(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0134302
(43) 공개일자 2013년12월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 21/00 (2006.01) *C22C 21/02* (2006.01)
C22C 21/10 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0057730
(22) 출원일자 2012년05월30일
심사청구일자 2012년05월30일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
조영희
경상남도 창원시 성산구 상남동 대동아파트 111동 705호
김형욱
경상남도 창원시 성산구 성주동 프리빌리지아파트 104-402
이정무
경상남도 창원시 성산구 성주동 유니온빌리지 아파트 115-502
(74) 대리인
이성재

전체 청구항 수 : 총 5 항

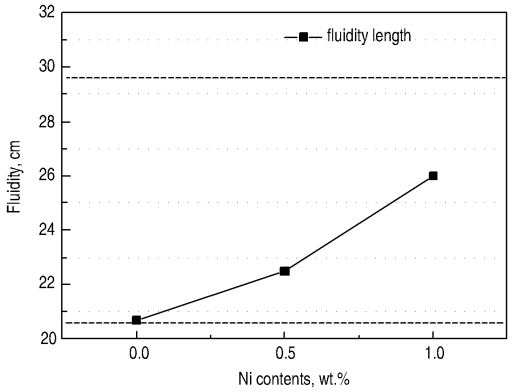
(54) 발명의 명칭 **주조성이 우수한 고열전도도 알루미늄 합금**

(57) 요 약

본 발명은 알루미늄 합금에 관한 것으로, 상세하게는 주조성이 향상되는 알루미늄 합금에 관한 것이다.

본 발명에 의한 알루미늄 합금은, 중량%의 합이 3.0중량% 이하로 함유되는 실리콘과 철 및 아연; 1.0 중량% 이하로 함유되는 니켈; 및 알루미늄 및 기타 불가피한 불순물이 나머지 잔부를 이루도록 구성된다. 이처럼, 니켈이 1.0중량% 이하로 함유됨으로써 주조성과 열전도성이 높은 알루미늄 합금의 제조가 가능해지는 효과를 기대할 수 있게 되며, 이로 인해 알루미늄 합금의 사용 범위가 확대되는 효과를 기대할 수 있게 된다.

대 표 도 - 도5



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10040100
부처명	지식경제부
연구사업명	산업원천기술개발사업
연구과제명	30W/kg급 고출력 복잡형상 경량 방열부품 제조 기술개발
기 여 율	1/1
주관기관	한국생산기술연구원
연구기간	2011.06.01 ~ 2012.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

중량%의 합이 3.0중량% 이하로 함유되는 실리콘과 철 및 아연;

1.0 중량% 이하로 함유되는 니켈; 및

알루미늄 및 기타 불가피한 불순물이 나머지 잔부를 이루도록 구성되는 주조성이 우수한 고열전도도 알루미늄 합금.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 니켈은 0.005 내지 1중량%의 비율로 혼합되는 주조성이 우수한 고열전도도 알루미늄 합금

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 니켈의 중량%가 1.0으로 증가할수록 공정 조직 또는 이차상이 미세화되는 주조성이 우수한 고열전도도 알루미늄 합금

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 니켈의 중량%가 1.0으로 증가할수록 유동도가 증가하는 주조성이 우수한 고열전도도 알루미늄 합금

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 니켈의 중량%가 1.0으로 증가할수록 내열간 균열성이 향상되는 주조성이 우수한 고열전도도 알루미늄 합금

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 알루미늄 합금에 관한 것으로, 상세하게는 주조성과 열전도성이 향상되는 고열전도도 알루미늄 합금에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 알루미늄은 은백색의 부드러운 금속으로 전성과 연성이 커서 얇은 박이나 철사로 제조될 수도 있고, 성질은 순도에 따라 다르며 전기적으로는 양도체이고 비중으로 보면 전형적인 경금속이며, 전성과 연성이 뛰어나고 전기전도성이 좋아 고압 전선의 재료로 많이 사용된다.

[0003] 또한, 알루미늄은 가볍고 내구성이 큰 특성을 가지므로 항공기, 선박, 차량의 주요 재료로도 사용되며, 산소와 쉽게 반응하지만 산화 피막이 형성된 후에는 피막에 의해 산소와의 접촉이 차단되어 녹이 잘 슬지 않아 광택이 오래 지속될 필요가 있는 부분에 많이 사용된다.

[0004] 그리고, 알루미늄에 구리 또는 마그네슘 등의 금속을 첨가한 합금으로 알루미늄의 성질을 개량하여 그 특성을 향상시킬 수 있게 된다. 고력 알루미늄 합금은 알루미늄에 구리를 첨가한 것으로 강도가 크며 두랄루민이 그 대표적인 예이고, 구조용 알루미늄 합금은 알루미늄에 마그네슘과 아연을 첨가한 것으로 내식성이 우수하며 철도차량, 교량 등에 사용된다.

[0005] 주물용은 알루미늄에 규소를 첨가한 합금이며, 내열, 광휘 등의 목적에 따라 다른 금속을 배합하여 다양한 알루

미늄 합금을 제조하는 구성이 가능할 것이다. 알루미늄의 성질을 개량함으로써 선택적으로 우수한 특성을 가지는 알루미늄 합금을 사용할 수 있게 된다.

[0006] 근래의 알루미늄 캐스팅 합금은 알루미늄과 실리콘, 마그네슘을 혼합하는 합금이며, 이는 강도 및 연성이 증가하여 합금의 청결한 유지와 고순도 성분의 사용 첨가에 의해 달성되고, 이러한 결과에 의해 알루미늄 주조품의 성질은 동등한 조성의 단조 제품의 성질에 접근할 수 있게 된다.

[0007] 알루미늄과 아연의 합금은 주조성이 나쁘고 고압 주조시 핫크랙(hot-crack)이 발생하는 문제와 금속 소착 등의 문제가 발생하여 주로 고체 상태에서의 압연, 압출 등에 의한 판재로 이용되며 주조 재료의 사용이 극히 제한적이게 된다.

[0008] 알루미늄과 아연의 합금은 아연의 함량이 증가할수록 핫 크랙의 발생 빈도가 줄어들며, 2단 열처리 등의 열처리 방법에 의해 강도를 증가시킬 수 있으나 이러한 열처리 과정이 필수적으로 요구되는 실정이다.

[0009] 그리고, 기존의 방열품은 주로 A6061, A6063 등의 가공재 알루미늄 합금이 사용되고 있으며, 이들 알루미늄 합금의 경우 높은 열전도도 특성에도 불구하고 낮은 주조성을 가짐으로써 소형 또는 단순 형상의 부품 제조 등으로 그 활용이 제한적이다.

[0010] 근래에는 고출력형 방열 부품은 높은 열전도도 특성과 더불어 방열 성능을 극대화시킬 수 있는 복잡 형상이나 박육 등 최적의 외형 구조를 요구하고 있으며, 이를 구현하기 위하여 금형 주조용 방열 소재가 필수적이고, 이는 사용되고 있는 주조용 ADC12(A383) 합금 또는 A356 등은 열전도도가 현저히 낮아 이를 개선할 수 있는 방열 전용 소재의 개발이 요구되고 있는 실정이다.

[0011] 한편, 미국 등록특허 제6592688호에 따르면, 높은 강도를 가지면서 열전도성을 가지는 열교환기용 핀 스톡(fin stock) 제조방법에 대한 발명이 개시되어 있으며, 이러한 미국 등록특허에는 제조 단계에 있어 중량%로 나타낸 조성비는 철 1.2~1.8 : 실리콘 0.7~0.95 : 망간 0.3~0.5 : 아연 0.3~1.2 : 티타늄 0.005~0.040 : 불가피한 원소 0.05 미만이고, 총 중량%의 합은 0.15 미만 및 잔부는 알루미늄을 포함하는 재료의 조성이 개시된다.

[0012] 상기 미국 등록특허의 합금 조성은 높은 열전도도를 가지면서 연속 스트립 주조 및 압연 등의 공정을 거쳐 사용되는 대표적인 가공재이고, 복잡한 형상 및 다면적 박육 부품을 제조하는데 적용하기에는 유동도 및 내열간 균열성이 저하되는 한계점이 있어, 열전도성이 높은 주조용 합금의 개발이 더욱 요구되고 있는 실정이다.

[0013] 대한민국 공개특허 제2011-0019045호에 따르면, 열전도성이 높은 다이캐스팅용 알루미늄 기초 합금에 관한 발명이 개시되어 있으며, 이러한 대한민국 공개특허를 살펴보면, 취성이 생기지 않고 열전도성이 뛰어나 LED 전등 부품에 사용이 용이한 다이캐스팅용 합금이 개시되고 있으며, 마그네슘 0.2~2.0 중량%, 철 0.1~0.3 중량%, 코발트 0.1~1.0 중량%를 함유하고, 잔부는 알루미늄으로 이루어지는 합금이 개시된다.

[0014] 또한, 대한민국 공개특허 제2012-0020406호에는 열처리를 하지 않고도 고강도를 유지하면서 주조성이 좋은 알루미늄과 아연 합금을 제공하기 위하여 실리콘(Si) 0.35~0.5wt%, 마그네슘(Mg) 0.55~0.9 wt%, 구리(Cu) 2.0~2.1 wt%, 아연(Zn) 19.5~40.5 wt%, 철(Fe) 0.6 wt% max, 망간(Mn) 0.2 wt% max, 니켈(Ni) 0.05 wt% max, 티타늄(Ti) 0.03~0.05 wt%, 기타 불순물 0.05 wt% max 및 잔부 알루미늄으로 이루어지는 합금이 개시된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명의 목적은, 열전도성이 향상되면서 우수한 주조성을 가지는 알루미늄 합금을 제공하는 것이다.

[0016] 본 발명의 다른 목적은, 다면적 다형상의 방열 부품의 제조가 가능한 알루미늄 합금을 제공하는 것이다.

[0017] 본 발명의 또 다른 목적은 높은 열전도도를 가지면서 금형 주조용 알루미늄 방열재의 제조가 가능한 알루미늄 합금을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0018] 본 발명에 의한 알루미늄 합금은, 중량%의 합이 3.0중량% 이하로 함유되는 실리콘과 철 및 아연; 1.0 중량% 이하로 함유되는 니켈; 및 알루미늄 및 기타 불가피한 불순물이 나머지 잔부를 이루도록 구성된다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 의한 알루미늄 합금은, 실리콘과 철, 아연의 중량% 합이 3.0중량% 이하로 함유되면서 니켈이 1.0중량% 이하로 함유되고 나머지 잔부가 알루미늄 및 기타 불가피한 불순물로 이루어진다.

[0020] 이처럼, 니켈이 1.0중량% 이하로 함유됨으로써 주조성과 열전도성이 높은 알루미늄 합금의 제조가 가능해지는 효과를 기대할 수 있게 되며, 이로 인해 알루미늄 합금의 사용 편의성이 향상되는 효과를 기대할 수 있게 된다.

[0021] 또한, 알루미늄 합금의 이용 범위가 넓어지는 효과를 기대할 수 있게 되며, 고출력 방열 부품의 냉각을 위한 복잡하고 다양한 구조의 금형 주조용 방열 소재로 알루미늄 합금을 이용할 수 있는 효과를 기대할 수 있게 된다.

[0022] 그리고, 고출력 및 발열 부품의 방열을 원활하게 할 수 있는 알루미늄 합금 재질의 방열 부품의 제조가 가능해지는 효과를 기대할 수 있으며, 방열 부품의 무게를 절감할 수 있는 효과를 기대할 수 있다.

[0023] 방열 부품의 무게 절감으로 인해 다양한 분야의 방열 부품 경량화가 가능해지는 효과를 기대할 수 있으며, 방열 부품의 경량화로 인해 제품의 수명이 증가하는 효과를 기대할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1 은 본 발명의 실시 예에 의한 알루미늄 합금의 조성비를 나타낸 도표.

도 2 는 본 발명의 실시 예에 의한 알루미늄 합금의 미세 구성을 나타낸 광학 사진.

도 3 은 본 발명의 실시 예에 의한 알루미늄 합금의 냉각 속도에 따른 열전도도의 변화를 나타낸 그래프.

도 4 는 본 발명의 실시 예에 의한 알루미늄 합금의 니켈 함유량에 따른 열전도도의 변화를 나타낸 그래프.

도 5 는 본 발명의 실시 예에 의한 알루미늄 합금의 니켈 첨가에 따른 유동도 변화를 나타낸 그래프.

도 6 은 본 발명의 실시 예에 의한 알루미늄 합금의 니켈 첨가에 따른 내열간 균열성의 변화를 나타낸 주조재의 표면 사진.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하에서는 본 발명에 의한 알루미늄 합금의 실시 예를 들어 첨부되는 도면을 참조하여 그 구성을 상세히 설명하기로 한다.

[0026] 다만, 본 발명의 사상은 이하에서 살펴보는 실시 예에 의해 그 실시 가능 상태가 제한된다고는 할 수 없고, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 기술적 사상의 범위 내에 포함되는 다른 실시 예를 이용하여 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본 발명의 기술적 사상에 포함된다고 할 것이다.

[0027] 그리고, 본 명세서 또는 청구 범위에서 사용되는 용어는 설명의 편의를 위하여 선택한 개념으로, 본 발명의 기술적 내용을 파악함에 있어서, 본 발명의 기술적 사상에 부합되는 의미로 적절히 해석되어야 할 것이다.

[0028] 도 1은 본 발명의 실시 예에 의한 알루미늄 합금의 조성비를 나타낸 도표이고, 도 2는 본 발명의 실시 예에 의한 알루미늄 합금의 미세 구성을 나타낸 광학 사진이다.

[0029] 도 1을 참조하여 보면, 제1실시 예의 경우 실리콘(Si)이 1중량%의 함유량이고, 철(Fe)은 1.06중량%의 함유량이며, 아연(Zn)은 0.94중량%의 함유량일 경우, 니켈(Ni)은 0.008중량%의 함유량을 가지고, 나머지 잔부는 알루미늄(Al) 및 기타 불가피한 불순물로 조성되는 구성이다.

[0030] 이때, 상기 실리콘은 상기 알루미늄의 주조성을 향상시키기 위하여 첨가되는 물질이며, 상기 철은 상기 알루미늄의 소착을 방지하기 위하여 첨가된다.

[0031] 또한, 제2실시 예의 경우 실리콘이 0.84중량%의 함유량이고, 철은 1.05중량%의 함유량이며, 아연은 0.09중량%의 함유량일 경우 니켈의 함유량은 0.49중량%의 함유량을 가지고, 나머지 잔부는 알루미늄 및 기타 불가피한 불순물로 조성되는 구성이다.

[0032] 그리고, 제3실시 예의 경우 실리콘이 0.92중량%의 함유량이고, 철은 1.11중량%의 함유량이며, 아연은 0.87중량%의 함유량일 경우 니켈의 함유량은 0.96중량%의 함유량을 가지고, 나머지 잔부는 알루미늄 및 기타 불가피한 불순물로 조성되는 구성이다.

[0033] 이러한 실시 예들을 살펴보면, 상기 실리콘과 철 및 아연의 함유량은 3중량% 이하로 구성됨을 알 수 있으며, 상기 니켈은 0.005 내지 1.0중량%의 함유량으로 구성됨을 알 수 있다.

[0034] 이와 같이, 본 발명에 의한 알루미늄 합금은 실리콘과 철 및 아연의 함유량은 3.0중량% 이하로 구성되면서, 상기 니켈의 함유량은 1.0중량% 이하로 구성되고, 나머지 잔부는 알루미늄 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 구성을 가진다.

[0035] 알루미늄 합금의 경우 주조성이 향상되면 열전도성이 감소되는 경향을 나타내며, 열전도성이 향상되는 경우에는 주조성이 감소되는 경향을 나타내므로, 이들 모두를 만족할 만한 구성은 제시한 조성이 가장 바람직한 조성이라 할 수 있다.

[0036] 도 2를 참조하여 보면, 도 2는 니켈의 첨가에 따른 실리콘과 철, 아연을 3.0중량% 이하로 함유되는 알루미늄 합금의 미세조직 변화를 보여주는 광학 현미경의 조직 사진이다.

[0037] 니켈을 첨가하지 않고, 실리콘과 철 및 아연이 3.0중량% 이하로 함유된 알루미늄 합금의 경우 알루미늄 수지 사이에 분포하는 공정 조직 또는 이차상이 크게 형성됨을 알 수 있다.

[0038] 다시 말해, 알루미늄-실리콘-철-아연의 합금에서는 알루미늄 수지 사이에 그물망 형상을 가지는 알루미늄-철-실리콘 판상과 더불어 판상의 아연을 포함하는 알루미늄-철-실리콘-아연계 금속간 화합물이 관찰된다.

[0039] 반면, 알루미늄-철-실리콘-아연계 합금에 니켈을 첨가하게 되면, 니켈이 알루미늄 수지 사이에 분포하는 공정 조직 또는 이차상을 미세화하는 기능을 수행하여 공정 조직 또는 이차상이 미세화되는 구성이 관찰된다.

[0040] 또한, 니켈의 첨가에 의한 니켈계 금속간 화합물이 생성되는데 이러한 니켈계 알루미늄-철-니켈 상은 밝은 회색을 띠는 구상으로 존재한다. 특히, 1.0중량%의 니켈을 첨가하게 되면 관찰되는 상은 주로 구상 혹은 다각형의 형상을 가지는 니켈계 금속간 화합물, 알루미늄-철-니켈 상으로 확인되고, 그물망 형상을 가지는 알루미늄-실리콘-철 상은 거의 관찰되지 않음을 알 수 있다.

[0041] 따라서, 니켈의 첨가에 의해 알루미늄 합금은 수지 사이에 분포하는 공정 조직 또는 이차 상이 미세화됨으로써 가공이 가능한 주조성이 향상되는 장점을 가지게 된다.

[0042] 도 3은 본 발명의 실시 예에 의한 알루미늄 합금의 냉각 속도에 따른 열전도도의 변화를 나타낸 그래프이고, 도 4는 니켈의 첨가에 따른 알루미늄-실리콘-철-아연 합금의 열전도도 변화를 나타낸 그래프이다.

[0043] 알루미늄 합금의 열전도도 변화를 조사하기 위하여 알루미늄-실리콘-철-아연 합금을 스텝 몰드를 이용하여 주조 응고시킨 후 냉각속도에 따른 열전도도 변화를 조사하는 방법을 사용하여 서로 다른 냉각 속도에서 응고시킨 시편의 전기 전도도를 측정하고, 이를 비례 관계식에 의해 열전도도로 환산하는 방법에 의해 실험한 결과이다.

[0044] 도면에서 보는 바와 같이, 니켈의 첨가는 전반적으로 알루미늄-실리콘-철-아연 합금의 열전도도를 감소시키게 되나, 전체 알루미늄 합금 조성에 걸쳐 160W/mK 보다 높은 수치로 열전도도가 높은 상태를 유지하게 된다.

[0045] 또한, 1.0 중량%의 니켈이 첨가되는 알루미늄 합금은 냉각 속도와 관계없이 거의 일정한 열전도도 값을 보이게 된다. 이는 니켈의 첨가에 따른 미세조직 예를 들어, 수지 사이에 분포하는 이차상 혹은 공정조직의 미세화는 냉각속도에 크게 영향을 받지 않으며, 생성상의 분포 및 형상에 직접적으로 영향을 받는 열전도도를 크게 변화시키지 않는 것으로 판단할 수 있다.

[0046] 도 5는 본 발명의 실시 예에 의한 알루미늄 합금에 니켈 첨가에 따른 알루미늄-실리콘-철-아연 합금의 유동도 변화를 나타낸 그래프이고, 도 6은 본 발명의 실시 예에 의한 알루미늄 합금의 니켈 첨가에 따른 내열간 균열성의 변화를 나타낸 주조재의 표면 사진이다.

[0047] 도 5를 참조하여 보면, 니켈의 첨가는 알루미늄-실리콘-철-아연 합금의 유동도를 전반적으로 개선시키는 결과를 나타낸다.

[0048] 미량의 니켈 첨가는 양호한 열전도도(약 170~175 W/mK)를 확보하는 동시에 유동성을 향상시키는 결과를 가져오는 것을 다수의 실험을 통해 알 수 있으며, 0.5~1.0 중량%의 니켈을 첨가한 합금에서는 열간균열(hot crack)의 발생빈도가 니켈이 첨가되지 않은 합금에 비하여 낮은 현상을 다수의 실험을 통해 알 수 있다.

[0049] 그리고, 도 6을 참조하여 보면, 니켈이 첨가됨에 따라 알루미늄-실리콘-철-아연 합금의 내열간 균열성이 전반적으로 향상되는 결과를 다수의 실험을 통해 알 수 있다.

[0050] 이는 미세조직 관찰에서 확인한 바와 같이, 니켈 첨가에 의한 공정 조직의 미세화 및 발달은 알루미늄 합금의 유동성 및 내열간 균열성 등을 포함하는 주조성이 향상되는 구성이라 할 수 있다.

[0051] 전술한 바와 같은 본 발명의 설명은 본 발명의 기술적 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다.

산업상 이용가능성

[0052] 본 발명에 의한 알루미늄 합금은, 니켈이 1.0중량% 이하로 함유됨으로써 주조성과 열전도도를 동시에 만족하는 합금으로 구성된다.

[0053] 이에 따라, 다양하고 복잡한 형상의 방열 제품을 알루미늄 합금을 이용하여 제작할 수 있게 되는 장점을 가지게 되고, 이로 인해 제품의 방열성이 향상되면서 고출력에 의한 발열로 인한 제품의 손상을 방지할 수 있으며, 제품의 수명을 연장할 수 있는 장점을 가지게 된다.

[0054] 이러한 다양한 장점 및 효과로 인해 본 발명에 의한 알루미늄 합금은 합금 산업뿐만 아니라, 이와 관련된 다양한 산업에 그 이용 가능성이 크다 할 것이다.

[0055] 특히, 고출력 엘이디(LED) 조명 산업 및 반도체 기반의 소형 집적 부품 산업에 그 이용 가능성이 클 것이며, 이는 고출력 경량 방열 부품의 제조가 가능하여 열에 의한 칩의 온도 상승을 방지함으로써 단기적으로는 광효율의 저하를 방지하고, 장기적으로는 칩의 수명을 연장하는 장점을 가질 수 있기 때문이다.

부호의 설명

[0056] Si. 실리콘 Ni. 니켈

Fe. 철 Zn. 아연

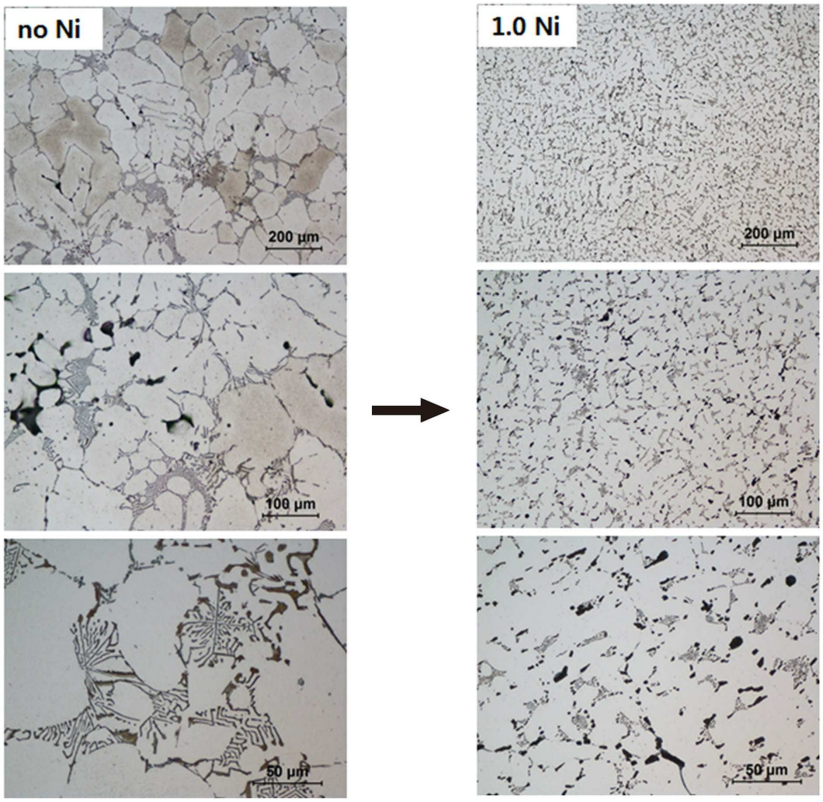
Al. 알루미늄

도면

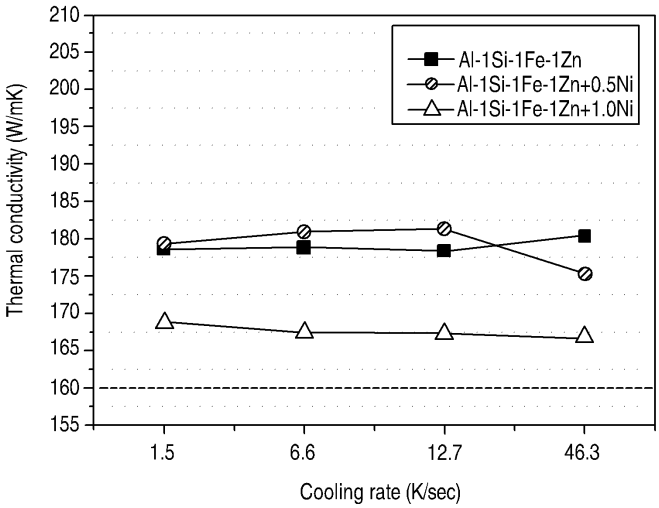
도면1

[wt.%]	Si	Fe	Zn	Ni	Al
Al-1Si-1Fe-1Zn	1.00	1.06	0.94	0.008	bal.
Al-1Si-1Fe-1Zn-0.5Ni	0.84	1.05	0.90	0.49	bal.
Al-1Si-1Fe-1Zn-1.0Ni	0.92	1.11	0.87	0.96	bal.

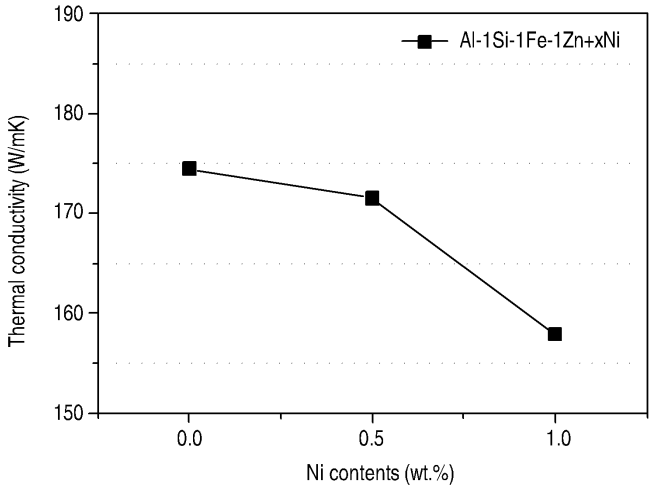
도면2


no Ni
1.0 Ni
200 μm
100 μm
50 μm
200 μm
100 μm
50 μm

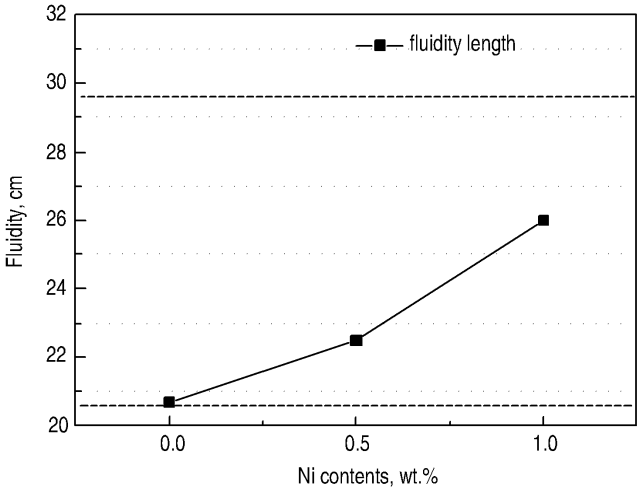
도면3


Thermal conductivity (W/mK)
Cooling rate (K/sec)
Al-1Si-1Fe-1Zn
Al-1Si-1Fe-1Zn+0.5Ni
Al-1Si-1Fe-1Zn+1.0Ni
210
205
200
195
190
185
180
175
170
165
160
155
1.5
6.6
12.7
46.3

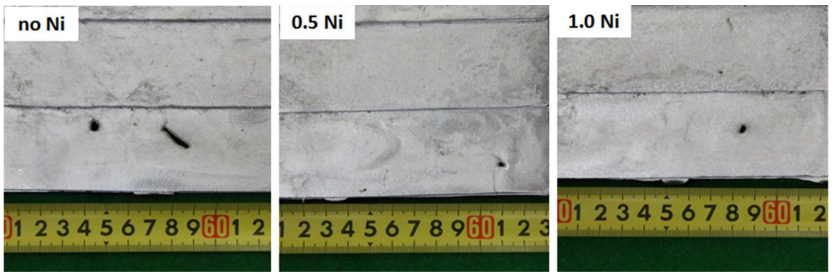
도면4


Al-1Si-1Fe-1Zn+xNi
Thermal conductivity (W/mK)
190
180
170
160
150
0.0
0.5
1.0
Ni contents (wt.%)

도면5


fluidity length
Fluidity, cm
32
30
28
26
24
22
20
0.0
0.5
1.0
Ni contents, wt.%

도면6


no Ni
0.5 Ni
1.0 Ni