



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0077886
(43) 공개일자 2017년07월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C22C 21/06 (2006.01) B21B 1/22 (2006.01)
B21C 23/00 (2006.01) B22D 7/00 (2006.01)
C22C 1/02 (2006.01) C22F 1/02 (2006.01)
C22F 1/04 (2006.01) C22F 1/047 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C22C 21/06 (2013.01)
B21B 1/22 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0187254

(22) 출원일자 2015년12월28일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

한국기계연구원

대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)

(72) 발명자

김수현

경상남도 창원시 성산구 원이대로883번길 23 103
동 1304호 (가음동, 창원자이아파트)

이윤수

경상남도 창원시 성산구 상남로 35 606호 (상남동, 새롬아이포빌)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이원희

전체 청구항 수 : 총 15 항

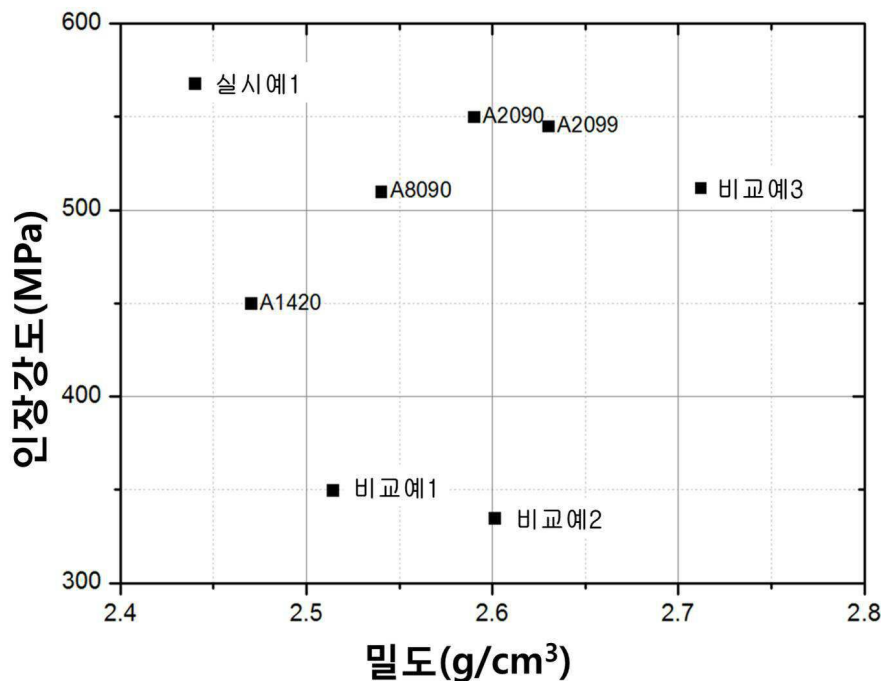
(54) 발명의 명칭 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 및 이를 이용한 알루미늄-리튬 합금 가공품 제조방법

(57) 요약

본 발명은 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 및 이를 이용한 알루미늄-리튬 합금 가공품 제조방법에 관한 것이다. 상세하게는, 총 합금 중량에 대하여 마그네슘 7 내지 9 중량% 및 리튬 1.5 내지 2.5 중량%를 포함하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 및 상기 알루미늄-리튬 합금을 용해 및 주조하는 단계(단계 1); 상기 용해 및 주

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



조된 알루미늄-리튬 합금 용탕으로부터 알루미늄-리튬 합금 잉곳을 제조하는 단계(단계 2); 상기 알루미늄-리튬 합금 잉곳을 균질화 열처리하는 단계(단계 3); 및 상기 균질화 열처리된 알루미늄-리튬 합금 잉곳으로부터 가공품을 제조하는 단계(단계 4);를 포함하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법에 관한 것이다.

또한 본 발명은 상기 제조방법으로 제조되며, 550 MPa 내지 580 MPa의 인장강도 및 2.46 내지 2.40 g/cm³의 밀도를 갖는 것을 특징으로 하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품에 관한 것으로, 종래의 알루미늄-리튬 합금의 비하여 강도는 유지 또는 향상되면서 무게가 매우 가벼운 특징을 나타내므로, 자동차, 항공기, 기차, 선박, 휴대폰, 노트북 등에 상기 알루미늄-리튬 합금 가공품을 사용할 경우, 제품의 무게를 획기적으로 감소시킬 수 있는 장점이 있다.

(52) CPC특허분류

B21C 23/00 (2013.01)
B22D 7/005 (2013.01)
C22C 1/02 (2013.01)
C22F 1/02 (2013.01)
C22F 1/04 (2013.01)
C22F 1/047 (2013.01)

임차용

경상남도 창원시 성산구 원이대로 774 513동 1102호 (상남동, 성원5단지아파트)

(72) 발명자

김형욱

경상남도 창원시 성산구 대암로 253 104동 402호
 (성주동, 일신대동프리빌리지아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	PNK4344
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	국가과학기술연구회
연구사업명	재료연구소 운영비지원사업
연구과제명	항공용 알루미늄합금의 신뢰성 평가 및 해석기술 개발(1/5)
기 여 율	1/1
주관기관	재료연구소
연구기간	2015.01.01 ~ 2015.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

총 합금 중량에 대하여 마그네슘 7 내지 9 중량% 및 리튬 1.5 내지 2.5 중량%를 포함하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 알루미늄-리튬 합금은 망간을 0.2 내지 0.35 중량% 더 포함하는 것을 특징으로 하는 알루미늄-리튬 합금.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 알루미늄-리튬 합금은 지르코늄을 0.05 내지 0.15 중량%를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 알루미늄-리튬 합금.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 알루미늄-리튬 합금은 베릴륨을 0.002 내지 0.005 중량% 더 포함하는 것을 특징으로 하는 알루미늄-리튬 합금.

청구항 5

제1항의 알루미늄-리튬 합금을 용해 및 주조하는 단계(단계 1);

상기 용해 및 주조된 알루미늄-리튬 합금 용탕으로부터 알루미늄-리튬 합금 잉곳을 제조하는 단계(단계 2);

상기 알루미늄-리튬 합금 잉곳을 균질화 열처리하는 단계(단계 3); 및

상기 균질화 열처리된 알루미늄-리튬 합금 잉곳으로부터 가공품을 제조하는 단계(단계 4);를 포함하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 단계 1의 용해 및 주조는 진공 또는 불활성 분위기에서 수행되는 것을 특징으로 하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 단계 3의 균질화 열처리는 430 내지 450 °C에서 0.5 내지 30시간 동안 수행되는 것을 특징으로 하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법.

청구항 8

제5항에 있어서, 상기 단계 4의 가공품은 압연 또는 압출공정으로 제조되는 것을 특징으로 하는 고강도 저밀도

알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 압연은, 300 내지 400 ℃에서 열간압연 후 냉간압연하는 방법으로 수행되는 것을 특징으로 하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 압출은, 300 내지 400 ℃에서 예열한 후 출구속도 300 내지 3000 mm/min로 수행되는 것을 특징으로 하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법.

청구항 11

제5항에 있어서, 상기 단계 4 이후 상기 가공품을 용체화 열처리 및 시효 열처리하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 용체화 열처리는 430 내지 450 ℃의 온도에서 수행되는 것을 특징으로 하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 시효 열처리는 120 내지 170 ℃의 온도에서 수행되는 것을 특징으로 하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법.

청구항 14

제5항의 제조방법으로 제조되며, 550 MPa 내지 580 MPa의 인장강도 및 2.46 내지 2.40 g/cm³의 밀도를 갖는 것을 특징으로 하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품.

청구항 15

제14항의 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품을 포함하는 수송기기 부품.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 및 이를 이용한 알루미늄-리튬 합금 가공품 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 최근 수송기기 부품의 경량화를 통하여 연료를 절감시키고자 하는 추세에 따라서 고비강도 소재에 대한 요구가 증가하고 있다. 특히 항공기는 무게 감소에 따른 연료 절감 효과가 매우 커서 고비강도 소재에 대한 요구가 커

준히 요구되어 왔다. 항공기의 무게 감소는 대부분 동체와 날개와 같이 구조체의 무게 감소에 의해서 가능하므로 구조체에 사용되는 소재에 대한 경량화는 필수적이다. 알루미늄합금은 낮은 밀도와 우수한 기계적 성질로 인하여 예로부터 항공기 구조용 소재로 가장 널리 사용되어 왔지만 최근 항공기 무게의 추가적인 감소를 위해서는 비강도가 향상된 새로운 합금이 개발되어야 하는 상황이다.

[0005] 최근 주목을 받고 있는 경량금속재료에 대한 것으로, 주 대상 재료는 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg) 및 티타늄(Ti) 등이다. 밀도가 철강의 몇 분의 일밖에 안되는 경량금속 및 그 합금들은 비강도(인장강도/밀도)가 크게 요구되는 항공기 및 육상 운송장비용 신재료로서 그 용도가 크게 증대되고 있는 실정이다.

[0007] 알루미늄은 낮은 밀도에도 불구하고 비강도가 높고, 특히 다양한 합금가능성을 갖고 있어 일부 합금은 다소 높은 온도까지 사용할 수 있으며, 소성가공성이 좋고 전기전도도도 우수하여 구조 및 기능금속으로서 그 수요가 앞으로도 계속 증가할 대표적인 비철재료이다. 이에, 알루미늄을 기재로 하여 경량화하고, 이에 다른 원소를 첨가하여 비강도 값이 높은 합금을 제조하기 위한 노력이 지속되고 있다.

[0009] 그 중 알루미늄-리튬 합금은 대표적인 항공기 구조용 소재로서 강도, 피로수명이 우수할 뿐 아니라 다른 알루미늄합금에 비하여 밀도가 낮은 장점이 있다. 알루미늄-리튬 합금의 총 중량대비 리튬을 약 1 중량% 첨가하면 밀도가 약 3% 감소한다. 이러한 낮은 밀도는 다른 알루미늄 합금이 갖지 않는 알루미늄-리튬 합금만의 특징이다. 이에, 항공기 경량화를 위해서는 소재 밀도 감소가 가장 효과적임을 감안할 때 알루미늄-리튬 합금은 항공기용 소재로서 최적이라 할 수 있다. 또한, 알루미늄-리튬 합금은 리튬과 함께 구리, 마그네슘 등의 합금원소를 첨가함으로써 우수한 강도를 얻을 수 있다.

[0010] 지금까지 많은 종류의 알루미늄-리튬 합금이 개발되었으며 현재 항공기용으로 사용되고 있는 알루미늄-리튬 합금은 인장강도 약 500 MPa 내외, 밀도 약 2.6 g/cm^3 내외의 값을 갖고 있다.

[0012] 이와 관련하여 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금을 제조한 일례로써 종래의 기술을 살펴보면, 대한민국 공개특허 제10-2003-7001508호에서는 고강도 저밀도를 갖는 알루미늄-구리-리튬 합금이 개시된 바 있다. 상세하게는 구리, 리튬, 지르코늄, 스칸듐, 철과 마그네슘 및 망간으로 이루어진 군으로부터 선택된 원소를 포함한 알루미늄 합금에 실리콘, 베릴륨, 마그네슘, 망간, 아연, 게르마늄, 이트륨, 세륨 및 티타늄으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나의 원소를 포함하고 Cu/Li 비율은 1.9-2.3인 합금을 개시한 바 있으며, JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE, Vol.29, 5826-5832(1994)에서는 밀도 약 543 MPa 및 인장강도 약 2.51 g/cm^3 을 나타내는 알루미늄-마그네슘-리튬 합금을 개시한 바 있다.

[0013] 그러나 앞서 언급한 바와 같이, 항공기 경량화를 위해서는 고강도를 유지하면서 밀도를 감소시키는 것이 가장 효과적인 방법이므로 초저밀도의 알루미늄-리튬 합금이 개발되면 항공기의 추가적인 경량화가 가능하다. 이에, 최근 항공기 경량화 추세를 만족시키기 위하여 밀도가 더욱 감소되고 강도가 향상된 새로운 합금이 개발할 필요가 있다.

[0015] 이에 본 발명자들은 인장강도 550 내지 580 MPa 및 밀도 2.4 내지 2.46 g/cm^3 를 갖는 알루미늄, 마그네슘, 리튬, 망간, 지르코늄 및 베릴륨을 포함하는 알루미늄-리튬 합금 및 상기 제조된 합금을 이용하여 고강도 저밀도 합금 가공품을 제조하는 방법을 개발하고 본 발명을 완성하였다.

선행기술문헌

특허문헌

[0017] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2003-7001508호

비특허문헌

[0018] (비특허문헌 0001) JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE, Vol.29, 5826-5832(1994)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0019] 본 발명의 목적은 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 및 이를 이용한 알루미늄-리튬 합금 가공품 제조방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0021] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은

[0022] 총 합금 중량에 대하여 마그네슘 7 내지 9 중량% 및 리튬 1.5 내지 2.5 중량%를 포함하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금을 제공한다.

[0024] 또한, 본 발명은

[0025] 상기 알루미늄-리튬 합금을 용해 및 주조하는 단계(단계 1);

[0026] 상기 용해 및 주조된 알루미늄-리튬 합금 용탕으로부터 알루미늄-리튬 합금 잉곳을 제조하는 단계(단계 2);

[0027] 상기 알루미늄-리튬 합금 잉곳을 균질화 열처리하는 단계(단계 3); 및

[0028] 상기 균질화 열처리된 알루미늄-리튬 합금 잉곳으로부터 가공품을 제조하는 단계(단계 4);를 포함하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법을 제공한다.

[0030] 나아가, 본 발명은

[0031] 상기 제조방법으로 제조되며, 550 MPa 내지 580 MPa의 인장강도 및 2.46 내지 2.40 g/cm³의 밀도를 갖는 것을 특징으로 하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품을 제공한다.

[0033] 더 나아가, 본 발명은

[0034] 상기 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품을 포함하는 수송기기 부품을 제공한다.

발명의 효과

[0036] 본 발명의 알루미늄-리튬 합금은, 종래의 알루미늄-리튬 합금의 비하여 강도는 유지 또는 향상되면서 무게가 매우 가벼운 특징을 나타내므로, 자동차, 항공기, 기차, 선박, 휴대폰, 노트북 등에 상기 알루미늄-리튬 합금을 사용할 경우, 제품의 무게를 획기적으로 감소시킬 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0038] 도 1은 본 발명에 따른 실시예 1, 비교예 1 내지 3 및 종래의 알루미늄-리튬 합금 압출봉의 마그네슘 및 리튬

함량을 나타낸 그래프이고,

도 2는 본 발명에 따른 실시예 1, 비교예 1 내지 3 및 종래의 알루미늄-리튬 합금 압출봉의 밀도 및 인장강도를 나타낸 그래프이고,

도 3은 본 발명에 따른 실시예 1의 알루미늄-리튬 합금 압출봉의 미세조직 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

본 발명은,

총 합금 중량에 대하여 마그네슘 7 내지 9 중량% 및 리튬 1.5 내지 2.5 중량%를 포함하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금을 제공한다.

이하, 본 발명의 알루미늄-리튬 합금을 상세히 설명한다.

상기 알루미늄-리튬 합금은 총 합금 중량에 대하여 마그네슘을 7 내지 9 중량%를 포함하는 것이 바람직하다.

상기 마그네슘은 첨가량이 증가함에 따라서 재료의 강도를 지속적으로 증가시킬 수 있다. 한편, 우수한 강도를 얻기 위해서는 고용강화 및 석출강화에 의한 강도 향상이 필요하다. 그러나 상기 마그네슘이 7 중량% 미만 첨가될 경우, 고용강화가 일어날 수는 있으나, 석출 강화가 발생하지 않을 수 있다. 한편, 상기 마그네슘 함량이 9 중량%를 초과하여 첨가될 경우, 상기 합금을 용해 및 주조하는 과정에서 편석이 발생하기 쉽고 열간 가공성이 떨어질 수 있어, 마그네슘을 7 내지 9 중량%로 포함하는 것이 바람직하다.

또한, 상기 알루미늄-리튬 합금은 총 합금 중량에 대하여 리튬을 1.5 내지 2.5 중량%로 포함하는 것이 바람직하다.

상기 리튬은 합금의 밀도를 낮추고 탄성계수는 증가시키는 효과가 나타날 수 있다. 그러나 리튬 함량이 1 중량% 미만일 경우, 밀도 감소 및 물성 향상의 효과가 미미할 수 있고 또한, 리튬 함량이 2.5 중량%를 초과할 경우, 리튬의 반응성으로 인하여 용해 및 주조가 어려울 수 있다. 이에, 리튬을 1.0 내지 2.5 중량%로 포함하는 것이 바람직하다.

또한, 상기 알루미늄-리튬 합금은 총 합금 중량에 대하여 망간을 0.2 내지 0.35 중량% 더 포함할 수 있다.

상기 망간은 합금의 강도를 증가시키고 결정립 구조를 제어시킬 수 있다. 특히, 마그네슘을 포함하는 상기 알루미늄-리튬 합금에 상기 망간을 첨가할 경우, 합금의 강도를 더욱 향상시킬 수 있다. 이에, 상기 망간을 상기 알루미늄-리튬 합금에 첨가함으로써 합금의 결정립 크기를 제어할 수 있고, 강도를 향상시킬 수 있다. 그러나 상기 망간을 0.2 중량% 미만 첨가할 경우, 상기 효과가 미미할 수 있고 또한, 상기 망간의 함량이 0.35 중량%를 초과할 경우, 성형성이 저하될 수 있다. 이에, 상기 망간을 0.2 내지 0.35 중량%를 포함하는 것이 바람직하다.

또한, 상기 알루미늄-리튬 합금은 총 합금 중량에 대하여 지르코늄을 0.05 내지 0.15 중량% 더 포함할 수 있다.

상기 지르코늄은 결정립 구조를 제어시킬 수 있다. 상기 지르코늄을 상기 알루미늄-리튬 합금에 첨가할 경우, Al-Zr 금속간화합물이 생성될 수 있고, 상기 생성된 Al-Zr 금속간화합물이 재결정을 억제하고 결정립의 성장을 방해해, 결정립을 미세화 시키는 역할을 할 수 있다. 그러나 상기 지르코늄을 0.05 중량% 미만 첨가할 경우, 결정립 구조를 제어하는 효과가 미미할 수 있고, 상기 지르코늄의 함량이 0.15 중량%를 초과할 경우, 더이상 결정립 미세화 효과 증가가 발생하지 않을 수 있다. 이에, 상기 지르코늄을 0.05 내지 0.15 중량%를 포함하는 것이 바람직하다.

또한, 상기 알루미늄-리튬 합금은 총 합금 중량에 대하여 베릴륨을 0.002 내지 0.005 중량% 더 포함할 수 있다.

- [0057] 상기 베릴륨은 반응성이 큰 마그네슘 및 리튬 원소를 다량 포함하는 알루미늄-마그네슘-리튬계 합금을 용해할 때, 합금 원소의 산화를 방지하고 수소 흡수에 의하여 생기는 주물표면의 기포의 발생을 억제시킬 수 있다. 또한, 합금의 고온산화 및 고온 취성을 억제하는 효과가 있을 수 있다. 그러나 상기 베릴륨을 0.002% 미만 첨가할 경우, 상기 합금 원소의 상기 효과가 미미해질 수 있으며, 상기 베릴륨의 함량이 0.005 중량%를 초과할 경우, 인체에 유해할 가능성이 생길 수 있다. 이에, 상기 베릴륨을 0.002 내지 0.005 중량%를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0059] 상기 제조된 알루미늄-리튬 합금은, 마그네슘 및 리튬을 포함하고, 망간, 지르코늄 및 베릴륨으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상의 원소를 포함함으로써 종래의 알루미늄-리튬 합금의 비하여 강도는 향상되면서 무게가 매우 가벼운 고강도 저밀도의 특징을 나타내므로, 고강도 및 저밀도를 동시에 필요로 하는 자동차, 항공기, 기차, 선박, 휴대폰, 노트북 등에 상기 알루미늄-리튬 합금을 사용할 경우, 제품의 무게를 획기적으로 감소시킬 수 있는 장점이 있다.
- [0061] 한편, 본 발명은
- [0062] 상기 알루미늄-리튬 합금을 용해 및 주조하는 단계(단계 1);
- [0063] 상기 용해 및 주조된 알루미늄-리튬 합금 용탕으로부터 알루미늄-리튬 합금 잉곳을 제조하는 단계(단계 2);
- [0064] 상기 알루미늄-리튬 합금 잉곳을 균질화 열처리하는 단계(단계 3); 및
- [0065] 상기 균질화 열처리된 알루미늄-리튬 합금 잉곳으로부터 가공품을 제조하는 단계(단계 4);를 포함하는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법을 제공한다.
- [0067] 이하, 본 발명의 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법을 각 단계별로 상세히 설명한다.
- [0069] 본 발명의 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법에 있어서, 단계 1은 상기 알루미늄-리튬 합금을 용해 및 주조하는 단계이다.
- [0070] 이때, 상기 단계 1의 용해 및 주조는 진공 또는 불활성 분위기에서 수행될 수 있다. 이로 인해 상기 알루미늄-리튬 합금에 포함되어 있는 리튬에 의한 강한 산화반응을 억제할 수 있다.
- [0071] 상기 리튬은 매우 강한 반응성으로 인하여 용해 및 주조 시 산소 및 물과 접촉하여 강한 산화반응을 일으킬 수 있다. 이에, 진공 또는 불활성 가스 분위기에서 상기 알루미늄-리튬 합금을 용해 및 주조함으로써 상기 산소 및 물과의 접촉을 제한할 수 있어, 이로 인한 강한 산화반응을 억제시킬 수 있다. 또한, 상기 진공 또는 불활성 가스 분위기에서 용해 및 주조할 경우, 상기 알루미늄-리튬 합금에 포함되어 있는 마그네슘의 산화를 방지할 수 있다.
- [0072] 그러나 상기 단계 1의 용해 및 주조할 때의 분위기가 이에 제한되는 것은 아니며, 상기 리튬 및 마그네슘의 산화를 방지할 수 있는 적절한 방법 및 조건으로 수행될 수 있다.
- [0074] 본 발명의 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법에 있어서, 단계 2는 상기 용해 및 주조된 알루미늄-리튬 합금 용탕으로부터 알루미늄-리튬 합금 잉곳을 제조하는 단계이다.
- [0075] 단계 2에서는 단계 1의 합금 용탕으로부터 알루미늄-리튬 합금 잉곳을 제조하는 단계로써, 단계 2의 잉곳은 합금 용탕을 680 내지 740 °C의 온도도 유지하며, 150 내지 250 °C의 금속 몰드에 주입하여 제조될 수 있다.
- [0076] 만약 잉곳 제조시 용탕의 온도가 680 °C 미만인 경우에는 용탕의 유동도가 낮아 잉곳의 제조가 어려운 문제가 있으며, 용탕의 온도가 740 °C를 초과하는 경우에는 용탕이 산화됨에 따라 원하는 합금조성으로 잉곳을 제조할 수 없을 뿐만 아니라, 생성된 산화물이 잉곳 내부에 혼입될 수 있다.
- [0077] 또한, 상기 금속 몰드의 온도는 150 내지 250 °C로 유지되는 것이 바람직하며, 만약 몰드의 온도가 150 °C 미만

인 경우에는 몰드 내부의 습기를 효과적으로 제거하기 힘들고, 몰드의 온도가 250 ℃를 초과하는 경우에는 예열 및 주조에 소요되는 에너지 및 시간이 길어 경제성 측면에서 손실이 발생할 수 있다.

- [0078] 그러나, 상기 단계 2의 잉곳 제조가 이에 제한되는 것은 아니며, 용탕으로부터 원하는 조성의 잉곳을 제조할 수 있는 적절한 방법 및 조건으로 수행될 수 있다.
- [0080] 본 발명의 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법에 있어서, 단계 3은 상기 알루미늄-리튬 합금 잉곳을 균질화 열처리하는 단계이다.
- [0081] 상기 단계 3의 균질화 처리는 잉곳의 제조 시 발생하는 합금원소의 편석으로 인한 불균질한 조직을 개선하고 합금의 압출성 및 기계적 특성을 향상시키기 위한 것일 수 있다.
- [0082] 이때, 상기 균질화 열처리는 430 내지 450 ℃의 온도 조건에서 0.5 내지 30시간 동안 수행될 수 있다.
- [0083] 상기 균질화 처리가 430 ℃ 미만의 온도에서 수행될 경우, 균질화 과정에서 기지에 용해되는 마그네슘과 리튬의 함량이 낮아 편석이 충분히 제거되지 않을 수 있어, 이에 따라 최종 합금 가공품의 물성이 저하되는 문제가 발생할 수 있다. 또한, 균질화 처리가 450 ℃를 초과하는 온도에서 수행될 경우, 상기 알루미늄-리튬 합금의 고상선 온도에 비해 열처리 온도가 높아 잉곳의 일부가 용해될 수 있다.
- [0084] 또한, 상기 균질화 열처리가 0.5 시간 미만에서 수행될 경우, 용해되는 마그네슘과 리튬의 함량이 낮아 균질화 열처리 효과가 충분하지 않을 수 있고, 30시간을 초과하는 경우, 결정립이 크게 성장하여 열간가공성을 저해시킬 뿐만 아니라, 효과에 비해 경제적 측면에서 바람직하지 않을 수 있다.
- [0086] 본 발명의 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법에 있어서, 단계 4는 상기 균질화 열처리된 알루미늄-리튬 합금 잉곳으로부터 가공품을 제조하는 단계이다.
- [0087] 이때, 상기 가공품은 압연공정을 통해 제조될 수 있다.
- [0088] 상기 압연공정은 열간압연 또는 냉간압연으로 수행될 수 있으며, 일례로 상기 열간압연과 냉간압연을 병행하여 수행될 수 있으나, 이에 제한된 것은 아니며, 적절한 압연공정을 선택하여 사용할 수 있다.
- [0089] 예를 들어, 상기 가공품은 판재일 수 있으며, 상기 판재는 상기 균질화 처리가 완료된 잉곳을 300 내지 400 ℃에서 열간압연을 수행한 후 냉간압연을 수행하여 제조될 수 있다. 이때, 상기 열간압연의 온도가 300 ℃ 미만일 경우, 압연 하중이 증가하여 압연롤의 수명이 단축되고 압연 판재의 결함이 발생할 수 있으며, 상기 열간압연의 온도가 400 ℃를 초과할 경우, 상기 열간압연 중에 합금 내부의 상들이 용융되어 균열이 발생할 수 있다.
- [0091] 또한, 상기 가공품은 압출공정을 통해 제조될 수 있다.
- [0092] 상기 압출은 간접압출법(indirect extrusion process), 직접압출법(direct extrusion process), 정수압압출법(hydrostatic extrusion process), 측면압출법(lateral or side extrusion process), 충격압출법(impact extrusion process) 등의 압출공정을 통해 수행될 수 있으며, 일례로 간접압출법을 통해 수행될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니며 적절한 압출공정을 선택하여 수행될 수 있다.
- [0093] 이때, 상기 압출공정을 통하여 제조된 가공품은 예를 들어 봉 형태일 수 있으며, 상기 균질화 처리가 완료된 잉곳을 300 내지 400 ℃에서 예열한 후 출구속도가 300 내지 3000 mm/min인 조건에서 압출을 수행하여 제조될 수 있다. 이때, 상기 압출을 위해 예열하는 온도가 300 ℃ 미만일 경우, 압출 하중이 증가하여 압출 다이의 수명이 단축될 수 있고, 또한 가공품에 결함이 발생할 수 있다. 또한, 상기 예열온도가 400 ℃를 초과하는 경우, 상기 압출 중에 합금 내부의 상들이 용융되어 균열이 발생할 수 있다.
- [0094] 또한, 상기 출구속도가 300 mm/min 미만일 경우, 생산성이 현저히 저하될 수 있고, 상기 출구속도가 3000 mm/min를 초과하는 경우, 과도한 압출하중 및 가공열 발생으로 인하여 압출이 원활히 수행되지 않을 수 있고, 또한, 압출 가공품의 표면 품질이 저하될 수 있다.
- [0096] 한편, 본 발명의 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품의 제조방법에 있어서, 상기 단계 4의 가공품을 제조

하는 단계 이후, 상기 가공품을 용체화 열처리 및 시효 열처리하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0097] 상기 용체화 열처리 및 시효 열처리는 수행할 경우, Al-Mg-Li 형태의 미세한 석출상이 생성될 수 있으며, 상기 생성된 석출상으로 인해 상기 가공품의 강도를 향상시킬 수 있다.

[0098] 이때, 상기 용체화 열처리는 430 내지 450 °C의 온도에서 수행하는 것이 바람직하다. 만약 상기 용체화 열처리를 430°C 미만의 온도에서 수행할 경우, 마그네슘 또는 리튬이 충분히 기지 내부로 용해되지 않을 수 있고, 또한 450 °C를 초과하는 온도에서 수행할 경우, 상기 가공품 내부에 포함되어 있는 저융점 상의 용융현상으로 인하여 재료의 균열이 발생될 수 있다.

[0099] 또한, 상기 시효 열처리는 120 내지 170 °C의 온도에서 수행하는 것이 바람직하다. 만약 상기 시효 열처리를 120°C 미만의 온도에서 수행할 경우, 석출상의 생성이 상기 가공품의 강도를 향상시키기에 충분하지 않을 수 있고, 또한 170°C를 초과하는 온도에서 수행할 경우, 석출상의 크기가 커져서 강화효과가 감소될 수 있다.

[0100]

[0101] 한편, 본 발명은

[0102] 상기 제조방법으로 제조되며, 550 MPa 내지 580 MPa의 인장강도 및 2.46 내지 2.40 g/cm³의 밀도를 갖는 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품을 제공한다.

[0103] 앞서 언급한 바와 같이, 수송기기 부품의 경량화를 통한 연비 효율 향상을 위하여, 알루미늄-리튬 합금과 같은 경량소재가 주목받고 있다. 하기 표 1은 지금까지 개발된 대표적인 저밀도 알루미늄 합금을 나타낸 것으로, 표1에 나타낸 바와 같이, 현재까지 개발된 상용 알루미늄-리튬 합금의 경우, 밀도가 가장 낮은 합금은 1420으로서 밀도가 약 2.47 g/cm³이며, 인장강도는 다소 낮은 450 MPa를 나타내고 있다.

표 1

[0105]

종류	조성(중량%)						밀도 (g/cm ³)	인장강도 (MPa)	비강도 (인장강도/ 밀도)
	Mg	Li	Cu	Mn	Zr	Zn			
1420	4.5 ~6.0	1.8 ~2.2			0.08 ~0.15		2.47	450	182.2
8090	0.6 ~1.3	2.2 ~2.7	1.0 ~1.6	<0.1	0.04 ~0.16	<0.15	2.54	510	300.8
2090	<0.25	1.9~	2.4	<0.05	0.08~	<0.1	2.59	550	212.4
2099	0.1 ~0.5	1.6 ~2.0	2.4 ~3.0	0.1 ~0.5	0.05 ~0.12	0.4 ~1.0	2.63	545	207.2

[0107] 그러나 항공기 경량화를 위해서는 고강도를 유지하면서 밀도를 감소시키는 것이 가장 효과적인 방법이므로 초저밀도의 알루미늄-리튬 합금이 개발되면 항공기의 추가적인 경량화가 가능하다. 이에, 본 발명에서는 종래의 알루미늄-리튬의 밀도 및 인장강도 특성을 좀 더 향상시키기 위한 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금을 제조하였으며, 상기 합금을 이용하여 제조한 본 발명의 알루미늄-리튬 합금 가공품은 550 MPa 내지 580 MPa의 인장강도 및 2.46 내지 2.40 g/cm³의 밀도를 나타내어, 항공기 경량화를 위한 소재로 대체하여 사용할 수 있다.

[0109] 또한, 본 발명은

[0110] 상기 고강도 저밀도 알루미늄-리튬 합금 가공품을 포함하는 수송기기 부품을 제공한다.

[0111] 앞서 언급한 바와 같이, 수송기기 부품, 예를 들어 자동차에 적용되는 부품의 경우 고강도의 기계적 특성이 요구되나, 최근 경량화를 통한 연비 효율 향상이 요구되는 분위기로 인하여, 고강도의 기계적 특성뿐만 아니라,

경량화에 대한 요구가 크게 증가하고 있다.

- [0112] 이때, 본 발명의 상기 알루미늄-리튬 합금 가공품은 경량소재로써 고강도 및 저밀도의 특징을 나타낼 수 있는바, 이를 포함하는 본 발명의 수송기기 부품 역시 고강도 특성을 나타내면서 최근의 경량화 분위기에 부합하는 장점이 있다.
- [0113] 이때, 상기 수송기기 부품으로는 자동차 프레임, 철도차량 차체 등이 있으나, 본 발명의 수송기기 부품이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0115] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 상세하게 설명한다. 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기의 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0117] <실시예 1> 알루미늄-리튬 합금 가공품 제조(1)
- [0118] 본 발명의 알루미늄-리튬 합금 가공품을 제조하기 위하여, 다음과 같은 단계를 통해 알루미늄-합금 압출재를 제조하였다.
- [0119] 단계 1: 순 알루미늄 (99.8%), 순 마그네슘(99.8%), 순 리튬 (99.95%), 알루미늄-15중량% 망간 합금, 알루미늄-10중량% 지르코늄 합금, 알루미늄-2.5중량% 베릴륨 합금을 용해 및 주조를 실시하였다. 이때, 상기 용해 및 주조된 용탕의 산화를 방지하기 위하여 아르곤(Ar) 가스를 용탕 상부에 도포하여 대기와의 접촉을 차단하였다.
- [0120] 단계 2: 상기 용해 및 주조된 용탕을 700 ℃의 온도로 유지한 후, 200 ℃로 예열된 스틸 몰드를 이용해 알루미늄-마그네슘-리튬-망간-지르코늄-베릴륨 합금 잉곳을 제조하였다.
- [0121] 단계 3: 상기 잉곳을 440 ℃에서 24시간 동안 균질화 열처리한 후 공랭시켰다.
- [0122] 단계 4: 상기 균질화 열처리된 알루미늄-리튬 합금 잉곳을 최대 압출력 500 tonf을 나타내는 간접 압출기를 이용하여 압출하였다. 이때, 압출조건은 초기 잉곳온도 350℃, 압출비 16:1, 램속도 1.0mm/sec 이었으며 지름 20mm인 봉상으로 압출하였다.
- [0123] 단계 5: 상기 압출된 압출재를 440 ℃에서 1시간 동안 용체화 열처리를 수행하였으며, 이후 수랭한 후 150 ℃에서 8시간 동안 시효 열처리를 수행하였다.
- [0125] <실시예 2> 알루미늄-리튬 합금 가공품 제조(2)
- [0126] 본 발명에 따른 알루미늄-리튬 합금 가공품을 제조하기 위하여, 상기 실시예 1에서 단계 5를 수행하지 않은 것을 제외하는 것을 뺀 나머지를 동일한 방법으로 수행하여 알루미늄-리튬 합금 압출재를 제조하였다.
- [0128] <비교예 1> 알루미늄-리튬 합금 가공품 제조
- [0129] 본 발명과 마그네슘 함량을 달리한 알루미늄-리튬 합금을 제조하기 위하여, 순 알루미늄 (99.8%), 순 마그네슘 (99.8%), 순 리튬 (99.95%), 알루미늄-10중량% 지르코늄 합금을 사용하여 알루미늄-리튬 합금을 제조한 후, 실시예 1과 동일한 방법을 통해 압출재를 제조하였다.
- [0131] <비교예 2> 알루미늄-마그네슘 합금 가공품 제조
- [0132] 본 발명과 마그네슘 함량이 동일하며, 그외 다른 성분을 포함하고 있지 않은 알루미늄-마그네슘 합금을 제조하기 위하여, 순 알루미늄 (99.8%), 순 마그네슘(99.8%)을 사용하여 마그네슘 함량 7.8%를 포함하는 알루미늄-마그네슘 합금을 제조한 후, 실시예 1과 동일한 방법을 통해 압출재를 제조하였다.
- [0134] <비교예 3> 알루미늄-구리-리튬 합금 가공품 제조
- [0135] 종래의 알루미늄-구리-리튬합금을 제조하기 위하여, 순 알루미늄 (99.8%), 순 마그네슘(99.8%), 순 리튬

(99.95%), 알루미늄-39.5중량% 구리 합금, 순은 (99%), 알루미늄-10중량% 지르코늄 합금을 사용하여 알루미늄-구리-리튬-마그네슘-은-지르코늄 합금을 제조한 후, 실시예 1과 동일한 방법을 통해 압출재를 제조하였다.

<실험예 1>

본 발명에 따라 제조된 알루미늄-리튬 합금 및 비교를 위해 제조된 알루미늄 합금의 조성을 확인하기 위하여, 실시예 1에 의하여 제조된 알루미늄-리튬 합금 압출재 및 비교예 1 내지 3에 의하여 제조된 알루미늄 합금 압출재에 대하여, 이하와 같은 실험을 수행하였다.

실시예 1 및 비교예 1 내지 3에 의해 제조된 압출재에 대하여 유도 결합 플라즈마 질량 분석기(ICP, Inductively Coupled Plasma)를 이용하여 조성 분석을 하였으며, 그 결과를 하기 표 2 및 도 1에 나타내었다.

표 2

	조성 (중량%)							밀도 (g/cm ³)	인장강도 (MPa)	(인장강도 /밀도)
	Mg	Li	Cu	Mn	Zr	Ag	Be			
실시예 1	8.12	2.20	0.005	0.25	0.12	-	0.003	2.440	568	232.8
비교예 1	5.01	1.61	0.03	0.002	0.13	-	-	2.514	350	139.2
비교예 2	7.8	-	-	-	-	-	-	2.601	335	128.8
비교예 3	0.42	0.98	3.8	0.002	0.13	0.41	-	2.712	512	188.8

상기 표 2 및 도 1에 나타난 바와 같이, 실시예 1에 의해 제조된 알루미늄-리튬 합금 압출재의 경우, 총 합금 중량에 대하여 마그네슘 함량이 8.12 중량%이고, 리튬 함량이 2.2 중량%인 것을 알 수 있으며, 비교예 1의 경우, 마그네슘 함량이 5.01 중량%이고, 리튬 함량이 1.61 중량%로, 본 발명의 마그네슘 함량 및 리튬 함량범위를 벗어난 것을 알 수 있다. 또한, 비교예 2의 경우, 마그네슘만 7.8 중량% 함유하고 있는 알루미늄-마그네슘 합금이며, 비교예 3의 경우, 구리 함량이 3.8 중량%이 포함된 알루미늄-구리-리튬 합금임을 알 수 있다.

<실험예 2>

본 발명에 따라 제조된 알루미늄-리튬 합금의 미세조직을 확인하기 위하여, 실시예 1에 의하여 제조된 알루미늄-리튬 합금 압출재에 대하여, 이하와 같은 실험을 수행하였다.

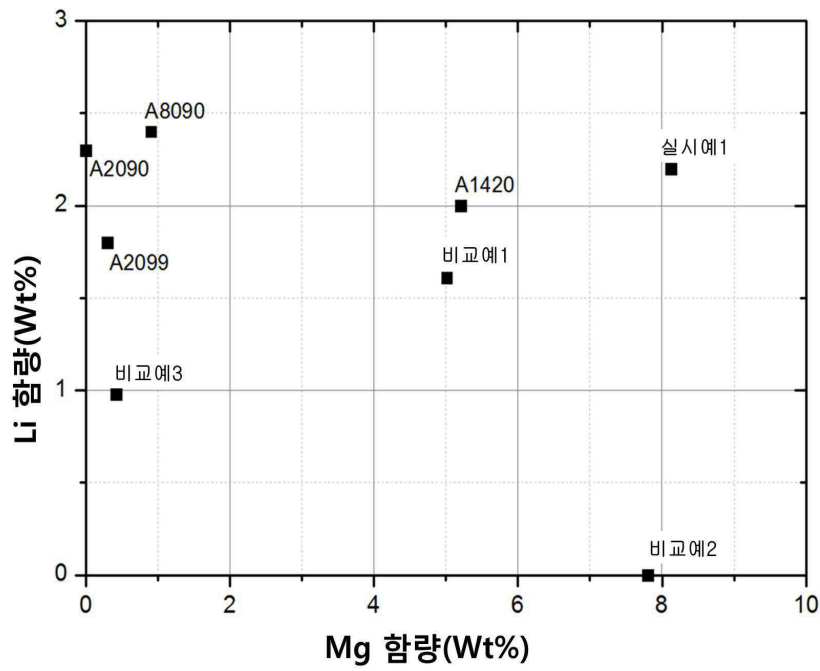
실시예 1에 의해 제조된 압출재에 대하여 주사전자현미경(Scanning electron microscopy)을 이용하여 미세조직을 관찰하였으며, 그 결과를 도 3에 나타내었다.

도 3에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예 1에 따라 제조된 알루미늄-리튬 합금 압출재의 표면을 관찰한 결과, 결정립이 미세화 되었으며, 이방성이 나타나지 않음을 알 수 있다. 이를 통해, 상기 실시예 1에 따라 제조된 알루미늄-리튬 합금 압출재의 강도가 높은 값을 나타낼 것으로 예상해볼 수 있다.

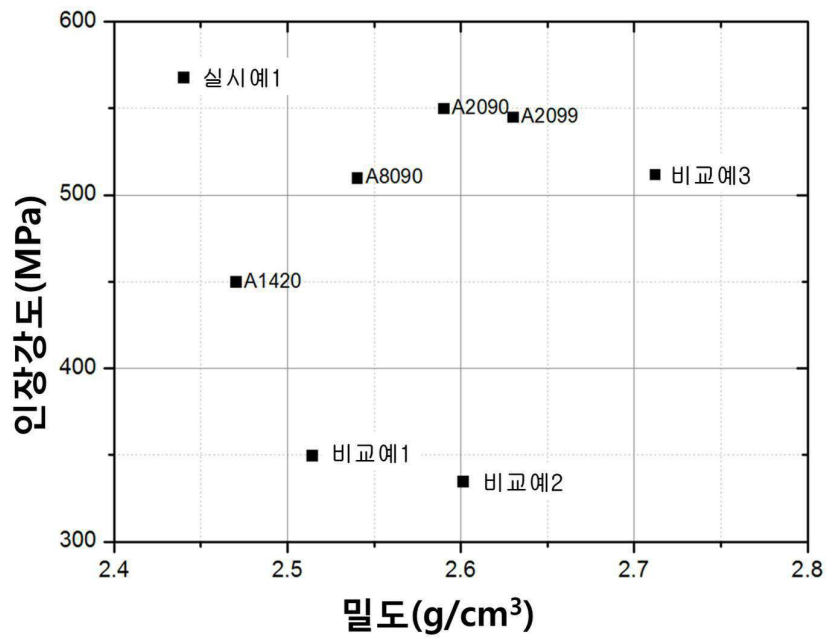
- [0152] <실험예 3>
- [0153] 본 발명에 따라 제조된 알루미늄-리튬 합금과 종래의 알루미늄 합금의 밀도를 비교하기 위하여, 실시예 1에 의하여 제조된 알루미늄-리튬 합금 압출재 및 비교예 1 내지 3에 의하여 제조된 알루미늄 합금 압출재에 대하여, 이하와 같은 실험을 수행하였다.
- [0154] 실시예 1 및 비교예 1 내지 3에 의해 제조된 압출재에 대하여 아르키메데스 법을 이용하여 밀도를 측정하였으며, 그 결과를 상기 표 2에 나타내었다.
- [0156] 상기 표 2에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예 1에 따라 제조된 알루미늄-리튬 합금은 2.440 g/cm^3 로 매우 낮은 밀도를 나타내고 있음을 알 수 있다. 이는 종래의 알루미늄-리튬 합금보다 낮은 밀도값을 나타냄을 알 수 있다.
- [0158] <실험예 4>
- [0159] 본 발명에 따라 제조된 알루미늄-리튬 합금과 종래의 알루미늄 합금의 인장강도를 비교하기 위하여, 실시예 1에 의하여 제조된 알루미늄-리튬 합금 압출재 및 비교예 1 내지 3에 의하여 제조된 알루미늄 합금 압출재에 대하여, 이하와 같은 실험을 수행하였다.
- [0160] 실시예 1 및 비교예 1 내지 3에 의해 제조된 압출재의 인장강도를 측정하기 위하여, 게이지 길이 25 mm, 게이지 직경 6 mm인 봉상 인장 시편을 제작하고, 이를 1.5 mm/min의 크로스헤드 스피드로 인장 시험을 수행하였다. 이 때, 각 합금에 대하여 3회의 인장시험을 수행하였으며, 그 결과는 상기 표 2 및 도 2에 나타내었다.
- [0162] 상기 표 2에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예 1에 따라 제조된 알루미늄-리튬 합금의 인장강도는 568MPa로 매우 높은 강도값을 가지며, 비강도(인장강도/밀도)값 또한 232.8 MPa로, 매우 높은값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이는 비교예 1 내지 3과 비교하였을 때 상대적으로 우수한 강도특성을 나타냄을 알 수 있다.
- [0163] 또한, 도 2에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 실시예 1에 따라 제조된 알루미늄-리튬 합금 압출재는 종래의 알루미늄-리튬 합금 및 비교예 1 내지 3보다 인장강도/밀도값으로 매우 높은 값을 갖는다는 것을 알 수 있다. 이를 통해, 본 발명의 알루미늄-리튬 합금이 종래의 알루미늄-리튬 합금의 비하여 강도는 향상되면서 무게가 매우 가벼운 특징을 나타내므로, 자동차, 항공기, 기차, 선박, 휴대폰, 노트북 등에 상기 알루미늄-리튬 합금 가공품을 사용할 경우, 제품의 무게를 획기적으로 감소시킬 수 있다.

도면

도면1



도면2



도면3

