복합 합금은, 그 중에서도, 예를 들어, 3xxx 알루미늄 합금 코어와 4xxx 알루미늄 합금 라이너, 또는 3xxx 코어와 7xxx 알루미늄 합금 라이너를 포함할 수 있다. 브레이징 스크랩은, 예를 들어 튜브 스톡, 헤더, 또는 기타 열교환기 물질에서 나온 것일 수 있다.

[0029] 일 구현예에 따르면, 제1 알루미늄 스크랩 재료와 제2 알루미늄 스크랩 재료 중 적어도 하나는 사용된 음료 캔(UBC) 스크랩이다. 적합한 UBC 스크랩 재료는 3104 및/또는 5182 알루미늄 합금으로 만든 것을 포함한다. 일 구현예에서, UBC 스크랩 재료는 적어도 3104 스크랩을 포함한다. 다른 구현예에서, UBC 스크랩 재료는 적어도 5182 스크랩을 포함한다.

[0030] 일 구현예에서, 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료 중 적어도 하나는 자동차 또는 산업용 스크랩(예를 들어, 알루미늄 합금 6061, 6063, 6022, 6111, 및/또는 6013의 스크랩)이다.

[0031] 일 구현예에서, 제1 알루미늄 스크랩 재료는 브레이징 스크랩, 사용한 음료 캔(UBC) 스크랩, 및 이들의 혼합물 중 적어도 하나이고, 다른 알루미늄 물질은 제2 알루미늄 스크랩 재료, 예컨대 3xxx, 4xxx, 5xxx, 또는 6xxx 알루미늄 합금 스크랩이다. 다른 구현예에서, 제1 알루미늄 스크랩 재료는 브레이징 스크랩, 사용한 음료 캔(UBC) 스크랩, 및 이들의 혼합물 중 적어도 하나이고, 다른 알루미늄 물질은 일차 알루미늄이다. 일 구현예에서, 제1 알루미늄 스크랩 재료는 브레이징 스크랩이고, 제2 알루미늄 스크랩 재료는 UBC 스크랩이다.

[0032] 스크랩의 사용으로 인해 알루미늄 합금 잉곳에는 상당한 양의 스크랩 재료가 포함될 수 있다. 일 구현예에서, 잉곳의 적어도 30%는 제1 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래되고(즉, 잉곳의 적어도 30%는 제1 알루미늄 스크랩 재료를 포함함), 잉곳의 나머지는 일차 알루미늄 및/또는 다른 스크랩 재료다. 다른 구현예에서, 잉곳의 적어도 35%는 제1 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래된다. 또 다른 구현예에서, 잉곳의 적어도 40%는 제1 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래된다. 다른 구현예에서, 잉곳의 적어도 45%는 제1 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래된다. 또 다른 구현예에서, 잉곳의 적어도 50%는 제1 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래된다. 다른 구현예에서, 잉곳의 적어도 55%는 제1 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래된다. 또 다른 구현예에서, 잉곳의 적어도 60%는 제1 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래된다. 다른 구현예에서, 잉곳의 적어도 65%는 제1 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래된다.

[0033] 일 구현예에서, 알루미늄 합금 잉곳은 적어도 두 개의 알루미늄 스크랩 재료(제1 및 제2 스크랩 재료)을 포함한다. 일 구현예에서, 잉곳의 적어도 50%는 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래된다(즉, 잉곳의 적어도 50%는 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료를 포함함). 다른 구현예에서, 잉곳의 적어도 55%는 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래된다. 또 다른 구현예에서, 잉곳의 적어도 60%는 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래된다. 다른 구현예에서, 잉곳의 적어도 65%는 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래된다. 또 다른 구현예에서, 잉곳의 적어도 70%는 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래된다. 다른 구현예에서, 잉곳의 적어도 75%는 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래된다. 또 다른 구현예에서, 잉곳의 적어도 80%는 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래된다. 다른 구현예에서, 잉곳의 적어도 85%는 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래된다. 또 다른 구현예에서, 잉곳의 적어도 90%는 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래된다. 다른 구현예에서, 잉곳의 적어도 94%는 제1 및 제2 알루미늄 스크랩 재료로부터 유래된다. 본 단락에 설명된 알루미늄 합금 잉곳을 제조하기 위해 추가 스크랩 재료(제3, 제4, 제5 등)을 사용할 수 있다.

[0034] 일차 알루미늄은 알루미늄 합금 잉곳을 만들기 위해 스크랩의 혼합물(들)과 함께 사용될 수 있다. 일 구현예에서, 알루미늄 합금 잉곳은 적어도 1%의 일차 알루미늄을 포함한다. 다른 구현예에서, 알루미늄 합금 잉곳은 적어도 2%의 일차 알루미늄을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 알루미늄 합금 잉곳은 적어도 3%의 일차 알루미늄을 포함한다. 다른 구현예에서, 알루미늄 합금 잉곳은 적어도 4%의 일차 알루미늄을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 알루미늄 합금 잉곳은 적어도 5%의 일차 알루미늄을 포함한다. 다른 구현예에서, 알루미늄 합금 잉곳은 적어도 6%의 일차 알루미늄을 포함한다. 일 구현예에서, 알루미늄 합금 잉곳은 60% 이하의 일차 알루미늄을 포함한다. 다른 구현예에서, 알루미늄 합금 잉곳은 55% 이하의 일차 알루미늄을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 알루미늄 합금 잉곳은 50% 이하의 일차 알루미늄을 포함한다. 다른 구현예에서, 알루미늄 합금 잉곳은 45% 이하의 일차 알루미늄을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 알루미늄 합금 잉곳은 40% 이하의 일차 알루미늄을 포

함한다. 다른 구현예에서, 알루미늄 합금 잉곳은 30% 이하의 일차 알루미늄을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 알루미늄 합금 잉곳은 35% 이하의 일차 알루미늄을 포함한다. 다른 구현예에서, 알루미늄 합금 잉곳은 30% 이하의 일차 알루미늄을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 알루미늄 합금 잉곳은 25% 이하의 일차 알루미늄을 포함한다.

[0035] *iii. 미세구조*

[0036] 전술한 바와 같이 신규 알루미늄 합금은 고유한 미세 구조를 구현할 수 있다. 예를 들어, 신규 알루미늄 합금에는 아래에 설명된 *재결정화 측정 절차*를 사용하여 측정한 바와 같이, 재결정화된 결정립이 50 부피% 이하로 함유될 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 45 부피% 이하의 재결정화된 결정립을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 40 부피% 이하의 재결정화된 결정립을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 35 부피% 이하의 재결정화된 결정립을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금 제품은 30 부피% 이하의 재결정화된 결정립을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 25 부피% 이하의 재결정화된 결정립을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금 제품은 20 부피% 이하의 재결정화된 결정립을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 15 부피% 이하의 재결정화된 결정립을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금 제품은 10 부피% 이하의 재결정화된 결정립을 포함한다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 1 부피%의 재결정화된 결정립을 포함한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금 제품은 적어도 3 부피%의 재결정화된 결정립을 포함한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금 제품은 적어도 5 부피%의 재결정화된 결정립을 포함한다.

[0037] 전술한 바와 같이, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.5%의 Mg_2Si 면적 백분율을 구현할 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.6%의 Mg_2Si 면적 백분율을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.7%의 Mg_2Si 면적 백분율을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.8%의 Mg_2Si 면적 백분율을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.9%의 Mg_2Si 면적 백분율을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 1.0%의 Mg_2Si 면적 백분율을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 1.1%의 Mg_2Si 면적 백분율을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 1.2%의 Mg_2Si 면적 백분율을 구현한다.

[0038] 전술한 바와 같이, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 0.5개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적을 구현할 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 0.75개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 1.0개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 1.25개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 1.5개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 1.75개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 2.0개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 2.25개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 2.5개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 2.75개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 3.0개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 3.25개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 3.5개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적을 구현한다.

[0039] 전술한 바와 같이, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.5%의 구성 면적 백분율을 구현할 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 0.75%의 구성 면적 백분율을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 1.0%의 구성 면적 백분율을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 1.25%의 구성 면적 백분율을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 1.5%의 구성 면적 백분율을 구현한다.

또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 1.75%의 구성 면적 백분율을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 2.0%의 구성 면적 백분율을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 2.25%의 구성 면적 백분율을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 2.5%의 구성 면적 백분율을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 적어도 2.75%의 구성 면적 백분율을 구현한다.

[0040] 전술한 바와 같이, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 0.5개 입자의 평균 구성 입자 면적을 구현할 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 0.75개 입자의 평균 구성 입자 면적을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 1.0개 입자의 평균 구성 입자 면적을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 1.25개 입자의 평균 구성 입자 면적을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 1.5개 입자의 평균 구성 입자 면적을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 1.75개 입자의 평균 구성 입자 면적을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 2.0개 입자의 평균 구성 입자 면적을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 2.25개 입자의 평균 구성 입자 면적을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 2.5개 입자의 평균 구성 입자 면적을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 2.75개 입자의 평균 구성 입자 면적을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 3.0개 입자의 평균 구성 입자 면적을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 3.25개 입자의 평균 구성 입자 면적을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 3.5개 입자의 평균 구성 입자 면적을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 평방 마이크로미터당 적어도 3.75개 입자의 평균 구성 입자 면적을 구현한다.

[0041] 전술한 바와 같이, 신규 알루미늄 합금은 다음 미세구조 특징 중 적어도 하나를 구현할 수 있다. (i) 50 부피% 이하의 재결정화된 결정립, (ii) 적어도 0.5%의 Mg_2Si 면적 백분율, (iii) 평방 마이크로미터당 적어도 0.5개 입자의 평균 Mg_2Si 입자 면적, (iv) 적어도 0.5%의 구성 면적 백분율, 및 (v) 평방 마이크로미터당 적어도 0.5개 입자의 평균 구성 입자 면적. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 미세구조 특징 (i) 내지 (v) 중 적어도 두 개를 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 미세구조 특징 (i) 내지 (v) 중 적어도 세 개를 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 미세구조 특징 (i) 내지 (v) 중 적어도 네 개를 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 미세구조 특징 (i) 내지 (v) 모두를 구현한다.

[0042] *iv. 미세구조 평가 절차*

[0043] 다음의 절차 및 정의는 본 특허 출원에 따라 만들어진 제품에 대한 미세구조 특징(예를 들면, 재결정화 백분율, 구성 성분, 및 Mg_2Si 함량)을 측정하는 데 적용된다.

[0044] *a.Mg_2Si 및 구성 입자 측정*

[0045] "구성 면적 분율"(cf) 및 "Mg_2Si 면적 분율"은 각각 구성 입자 또는 Mg_2Si가 차지하는 면적 분율로서, 표준 금속학 샘플 제조 방법으로 준비한 이차원 단면에서 검사된 총 면적으로 나눈 값이다.

[0046] "구성 면적 백분율"과 "Mg_2Si 면적 백분율"은 각각의 면적 분율에 100%를 곱하여 결정된다.

[0047] "구성 입자 면적" 및 "Mg_2Si 입자 면적"은 각각 시편에서 측정한 구성 입자 및 Mg_2Si 입자의 면적이다.

[0048] "평균 구성 입자 면적" 및 "평균 Mg_2Si 입자 면적"은 각각 모든 구성 입자 및 Mg_2Si 입자의 평균 면적이다.

[0049] 구성 성분, Mg_2Si 면적 분율, 및 입자 면적을 측정하기 위해, 후방 산란된 전자 이미지는, 구성 성분과 Mg_2Si 입자를 Apreo S Field Emission Gun(Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, U.S.A) 주사 전자 현미경 또는 이와 동등한 장비로 500배로 촬영하여 이미지화해야 한다. 이미지는 가속 전압 10 kV를 사용하여 촬영되어야 한다. 빔 전류는 3.2 나노암페어여야 한다. 작동 거리는 10 mm, 체류 시간은 5 마이크로초, 선 평균은 3이어야 한다. t/2에서 각각의 합금에 대해 금속학적으로 연마된 시편으로부터 30개의 이미지를 수집해야 한다. 이미지 분석은 이미지를 정량화하는 데 사용된다. 구성 성분 및 MgSi 입자를 정량화하기 위한 픽셀 크기는 0.083 미크론이다. 구성 성분의 경우 최소 50 픽셀 이상을 포함하는 입자만 계산되며, 임계값은 99, 최소 강도 평균은 115

이다. 각 구성 입자에 대해 픽셀 수는 입자 면적과 입자 유효 직경으로 변환된다. Mg_2Si 입자의 경우, 적어도 15개의 픽셀을 포함하는 입자만 계산되며 임계값은 73이고 입자의 모든 픽셀의 평균 강도는 65 미만이 아니다. 각 Mg_2Si 입자에 대해 픽셀 수는 입자 면적과 입자 유효 직경으로 변환된다. 평균 입자에 기초하여 계산하는 경우, 이미지 영역에 완전히 포함된 입자만 계산에 포함된다.

[0050] *b.재결정화 측정 절차*

[0051] "재결정화된 백분율" 등은 재결정화된 결정립을 갖는 가공용 알루미늄 합금 제품의 부피 백분율을 의미한다. 재결정화된 결정립의 양은, 이러한 *재결정화 측정 절차*에 따라, 가공된 알루미늄 합금 제품의 적절한 수의 SEM 현미경 사진에 대한 EBSD(전자 후방 산란 회절) 분석에 의해 측정된다. 일반적으로 적어도 5개의 현미경 사진을 분석해야 한다.

[0052] "재결정화된 결정립"은 아래에 정의된 "제1 결정립 기준"을 충족하고, 후술하는 OIM(오리엔테이션 이미징 현미경) 샘플링 절차를 사용하여 측정된 결정질 미세 구조의 결정립을 의미한다.

[0053] OIM 분석은 아래의 OIM 샘플 절차를 사용하여 L-ST 평면에서 시트 샘플의 전체 두께를 거쳐 완료해야 한다. 분석될 샘플의 크기는 일반적으로 게이지에 따라 달라질 것이다. 측정 전에, OIM 샘플은 표준 금속학적 샘플 제조 방법에 의해 제조된다. 예를 들면, OIM 샘플을 금속학적으로 준비한 다음 진동 연마한다(예를 들어 0.05 미크론 콜로이드 실리카 사용).

[0054] "OIM 샘플 절차"는 다음과 같다.

[0055] · 사용되는 소프트웨어는 Velocity EBSD 카메라(EDAX Inc., New Jersey, U.S.A.) 또는 등가물에 연결된, APEX EBSD 수집 소프트웨어, 버전 2(EDAX Inc., New Jersey, U.S.A.) 또는 등가물이다. SEM은 APREO S 필드 에미션 건(Thermo Fisher Scientific. Waltham, MA, U.S.A.) 또는 이와 등가물이다.

[0056] · OIM 실행 조건은 18 mm 작동 거리로 68° 기울기이고, 동적 포커싱을 갖는 15 kV의 가속 전압 및 51 nA(나노암페어)의 기기 특정 빔 전류이다. 수집 모드는 육각형 그리드이다. 배향이 분석에서 수집되도록(즉, Hough 피크 정보가 수집되지 않도록) 선택된다. 스캔당 영역 크기(즉, 프레임)는 80X에서 0.25 미크론 단계로 2 mm 게이지 샘플의 경우 2.0 mm x 1 mm이다. 게이지에 따라 다양한 프레임 크기를 사용할 수 있다. 수집된 데이터는 *.osc 파일로 출력된다. 이 데이터는 후술하는 바와 같이, 제1 유형 결정립의 부피 분율을 계산하는 데 사용될 수 있다.

[0057] · 제1 유형 결정립의 부피 분율의 계산: 제1 유형 결정립의 부피 분율은 *.osc 파일 및 OIM 분석 소프트웨어(EDAX Inc., New Jersey, U.S.A.), 버전 8.1.0 또는 등가물의 데이터를 사용하여 계산된다. 계산 전에, 두 단계의 데이터 정리가 수행될 수 있다. 먼저, 신뢰 지수가 0.08의 임계값 미만인 임의의 지점에 대해, 이웃 배향 상관성 제거가 수행된다. 둘째, 3개의 데이터 포인트보다 작은 임의의 결정립에 대해 입자 팽창 제거를 수행한다. 그 다음, 제1 유형 결정립의 양은 제1 결정립 기준(하기)을 사용하여 소프트웨어에 의해 계산된다.

[0058] · 제1 결정립 기준: 결정립 평균 오배향(GAM)을 계산한다. "계산 전에 파티션 적용", "가장자리 결정립 포함" 및 "이중 경계선 정의 무시"가 모두 필요하다. GAM이 ≤ 1° 인 임의의 결정립은 제1 유형 결정립이다.

[0059] "제1 결정립 부피"(FGV)는 결정질 재료의 제1 유형 결정립의 부피 분율을 의미한다.

[0060] "재결정화된 백분율"은 다음 식을 통해 결정된다: FGV * 100%.

[0061] 용어 "결정립"은 ASTM E112 §3.2.2에, 즉 "연마 2차원 평면 상에서 관찰된 원래(일차) 경계선 범위 내의 면적 또는 3차원 물체의 원래(일차) 경계선에 의해 둘러싸인 부피"에 정의된 의미를 갖는다.

[0062] "결정립 크기"는 다음 식에 의해 계산된다:

[0063] $d_i = \sqrt{4A_i/\pi}$

[0064] · 여기서, A_i는 상업용 소프트웨어 OIM 분선 소프트웨어, 버전 8.1.0 또는 등가물을 사용하여 측정된 개별 결정립의 면적이고,

[0065] · 여기서, d_i는 결정립이 원인 것으로 가정하여 계산된 개별 결정립 크기이다.

[0066] "면적 가중 평균 결정립 크기"는 다음 식을 사용하여 계산된다:

[0067] $d\text{-bar} = (\sum_{i=1}^{n} A_i d_i)/(\sum_{i=1}^{n} d_i)$

[0068] · 여기서, A_i는 상업용 소프트웨어 OIM 분선 소프트웨어, 버전 8.1.0 또는 등가물을 사용하여 측정된 각각의 개별 결정립의 면적이고,

[0069] · 여기서, d_i는 결정립이 원인 것으로 가정하여 계산된 개별 결정립 크기이고,

[0070] · 여기서, d-bar는 면적 가중 평균 결정립 크기이다.

[0071] *v. 특성*

[0072] 전술한 바와 같이, 잠재적으로 스크랩 기반임에도 불구하고, 본원에 설명된 신규 알루미늄 합금 제품은 상대적으로 높은 기계적 특성 및/또는 우수한 내식성을 구현할 수 있다.

[0073] 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 35 ksi의 인장 항복 강도(길이 방향)를 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 36 ksi의 인장 항복 강도(길이 방향)를 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 37 ksi의 인장 항복 강도(길이 방향)를 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 38 ksi의 인장 항복 강도(길이 방향)를 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 39 ksi의 인장 항복 강도(길이 방향)를 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 40 ksi의 인장 항복 강도(길이 방향)를 구현한다.

[0074] 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 3.0%의 길이 방향(L) 연신율을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 3.5%의 길이 방향(L) 연신율을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 4.0%의 길이 방향(L) 연신율을 구현한다. 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 4.5%의 길이 방향(L) 연신율을 구현한다. 또 다른 구현예에서, 신규 알루미늄 합금 시트 제품은 적어도 5.0%의 길이 방향(L) 연신율을 구현한다.

[0075] 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금 시트 제품은 동등한 게이지의 종래 AA3004 시트 제품과 비교하여 적어도 동등한 ASTM G85 내식성을 구현한다.

[0076] *vi. 제품 응용 분야*

[0077] 본원에서 설명된 신규 알루미늄 합금은 자동차 또는 산업용 시트 제품과 같은 다양한 제품 응용 분야에 사용될 수 있다. 일 구현예에서, 신규 알루미늄 합금은 밴 트레일러(예를 들어, 상업 운송에 사용되는 드라이 박스 또는 냉장 밴 트레일러)의 제작에 사용되는 시트 제품이다.

[0078] *vii. 정의*

[0079] "가공 알루미늄 합금 제품"은 주조 후 열간 가공되고, 롤형 제품(시트 또는 플레이트), 단조 제품, 및 압출된 제품을 포함하는 알루미늄 합금 제품을 의미한다.

[0080] 열간 압연과 같은 "열간 가공"은 고온, 및 일반적으로 적어도 121.1℃(250°F)에서 알루미늄 합금 제품을 가공하는 것을 의미한다. 열간 가공 중에는 변형 경화가 제한/방지되며, 이는 일반적으로 열간 가공을 냉간 가공으로부터 차별화한다.

[0081] 냉간 압연과 같은 "냉간 가공"은 열간 가공 온도로 간주되지 않는 온도에서, 일반적으로 약 121.1℃(250°F) 미만(예를 들어, 주변 온도)에서 알루미늄 합금 제품을 가공하는 것을 의미한다.

[0082] 템퍼의 정의는 ANSI H35.1 (2009)에 따른 것으로, 명칭은 "미국 국립 알루미늄용 표준 합금 및 템퍼 설계 시스템"이며, 이는 알루미늄 협회가 발행하였다.

[0083] 강도와 연신율은 ASTM E8/E8M-21 및 B557-15에 따라 측정된다.

[0084] *viii. 기타*

[0085] 이 신규 기술의 이들 및 기타 양태, 장점, 및 새로운 특징은 다음의 설명에 부분적으로 개시되어 있으며, 본원의 설명을 검토하면 당업자에게 명백해질 것이며, 또는 본 개시에 의해 제공되는 기술의 하나 이상의 구현예를 실시함으로써 학습될 수 있다.

[0086] 개시된 이점 및 개선 사항 중에서, 본 발명의 다른 목적 및 장점은 본원의 설명으로부터 명백해질 것이다. 본 발명의 상세한 구현예가 본원에 개시되어 있지만, 개시된 구현예는 다양한 형태로 구현될 수 있는 본 발명의 단지 예시임을 이해해야 한다. 또한, 본 발명의 다양한 구현예와 관련하여 주어진 각각의 예는 예시하기 위한 것이며, 제한하기 위한 것은 아니다.

[0087] 명세서 및 청구범위 전체에 걸쳐, 다음의 용어는 문맥상 달리 명확하게 언급하지 않는 한, 본원에서 명시적으로 연관된 의미를 사용한다. 본원에서 사용된 문구, "일 구현예에서" 및 "일부 구현예에서"는 반드시 동일한 구현예(들)를 지칭하지는 않지만, 동일한 구현예(들)를 지칭할 수도 있다. 또한, 본원에서 사용된 문구, "다른 구현예에서" 및 "일부 다른 구현예에서"는 반드시 다른 구현예를 지칭하지는 않지만, 다른 구현예를 지칭할 수도 있다. 따라서, 본 발명의 다양한 구현예는 본 발명의 범주 또는 사상을 벗어나지 않고 쉽게 조합될 수 있다.

[0088] 또한, 본원에서 사용된 용어, "또는"은, 포괄적인 "또는"의 기능어이며, 문맥상 명확하게 달리 언급하지 않는 한 "및/또는"이라는 용어와 동등하다. 용어 "기초한"은 배타적이지 않으며, 문맥상 명확하게 달리 언급하지 않는 한, 설명되지 않은 추가 인자들에 기초할 수 있다. 또한, 명세서 전체에 걸쳐, 문맥상 명확하게 달리 언급하지 않는 한, "한", "하나", 및 "그 하나"의 의미는 복수의 참조를 포함한다. "안"이라는 의미는, 문맥상 명확하게 달리 언급하지 않는 한, "내에" 및 "에 대해"를 포함한다.

[0089] 본 발명의 다수의 구현예가 설명되었지만, 이들 구현예는 단지 예시적인 것이고, 제한적인 것은 아니며, 많은 수정이 당업자에게 명백할 수 있다는 것이 이해된다. 또한, 문맥상 명확하게 달리 요구하지 않는 한, 다양한 단계는 임의의 원하는 순서로 수행될 수 있고, 임의의 적용 가능한 단계는 추가 및/또는 제거될 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0090] **실시예 1**

[0091] 실험실 규모의 알루미늄 합금 잉곳을 몇 가지 제조하였고, 그 조성은 아래 표 1에 나타나 있다. 합금 XA39-XA46은 실험용 합금이다. 알루미늄 합금 3004(AA3004)는 종래의 합금이다. 합금 0437은 Arconic Corp.에 의해 동일한 이름으로 판매되는 종래의 합금이다.

표 1

[0092] **- 실시예 1 합금의 조성(중량 %)***

합금 번호	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
XA39	1.69	0.52	0.32	1.11	1.10	0.09	0.20	0.05
XA40	1.24	0.53	0.32	1.14	1.09	0.10	0.20	0.05
XA41	0.77	0.55	0.33	1.09	1.11	0.09	0.21	0.05
XA42	1.23	0.51	0.57	1.12	1.11	0.09	0.21	0.05
XA43	1.27	0.54	0.33	1.18	1.74	0.09	0.20	0.06
XA44	0.77	0.54	0.56	1.07	1.08	0.09	0.21	0.05
XA45	1.23	0.51	0.56	1.11	1.71	0.09	0.21	0.05
XA46	1.23	0.51	0.33	0.79	1.69	0.09	0.20	0.06
AA3004	0.24	0.40	0.13	1.07	1.05	0.02	0.04	0.03
0437	1.70	0.42	0.29	0.75	0.44	0.09	0.10	0.05

[0093] * 합금의 나머지 성분은 알루미늄과 불가피한 불순물이었다.

[0094] 주조 후 합금은 종래의 방식으로 스캘핑/필링 및 균질화 과정을 거쳤다. 그런 다음 합금을 중간 게이지로 열간 압연하고 대략 1 ㎜의 최종 게이지로 냉간 압연한 다음 부분적으로 어닐링하여 H291 템퍼를 달성했다.

[0095] ANSI H35.1(2009)에 명시된 바와 같이 H-템퍼는 "**변형 경화**(가공 제품에만)"로 정의된다. ANSI H35.1에 따르면, H-온도 명칭은 "변형 경화를 통해 강도를 높인 제품에 적용되며, 강도를 일부 감소시키기 위한 부가적인 열처리가 동반되거나 동반되지 않는다. H 뒤에는 항상 두 자리 이상의 숫자가 이어진다." 즉, H-템퍼 알루미늄 합금 제품은, 강도를 높이는 열처리인 석출 경화(용액 열처리, 이후 담금질, 및 이후 자연 또는 인공 에이징)를 거치지 않는다.

[0096] "H2 템퍼"는 "변형 경화 및 부분 어닐링"으로 정의된다. ANSI H35.1에 따르면, "H2 템퍼" 명칭은 원하는 최종 양보다 더 변형 경화시킨 후 부분 어닐링을 통해 원하는 수준으로 강도를 낮춘 제품에 적용되며, 이 명칭 뒤에

붙은 숫자는 제품이 부분 어닐링된 후 잔류하는 변형 경화 정도를 나타낸다. H291 템퍼는 보통의 H2 템퍼로, AA3004 및 AA5052와 같은 종래 합금의 소정의 최소 강도 및 연신율 값을 달성하는 데 사용된다. 미국 특허 출원 공개 제2009/0159160호를 *참조한다*.

[0097] H291 템퍼의 합금의 기계적 특성을 테스트했으며, 그 결과는 아래 표 2에 나타나 있다.

표 2

[0098] **- H291 템퍼 실시예 1 합금의 기계적 특성**

합금 번호	UTS (ksi)	TYS (ksi)	연신율 (%)
XA39	35.2	31.6	2.8
XA40	37.4	33.4	4.3
XA41	44.3	39.7	5.1
XA42	42.4	37.8	5.3
XA43	43.4	39.0	5.1
XA44	42.5	37.8	4.6
XA45	41.7	37.2	4.1
XA46	40.9	36.8	4.7
3004	42.4	38.6	5.4
0437	33.8	30.4	4.5

[0099] 나타낸 바와 같이, 스크랩을 채용하는데 유용한 조성을 가지고 있음에도 불구하고, 본 발명 합금 XA41-XA43은 AA3004와 유사한 강도-연신 관계를 보여준다. 합금 XA44-XA46은 약간 낮은 강도-연신 관계를 구현한다. 합금 XA39-40은 AA3004에 비해 낮은 강도를 구현한다.

[0100] 합금 샘플의 도장 내식성도 시험하였다. 구체적으로, 합금을 세척한 다음 종래의 알루미늄 합금 도장 절차에 따라 도장하였다. 그런 다음 도장된 합금을 28일 동안 ASTM G85, 부록 A2 "Cyclic Acidified Salt For (Spray) Testing"에 따라 MASTMAASIS 시험을 실시하였다. 전반적으로 신규 합금은 기존 AA3004와 비교했을 때 유사하거나 더 양호한 부식 특성을 달성하였다. 이러한 결과는 신규 합금의 구리 함량이 일반적으로 0.30 중량%의 Cu를 초과하는 것을 고려할 때 예상치 못한 것이었다.

[0101] 또한 스크랩 친화성 평가는 합금 제조에 사용될 수 있는 알루미늄 합금 스크랩을 각 합금 XA41-XA46의 타겟 합금 조성과 비교하여 수행되었다. 가장 스크랩 친화적인 합금은 XA42-43으로, 이들 각각은 브레이징 스크랩 및/또는 보통의 6xxx 알루미늄 합금 스크랩(예를 들어, AA6061 및/또는 AA6063 스크랩)과 같은 보통의 스크랩을 48 내지 85%(XA42) 또는 48 내지 96%(중량 기준) 사용하여 제조되었을 가능성이 높다.

[0102] 프리 실리콘(Free-Si) 및 특성에 미치는 이의 영향에 대한 분석도 수행되었다. 프리 실리콘(Free-Si)의 양은 다음 식을 사용하여 합금에서 철(Fe), 망간(Mn), 및 크롬(Cr)이 차지하는 실리콘의 양을 추정하여 결정하였다.

[0103] · Free-Si(중량 %) = 총 Si(중량 %) - ([Fe+Mn+Cr)]/4)

[0104] 그 결과가 아래 표 3에 나타나 있다.

표 3

[0105] **- 기계적 특성에 대한 Mg:Free-Si 비율 비교**

합금 번호	Si (중량%)	Free-Si	Mg (중량%)	Mg:Free-Si	Cu (중량%)	TYS (ksi)	연신율 (%)
XA39	1.69	1.26	1.10	0.87	0.32	31.6	2.8
XA40	1.24	0.80	1.09	1.37	0.32	33.4	4.3
XA41	0.77	0.34	1.11	3.29	0.33	39.7	5.1
XA42	1.23	0.80	1.11	1.39	0.57	37.8	5.3
XA43	1.27	0.82	1.74	2.13	0.33	39.0	5.1
XA44	0.77	0.35	1.08	3.13	0.56	37.8	4.6
XA45	1.23	0.80	1.71	2.13	0.56	37.2	4.1
XA46	1.23	0.88	1.69	1.92	0.33	36.8	4.7

[0106] 나타낸 바와 같이, Mg:Free-Si 비율이 1:1을 초과하고 Mg:Free-Si의 중량비가 1.73:1에 가까운 합금은 향상된 성능을 구현할 수 있다. 실리콘 함량이 낮은 합금(예를 들어, 약 0.77 중량%의 Si) 및/또는 더 낮은 Free-Si는 더 낮은 기계적 특성을 구현할 수 있다. 추가적인 구리는 기계적 특성의 향상을 용이하게 할 수 있다.

[0107] **실시예 2**

[0108] 실시예 1의 결과에 기초하여, 합금 XA42-43을 플랜트 규모 테스트용으로 하향 선택하였다. 플랜트 규모 XA42-43 합금은 실시예 1에서 설명한 것과 일반적으로 동일한 방식으로 H291 템퍼로 가공되었지만 산업용 규모 잉곳 및 압연 장비를 사용하였다. 합금의 조성 및 기계적 특성은 아래 표 4와 5에 제공된다. 종래의 AA3004 샘플의 결과도 아래에 나타나 있다.

표 4

[0109] **- 실시예 2 합금의 조성(중량 %)***

합금 #	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
XA42 (플랜트)	1.31	0.43	0.54	1.08	1.06	0.01	0.11	0.07
XA43 (플랜트)	1.32	0.52	0.30	1.08	1.68	0.03	0.05	0.04
AA3004 (통상적)	0.28	0.51	0.13	1.11	1.05	0.05	0.11	0.02

표 5

[0110] **- H291 템퍼 실시예 2 합금의 기계적 특성**

합금	Free-Si	Mg:Free-Si	UTS (ksi)	TYS (ksi)	연신율 (%)
XA42 (플랜트)	0.93	1.140	38.0	33.4	6.9
XA43 (플랜트)	0.9125	1.841	40.6	36.4	5.3
AA3004			42.9	38.7	5.6

[0111] 다시 말하지만, XA42-43 합금은 스크랩을 채용하는 데 유용한 조성을 가지고 있음에도 불구하고 일반적으로 종래의 AA3004와 유사한 기계적 특성을 구현한다. 플랜트 제조 합금(XA42-XA43)은 종래의 AA3004와 비교했을 때 유사하거나 더 나은 부식 특성을 구현할 것으로 기대되며, 이는 신규 합금의 구리 함량을 고려할 때 예상치 못한 결과이다. 따라서, 신규 합금을 스크랩으로 만들면 상업적으로 가치 있는 특성을 유지하면서 종래 합금에 비해 상당한 비용 이점을 구현할 수 있다.

[0112] 본원에 설명된 *미세구조 평가 절차*에 따라 실시예 2 합금에 대한 현미경 분석도 완료하였다. 그 결과가 아래 표 6에 나타나 있다.

표 6

[0113] **- 현미경 관찰 데이터**

합금	백분율 재결정. (ReX %)	Mg_2Si 면적 분율	Mg_2Si 입자 면적 (μm^2) (평균)	구성 면적 분율	구성 입자 면적 (μm^2) (평균)
XA42 (플랜트)	13	1.22	3.66	2.92	3.86
XA43 (플랜트)	14	2.06	3.50	3.35	3.84
AA3004	5	0.15	0.45	2.88	3.75

[0114] 나타낸 바와 같이, 본 발명의 합금은 재결정화가 거의 없지만, Mg_2Si 및 구성 면적 분율 그리고 입자 면적이 크다.

[0115] 본 개시의 다양한 구현예가 상세히 설명되었지만, 당업자라면 이들 구현예의 변경 및 조정이 일어날 수 있음이 명백하다. 그러나, 이러한 변경 및 조정은 본 개시의 사상 및 범주 내에 있음이 명백하게 이해되어야 한다.