



(19) 대한민국특허청(KR)
 (12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년01월18일
 (11) 등록번호 10-1223546
 (24) 등록일자 2013년01월11일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 21/02 (2006.01) *C22F 1/043* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2007-7003089
- (22) 출원일자(국제) 2005년07월28일
 심사청구일자 2010년07월15일
- (85) 번역문제출일자 2007년02월08일
- (65) 공개번호 10-2007-0057144
- (43) 공개일자 2007년06월04일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2005/026478
- (87) 국제공개번호 WO 2006/014948
 국제공개일자 2006년02월09일
- (30) 우선권주장
 60/592,051 2004년07월28일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
 JP56163234 A*
 US05879478 A*
 US20030102059 A1
 US05846347 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
알코아 인코포레이티드
 미합중국 펜실바니아주 15212-5858 피츠버그시 이
 사벨라 스트리트 201 알코아 코포레이트 센터
- (72) 발명자
린 젠 씨
 미합중국 펜실바니아주 15632 엑스포트 알톤 코트
 1001
얀 신안
 미합중국 펜실바니아주 15668 머리스빌 버킹햄
 코트3801
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
송봉식, 정삼영

전체 청구항 수 : 총 19 항

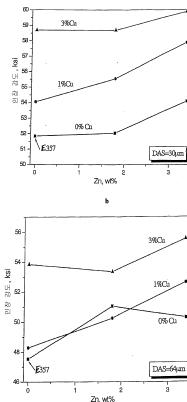
심사관 : 윤여분

(54) 발명의 명칭 항공기 및 자동차의 주조용 AL-Si-Mg-Zn-Cu 합금

(57) 요약

본 발명은 4% - 9% Si; 0.1% - 0.7% Mg; 5% 이하의 Zn; 0.15% 미만의 Fe; 4% 미만의 Cu; 0.3% 미만의 Mn; 0.05% 미만의 B; 0.15% 미만의 Ti; 및 잔부가 알루미늄으로 이루어진 조성을 갖는 알루미늄 주조 합금을 제공한다. 본 발명의 독창적인 조성의 AlSiMg 합금은 유사하게 준비된 E357 합금과 비교하여 실온 및 고온에서 증가된 기계적 성질(인장 항복 강도 및 최대 인장 강도)을 제공한다. 또한 본 발명은 독창적인 조성의 합금으로 성형된 성형 주조품 및 독창적인 조성의 합금으로부터 성형 주조품을 제조하는 방법을 포함한다.

대 표 도



(72) 발명자

야나르 카가타이

미합중국 웬실바니아주 15232 피츠버그 아파트먼트
2알더 스트리트 5911

젤만 래리 디

미합중국 버지니아주 23692 요크타운 이그리트 코
트 102

듀망 사비에르

프랑스 라발 에프-53000 르 마젠타 19

톰바리 로버트

캐나다 퀘벡 에이치9비 2피9 돌라드 데스 오르메옥
스힐톤 153

특허청구의 범위

청구항 1

알루미늄 주조 합금에 있어서, 중량 % 기준으로

4% - 9% Si;

0.1% - 0.7% Mg;

3% - 5% Zn;

선택적으로 0.15% 미만의 Fe;

선택적으로 2% 미만의 Cu;

선택적으로 0.3% 미만의 Mn;

선택적으로 0.05% 미만의 B;

선택적으로 0.15% 미만의 Ti;

선택적으로 0.01% 미만의 Sr;

선택적으로 0.5% 미만의 Ag; 및

알루미늄 및 불가피한 불순물인 잔부로 이루어진 것을 특징으로 하는 알루미늄 주조 합금.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 Mg 조성은 0.55% 내지 0.65%이며 상기 Si 조성은 7%인 것을 특징으로 하는 알루미늄 주조 합금.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 Mg 조성은 0.45% 내지 0.55%이며 상기 Si 조성은 7%인 것을 특징으로 하는 알루미늄 주조 합금.

청구항 4

제 1 항에 있어서, E357 합금의 주조품과 비교하여 증가된 강도 특성을 갖고 있는 것을 특징으로 하는 알루미늄 주조 합금.

청구항 5

중량 % 기준으로

4% - 9% Si;

0.1% - 0.7% Mg;

3% - 5% Zn;

선택적으로 0.15% 미만의 Fe;

선택적으로 2% 미만의 Cu;

선택적으로 0.3% 미만의 Mn;

선택적으로 0.05% 미만의 B;

선택적으로 0.15% 미만의 Ti;

선택적으로 0.01% 미만의 Sr;

선택적으로 0.5% 미만의 Ag; 및

알루미늄 및 불가피한 불순물인 잔부로 이루어진 것을 특징으로 하는 성형 주조품.

청구항 6

제 5 항에 있어서, T5 조건 또는 T6 조건으로 열처리된 것을 특징으로 하는 성형 주조품.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 Mg 조성은 0.55% 내지 0.65%이고, 상기 Si 조성은 7%인 것을 특징으로 하는 성형 주조품.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 T6 조건으로 열처리된 상기 성형 주조품은, E357 합금으로 유사하게 처리하여 성형된 주조품보다, 고온에서 10% 내지 20% 더 높은 최대 인장 강도를 갖고 있는 것을 특징으로 하는 성형 주조품.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 고온은 100°C 내지 250°C의 범위인 것을 특징으로 하는 성형 주조품.

청구항 10

제 6 항에 있어서, 상기 Mg 조성은 0.45% 내지 0.55%이고, 상기 Si 조성은 7%인 것을 특징으로 하는 성형 주조품.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 T6 조건으로 열처리된 상기 성형 주조품은, E357 합금으로 유사하게 처리하여 성형된 주조품보다, 고온에서 20% 내지 30% 더 높은 최대 인장 강도를 갖고 있는 것을 특징으로 하는 성형 주조품.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 상기 고온은 100°C 내지 250°C의 범위인 것을 특징으로 하는 성형 주조품.

청구항 13

알루미늄 합금 성형 주조품을 제조하는 방법에 있어서, 상기 방법은:

중량 % 기준으로

4% - 9% Si;

0.1% - 0.7% Mg;

3% - 5% Zn;

선택적으로 0.15% 미만의 Fe;

선택적으로 2% 미만의 Cu;

선택적으로 0.3% 미만의 Mn;

선택적으로 0.05% 미만의 B;

선택적으로 0.15% 미만의 Ti;

선택적으로 0.01% 미만의 Sr;

선택적으로 0.5% 미만의 Ag; 및

알루미늄 및 불가피한 불순물인 잔부로 이루어진 용융 금속을 준비하는 단계; 및

상기 용융 금속으로부터 알루미늄 합금 제품을 성형하는 단계를 포함하고 있는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합

금 성형 주조품의 제조 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서, 상기 알루미늄 합금 제품을 성형하는 단계는 인베스트먼트 주조, 저압 또는 중력 주조, 영구 또는 반영구 주형 주조, 압착 주조, 다이캐스팅 주조, 방향성 주조 또는 사형 주조에 의해서 상기 용융 금속을 알루미늄 합금 주조품으로 주조하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금 성형 주조품의 제조 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 냉금부와 암탕부를 구비한 주형을 준비하는 단계; 및 상기 알루미늄 합금 제품을 성형하기 위하여 상기 용융 금속을 상기 주형에서 주조하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금 성형 주조품의 제조 방법.

청구항 16

제 13 항에 있어서, 상기 주조품을 T5 조건 또는 T6 조건으로 열처리하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금 성형 주조품의 제조 방법.

청구항 17

제 13 항에 있어서, 상기 Mg 조성은 0.45% 내지 0.55%이고, 상기 Si 조성은 7%인 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금 성형 주조품의 제조 방법.

청구항 18

제 13 항에 있어서, 상기 Mg 조성은 0.55% 내지 0.65%이고, 상기 Si 조성은 7%인 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금 성형 주조품의 제조 방법.

청구항 19

제 13 항에 있어서, 상기 용융 금속은 고액상 공존 금속을 포함하며, 상기 알루미늄 합금 제품을 성형하는 단계는 반고체 주조 또는 성형하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금 성형 주조품의 제조 방법.

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

명세서

기술 분야

[0001]

본 발명은 알루미늄 합금에 관한 것이며, 더욱 구체적으로 실리콘(Si), 마그네슘(Mg), 아연(Zn) 및 구리(Cu)를 포함하고 있는 알루미늄 주조 합금에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

알루미늄 주조 부품은 항공기 및 자동차 산업에서 무게를 감소시키기 위하여 광범위하게 사용되고 있다. 가장 일반적으로 사용되는 주조 합금인 Al-Si7-Mg의 강도 한계는 입증되어 있다. 현재, E357의 주조 재료로서 가장 보편적으로 사용되는 Al-Si7-Mg 합금은 실온에서 5% 또는 그 이상의 연신율을 나타내며 310 MPa(45,000 psi)의 최대 인장 강도, 260 MPa(37,709 psi)의 인장 항복 강도를 확실하게 보장할 수 있다. 더욱 가벼운 부품을 얻기 위하여, 설계를 위한 재료 특성이 입증된 더 높은 강도 및 더 큰 연성을 갖는 재료가 요구된다.

[0003]

높은 강도를 나타내는 다양한 대체 합금이 존재하며 등록되어 있다. 그러나 이들은 또한 주조성, 부식 가능성 또는 유동성에 있어서 쉽게 해결되지 않는 잠재적인 문제점을 나타내고 있으며, 따라서 목적에 대한 적합성이

떨어진다. 그러므로, E357과 같은 Al-Si7-Mg 합금보다 높은 기계적 성질을 나타내며 또한 양호한 주조성, 부식 저항성 및 원하는 다른 특성을 갖는 합금에 대한 필요성이 상존한다.

발명의 상세한 설명

- [0004] 본 발명은 향상된 기계적 성질을 갖는 독창적인 AlSiMg 합금, 이 합금으로 제조한 성형 주조품 및 성형 주조품을 제조하는 방법을 제공한다. 본 발명의 독창적인 AlSiMg 합금 조성은 E357과 같은 종래의 AlSi7Mg 합금과 비교하여 최대 인장 강도(UTS) 및 인장 항복 강도(TYS)에 국한되는 것은 아니지만 이러한 기계적 성질을 포함하는 향상된 기계적 성질을 나타내기 적합한 비율로 Zn, Cu, Mg을 함유하고 있다.
- [0005] 한 관점에서 본 발명은: 중량 % 기준으로
- [0006] 4% - 9% Si;
- [0007] 0.1% - 0.7% Mg;
- [0008] 5% 이하의 Zn;
- [0009] 0.15% 미만의 Fe;
- [0010] 4% 미만의 Cu;
- [0011] 0.3% 미만의 Mn;
- [0012] 0.05% 미만의 B;
- [0013] 0.15% 미만의 Ti; 및
- [0014] 잔부가 알루미늄으로 이루어진 알루미늄 주조 합금에 관한 것이다.
- [0015] 조성을 나타내는 비율은 중량 백분율(wt %)이다. 본 발명의 일부 실시예에서, Zn, Cu, Mg의 비율은 E357과 같은 종래의 AlSi7Mg 합금과 비교하여 향상된 강도 특성을 갖는 AlSiMg 합금을 제공하기 위하여 선택되었다. 본 발명의 실시예에서 사용된 용어인 "향상된 강도 특성"은 E357과 유사하게 준비된 주조품과 비교하여, T6 열처리 주조품에 대한 실온 또는 고온에서의 인장 항복 강도가 대략 20% - 30% 증가하고 최대 인장 강도가 약 20% - 30% 증가하는 한편 E357과 유사한 연신율을 유지하는 것을 의미한다.
- [0016] 본 발명의 일부 실시예에서, 실온(22°C) 또는 100°C 내지 250°C 사이의 온도, 바람직하게는 150°C의 고온에서 합금의 최대 인장 강도 및 인장 항복 강도를 증가시키기 위하여 합금의 Cu 함량은 증가되었다. 비록 온도가 증가함에 따라 최대 인장 강도 및 인장 항복 강도가 대체로 감소하지만, Cu를 첨가시키는 것은 Cu를 함유하지 않은 유사한 AlSiMg 합금과 비교할 때 고온 강도 특성을 증가시킨다. 본 발명의 한 실시예에서, 고온 연신율을 증가시키기 위하여 Cu 함량은 최소화되었다. 연신율(E)은 일반적으로 높은 온도일수록 증가한다.
- [0017] 본 발명의 일부 실시예에서, 합금의 Cu 함량 및 Mg 함량은 실온(22°C) 또는 고온에서 합금의 최대 인장 강도 및 항복 인장 강도를 증가시키기 위하여 선택되었다. 본 발명의 일부 실시예에서, Cu를 함유하고 더 높은 Mg 함량을 갖는 조성에서 Zn 함량은 합금의 연신율을 증가시킨다. 본 발명의 일부 실시예에서, Cu를 함유하고 더 낮은 Mg 함량을 갖는 조성에서 Zn 함량은 합금의 연신율을 감소시킨다. Zn 함량이 실온에서 연신율에 영향을 미치는 것과 유사하게 고온에서 비슷한 경향이 관측되었다.
- [0018] 본 발명의 일부 실시예에서, Cu 조성은 2% 이하가 될 수 있으며 Zn 조성은 약 3% 내지 약 5% 범위가 될 수 있다. 이러한 조성 범위에서 Zn 함량이 증가하면 합금의 최대 인장 강도 및 항복 인장 강도가 대체로 증가한다. 또한 2%를 초과하는 Cu 함량을 갖는 본 발명의 합금 조성에 Zn을 함유시키면 합금의 최대 인장 강도가 대체로 약간 감소하는 것을 확인하였다. 한 실시예에서, Cu 함량이 2%를 초과하는 경우에 Zn 함량은 3% 미만으로 감소된다. 한 실시예에서, Cu 함량이 2%를 초과하는 경우에 Zn 함량은 0%가 될 수 있다. 본 발명의 또 다른 실시예에서, Cu, Zn, Mg 함량은 연신율을 증가시키도록 선택되었으며, Zn 함량이 약 2.5% 미만인 경우 Mg의 함유는 본 발명의 합금에 대한 긍정적인 효과(연신율 증가)를 나타내지만 Zn 함량이 2.5%를 초과하는 경우에는 부정적인 효과(연신율 감소)를 나타낸다. 본 발명의 한 실시예에서 합금의 최대 인장 강도는 0.5% 미만의 Ag 첨가로 증가될 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일부 실시예에서, Cu, Zn, Mg 함량은 실온 및 고온에서 합금의 품질 지수(Quality Index)에 대한 긍정적인 영향을 갖도록 선택된다. 품질 지수는 강도 및 연신율과 관련한 표현이다. 비록 Cu의 함유가 합금의

강도를 증가시키지만 합금의 연신율 감소를 수반하며, 따라서 합금 품질 지수를 감소시킨다. 한 실시예에서, 합금의 품질 지수를 증가시키기 위하여 Cu 및 1%를 초과하는 Zn을 포함하는 합금에 Mg이 첨가된다. 더욱이, Mg 함량이 0.6% 수준과 같이 높고 Cu 함량이 2.5% 미만과 같이 낮은 경우에 Zn는 품질 지수를 증가시킬 수 있다.

[0020] 본 발명의 합금은 F, T5 또는 T6 열처리 상태로 사용하기 위한 것이다. E357과 비교하여 또한 합금의 유동성이 향상된다.

[0021] 다른 관점에서 본 발명은: 중량 % 기준으로

[0022] 4% - 9% Si;

[0023] 0.1% - 0.7% Mg;

[0024] 5% 이하의 Zn;

[0025] 0.15% 미만의 Fe;

[0026] 4% 미만의 Cu;

[0027] 0.3% 미만의 Mn;

[0028] 0.05% 미만의 B;

[0029] 0.15% 미만의 Ti; 및

[0030] 잔부가 알루미늄으로 이루어진 성형 주조품에 관한 것이다.

[0031] 또 다른 관점에서 본 발명은 알루미늄 합금 성형 주조품을 제조하는 방법에 관한 것으로서, 상기 방법은:

[0032] 중량 % 기준으로

[0033] 4% - 9% Si;

[0034] 0.1% - 0.7% Mg;

[0035] 5% 이하의 Zn;

[0036] 0.15% 미만의 Fe;

[0037] 4% 미만의 Cu;

[0038] 0.3% 미만의 Mn;

[0039] 0.05% 미만의 B;

[0040] 0.15% 미만의 Ti;

[0041] 잔부가 알루미늄으로 이루어진 용융 금속을 준비하는 단계; 및

[0042] 상기 용융 금속으로부터 알루미늄 합금 제품을 성형하는 단계를 포함하고 있다.

[0043] 본 발명의 방법의 한 실시예에서, 알루미늄 합금 제품을 성형하는 단계는 인베스트먼트 주조, 저압 또는 중력 주조, 영구 또는 반영구 주형 주조, 압착 주조, 다이캐스팅 주조, 방향성 주조 또는 사형 주조에 의해 용융 금속을 알루미늄 합금 주조품으로 주조하는 단계를 포함한다. 이 성형 방법은 냉금부(chills)와 압탕부(risers)를 구비한 주형을 준비하는 단계를 더 포함할 수 있다. 본 발명의 한 실시예에서, 용융 금속은 고액상 공존 금속(thixotropic metal)이며 알루미늄 합금 제품을 성형하는 단계는 반고체 주조 또는 성형하는 단계를 포함한다.

실 시 예

[0056] 표 1은 본 발명에 따른 다양한 합금 및 비교를 위해 포함되어 있는 종래 기술의 합금인 E357의 조성을 나타내고 있다. 기계적 성질의 시험을 포함하는 다양한 시험이 표 1의 합금에 대하여 실행되었으며 그 결과는 도 1a 내지 도 5에 기재되어 있다.

표 1

합금 조성

| Alloy | Cu | Zn | Si | Mg | Fe | Ti | B | Sr |
|---------|------|------|------|------|------|-------|--------|-------|
| 3Cu 0Zn | 2.91 | 0 | 7.01 | 0.5 | 0.06 | 0.126 | 0.0006 | 0.01 |
| 3Cu 2Zn | 2.9 | 1.83 | 7.1 | 0.49 | 0.06 | 0.127 | 0.0012 | 0.009 |
| 3Cu 4Zn | 2.96 | 3.61 | 7.18 | 0.49 | 0.06 | 0.126 | 0.0007 | 0.008 |
| 1Cu 0Zn | 1.0 | 0 | 7.03 | 0.5 | 0.02 | 0.12 | 0.0015 | 0.01 |
| 1Cu 2Zn | 1.0 | 1.74 | 7.22 | 0.56 | 0.06 | 0.133 | 0.0003 | 0.009 |
| 1Cu 4Zn | 0.99 | 3.39 | 7.36 | 0.54 | 0.05 | 0.131 | 0.0001 | 0.009 |
| 0Cu 2Zn | 0 | 1.73 | 7.19 | 0.53 | 0.05 | 0.129 | 0.0014 | 0.006 |
| 0Cu 4Zn | 0 | 3.41 | 7.19 | 0.53 | 0.05 | 0.127 | 0.0013 | 0.005 |
| E357 | 0 | 0 | 7.03 | 0.53 | 0.05 | 0.127 | 0.0011 | 0.007 |

[0057]

표 1의 2 내지 8 열에 기재된 값은 시험한 샘플의 다양한 원소의 실제 중량 백분율이다. 표 1에서 마지막 줄의 것을 제외하고 1열에 기재한 것은 합금에서의 Cu와 Zn 함량에 대한 목표값이다. 마지막 줄에 기재한 것은 종래 기술의 합금인 E357에 대한 것이다.

[0059]

표 1에서 1열 다음의 열에 기재한 것은 Cu, Zn, Si, Mg, Fe, Ti, B, Sr 각각에 대한 실제 중량 백분율을 나타내고 있다.

[0060]

표 1에 기재된 조성을 갖는 샘플은 기계적 성질 평가를 위해 방향성 응고 시험 주형에서 주조되었다. 그 다음에 주조품은 T6 열처리 되었다. 샘플은 상이한 응고 속도를 갖는 여러 구역에서 주조품으로부터 채취되었다. 샘플의 인장 특성은 실온에서 평가되었다.

[0061]

이제 도 1a를 참조하면, 도시된 바와 같이 도 1a는 약 7% Si, 약 0.5% Mg 및 다양한 함량의 Cu와 Zn을 포함하는 알루미늄 합금의 샘플에 대한 인장 강도 데이터를 나타내고 있다. 도 1a에 표시된 샘플은 초당 약 1°C로 응고되었다. 이들 샘플에 있어서, 수지상정 가지 간격(DAS:dendrite arm spacing)은 약 30 마이크론이었다. 본 연구에서 약 3.61% Zn의 최대 수준까지 Zn 함량에 따라 합금의 인장 강도는 증가하는 것을 알 수 있다. 마찬가지로, 본 연구에서 약 3% Cu의 최대 수준까지 Cu 함량이 증가함에 따라 합금의 인장 강도는 증가한다. Cu 및/또는 Zn을 함유한 모든 샘플은 종래 기술의 합금인 E357보다 높은 강도를 나타내었다.

[0062]

도 1b에 도시된 샘플은 초당 약 0.4°C로 더 느리게 응고되었으며 그 결과 약 64 마이크론의 수지상정 가지 간격을 갖는 것을 제외하고 도 1b는 도 1a와 유사한 데이터를 나타내고 있다. 가장 높은 인장 강도를 갖는 샘플은 약 3% Cu와 약 3.61% Zn을 포함하는 샘플이었다. Cu 및/또는 Zn을 함유한 도 1b의 모든 샘플은 종래 기술의 합금인 E357보다 높은 강도를 나타내었다.

[0063]

도 2a는 약 7% Si, 약 0.5% Mg 및 다양한 함량의 Cu와 Zn을 포함하는 다양한 알루미늄 합금의 샘플에 대한 항복 강도 데이터를 나타내고 있다. 샘플은 초당 약 1°C로 응고되었으며 약 30 마이크론의 수지상정 가지 간격을 갖는다. 항복 강도는 Cu 함량의 증가에 따라 현저하게 증가되었으며, Zn 함량의 증가에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 가장 높은 항복 강도를 갖는 샘플은 약 3% Cu와 약 4% Zn을 포함하는 샘플이었다. Cu 또는 Zn을 첨가한 모든 샘플은 종래 기술의 합금인 E357보다 높은 항복 강도를 나타내었다.

[0064]

도 2b는 도 2a에 도시한 것과 동일한 알루미늄 합금에 대한 항복 강도 데이터를 나타내고 있지만, 초당 약 0.4 °C로 더 느리게 응고된 것이다. 수지상정 가지 간격은 약 64 마이크론이었다. 가장 높은 항복 강도를 갖는 샘플은 약 3% Cu와 약 4% Zn을 포함하는 샘플이었다. Cu 또는 Zn을 첨가한 모든 샘플은 종래 기술의 합금인 E357보다 높은 인장 강도를 나타내었다.

[0065]

도 3a는 종래 기술의 합금인 E357 그리고 Cu와 Zn을 첨가한 다양한 합금에 대한 연신율 데이터를 나타내고 있다. 응고 속도는 초당 약 1°C였다. 0% Cu를 함유하는 합금에서 가장 좋은 연신율이 얻어졌다. 그러나, Zn

함량을 2%에서 약4% 까지 증가시킴에 따라 연신율은 증가하였다. 2% 내지 4% 사이의 Zn을 함유하는 합금은 종래 기술의 합금인 E357보다 더 높은 연신율을 나타내었다.

[0066] 도 3b는 도 3a에 도시한 것과 동일한 알루미늄 합금에 대한 연신율 데이터를 나타내고 있지만, 초당 약 0.4°C로 더 느리게 응고된 것이다. 수지상정 가지 간격은 약 64 마이크론이었다. 도 3a와 마찬가지로 0% Cu를 함유하는 합금이 가장 높은 연신율을 나타내었다. 가장 높은 연신율은 종래 기술의 합금인 E357에서 얻어졌다. 그러나, 0% Cu와 2% 내지 4% 범위의 Zn을 함유하는 합금은 E357의 연신율에 비해 단지 약간 낮은 것이었다. 2% 내지 4% 범위의 Zn을 함유하는 합금에 관심을 갖는 이유는 이들 합금의 인장 강도와 항복 강도 값이 E357과 비교하여 월등하기 때문이다.

[0067] 도 4는 유동성 주형에서의 주조 결과를 나타낸다. 이전의 것들과 마찬가지로, 시험은 약 7% Si, 약 0.5% Mg 및 다양한 함량의 Cu와 Zn을 함유하는 알루미늄 합금에 대하여 실행되었다. Cu 또는 Zn을 첨가한 도 4의 대부분의 합금은 종래 기술의 합금인 E357보다 우수한 유동성을 갖는다. 가장 우수한 유동성은 3% Cu와 4% Zn을 함유하는 합금에 대해서 얻어졌다. 유동성은 주조품의 모든 부분에 액상 금속을 공급하기 위하여 주형의 작은 통로를 통하여 유동하는 합금의 능력을 결정하기 때문에 성형 주조를 위해 유동성은 중요하다.

[0068] 도 5는 시험한 합금의 품질 지수(Q)에 대한 데이터를 나타낸다. 품질 지수(Q)는 최대 인장 강도 이외에 연신율(E)의 대수를 포함하는 계산된 지수이다. 도 5에 도시된 그래프는 전술한 연구를 위해 채택한 두 개의 수지상정 가지 간격에 대한 것이다. 30 마이크론의 간격은 초당 1°C로 냉각된 샘플에서 확인된 것이며, 64 마이크론의 간격은 초당 0.4°C로 냉각된 샘플에서 확인된 것이다. 가장 우수한 품질 지수(Q)는 높은 함량의 Zn과 낮은 함량의 Cu를 함유한 것에서 얻어진다는 것을 도 5에서 알 수 있다.

[0069] 표 2는 본 발명에 따른 다양한 합금의 조성을 나타내고 있으며, 여기에서 Cu, Mg, Zn의 함량은 실온 및 고온에서의 향상된 기계적 성질을 제공하기 위하여 선택되었다. 표 2의 2 내지 7 열에 기재된 값은 시험한 샘플의 다양한 원소의 실제 중량 백분율이다. 각각의 합금의 잔부는 본질적으로 알루미늄으로 구성된다. Sr은 입자 미세화제로서 포함된 것이다.

표 2

인베스먼트 주조 AlSiMg 시험편의 조성

| Alloy | Cu | Zn | Si | Mg | Fe | Ti | Sr |
|--------------------|------|------|------|-----|-----|-----|-------|
| 5Si 1Cu 0.6Mg | .99 | 0 | 4.9 | .56 | .1 | .12 | .006 |
| 7Si 1Cu 0.5Mg | 1.05 | 0 | 6.93 | .49 | .07 | .13 | .0004 |
| 7Si 1Cu 0.5Mg 3Zn | 1.07 | 3.12 | 7.29 | .5 | .06 | .12 | .008 |
| 5Si 1Cu 0.5Mg | 1 | 0.03 | 5.01 | .57 | .08 | .12 | .006 |
| 5Si 3Cu 0.5Mg | 3.01 | 0 | 5.13 | .51 | .08 | .13 | .007 |
| 5Si 3Cu 0.5 Mg 3Zn | 3.27 | 3.17 | 5.34 | .5 | .07 | .12 | 0 |
| 5Si 1Cu 0.6 Mg | 1.02 | 0.02 | 5 | .57 | .08 | .12 | .007 |
| 5Si 1Cu 0.6Mg 3Zn | 1.11 | 3 | 5.19 | .56 | .08 | .11 | 0 |
| 5Si 1Cu 0.6Mg | 1.01 | .02 | 5.01 | .57 | .09 | .12 | .006 |
| 7Si 3Cu 0.6Mg | 3.11 | 0 | 7.1 | .61 | .05 | .13 | 0 |
| 7Si 3Cu 0.6Mg 3Zn | 3.26 | 3.22 | 7.47 | .62 | .05 | .12 | .007 |
| 5Si 1Cu 0.6Mg | 1.01 | .03 | 5.03 | .57 | .08 | .12 | .007 |

[0070]

[0071] 시험편은 기계적 성질 평가를 위해 상기와 같은 조성으로 만들어졌다. 시험편은 1/4 인치 두께의 시험 플레이트 형태로 인베스트먼트 주조에 의해 형성되었다. 인베스트먼트 주조에 의한 냉각 속도는 초당 약 0.5°C 미만이며 약 60 마이크론 또는 그보다 큰 수준의 수지상정 가지 간격을 나타낸다. 주조한 다음에 시험 플레이트는

T6 열처리 되었다. 일반적으로, T6 열처리는 용체화 처리, 소입 및 인공시효로 구성된다. 시험 플레이트는 시험편으로 절단되었으며 그 시험편에 대한 기계적 성질을 시험하였다. 구체적으로, 표 2에 기재한 합금 조성을 갖는 시험편에 대해 실온(22°C)에서의 최대 인장 강도, 고온(150°C)에서의 최대 인장 강도, 실온(22°C)에서의 인장 항복 강도, 고온(150°C)에서의 인장 항복 강도, 실온(22°C)에서의 연신율, 고온(150°C)에서의 연신율, 실온(22°C)에서의 품질 지수, 고온(150°C)에서의 품질 지수를 평가하였다. 시험 결과는 아래의 표 3에 기재되어 있다.

표 3

표 2에 기재된 합금 조성을 갖는 시험편의 기계적 성질

| Alloy | 실온(22°C) | | | | 고온(150°C) | | | |
|--------------------|----------|----------|------|--------|-----------|----------|------|--------|
| | TYS(MPa) | UTS(MPa) | E(%) | Q(MPa) | TYS(MPa) | UTS(MPa) | E(%) | Q(MPa) |
| 5Si 1Cu 0.6Mg | 337.27 | 369.99 | 2.8 | 437.84 | 307.98 | 325.90 | 6.0 | 442.62 |
| 7Si 1Cu 0.5Mg | 338.76 | 385.38 | 5.5 | 496.44 | 305.23 | 328.65 | 10.0 | 478.65 |
| 7Si 1Cu 0.5Mg 3Zn | 346.45 | 392.39 | 4.7 | 492.74 | 310.74 | 332.79 | 7.7 | 465.76 |
| 5Si 1Cu 0.5Mg | 332.79 | 368.96 | 3.2 | 444.05 | 307.98 | 325.90 | 6.0 | 442.62 |
| 5Si 3Cu 0.5Mg | 373.09 | 404.33 | 2.0 | 449.48 | 334.17 | 361.73 | 4.0 | 452.03 |
| 5Si 3Cu 0.5Mg 3Zn | 372.63 | 391.35 | 2.0 | 436.51 | 328.65 | 345.88 | 2.0 | 391.03 |
| 5Si 1Cu 0.6Mg | 335.31 | 373.09 | 3.2 | 448.18 | 307.98 | 325.90 | 6.0 | 442.62 |
| 5Si 1Cu 0.6 Mg 3Zn | 346.45 | 382.05 | 2.2 | 432.42 | 314.87 | 334.17 | 5.7 | 447.55 |
| 5Si 1Cu 0.6Mg | 329.34 | 371.03 | 4.0 | 461.34 | 307.98 | 325.90 | 6.0 | 442.62 |
| 7Si 3Cu 0.6Mg | 376.65 | 407.31 | 2.0 | 452.47 | 337.61 | 368.62 | 4.3 | 463.64 |
| 7Si 3Cu 0.6Mg 3Zn | 379.06 | 401.34 | 2.0 | 446.50 | 333.48 | 352.77 | 5.0 | 457.61 |
| 5Si 1Cu 0.6Mg | 329.92 | 368.84 | 3.2 | 443.94 | 307.98 | 325.90 | 6.0 | 442.62 |

[0072]

[0073] 표 3의 데이터로부터 아래와 같이 실온(22°C)에서의 인장 항복 강도(TYS), 실온(22°C)에서의 최대 인장 강도(UTS), 실온(22°C)에서의 연신율(E)에 대한 회귀 모델이 유도된다.

$$\text{실온}(22^{\circ}\text{C})\text{에서의 인장 항복 강도}(\text{MPa}) = 322.04 - 25.9466*\text{Mg(wt\%)} + 19.5276*\text{Cu(wt\%)} - 4.8189*\text{Zn(wt\%)} + 1.3576*\text{Si(wt\%)} + 19.08*\text{Mg(wt\%)}*\text{Zn(wt\%)} - 2.1535*\text{Cu(wt\%)}*\text{Zn(wt\%)} - 119.57*\text{Sr(wt\%)}$$

$$\text{실온}(22^{\circ}\text{C})\text{에서의 최대 인장 강도}(\text{MPa}) = 375.188 - 71.5565*\text{Mg(wt\%)} + 14.5255*\text{Cu(wt\%)} - 6.0743*\text{Zn(wt\%)} + 4.57744*\text{Si(wt\%)} + 23.212*\text{Mg(wt\%)}*\text{Zn(wt\%)} - 3.42964*\text{Cu(wt\%)}*\text{Zn(wt\%)} + 79.2381*\text{Sr(wt\%)}$$

$$\text{실온}(22^{\circ}\text{C})\text{에서의 연신율}(\%) = 7.119 - 11.548*\text{Mg(wt\%)} - 1.055*\text{Cu(wt\%)} - 0.117*\text{Zn(wt\%)} + 0.739*\text{Si(wt\%)} - 0.801*\text{Mg(wt\%)}*\text{Zn(wt\%)} + 0.173*\text{Cu(wt\%)}*\text{Zn(wt\%)} + 16.903*\text{Sr(wt\%)}$$

[0077] 표 3의 데이터로부터 아래와 같이 고온(150°C)에서의 인장 항복 강도(YTS), 고온(150°C)에서의 최대 인장 강도(UTS), 고온(150°C)에서의 연신율(E), 고온(150°C)에서의 품질 지수(Q)에 대한 회귀 모델이 유도된다.

$$\text{고온}(150^{\circ}\text{C})\text{에서의 인장 항복 강도}(\text{MPa}) = 279.465 + 29.792*\text{Mg(wt\%)} + 14.0*\text{Cu(wt\%)} + 0.4823*\text{Zn(wt\%)} - 0.503*\text{Si(wt\%)} + 6.566*\text{Mg(wt\%)}*\text{Zn(wt\%)} - 1.998*\text{Cu(wt\%)}*\text{Zn(wt\%)} - 3.686*\text{Sr(wt\%)}$$

$$\text{고온}(150^{\circ}\text{C})\text{에서의 최대 인장 강도}(\text{MPa}) = 293.3 + 15.723*\text{Mg(wt\%)} + 18.32*\text{Cu(wt\%)} + 0.441*\text{Zn(wt\%)} + 1.2264*\text{Si(wt\%)} + 9.811*\text{Mg(wt\%)}*\text{Zn(wt\%)} - 3.7344*\text{Cu(wt\%)}*\text{Zn(wt\%)} - 145.682*\text{Sr(wt\%)}$$

$$\text{고온}(150^{\circ}\text{C})\text{에서의 연신율}(\%) = 13.575 - 20.454*\text{Mg(wt\%)} - 1.672*\text{Cu(wt\%)} - 4.812*\text{Zn(wt\%)} + 1.184*\text{Si(wt\%)} + 8.138*\text{Mg(wt\%)}*\text{Zn(wt\%)} + 0.014*\text{Cu(wt\%)}*\text{Zn(wt\%)} - 26.65*\text{Sr(wt\%)}$$

$$\text{고온}(150^{\circ}\text{C})\text{에서의 품질 지수}(\text{MPa}) = 447.359 - 138.331*\text{Mg(wt\%)} - 0.4381*\text{Cu(wt\%)} - 65.285*\text{Zn(wt\%)} +$$

$$14.36*Si(\text{wt}\%) + 130.69*Mg(\text{wt}\%)*Zn(\text{wt}\%) - 6.043*Cu(\text{wt}\%)*Zn(\text{wt}\%) + 405.71*Sr(\text{wt}\%)$$

[0082] 고온(150°C)에서의 최대 인장 강도, 고온(150°C)에서의 연신율 및 고온(150°C)에서의 품질 지수에 대한 회귀 모델이 도 6 내지 8에 도시되어 있다.

[0083] 도 6에 도시된 그래프를 참조하면, Mg과 Cu 함량을 변화시킨 합금 조성에 대한 고온(150°C)에서의 최대 인장 강도(MPa)는 Zn 함량의 증가에 관한 함수로서 도시되어 있다. 구체적으로, 기준선(15)은 약 0.6% Mg 및 3% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(20)은 약 0.5% Mg 및 3% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(25)은 약 0.6% Mg 및 2% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(30)은 약 0.5% Mg 및 2% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(35)은 약 0.6% Mg 및 1% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(40)은 약 0.5% Mg 및 1% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(45)은 약 0.6% Mg 및 0% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(50)은 약 0.5% Mg 및 0% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이다.

[0084] 도 6에 도시된 그래프와 표 3에 제공된 데이터에 따르면, 합금의 Cu 함량이 약 2% 또는 그 이상으로 증가될 때 Zn의 첨가는 기준선(15, 20, 25, 30)으로 도시된 바와 같이 그 합금에 대한 고온에서의 최대 인장 강도에 대한 부정적인 영향을 나타내는 것을 알 수 있다. 또한, 합금의 Cu 함량이 약 2% 미만으로 감소될 때 Zn의 첨가는 기준선(35, 40, 45, 50)으로 도시된 바와 같이 그 합금에 대한 고온에서의 최대 인장 강도에 대한 긍정적인 영향을 나타내는 것을 알 수 있다. 높은 Cu 함량을 갖는 합금의 강도에 대한 Zn의 부정적인 영향은 Zn와 Cu의 상호 작용에 의해서 형성되는 입자에 따른 결과라고 생각되며, 바람직하지 않은 이러한 입자들은 T6 열처리 과정의 용체화 처리시에 용해되어 고용체로 되지 않는다. 용해되지 않은 입자들이 주조품의 강도 및 연신율을 감소시키는 것으로 생각된다.

[0085] 계속해서 도 6을 참조하면, 본 발명의 일부 실시예에서 기준선(15, 25, 30, 45)으로 표시된 0.6% Mg을 포함하고 있는 합금은 기준선(20, 30, 40, 50)으로 표시된 약 0.5% Mg을 갖고 있는 유사한 조성의 합금보다 더 높은 최대 인장 강도를 갖고 있다.

[0086] 이제 도 7에 도시된 그래프를 참조하면, Mg과 Cu 함량을 변화시킨 합금에 대한 고온에서의 연신율이 Zn 함량의 증가에 관한 함수로서 도시되어 있다. 구체적으로, 기준선(55)은 약 0.6% Mg 및 3% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(60)은 약 0.5% Mg 및 3% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(65)은 약 0.6% Mg 및 2% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(70)은 약 0.5% Mg 및 2% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(75)은 약 0.6% Mg 및 1% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(80)은 약 0.5% Mg 및 1% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(85)은 약 0.6% Mg 및 0% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(90)은 약 0.5% Mg 및 0% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이다.

[0087] 도 7에 도시된 그래프와 표 3에 제공된 데이터에 따르면, 본 발명의 독창적인 합금에서 Cu 함량을 증가시키는 것은 합금의 연신율에 부정적인 영향을 나타낸다. 예를 들어, 각각의 합금에서 Mg 함량이 0.6%로 동일한 기준선(55, 65, 75, 85)으로 도시된 그래프를 참조하면, Cu 함량이 증가할 때 합금의 연신율은 감소된다. 또한, 각각의 합금에서 Mg 함량이 0.5%로 동일한 기준선(60, 70, 80, 90)으로 도시된 합금에 대해서도 Cu 함량은 유사한 효과를 갖는다.

[0088] 계속해서 표 3 및 도 7를 참조하면, 본 발명의 한 실시예에서, 기준선(60, 70, 80, 90)으로 도시된 바와 같이 0.5% 수준으로 Mg 함량이 낮을 때 본 발명의 독창적인 합금에서 Zn 함량의 증가는 그 합금의 연신율을 증가시킬 수 있다. 본 발명의 한 실시예에서, 기준선(55, 65, 75, 85)으로 도시된 바와 같이 0.6% 수준으로 Mg 함량이 높을 때 본 발명의 독창적인 합금에서 Zn 함량의 증가는 그 합금의 연신율을 감소시킬 수 있다. Zn 함량이 2.5%를 초과할 때 Mg은 연신율에 긍정적인 영향을 나타내며 Zn 함량이 2.5% 미만일 때 Mg은 부정적인 영향을 나타낸다. 예를 들어, 두 합금의 Cu 함량이 3.0%로 동일한 기준선(55, 60)으로 표시된 그래프를 참조하면, 만약 합금의 Mg 함량이 2.5% 이상이라면 Mg 함량이 0.5%에서 0.6%로 증가할 때 품질 지수는 증가된다. 또한, Mg 함량은 3.0% 미만의 Cu를 갖는 합금에 대해서 유사한 효과를 갖는다.

[0089] 이제 도 8에 도시된 그래프를 참조하면, Cu과 Mg 함량을 변화시킨 본 발명에 따른 AlSiMg 합금에 대한 고온(150°C)에서의 품질 지수가 Zn 함량의 함수로서 도시되어 있다. 구체적으로, 기준선(95)은 약 0.5% Mg 및 3% Cu를

포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(100)은 약 0.5% Mg 및 2% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(105)은 약 0.6% Mg 및 3% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(110)은 약 0.5% Mg 및 1% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(115)은 약 0.6% Mg 및 2% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(120)은 약 0.5% Mg 및 0% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(125)은 약 0.6% Mg 및 1% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이며, 기준선(130)은 약 0.6% Mg 및 0% Cu를 포함하는 본 발명에 따른 합금에 대한 것을 도시한 것이다. 위에서 설명한 바와 같이, 품질 지수(Q)는 최대 인장 강도(UTS) 이외에 연신율(E)의 대수를 포함하는 계산된 지수이다.

[0090] 도 8과 표 3에 기재된 데이터를 참조하면, 비록 Cu 함량은 대체적으로 본 발명의 합금의 최대 인장 강도 및/또는 인장 항복 강도를 증가시키지만, Cu 함량은 대체적으로 연신율을 감소시키며 따라서 일부 실시예에서 합금의 품질 지수를 감소시킬 수 있다. Zn 함량이 1.2% 이상인 경우 Mg은 Cu와 Zn을 포함하는 본 발명의 합금의 품질 지수에 대하여 긍정적인 영향을 나타낸다. 예를 들어, 두 합금의 Cu 함량이 3.0%인 기준선(95, 105)으로 도시된 그래프를 참조하면, 만약 합금의 Zn 함량이 1.2% 이상이라면 Mg 함량이 0.5%에서 0.6%로 증가될 때 품질 지수는 증가된다. 또한, Mg 함량은 3.0% 미만의 Cu를 함유하는 합금에 대해 유사한 효과를 갖는다. 본 발명의 일부 실시예에서, 기준선(95, 100, 105, 120)으로 나타낸 합금 그래프로 도시된 바와 같이 증가되는 Cu 함량을 포함하는 AlSiMg 합금은 Cu의 함량이 증가할 때 품질 지수가 감소한다. 본 발명의 일부 실시예에서, 기준선(115, 125, 130)으로 나타낸 합금 그래프로 도시된 바와 같이 Mg 함량이 약 0.6%이고 Cu 함량이 약 2.5% 미만일 때 Zn의 첨가는 합금의 품질 지수를 증가시킬 수 있다.

[0091] 비록 표 3에 기재한 합금 조성은 독창적인 합금 조성의 예시적인 것이지만, 본 발명은 이것으로 제한되는 것은 아니며 청구범위에 언급된 구성 원소 및 범위를 갖는 임의의 합금 조성은 본 발명의 범주 내에 속하는 것이다. 본 발명의 범위에 들어가는 합금 조성의 다른 예가 도 9에 도시된 표에 기재되어 있다. 또한 도 9는 기재한 조성을 갖는 합금에 대한 인장 항복 강도, 최대 인장 강도, 연신율 및 품질 지수를 포함하고 있으며 최대 인장 강도, 인장 항복 강도, 연신율 및 품질 지수는 T6 열처리 시험편을 실온(22°C)에서 시험하여 얻은 것이다.

[0092] 도 9에 도시된 표의 마지막 줄은 비교 목적을 위해 포함된 종래 기술의 합금인 E357 합금에 대한 것으로서, 인베스트먼트 주조에 의해 형성된 E357 합금에 대하여 T6 열처리한 시험편의 실온(22°C)에서의 기계적 성질(인장 항복 강도, 최대 인장 강도, 연신율 및 품질 지수) 및 조성을 포함하고 있다. 계속해서 도 9를 참조하면, E357은 22°C의 실온에서 275 MPa 수준의 최대 인장 강도 및 약 5%의 연신율을 갖고 있다. 인베스트먼트 주조하고 T6 열처리한 E356 시험편은 약 150°C의 온도에서 260 MPa의 최대 인장 강도, 250 MPa의 인장 항복 강도, 약 7%의 연신율 및 387 MPa의 품질 지수를 갖고 있다.

[0093] 본 발명의 한 실시예에서, 독창적인 알루미늄 합금은 4% - 9% Si, 0.1% - 0.7% Mg, 5% 미만의 Zn, 0.15% 미만의 Fe, 4% 미만의 Cu, 0.3% 미만의 Mn, 0.05% 미만의 B, 0.15% 미만의 Ti을 포함하고 있으며, 인베스트먼트 주조하고 T6 열처리한 본원 발명의 합금은, 150°C 정도의 온도에서, 유사하게 준비된 E357 주조품보다 20% 내지 30% 더 높은 최대 인장 강도를 갖고 있다.

[0094] Cu 함량이 2% 이하이며 Zn 함량이 3% 내지 5%인 본 발명의 합금의 바람직한 한 실시예에서, 인베스트먼트 주조하고 T6 열처리한 것에 대한 최대 인장 강도는, 150°C 정도의 온도에서, 유사하게 준비하여 시험한 E357 보다 10% 내지 20% 더 높다.

[0095] Cu 함량이 2%를 초과하고 Zn이 존재하지 않거나 또는 그 양이 3% 미만으로 존재하는 본 발명의 합금의 다른 실시예에서, 인베스트먼트 주조하고 T6 열처리한 것에 대한 최대 인장 강도는, 150°C 정도의 온도에서, 유사하게 준비하여 시험한 E357 보다 더 20% 내지 30% 높다.

[0096] 높은 인장 항복 강도 및 높은 최대 인장 강도를 갖는 합금을 위해서, 약 7% Si, 약 0.45% 내지 약 0.55% Mg, 약 2 - 3% Cu 및 약 0% Zn을 포함하는 합금을 권고한다.

[0097] 높은 인장 항복 강도 및 높은 최대 인장 강도를 갖는 합금을 위해서, 약 7% Si, 약 0.55% 내지 약 0.65% Mg, 2% 미만의 Cu 및 3% - 5% Zn을 포함하는 합금을 권고한다.

[0098] 양호한 강도와 양호한 연신율을 갖는 합금을 위해서, 약 7% Si, 약 0.5% Mg, 매우 적은 양의 Cu 및 약 4% Zn을 포함하는 합금을 권고한다.

[0099] 양호한 유동성을 갖는 합금을 위해서, 약 7% Si, 약 0.5% Mg, 약 3% Cu 및 4% Zn을 포함하는 합금을 권고한다.

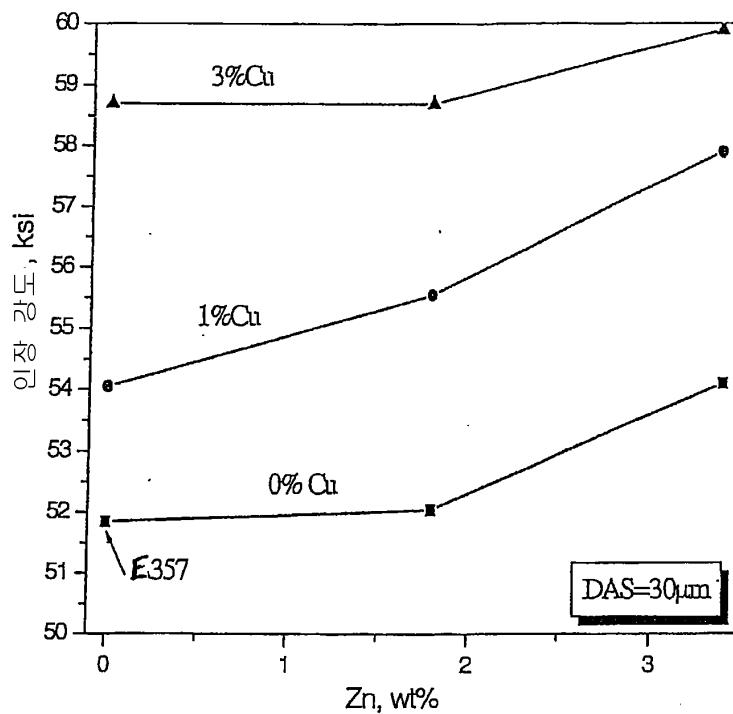
- [0100] 상기 데이터는 다양하고 바람직한 성질을 갖는 주조 합금의 종류를 제시하는 것이다. 다른 응용을 위해서 다른 원하는 성질이 평가될 수 있다.
- [0101] 본 발명에 따른 합금은 인베스트먼트 주조, 저압 또는 중력 주조, 영구 또는 반영구 주형 주조, 압착 주조, 고압 다이캐스팅 주조, 또는 사형 주조에 의해 유용한 제품으로 주조될 수 있다.
- [0102] 여기에서는 본 발명의 예시적인 실시예가 설명되었지만, 당업자에 의해서 여러가지 변경 및 다른 실시형태들이 안출될 수 있다. 그러므로, 청구범위는 본 발명의 기술사상 및 범위에 속하는 이러한 변경 및 실시형태를 모두 포함하도록 의도된 것으로 간주 되어야 한다.

도면의 간단한 설명

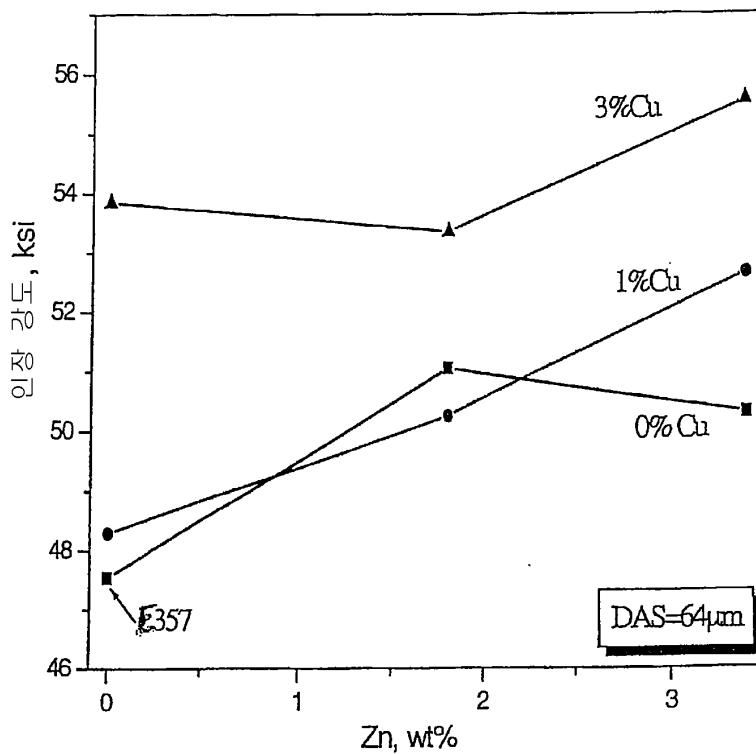
- [0044] 도 1a 는 약 7% Si, 약 0.5% Mg 그리고 추가적으로 다양한 함량의 Zn와 Cu를 포함하고 있으며 초당 1°C로 방향성 응고된 알루미늄 합금의 샘플에 대한 실온에서의 인장 강도 데이터를 나타낸 것이다.
- [0045] 도 1b 는 약 7% Si, 약 0.5% Mg 그리고 추가적으로 다양한 함량의 Zn와 Cu를 포함하고 있으며 초당 0.4°C로 방향성 응고된 알루미늄 합금의 샘플에 대한 실온에서의 인장 강도 데이터를 나타낸 것이다.
- [0046] 도 2a 는 약 7% Si, 약 0.5% Mg 그리고 추가적으로 다양한 함량의 Zn와 Cu를 포함하고 있으며 초당 1°C로 방향성 응고된 알루미늄 합금의 샘플에 대한 실온에서의 항복 강도 데이터를 나타낸 것이다.
- [0047] 도 2b 는 약 7% Si, 약 0.5% Mg 그리고 추가적으로 다양한 함량의 Zn와 Cu를 포함하고 있으며 초당 0.4°C로 방향성 응고된 알루미늄 합금의 샘플에 대한 실온에서의 항복 강도 데이터를 나타낸 것이다.
- [0048] 도 3a 는 약 7% Si, 약 0.5% Mg 그리고 추가적으로 다양한 함량의 Zn와 Cu를 포함하고 있으며 초당 1°C로 방향성 응고된 알루미늄 합금의 샘플에 대한 실온에서의 연신율 데이터를 나타낸 것이다.
- [0049] 도 3b 는 약 7% Si, 약 0.5% Mg 그리고 추가적으로 다양한 함량의 Zn와 Cu를 포함하고 있으며 초당 0.4°C로 방향성 응고된 알루미늄 합금의 샘플에 대한 실온에서의 연신율 데이터를 나타낸 것이다.
- [0050] 도 4 는 약 7% Si, 약 0.5% Mg 그리고 추가적으로 다양한 함량의 Zn와 Cu를 포함하고 있는 알루미늄 합금의 샘플에 대한 유동성 시험의 결과를 나타낸 것이다.
- [0051] 도 5 는 약 7% Si, 약 0.5% Mg 그리고 추가적으로 다양한 함량의 Zn와 Cu를 포함하고 있는 알루미늄 합금의 샘플에 대한 최대 인장 강도와 연신율에 기초한 실온에서의 품질 지수를 나타낸 것이다.
- [0052] 도 6 은 인베스트먼트 주조를 이용하여 만들어지고 T6 열처리한 7Si-Mg-Cu-Zn 합금 시험편의 고온(약 150°C)에서의 최대 인장 강도(UTS)에 대한 Mg, Cu, Zn 함량의 영향을 나타낸 그래프이다.
- [0053] 도 7 은 인베스트먼트 주조를 이용하여 만들어지고 T6 열처리한 7Si-Mg-Cu-Zn 합금 시험편의 고온(약 150°C)에서의 연신율(E)에 대한 Mg, Cu, Zn 함량의 영향을 나타낸 그래프이다.
- [0054] 도 8 은 인베스트먼트 주조를 이용하여 만들어지고 T6 열처리한 7Si-Mg-Cu-Zn 합금 시험편의 고온(약 150°C)에서의 품질 지수(Q)에 대한 Mg, Cu, Zn 함량의 영향을 나타낸 그래프이다.
- [0055] 도 9 는 비교 목적을 위한 종래 기술 합금(E357)과 본 발명에 따른 합금의 조성을 나타내고 있으며 또한 인베스트먼트 주조하고 T6 열처리한 각각의 시험편에 대한 150°C 정도의 온도에서 최대 인장 강도(UTS), 인장 항복 강도(TYS), 연신율(E) 및 품질 지수(Q)를 나타낸 표이다.

도면

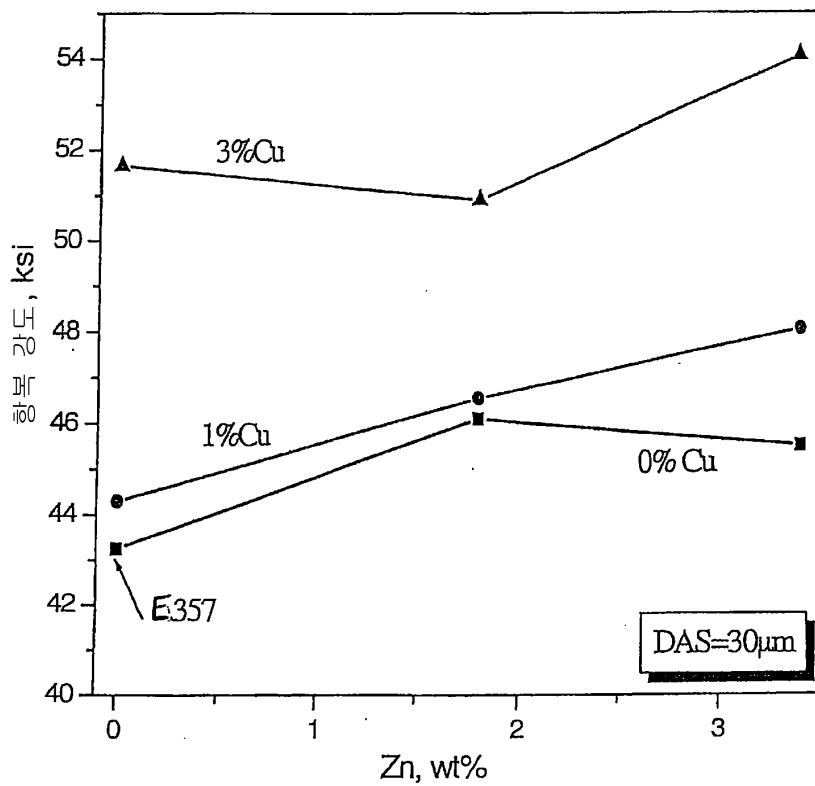
도면1a



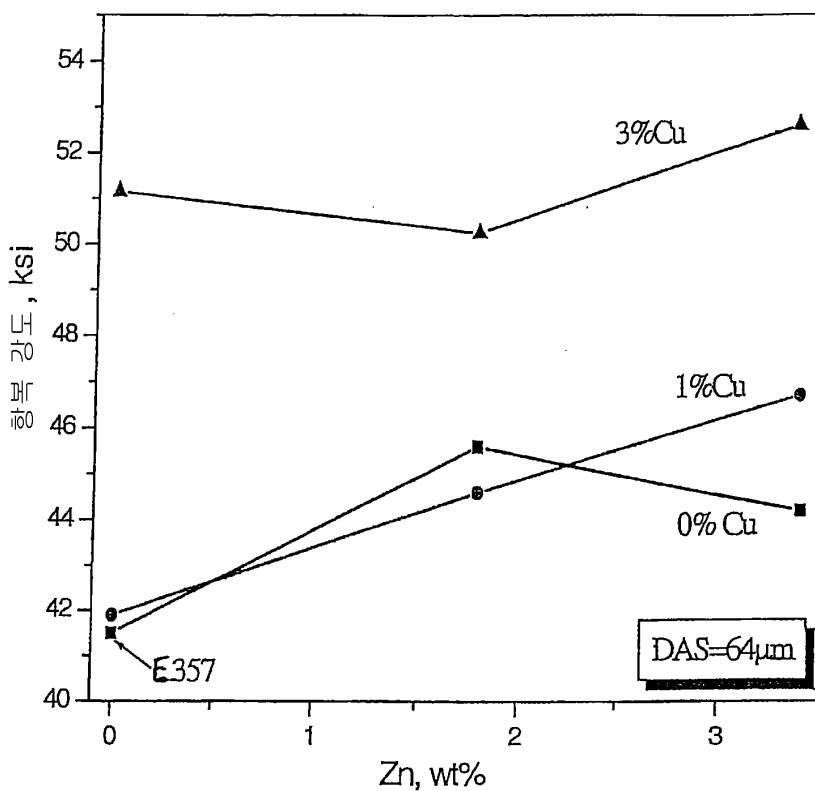
도면1b



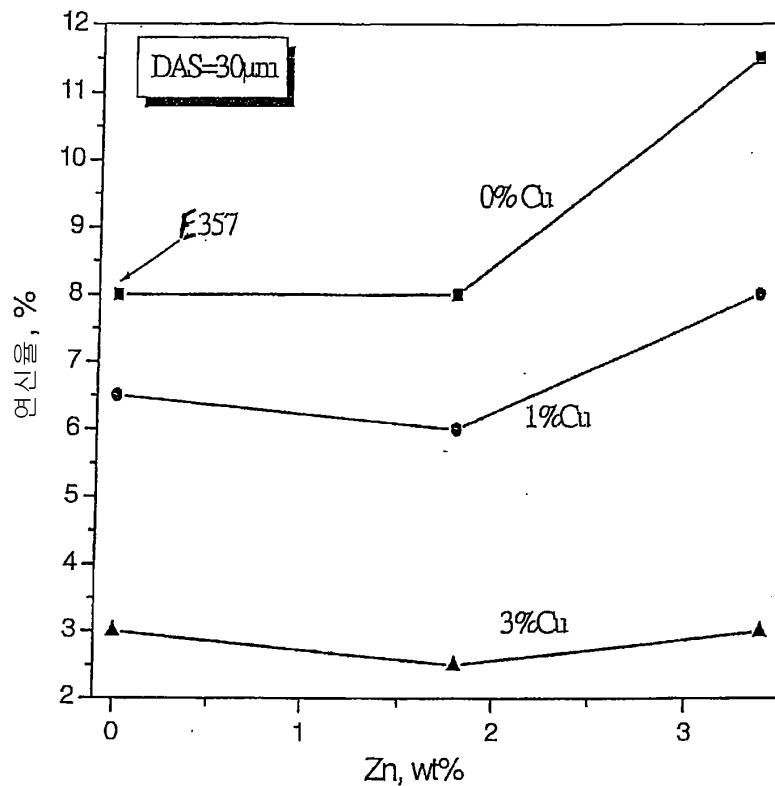
도면2a



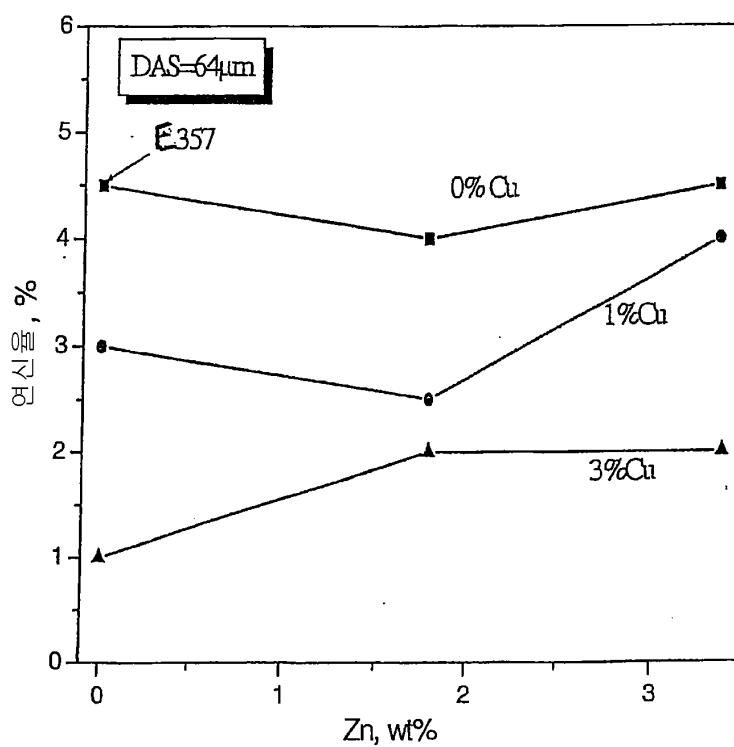
도면2b



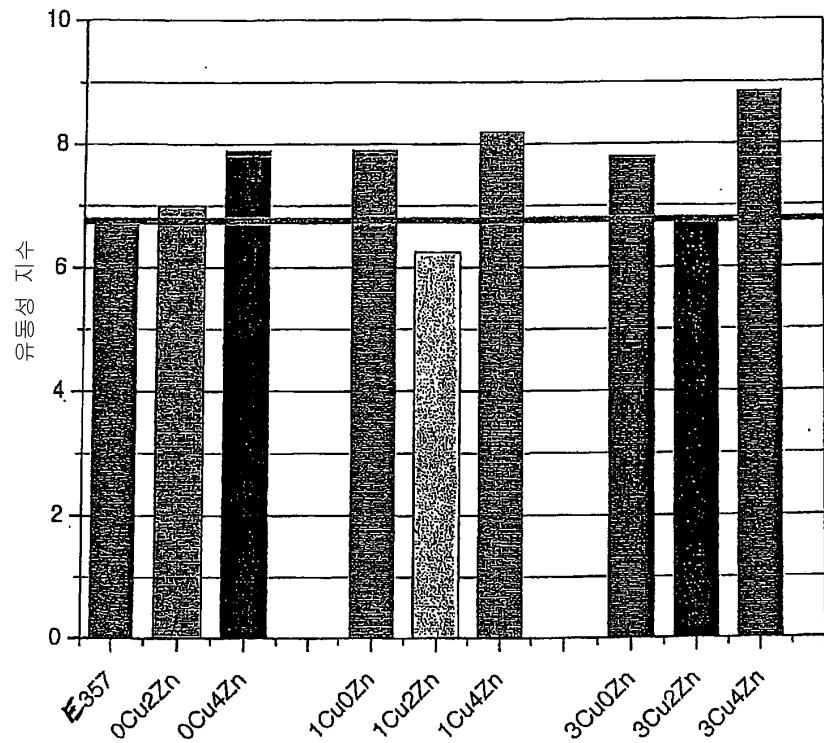
도면3a



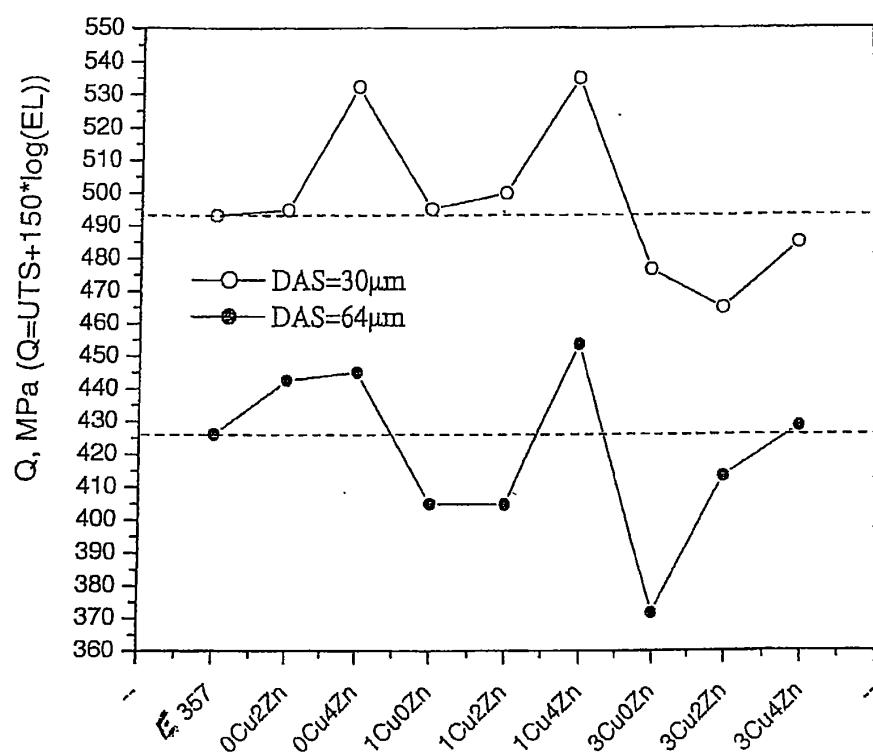
도면3b



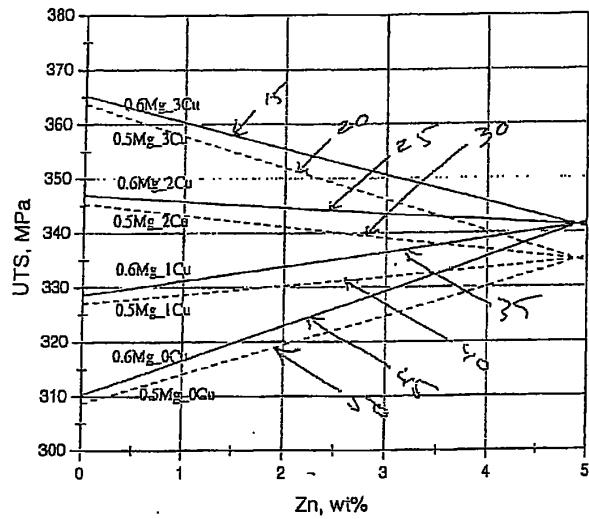
도면4



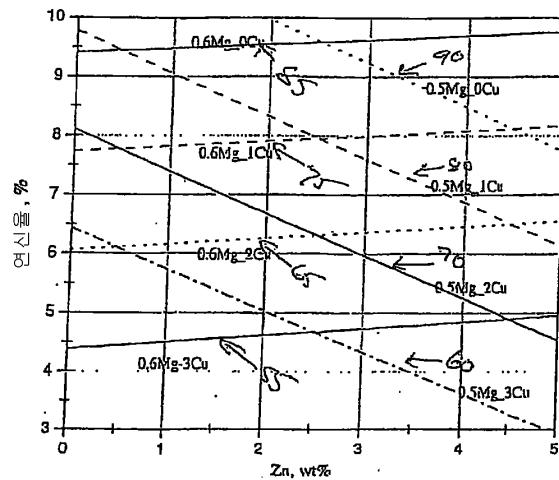
도면5



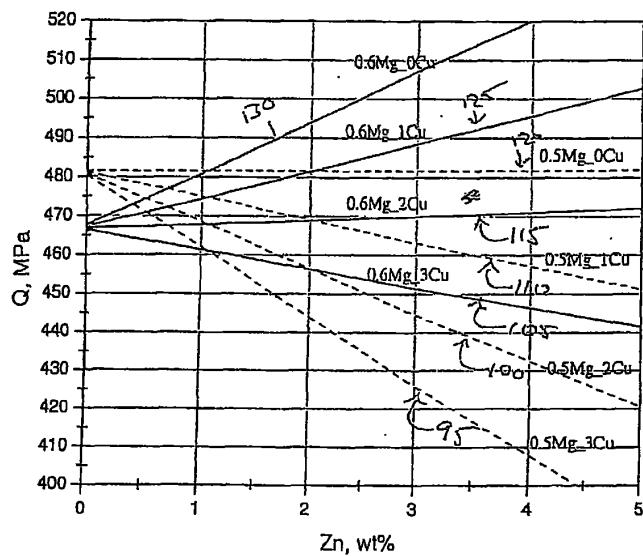
도면6



도면7



도면8



도면9

| Alloy | 조성 | | | | | | | | TYS (MPa) | UTS (MPa) | E (%) | Q (MPa) |
|-------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|------|--------------|--------------|----------|------------|
| | Mg | Cu | Mn | Si | Fe | Sr | Ag | Al | | | | |
| E357 | 0.608 | 1.01 | 0.003 | 7.051 | 0.044 | 0.0008 | 0 | Bal. | 322.3 | 387.3 | 4 | 478.2 |
| | 0.708 | 1.03 | 0.003 | 7.123 | 0.046 | 0.0008 | 0 | Bal. | 330.3 | 377.8 | 4.7 | 478.4 |
| | 0.6044 | 1.504 | 0.0033 | 6.985 | 0.047 | 0.0008 | 0 | Bal. | 342.3 | 401.3 | 4.3 | 495.8 |
| | 0.604 | 2.017 | 0.004 | 7.048 | 0.047 | 0.0008 | 0 | Bal. | 344.5 | 403.2 | 3.7 | 489.0 |
| | 0.714 | 1.987 | 0.004 | 6.909 | 0.053 | 0.0008 | 0 | Bal. | 347.5 | 395.0 | 2.6 | 458.3 |
| | 0.623 | 1.977 | 0.004 | 6.803 | 0.053 | 0.0008 | 0.504 | Bal. | 337.4 | 392.9 | 3.9 | 481.1 |
| | 0.622 | 0.997 | 0.003 | 7.02 | 0.056 | 0.0074 | 0 | Bal. | 342.9 | 398.1 | 3.6 | 482.1 |
| | 0.6 | 0 | 0.005 | 7.0 | 0.05 | 0.0008 | 0 | Bal. | 275 | 345 | 5 | 450 |