

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. C22F 1/05 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년07월13일 10-0600194 2006년07월05일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-2004-0025642 2004년04월14일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2005-0100725 2005년10월20일
------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------

(73) 특허권자                   현대자동차주식회사  
  서울 서초구 양재동 231

(72) 발명자                       홍승현  
  경기도군포시오금동876울곡아파트347동1502호

(74) 대리인                      백남훈  
  이학수

(56) 선행기술조사문헌  
JP2003247040 A  
\* 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 정상익

(54) 헤밍성이 우수한 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재의제조방법

요약

본 발명은 헤밍성이 우수한 AA6000계 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재의 제조방법에 관한 것으로서, 합금 판재를 통상적인 방법으로 열간압연, 냉간압연 및 T4 열처리한 후, 조절압연 공정에서 2 ~ 3% 압하율로 압연하고, 이후 450 ~ 500℃의 온도로 4 ~ 7시간 동안 열처리를 실시하여, 합금 판재 내부의 결정립 크기는 기존과 같은 크기로 유지하면서 판재 표면층(s=3/4 ~ 1; 판재 중심은 s=0, 표면은 s=1임)의 결정립만을 성장시켜 제조함으로써, 플랫 헤밍(180°굽힘가공)을 포함한 헤밍성이 우수하면서도 헤밍부의 표면굴곡이 발생하지 않는 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재의 제조방법에 관한 것이다.

대표도

도 1a

색인어

알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재, 조절압연, 압하율, 열처리, 헤밍성, 플랫 헤밍, 표면굴곡 억제

명세서

도면의 간단한 설명

- 도 1a는 본 발명의 방법을 적용하여 제조한 합금 판재 시편의 미세조직을 보여주는 사진,
- 도 1b는 본 발명의 방법을 적용하여 제조한 합금 판재 시편을 플랫 헤밍하였을 때 플랫 헤밍부의 단면을 보여주는 사진,
- 도 1c는 본 발명의 방법을 적용하여 제조한 합금 판재 시편의 플랫 헤밍부 표면을 보여주는 사진,
- 도 2a는 종래의 방법을 적용하여 제조한 합금 판재 시편의 미세조직을 보여주는 사진,
- 도 2b는 종래의 방법을 적용하여 제조한 합금 판재 시편을 플랫 헤밍하였을 때 플랫 헤밍부의 단면을 보여주는 사진,
- 도 2c는 종래의 방법을 적용하여 제조한 합금 판재 시편의 플랫 헤밍부 표면을 보여주는 사진,
- 도 3은 비교예 시편의 미세조직을 보여주는 사진.

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

본 발명은 헤밍성이 우수한 AA6000계 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재의 제조방법에 관한 것으로서, 합금 판재를 통상적인 방법으로 열간압연, 냉간압연 및 T4 열처리한 후, 조질압연 공정에서 2 ~ 3% 압하율로 압연하고, 이후 450 ~ 500℃의 온도로 4 ~ 7시간 동안 열처리를 실시하여, 합금 판재 내부의 결정립 크기는 기존과 같은 크기로 유지하면서 판재 표면층( $s=3/4 \sim 1$ ; 판재 중심은  $s=0$ , 표면은  $s=1$ 임)의 결정립만을 성장시켜 제조함으로써, 플랫 헤밍(180°굽힘가공)을 포함한 헤밍성이 우수하면서도 헤밍부의 표면굴곡이 발생하지 않는 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재의 제조방법에 관한 것이다.

최근 들어 자동차용 외관이 가져야 하는 우수한 성형성, 형상 동결성, 내덴트성 및 높은 강성을 가지는 경량화 소재로서 AA6000계 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재가 각광을 받고 있다. 이 합금은 도장 후 소부 경화성이 우수하고 그 결과로 고강도를 얻을 수 있으므로, 박육화 및 추가적인 경량화를 기대할 수 있는 장점이 있는 바, 이를 적용하기 위하여 여러 가지 물성 개량이 시도되고 있다(일본 공개특허공보 평7-197214호, 일본 공개특허공보 평10-110232호).

한편, 차체 무빙부품은 프레스 후 실시되는 헤밍(hemming) 공정을 거쳐 제작된다. 즉, 차체 외관 끝단부에 적절한 길이의 플랜지(flange)를 만들어 성형을 하고, 이 외관의 내측에 내판을 고정시킨 후, 외관의 플랜지를 굽히고 접음으로써 내판과의 기계적인 접합을 하게 된다.

최근에는 후드, 트렁크 리드 등과 같은 차체 무빙부품은 부품간의 단차 확보 문제로 인해 헤밍 공정에서 가공조건이 엄격한 플랫 헤밍(180°굽힘가공)이 행해지지만, AA6000계 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금은 굽힘가공성이 떨어져, 프레스 공정시 변형이 많이 가해진 부분(주로 후드의 라디에이터 그릴부, 트렁크 리드의 램프부 등)에서 플랫 헤밍을 시도하는 경우 파단 발생 혹은 굴곡 발생으로 불량률이 크게 증가한다. 이를 해결하기 위하여 설계적으로 컬 헤밍(curl hemming)을 도입하여 플랫 헤밍 부위를 대치하고는 있으나, 이는 제품 디자인 및 설계 외관을 해치며, 차체 부품간 단차 문제 등이 있어, 결과적으로는 상품성을 떨어뜨리는 요인이 된다. 또한, 부득이한 경우에는, 플랜징 및 헤밍의 두 단계의 공정으로 이루어진 통상의 헤밍 방법이 아닌, 두 단계의 플랜징 공정을 포함한 총 세 단계의 공정으로 이루어진 플랫 헤밍을 실시한 후 굴곡부위를 샌딩하는 복잡한 공정을 도입하고 있기도 하다.

AA6000계 알루미늄 합금 판재의 프레스 공정에서는 당연히 우수한 연신률을 요구하며, 이는 이후 공정인 헤밍 공정에도 마찬가지로이다. AA6000계 알루미늄 합금 판재는 일반적으로 사용하고 있는 강판과는 달리 불균일 연신률이 3 ~ 4% 정도 밖에 되지 않아 헤밍부위에서 터짐 현상이 자주 발생하고, 헤밍이 성공한다고 하더라도 표면굴곡이 발생하여 추가적인 샌딩 공정을 도입해서 면 품질을 확보해야 하는 문제가 있다. 프레스 공정에서 요구하는 성형과는 달리 헤밍에서는 굽힘가공이 포함된다. 이 과정에서, 1mm 두께의 인너 패널과 1mm 두께의 아우터 패널을 헤밍한다고 하면, 패널 외부, 즉 판재 외부에는 변형률이 53% 이상 가해지게 되어 파단이 발생하는 경우가 많다. 또한, 성형이 되더라도 헤밍부의 굴곡이 발생하여 제품 외관이 불량하게 된다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

따라서, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 발명한 것으로서,

자동차 외관용 AA6000계 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재를 제조할 때 플랫 헤밍이 가능하고 헤밍시 표면굴곡이 발생되지 않도록 판재의 표면층( $s=3/4 \sim 1$ ; 판재 중심은  $s=0$ , 표면은  $s=1$ 임) 결정립을 평균 크기 80 ~ 100 $\mu\text{m}$ 가 되도록 성장시킴으로써, 헤밍부의 크랙 발생이 억제될 수 있고, 표면부 굴곡을 억제하여 외관 품질을 확보할 수 있는 헤밍성이 우수한 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재의 제조방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

이와 같은 목적은 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재를 통상의 방법으로 열간압연, 냉간압연 및 T4 열처리를 통해 제조한 후 압하율 2 ~ 3%로 조절압연을 실시하고, 이후 450 ~ 500 $^{\circ}\text{C}$ 에서 4 ~ 7시간 동안 열처리를 실시하여, 표면층의 결정립 크기를 평균 80 ~ 100 $\mu\text{m}$ 가 되도록 성장시켜 제조하는 본 발명의 방법에 의해 달성될 수 있다.

**발명의 구성 및 작용**

이하, 본 발명을 상세히 설명하면 다음과 같다.

본 발명은, AA6000계 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재의 제조방법에 있어서,

열간압연, 냉간압연 및 T4 열처리 이후에 2 ~ 3% 압하율로 조절압연을 실시하고, 이후 450 ~ 500 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도범위 내에서 4 ~ 7시간 동안 열처리를 실시하여, 합금 판재 내부의 결정립 크기는 유지되되  $s=3/4 \sim 1$ (판재 중심은  $s=0$ , 표면은  $s=1$ 임)에 해당하는 판재 표면층의 결정립 평균 크기를 80 ~ 100 $\mu\text{m}$ 가 되도록 성장시켜서 제조하는 것을 특징으로 한다.

이하, 본 발명을 더욱 상세히 설명하면 다음과 같다.

먼저, 본 발명의 발명자는 AA6000계 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재의 성형성, 특히 헤밍성을 더욱 개선할 수 있는 방법에 대하여 연구한 결과, AA6000계 알루미늄 합금에 있어서 헤밍성은 집합조직, 연신률, 결정립 크기에 영향을 받는다는 것을 알아내었다. 그리고, 상기한 특성 중 결정립 크기에 의해 헤밍 가공시의 성형 유무 및 표면굴곡 발생 유무가 결정되므로 결정립 크기의 조절이 중요한 인자임을 알아내었다.

본 발명은 위의 내용에 기초한 것으로, 그 목적은 플랫 헤밍이 가능하고 헤밍 부위의 표면굴곡이 발생하지 않는 헤밍성이 우수한 AA6000계 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재의 제조방법을 제공하는데 있다.

통상 AA6000계 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재는 열간압연, 냉간압연 및 T4 열처리 공정을 거쳐 생산된다. 또한, 프레스 공정에서는 당연히 우수한 연신률이 요구되며, 이는 이후 공정인 헤밍 공정에도 적용된다. AA6000계 알루미늄 합금 판재는 일반적으로 사용하고 있는 강판과는 달리 불균일 연신률이 3 ~ 4% 정도 밖에 되지 않아 헤밍 부위에서 터짐 현상이 자주 발생하고, 헤밍이 성공한다 하더라도 표면굴곡이 발생하여 추가적인 샌딩 공정을 도입해서 면 품질을 확보해야 하는 문제가 있다. 일반적인 자동차용 강판의 경우 연신률은 40% 내외이며, 균일 연신률은 28 ~ 30%이고, 나머지 10 ~ 12%는 불균일 연신률이다. 그러나, 알루미늄 합금 판재는 상기 강판과는 달리 연신률이 28% 내외이며, 균일 연신률은 24% 내외이고, 불균일 연신률은 4% 내외로, 성형성이 부족한 것이 현실이다.

성형성에 영향을 주는 인자로는 집합조직, 연신률, 항복강도 등이며, 항복강도는 낮을수록 프레스 성형에 유리하다. 그러나, 최종 제품의 강성 확보를 위해서는 높은 항복강도를 필요로 하며, 그러므로 AA6000계 알루미늄 합금 판재는 제조 중 낮은 항복강도, 제조 후 높은 항복강도가 확보될 수 있도록 우수한 소부 경화능을 가질 수 있게 마그네슘과 실리콘의 석출물을 조절한다. 집합조직은 주로 이방성(anisotropy)과 관련되어 있고, 열처리를 통해 이방성이 적절히 증가 또는 감소되도록 조절하여 제품 디자인에 맞게 공급한다. 가장 문제가 되는 것은 결정립 크기로, 일반적으로 알려져 있듯이, 결정립 크기가 작을수록 연신률은 증가하나 이와 더불어 항복강도가 증가하므로 적절한 크기를 갖도록 조절하는 것이 필요하다. 따라서, 결정립 크기를 통상 30 $\mu\text{m}$  내외가 되도록 제조하는 것이 일반적이다.

위의 프레스 공정에서 요구하는 성형과는 달리 헤밍에서는 굽힘가공이 포함된다. 이 과정에서, 1mm 두께의 인너 패널과 1mm 두께의 아우터 패널을 헤밍한다고 하면, 패널 외부, 즉 판재 외부에는 변형률이 53% 이상 가해지게 되어 파단이 발

생하는 경우가 많고, 또한 성형이 되더라도 헤밍부의 굴곡이 발생하여 제품 외관이 불량하게 된다. 본 발명자가 알아낸 바에 의하면, 굽힘가공이 주 변형인 플랫 헤밍 공정에서 결정립의 크기가 클수록 헤밍이 성공적으로 시행될 수 있고, 아울러 표면굴곡이 효과적으로 억제될 수 있다.

그러나, 앞서 기술한 바와 같이 결정립의 크기가 커지면 항복강도가 감소하여 프레스 성형시 유리하게 되나 연신률이 급격히 떨어져 판재 성형 자체가 불가능하게 된다. 또한 결정립의 크기가 클수록 프레스 변형에서 요구되는 연신률을 만족할 수 없게 된다.

이를 해결하기 위하여, 본 발명의 발명자는 판재 내부 결정립의 크기는 그대로 유지시키되, 헤밍 가공시 변형률이 집중되는 표면층의 결정립만을 성장시키면, 성형성을 저하시키지 않으면서도 헤밍성을 충분히 확보할 수 있고, 표면굴곡을 효과적으로 억제할 수 있음을 알아내었다.

이러한 본 발명의 방법을 기술하기 앞서 표면층을 정의하기 위해 s 기호를 도입하기로 한다. 여기서, 판재의 중심을 s=0으로 정의하고, 표면을 s=1로 정의하며, 이 중 s=3/4 ~ 1지점을 판재의 표면층이라 정의한다.

본 발명에서는 통상적인 방법으로 압연하고 T4 열처리한 AA6000계 알루미늄 합금 판재를 사용하여 표면층의 결정립을 평균 크기 80 ~ 100 $\mu$ m로 성장시키는 방법을 제시한다. 열처리 과정 중 결정립 성장은 결정립 내부에 가해진 에너지(주로 압연 과정 중에 가해지는 에너지임)를 줄이기 위해 일어난다. 주로 재결정을 포함하는 결정립 성장은 T4 열처리 중에 일어나 이 과정을 일차 재결정(primary recrystallization)이라고 한다. 이러한 일차 재결정 과정으로 성장하는 결정립의 크기는 한계가 있어 50 $\mu$ m 이상으로 성장시키기에는 많은 노력이 필요하고, 본 발명이 제안하고 있는 일부분의 선택적인 결정립 성장은 불가능하다.

앞서 기술한 바와 같이 결정립 성장은 내부에 축적된 에너지를 감소시키는 것을 구동력으로 하는데, 본 발명은 표면에 작은 변형을 가해 결정립간에 가해지는 에너지를 다르게 주어 에너지가 적게 축적된 결정립이 성장될 수 있도록 함으로써 전체 계(system)의 에너지를 낮추는 방법을 이용하는 것이다. 이 방법은, 기존의 생산 공정에 새로운 장치의 설치 없이, 비교적 간단한 작업인 조절압연의 제어만으로 결정립을 성장시킬 수 있는 경제적으로 매력적인 방법이다.

본 발명은 AA6000계 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재를 제조합에 있어서 통상의 방법대로 열간압연, 냉간압연 및 T4 열처리 공정을 거친 합금 판재를 그 이후 조절압연한 후 추가 열처리를 실시하여, 합금 판재 내부의 결정립 크기는 통상의 크기인 30 $\mu$ m 내외가 되도록 유지시키되 표면층(s=3/4 ~ 1에 해당)의 결정립 평균 크기는 80 ~ 100 $\mu$ m가 되도록 제어함으로써, 합금 판재의 성형성은 저하시키지 않으면서도 헤밍성, 특히 플랫 헤밍이 가능하고, 헤밍부위의 표면굴곡 발생이 억제될 수 있도록 한 점에 주안점이 있다.

특히, 본 발명에서는 합금 판재 내부의 결정립 크기를 통상의 크기로 유지하면서 표면층의 결정립을 평균 크기 80 ~ 100 $\mu$ m가 되도록 성장시키기 위해 열간압연, 냉간압연 및 T4 열처리 공정을 거친 합금 판재를 압하율 2 ~ 3%의 조절압연을 실시하고, 이후 450 ~ 500 $^{\circ}$ C 이하에서 4 ~ 7시간 동안 열처리를 실시함에 그 특징이 있다.

이하, 본 발명을 실시예에 의거 더욱 상세하게 설명하는 바, 본 발명이 다음의 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.

일반적인 DC 주조법을 이용하여 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금을 두께 120mm로 주조하고, 이를 섭씨 480 $^{\circ}$ C에서 48시간 동안 균질화 처리를 한 후, 5mm까지 열간압연하였다. 또한, 이 소재를 냉간압연하여 1mm로 만들었으며, 이후 열처리하는 용체화 처리 및 급냉 처리를 하는 T4 열처리 조건을 따랐다. 이후, 조절압연 공정에서 2 ~ 3%의 압하율로 압연한 후 450 ~ 500 $^{\circ}$ C에서 4 ~ 7시간 동안 열처리하는 본 발명의 방법을 적용하여 실시예의 합금 판재를 제조하였으며, 이를 10% 인장 변형 후 플랫 헤밍을 실시하여 헤밍 단면부의 크랙 발생 유무 및 굴곡 발생 유무를 확인하였다.

첨부한 도 1a는 본 발명의 방법을 적용하여 제조한 합금 판재 시편의 미세조직을 보여주는 사진이고, 도 1b는 본 발명의 방법을 적용하여 제조한 합금 판재 시편을 플랫 헤밍하였을 때 플랫 헤밍부의 단면을 보여주는 사진이며, 도 1c는 플랫 헤밍부의 표면을 보여주는 사진이다. 도 1a ~ 도 1c에서 볼 수 있는 바와 같이, 본 발명의 방법을 적용하여 제조한 AA6000계 알루미늄 합금 판재의 경우 표면층에서만 결정립이 성장하였고, 그 결과 판재의 헤밍 공정시 크랙의 발생이 없음을 물론 표면굴곡이 억제되었음을 볼 수 있었다.

이와는 달리, 첨부한 도 2a ~ 도 2c는 본 발명에서 제시한 조절압연 및 열처리를 적용하지 않은 종래의 방법으로 제조한 합금 판재의 사진으로서, 이에서 볼 수 있는 바와 같이, 판재 내부의 결정립 크기가 도 1a와 유사하여 헤밍성은 확보되었으나(표면층 평균 결정립 크기는 본 발명이 적용된 경우에 비해 작음), 표면에는 굴곡이 발생되어 있음을 볼 수 있었다.

한편, 다음의 표 1은 본 발명의 방법 및 기존의 방법, 비교방법을 통해 본 발명의 효과를 살펴본 것이다. 표 1에서 실시예와 비교예 모두 열간압연, 냉간압연 및 T4 열처리를 동일한 조건에서 실시하였고, 압하율과 열처리 조건을 명시하였다. 압하율은 조질압연시의 압하율을 의미하며, 결정립 크기는  $s=3/4 \sim 1$ 에 해당하는 판재 표면층의 결정립 평균 크기를 의미한다.

**[표 1]**

구분	압하율(%)	온도(℃)	시간(hr)	결정립 크기 ( $\mu m$ )	연신률(%)	크랙	굴곡	비고
실시예 1	2	450	4	80	28	무	무	본 발명의 방법
실시예 2	2	450	7	82	28	무	무	본 발명의 방법
실시예 3	2	500	4	90	28	무	무	본 발명의 방법
실시예 4	2	500	7	92	27	무	무	본 발명의 방법
실시예 5	3	450	4	82	28	무	무	본 발명의 방법
실시예 6	3	450	7	83	28	무	무	본 발명의 방법
실시예 7	3	500	4	95	28	무	무	본 발명의 방법
실시예 8	3	500	7	93	27.4	무	무	본 발명의 방법
비교예 1	0.5	-	-	32	28	유	유	종래의 방법
비교예 2	0.5	500	7	33	28	유	유	비교방법
비교예 3	1.5	500	7	33	28	유	유	비교방법
비교예 4	2	450	3.5	47	28	무	유	비교방법

상기 표 1에 나타난 바와 같이, 본 발명에서 제시하고 있는 2 ~ 3%의 압하율을 조질압연시에 적용하고 이후 450 ~ 500℃의 온도로 4 ~ 7시간 열처리한 합금 판재의 경우에는 플랫 헤밍이 가능할 뿐만 아니라 표면굴곡의 발생도 없었다.

그러나, 기존 방법으로 제조한 비교예 1의 경우에는 헤밍부 크랙이 발생하였으며, 표면굴곡의 발생 역시 막지 못했다. 또한, 비교예 4의 경우 결정립의 성장과 더불어 플랫 헤밍을 할 수 있었으나, 표면굴곡은 막을 수 없었다. 고온에서 장시간 열처리하는 경우 결정립의 성장이 일어나나, 비교예 2 및 3의 경우 고온 장시간의 열처리를 하였음에도 불구하고 결정립의 성장이 없었던 것은 표면층에 가해지는 에너지가 결정립을 성장시키기에는 부족하였기 때문이며, 압하율 2.0% 미만의 조질압연은 굴곡 발생을 억제하는데 있어서 효과가 없음을 알 수 있다.

하기 표 2는 본 발명에서 제시한 2 ~ 3%의 압하율이 최적화 된 것임을 확인시켜주고 있다. 결정립의 크기는 온도가 높을수록, 열처리 시간이 길수록 커지는 것은 당연한 것이므로, 하기 표 2에서는 본 발명이 제한하고 있는 온도인 500℃, 7시간의 열처리를 실시한 예를 나타내었다.

[표 2]

구분	압하율(%)	온도(℃)	시간(hr)	결정립 크기(μm)	연신률(%)	크랙	굴곡	비고
실시예 4	2	500	7	92	27	무	무	본 발명의 방법
실시예 8	3	500	7	93	27.4	무	무	본 발명의 방법
비교예 2	0.5	500	7	33	28	유	유	비교방법
비교예 3	1.5	500	7	33	28	유	유	비교방법
비교예 6	3.5	500	7	121	21.3	-	-	비교방법

상기 표 2의 비교예 2와 비교예 3에서 결정립의 성장이 일어나지 않은 것은 압하율이 작아 결정립에 가해진 에너지가 작음에 기인한 것이다. 결정립이 성장하기 위한 최소한의 에너지를 가하기 위해서는 압하율이 최소한 2.0% 이상이 되어야 함을 상기 표 2의 결과를 통해 알 수 있다. 비교예 6에서는 결정립의 성장이 121μm까지 일어났으나 표면층에만 집중되지 않고 내부까지 결정립이 성장하게 되어 연신률이 21% 내외로 감소하였다. 이는 성형성을 감소시키는 결과로 나타났는 바, 헤밍 공정에서 파단이 발생하여 이후 과정을 더 이상 진행할 수 없었다.

한편, 본 발명이 제시한 열처리 조건은 다음의 표 3에 나타난 각 예를 통해 설정되었으며, 이는 압하율 2% 및 3%로 고정된 시편의 경우에서 열처리 온도 및 시간을 달리하였을 때 헤밍 결과를 나타낸 것이다.

[표 3]

구분	압하율(%)	온도(℃)	시간(hr)	결정립 크기(μm)	연신률(%)	크랙	굴곡	비고
실시예 4	2	500	7	92	27	무	무	본 발명의 방법
실시예 8	3	500	7	93	27.4	무	무	본 발명의 방법
비교예 4	2	450	3.5	47	28	무	유	비교방법
비교예 7	2	450	8	102	22	-	-	비교방법
비교예 8	2	400	20	57	27.3	무	유	비교방법
비교예 9	2	500	3.5	51	27.4	무	유	비교방법
비교예 10	2	500	8	132	22	-	-	비교방법
비교예 11	3	450	3.5	50	27.4	무	유	비교방법
비교예 12	3	450	8	107	21.1	-	-	비교방법
비교예 13	3	400	20	54	26.9	무	유	비교방법
비교예 14	3	500	3.5	51	27.4	무	유	비교방법
비교예 15	3	500	8	140	20.9	-	-	비교방법

상기 표 3에서 알 수 있는 바와 같이, 본 발명에서 제시한 열처리 조건, 즉 450 ~ 500℃의 온도에서 4 ~ 7시간 동안의 열처리 조건 이외의 조건으로 열처리를 하는 경우에는 바람직하지 않은 헤밍 결과를 얻지 못하였다. 450℃의 저온에서 비교예 4의 경우처럼 단시간 열처리를 하는 경우에는 성형성을 확보할 수 있어 플랫 헤밍은 가능하나 표면굴곡의 발생은 억제할 수 없었다. 그리고, 7시간을 초과하여 열처리를 실시한 경우(비교예 7)에서는 결정립이 과도하게 일어나 첨부한 도 3의 사진에서 보여지는 소위 대나무 구조(bamboo structure)를 형성하게 되어 성형성이 나빠졌으며, 이 경우 연신률이 부족하게 되어 플랫 헤밍이 불가능하였다. 이러한 경향은 500℃에서 열처리하는 경우에도 동일함을 상기 표 3의 결과로 확인할 수 있었다.

결국, 상기 표 1, 표 2 및 표 3의 결과를 볼 때, 본 발명에서 제시한 조절압연 및 열처리를 통하여 합금 판재 내부의 결정립 크기를 유지하면서  $s=3/4 \sim 1$ (판재 중심은  $s=0$ , 표면은  $s=1$ 임)에 해당하는 판재 표면층의 결정립을 평균 크기  $80 \sim 100 \mu\text{m}$ 가 되도록 성장시킬 경우 본 발명의 목적이 달성될 수 있음을 알 수 있다.

이상의 실시예를 들어 본 발명을 구체화 하였듯이, 본 발명의 제조방법에 따르면, 플랫 헤밍을 포함한 헤밍성이 우수하면서도 헤밍부의 표면굴곡이 발생하지 않는 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재를 제조할 수 있게 된다.

**발명의 효과**

이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 제조방법에 의하면, AA6000계 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재를 통상적인 방법으로 열간압연, 냉간압연 및 T4 열처리한 후, 조절압연 공정에서 2 ~ 3% 압하율로 압연하고, 이후 450 ~ 500℃의 온도로 4 ~ 7시간 동안 추가적인 열처리를 실시하여, 합금 판재 내부의 결정립 크기는 기존과 같은 크기로 유지하면서 표면층의 결정립만을 평균 크기  $80 \sim 100 \mu\text{m}$ 가 되도록 성장시켜 제조함으로써, 플랫 헤밍을 포함한 헤밍성이 우수하면서도 헤밍부의 표면굴곡이 발생하지 않는 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재를 제조할 수 있는 효과가 있다.

이를 통해 알루미늄을 적용한 경량화가 가능하여 연비 향상 및 배기가스 저감이 가능하고, 더 나아가 디자인 및 설계 자유도를 높여 제품간 단차 문제를 해결하면서 상품성을 향상시킬 수 있으며, 헤밍 불량률 감소 및 표면굴곡 제거를 위한 추가 공정 삭제, 공정비용 감소 및 원가 절감의 효과 등이 있게 된다.

**(57) 청구의 범위**

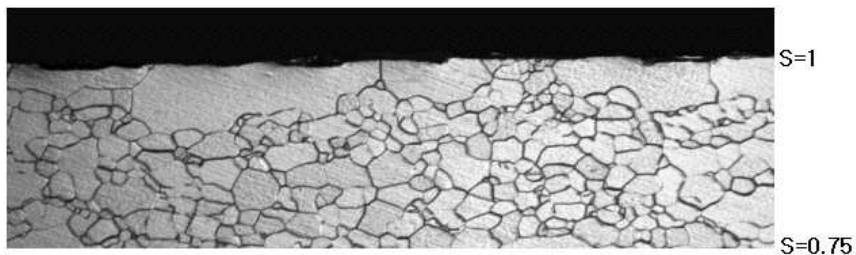
**청구항 1.**

AA6000계 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재의 제조방법에 있어서,

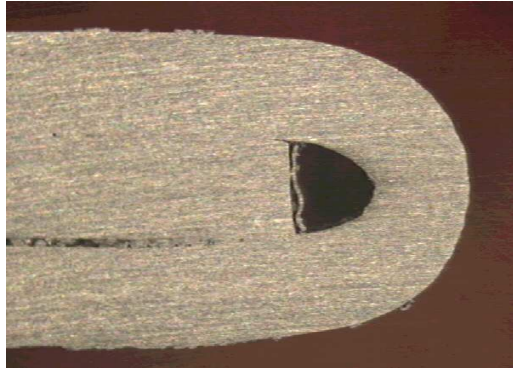
열간압연, 냉간압연 및 T4 열처리 이후에 2 ~ 3% 압하율로 조절압연을 실시하고, 이후 450 ~ 500℃의 온도범위 내에서 4 ~ 7시간 동안 열처리를 실시하여, 합금 판재 내부의 결정립 크기는 통상의 크기인  $30 \mu\text{m}$  내외가 되도록 유지하되,  $s=3/4 \sim 1$ (판재 중심은  $s=0$ , 표면은  $s=1$ 임)에 해당하는 판재 표면층의 결정립 평균 크기를  $80 \sim 100 \mu\text{m}$ 가 되도록 성장시켜서 제조하는 것을 특징으로 하는 헤밍성이 우수한 알루미늄-마그네슘-실리콘 합금 판재의 제조방법.

**도면**

도면1a



도면1b



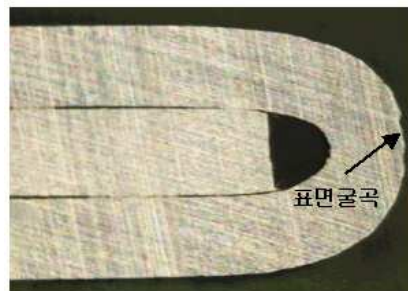
도면1c



도면2a

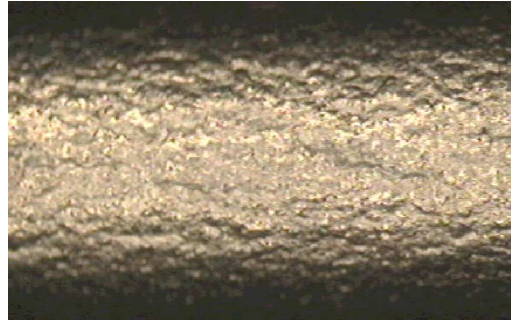


도면2b





도면2c



도면3

