



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년05월11일
(11) 등록번호 10-1734310
(24) 등록일자 2017년05월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 21/00 (2006.01) B23K 35/02 (2006.01)
B23K 35/28 (2006.01) B32B 15/01 (2006.01)
C22C 21/02 (2006.01) C22C 21/08 (2006.01)
C22F 1/04 (2006.01) C22F 1/043 (2006.01)
C22F 1/047 (2006.01) F28F 21/08 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7009520
(22) 출원일자(국제) 2010년10월12일
심사청구일자 2015년10월08일
(85) 번역문제출일자 2012년04월13일
(65) 공개번호 10-2012-0086697
(43) 공개일자 2012년08월03일
(86) 국제출원번호 PCT/SE2010/051098
(87) 국제공개번호 WO 2011/046499
국제공개일자 2011년04월21일
(30) 우선권주장
0950756-7 2009년10월13일 스웨덴(SE)
(56) 선행기술조사문헌
JP2000190089 A*
JP11100628 A
JP2008188616 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
그랑게스 스웨덴 아베
스웨덴 핀스팡 81 에스-612
(72) 발명자
엑스트림 한스 에릭
스웨덴 에스-612 33 핀스팡 린콘베엔 1
오스카르손 안데르스
스웨덴 에스-612 32 핀스팡 마르셰르베엔 2
(74) 대리인
석혜선, 김용인

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 윤여분

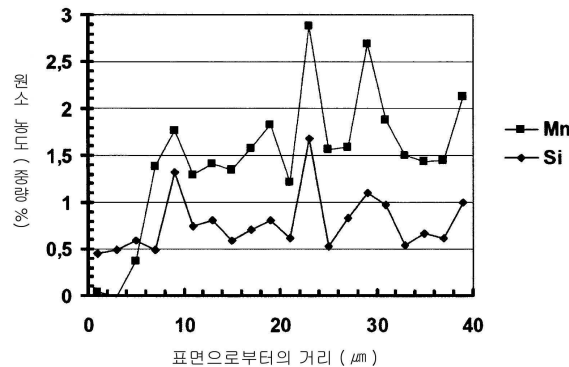
(54) 발명의 명칭 고온에서 고강도를 갖는 열교환기의 얇은 스트립용 샌드위치 재료

(57) 요약

본 발명은 0.5-2.0% Mn, < 1.0% Mg, < 0.2% Si, < 0.3% Ti, < 0.3% Cr, < 0.3% Zr, < 0.2% Cu, < 3% Zn, < 0.2% In, < 0.1% Sn 및 < 0.7% (Fe+Ni), 나머지는 Al 및 < 0.05%의 각각의 불가피한 불순물들을 (중량%로) 포함하는 제 1 합금의 코어층을 제공하는 단계; < 0.2% Mn+Cr, < 1.0% Mg, 1.6-5% Si, < 0.3% Ti, < 0.2% Zr, <

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



0.2% Cu, < 3% Zn, < 0.2% In, < 0.1% Sn 및 < 1.5% (Fe+Ni), 나머지는 Al 및 < 0.05%의 각각의 불가피한 불순물들을 (중량%로) 포함하는 제 2 합금의 장벽층을 제공하는 단계; 상기 층들이 부착되어 샌드위치 재료를 형성하도록 상기 층들을 함께 압연하는 단계; 코어층과 장벽층 모두에서 Si-함량이 0.4-1%가 되도록 소정의 시간 동안 소정의 온도에서 상기 샌드위치 재료를 열처리하는 단계; 샌드위치 재료를 최종 두께로 압연하는 단계를 포함하는 브레이징용 샌드위치 재료의 제조 방법에 관한 것이다.

명세서

청구범위

청구항 1

Mn: 0.5-2.0%,

Mg: $\leq 1.0\%$,

Si: $\leq 0.2\%$,

Ti: $\leq 0.3\%$

Cr: $\leq 0.3\%$,

Zr: $\leq 0.3\%$,

Cu: $\leq 0.2\%$,

Zn: $\leq 3\%$

In: $\leq 0.2\%$

Sn: $\leq 0.1\%$

Fe+Ni: $\leq 0.7\%$,

나머지는 Al 및 $\leq 0.05\%$ 의 각각의 불가피한 불순물들

을 (중량%)로 포함하는 제 1 알루미늄 합금의 코어층을 제공하는 단계;

Mn+Cr: $\leq 0.2\%$

Mg: $\leq 1.0\%$,

Si: 1.6-5%,

Ti: $\leq 0.3\%$,

Zr: $\leq 0.2\%$

Cu: $\leq 0.2\%$,

Zn: $\leq 3\%$

In: $\leq 0.2\%$

Sn: $\leq 0.1\%$

(Fe+Ni): $\leq 1.5\%$,

나머지는 Al 및 $\leq 0.05\%$ 의 각각의 불가피한 불순물들

을 (중량%)로 포함하는 제 2 알루미늄 합금의 장벽층을 제공하는 단계;

상기 층들이 부착되어 샌드위치 재료를 형성하도록 상기 층들을 함께 압연하는 단계;

코어층과 장벽층 모두에서 Si-함량이 0.4-1%가 되도록 소정의 시간 동안 소정의 온도에서 상기 샌드위치 재료를 열처리하는 단계;

샌드위치 재료를 의도된 최종 두께로 압연하는 단계

를 포함하는 브레이징용 샌드위치 재료의 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

열처리 전 샌드위치 재료를 의도된 최종 두께보다 8% 내지 33% 두꺼울 때까지, 냉간압연하는 것인 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

열처리 후 샌드위치 재료를 의도된 최종 두께의 8% 내지 33%의 감소도를 가진 최종 두께로 냉간압연하는 것인 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

열처리를 350℃ 내지 550℃의 온도에서 수행하는 것인 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

열처리를 1 - 24 시간 동안 수행하는 것인 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

제 1 알루미늄 합금의 코어층 및 제 2 알루미늄 합금의 두 개의 장벽층들을 제공하는 단계를 포함하며, 장벽층은 코어 재료의 양쪽 면 상에 마련되는 것인 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

장벽층 또는 장벽층들은 다른 부품으로 브레이징되는 샌드위치 재료의 면 상에서 샌드위치 재료의 가장 바깥쪽 층을 구성하는 것인 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

$0.4\% \leq C_s * x / 100 + C_k * (100 - x) / 100 \leq 1.0\%$ 이며, C_k 는 압연 전 코어층에서의 규소 함량이며, C_s 는 압연 전 장벽층에서의 규소 함량이며, x 는 함께 압연된 후 샌드위치 재료의 총 두께의 %에서 장벽층의 두께이며 또는 두 개의 장벽층들의 경우 장벽층들의 합쳐진 두께인 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

x 는 7 μm 이상인 방법.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 따른 샌드위치 재료의 제조 방법, 및 이러한 샌드위치 재료를 다른 부품과 브레이징하는 단계를 포함하는 브레이징 제품의 제조 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

장벽층이 샌드위치 재료의 압연 표면에 평행한 적어도 50 μm 의 길이를 가진 입도를 갖도록 브레이징 동안 재결정화하는 것인 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

샌드위치 재료의 코어층이 브레이징 후 비-재결정화된 또는 부분적으로 재결정화된 조직을 가지는 것인 방법.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

브레이징 후 샌드위치 재료가 실온에서 적어도 60 MPa의 항복 강도를 가지는 것인 방법.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

브레이징 후 샌드위치 재료가 300℃에서 R=0.1의 인장 하중을 가진 1백만 하중 사이클에 대해 35 MPa를 초과하는 피로 강도를 가지는 것인 방법.

청구항 15

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 따른 방법에 의해 제조된 브레이징용 샌드위치 재료.

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 브레이징(brazing)에 사용되는 샌드위치 재료의 제조 방법, 브레이징 제품의 제조 방법, 및 브레이징 제품의 사용에 관한 것이다. 또한 본 발명은 상기 방법에 의해 제조된 샌드위치 재료 및 상기 방법에 의해 제조된 브레이징 제품에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 알루미늄은 브레이징에 의한 제품의 제조를 위해 빈번히 사용되는 재료이다. 알루미늄은 Mn, Mg, Ti, Si와 같은 다양한 합금 원소들의 첨가에 의해 합금될 수 있고 알루미늄 합금의 강도는 입자들의 침전화 또는 알루미늄과 함께 고용체를 형성하는 합금 재료에 의해 영향받는다.

[0003] 상기 유형의 브레이징용 재료는 브레이징에 앞선 냉간 가공, 즉, 강도를 증가시키는 200℃보다 아래의 온도에서의 압연 또는 신장에 의해서, 그리고 브레이징에 의해 생성되는 강도의 증가를 상실하지 않도록 하는 방식으로 수행하는 것을 통해 브레이징 후 고강도가 주어질 수 있다. 이것은 재료의 재결정화가 브레이징이 수반하는 열처리 동안 완전히 방지된다는 것을 의미한다. 이러한 재료는 또한 300℃를 포함하는 온도까지의 고온에서 사용되는 경우 피로 및 크리프에 대해 높은 저항성이 주어질 수 있다. 고온에서의 이러한 고강도는 냉간 가공 동안 충분히 낮은 변형도를 선택함으로써 재결정화를 위한 추진력을 감소시키는 것과 단위 부피당 충분히 큰 양의 입자들을 형성함으로써 저항력(retarding force)을 증가시키는 것 모두에 의해 만들어진다.

[0004] 브레이징용 재료는 높은 규소 함량을 갖는 합금의 브레이즈 층으로 코팅될 수 있다. 브레이징에서 이러한 재료는 다른 부품과 접촉하여 배치되고 브레이징 노(furnace)에서 가열된다. 브레이징 층에서 높은 규소 함량은 아래 놓인 코어 층보다 낮은 온도에서 브레이즈 층의 용융을 유발하고, 모세관력 및 표면장력의 차이로 인해 흘러서 다른 부품과 브레이징 이음매(joints)를 생성한다.

[0005] 브레이징 재료의 다른 변형체는 어떠한 브레이즈 층을 갖지 않고 오히려 이러한 층을 갖는 재료에 브레이징된다. 예를 들면, 이러한 재료는 얇은 알루미늄 시트로 감싸지는 자동차 라디에이터와 같은 소위 열교환기의 핀(fins)에 사용될 수 있다. 열교환기를 제조하는 경우 핀은 브레이즈 클래딩된 튜브에 대해 배치된 다음 브레이징 노에서 가열되어 튜브 상의 브레이즈 층이 용융되고 모세관력 및 표면장력의 차이 때문에 흘러서

핀과 튜브 사이에 브레이징 이음매를 생성한다.

- [0006] 자동차 라디에이터와 같은 기체/액체 열교환기에서 핀의 주요 기능은 열을 튜브 내의 액체로부터 기체로 전도하는 것이다. 핀은 종종 추가적인 작업을 한다. 브레이징은 매우 높은 온도에서 수행되어 재료가 오직 그 자체의 무게로 인해 유발되는 기계적 부하에 의해 크리프-변형될 수 있다. 핀은 너무 부드러워져서 파괴되지 않아야 하며 열교환기의 형태를 유지하는데 도움을 줄 수 있어야 한다. 이러한 점에서 핀의 능력, 이들의 "변형 저항성"은 600℃까지 가열되는 노의 한쪽 말단에서 50 mm와 같은 특정 길이의 체결 스트립에 의해 수평으로 측정된다. 자유단의 침하하는 노가 식은 경우 측정된다. 또한 핀이 고압을 견디는 것을 도와주는 작업 동안에 튜브에서 발생하는 고압에 견디는 열교환기의 능력이 중요하다. 만약 핀이 고온에서도 우수한 강도를 가지는 경우 튜브는 더 얇아질 수 있고 이는 열교환기의 무게가 덜 나갈 수 있다는 것을 의미한다.
- [0007] 브레이징될 부품의 재료가 브레이징 온도로 가열될 때 재결정화되지 않는 경우 브레이즈의 용융 온도에 도달하기 이전에 브레이즈로부터의 규소가 브레이징될 재료로 침투할 것이다. 이것은 핀과 같은 얇은 시트에서 용융 및 붕괴 또는 선택적으로 많은 세공들을 가진 불완전하거나 결함 있는 브레이징 이음새 형성의 위험을 수반한다. 규소의 침투는 확산, 표면층의 용융 또는 소위 "액체 필름 이동(liquid film migration)"에 의해 일어난다[예를 들면, A. Wittebrod, S. Desikan, R. Boom, L. Katgerman, Materials Science Forum Vols. 519-521, (2006) pp. 1151- 1156] 참조].
- [0008] 따라서 브레이징 동안 재결정화하지 않는 상기에 따른 브레이징 재료는 장벽층을 가져야만 한다. 여러 층으로 이루어진 재료에 대한 적절한 명칭은 샌드위치 재료이다. 장벽층의 기능은 브레이징 동안 브레이즈 재료로부터 아래 놓인 코어 재료 내로의 규소의 침투를 감소시키는 것이며 이를 통해 우수하게 브레이징 이음매의 형성을 확보하며 이에 따라 코어 재료가 용융을 시작하지 않는다. 규소 침투는 특히 입자 경계에서 쉽게 일어난다. 따라서 큰 입자들은 적은 수의 입자 경계가 존재하도록 장벽층에 형성될 필요가 있다.
- [0009] 고 함량의 망간을 가지는 것과 같은 보통의 고강도 브레이징 재료가 갖는 하나의 문제점은 내식성이 최고가 아니라는 점이다. 철, 망간 및 알루미늄을 가진 금속간 입자들은 주변 알루미늄 매트릭스보다 더 비활성이며 이는 수분 환경에서 피팅(pitting)을 생기게 한다. 합금 재료로서 오직 철과 규소만을 가진 상업용 순수 알루미늄 및 낮은 철 함량은 이러한 면에서 보다 우수한 특성을 가진다. 따라서 장벽층과 코어층은 샌드위치 재료가 우수한 내식성을 갖도록 신중히 구성될 수 있다.
- [0010] 공기/물 열교환기의 튜브가 부식되는 경우 누출이 생길 것이며 이는 방지되어야만 한다. 따라서 튜브와의 관계에서 낮은 전위를 가지기 위하여 핀에서 아연이 종종 합금에 첨가되어 소위 음극화 보호를 제공한다. 물론 이는 핀 상에 보다 큰 전체 부식을 초래한다. 하지만 이는 용인될 수 있는 반면 핀의 빠른 용해를 유도하는 입계 부식(intergranular corrosion) 및 피팅(pitting)은 일어나지 않아야만 한다. 내식성을 추가로 향상시키는 한 가지 방법은 코어층의 전기화학 전위를 증가시키는 것이다. 이는 예를 들어, 고용체에서 전기화학 전위를 증가시키고 브레이징 과정에 의해 고용체에 위치하는 구리, 망간 또는 일부 다른 합금 재료를 사용함으로써 수행될 수 있다.
- [0011] 알려진 형태의 브레이징 재료가 가지는 하나의 문제는 고온에서 충분한 피로 강도 및 크리프 저항성이 부족하다는 것이다. 테스트하는 동안 온도가 200℃ 이상으로 높고 재료가 높은 스트레스에 놓이는 경우 재료의 크리프 저항성의 피로 스트레스(fatigue stressing)에 대한 수명은 제한될 것이다. 금속간 침전화는 고온에서의 강도에 크게 기여하기 때문에 안정하고 일정 시간에 걸쳐 너무 빨리 용해되지 않는 것이 중요하다. 침전물은 재결정화의 진행을 늦추기 때문에 특히 재결정화되지 않는 코어 재료의 경우 중요하다.
- [0012] 150℃ 초과 300℃까지의 온도에서 개선된 피로 강도 및 크리프 저항성을 요하는 제품의 두 가지 예는 자동차 엔진에서의 재순환을 위한 인터쿨러와 배기 가스 쿨러이다. 이들 제품은 일반적으로 샌드위치 재료의 브레이징을 통해 제조된다. 유해 가스의 감소된 방출 및 개선된 효율을 위한 자동차 엔진에 대한 증가된 요구는 이들 쿨러가 점점 더 높은 작동 온도 및 기체 압력에 노출된다는 것을 의미한다. 이것은 현존하는 샌드위치 재료가 강도 요건을 충족하지 않기 때문에 문제를 야기한다. 100℃보다 높은 작동 온도에 도달하지 않는 통상적인 자동차 라디에이터는 강도 이유로 인해 오늘날 비교적 굵은 재료 치수로 제조된다. 높은 중량은 높은 연료 소비에 기여한다. 라디에이터에 사용되는 재료의 많은 양은 또한 그것들이 고가로 제조되게 만든다. 자동차 라디에이터에서 비록 핀이 튜브 및 다른 부품들과 비교해 얇더라도 여전히 라디에이터의 무게의 큰 부분, 아마도 40%를 차지하며 따라서 이들의 두께를 줄일 수 있도록 작동 온도에서 우수한 강도를 가지는 것이 중요하다.
- [0013] 열교환기의 튜브 및 말단 플레이트에 대한 상기 문제는 WO 2009/128766에 기술된 방법에 의해 해결되었다. 이

방법에서 코어층은 브레이징 동안 재결정화하지 않도록 조성을 가진다. 규소가 코어층 내로 브레이즈 침투하는 것을 막기 위하여 장벽층이 압연에 의해 도포되며 브레이징 동안 큰 입자들로 재결정화하는 알루미늄 합금으로 이루어진다. 한 문제점은 코어층 및 장벽층 사이의 변형 저항에 큰 차이가 있는 경우 및 장벽층이 매우 두꺼운 경우 열간압연 동안 장벽층을 코어층에 부착시키기 어렵다는 것이다. 산화물이 없는 알루미늄 표면은 공기와 접촉하는 경우 산화물로 매우 빠르게 뒤덮인다. 부착을 위해 금속 대 금속 접촉을 얻도록 산화물이 없는 금속 표면이 코어층과 장벽층 모두에서 형성되는 것이 필요하다. 이는 모든 층들이 변형되는 경우 압연에 의해 만들어지는 표면 확장에 의해 성취된다. 예를 들어, 만약 코어층이 장벽층보다 훨씬 단단한 경우 코어층은 변형되지 않을 것이다.

[0014] 제조 과정에서 장벽층의 플레이트는 코어 합금의 잉곳의 한쪽 면 또는 양쪽 면에 위치한다. 산업적 압연 공정에서 우수한 수율을 위하여 이 샌드위치 다발의 합쳐진 두께는 60 cm이다. 그런 다음 각 압연 통과에서 비교적 작은 감소로 압연을 시작하는 것이 필요하다. 구동 롤러의 직경과 샌드위치 다발의 두께 사이의 비율이 작기 때문에 이는 제 1 두께 감소 및 이에 따라서 표면 확장이 샌드위치 다발의 표면 근처에서 일어난다는 것을 의미한다. 장벽층이 두꺼운 경우 장벽층 및 코어 잉곳 사이의 경계층에서의 표면 확장이 적으며 함께 달라붙는 층들을 만들기가 어렵다. 더 큰 문제점은 두께 감소의 대부분이 표면에서 일어나 장벽층이 코어층보다 더 늘어난다는 점이다. 이는 장벽층을 코어층의 앞과 뒤로 짜낸다. 공정의 효율을 떨어트리는 이들 돌출부들은 이후에 다듬어져야만 한다. 또한 장벽층은 코어층을 넘은 면들로 밀려나가며 이는 완성된 시트의 폭을 넘는 다양한 두께의 장벽층을 얻는 것을 의미한다. 따라서 압연된 시트의 모서리들은 잘라지고 폐기되어야만 하며 이는 모서리들의 두께가 장벽층에서 너무 얇기 때문이다. 이는 공정의 수율을 추가로 감소시킨다. 물론 일부의 경우인 장벽층이 코어층보다 더 부드러운 경우 낮은 수율의 문제는 더 두드러지게 된다. 이 문제는 대개 0.1 mm보다 얇으며 0.05 mm까지 얇아질 수 있는 열교환기 핀과 같은 매우 얇은 시트에서 보다 더 심각해진다. 이는 작동을 위해 적어도 0.007 mm의 두께가 필요한 장벽층의 경우 두께의 상당한 부분을 차지할 것을 의미한다. 이는 열교환기를 위한 얇은 시트를 제조하는 관습적인 방법-열간압연-은 특히 코어층이 장벽층보다 훨씬 단단한 경우에 우수한 수율을 갖기 어렵다. 만약 장벽층이 총 두께의 20%보다 더 두꺼운 경우 압연 동안 함께 붙어있는 층을 만드는 것이 매우 어렵다.

[0015] 압연 동안 재료를 단단하게 만드는 것은 주로 많은 단단한 금속간 입자의 함량이다. 고용체에서의 합금 성분은 변형에 대한 저항력을 증가시킨다. 샌드위치 재료에서 코어층은 재결정화하지 않도록 많은 입자를 가져야 하는 반면 장벽층은 비교적 낮은 온도에서 큰 입도로 재결정화하도록 적은 입자를 가져야 한다. 따라서 함께 압연되는 경우 층들 사이의 경도 차이는 클 수 있으며 이는 우수한 수율을 얻기 위해 피해야만 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0016] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0017] 본 발명의 하나의 주요 목적은 저온 및 고온 모두에서 고수율로 제조될 수 있으며, 특히 크리프 및 피로에 대해, 고강도를 가진 브레이징용 샌드위치 재료를 제공하는 것이다. 이러한 목적은 독립 특허 청구항 1에 따른 브레이징용 샌드위치 재료의 제조 방법에 의해 달성된다. 본 발명의 실시태양들은 종속 특허 청구항 2 내지 9에 의해 정의된다.

[0018] 본 발명의 또 다른 목적은 앞에서 언급한 고강도 이외에 우수한 내식성을 가진 샌드위치 재료를 제공하는 것이다. 이는 전기화학 전위가 표면 쪽에서 감소한다는 점과 브레이징 열교환기에서 외부로 노출된 표면인 소위 장벽층이 적은 금속간 입자(intermetallic particles)를 가진다는 점에서 본 발명에 따라 달성된다.

[0019] 또한 본 발명은 저온 및 고온 모두에서 샌드위치 재료에 대해 압연 공정에서의 우수한 수율 및 고강도를 제공하는 브레이징용 샌드위치 재료의 제조 방법을 포함한다. 이는 운송 수단용 열교환기에서 재료의 절약과 더불어 낮은 무게 및 이에 따라 감소된 연료 소비를 의미하는 더 얇은 재료가 사용될 수 있다는 점에서 가능하다.

[0020] 본 발명의 또 다른 목적은 저온 및 고온 모두에서 고강도를 갖는 샌드위치 재료로 이루어진 브레이징 제품을 제공하는 것이다. 이러한 목적은 특허 청구항 10에 따른 브레이징 제품의 제조 방법에 의해 달성된다. 상기 방법의 실시태양은 종속 특허 청구항 11 내지 14에 의해 정의된다.

- [0021] 본 발명은 또한 상기 언급한 방법에 의해 150℃ 이상의, 바람직하게 200℃ 이상, 및 가장 바람직하게 250℃ 이상의 작동 온도에서 브레이징 제품의 사용을 청구한다.
- [0022] 상기 기술된 방법에 따라 제조된 브레이징 제품은 바람직하게 100℃에 이르는 것과 같은 낮은 작동 온도에서 사용될 수 있으며, 재료 공급 또는 무게 및 연료 소비를 절약하기 위해 일반 재료보다 더 얇은 재료가 사용될 수 있다.
- [0023] 본 발명은 제 1 알루미늄 합금의 코어층과 제 2 알루미늄 합금의 장벽층을 포함하는 브레이징용 샌드위치 재료를 제공하며 장벽층 및 코어층은 함께 압연되기 전 필수적으로 동일한 변형 저항성을 가지며 샌드위치 재료는,
- [0024] - 0.5-2.0%, 바람직하게 0.8-1.8%, 가장 바람직하게 1.0-1.7% Mn, $\leq 0.2\%$, 바람직하게 $\leq 0.1\%$ Si, $\leq 0.3\%$ Ti, $\leq 0.3\%$, 바람직하게 $\leq 0.2\%$ Cr, $\leq 0.3\%$, 바람직하게 $\leq 0.2\%$ Zr, $\leq 0.2\%$, 바람직하게 $\leq 0.1\%$ Cu, $\leq 3\%$ Zn, $\leq 0.2\%$ In, $\leq 0.1\%$ Sn 및 $\leq 0.7\%$, 바람직하게 $\leq 0.35\%$, (Fe+Ni), $\leq 1.0\%$, 하지만 흐르는 비활성 기체 하에서 브레이징의 경우 $\leq 0.3\%$, 가장 바람직하게 $\leq 0.05\%$ Mg, 나머지는 Al 및 $\leq 0.05\%$ 의 각각의 불가피한 불순물들을 (중량%로) 포함하는 제 1 합금의 코어층을 제공하는 단계;
- [0025] - $\leq 0.2\%$ Mn+Cr, 1.6-5%, 바람직하게 2-4.5% Si, $\leq 0.3\%$, 바람직하게 $< 0.2\%$ Ti, $\leq 0.2\%$ Zr, $\leq 0.2\%$, 바람직하게 $\leq 0.1\%$ Cu, $\leq 3\%$ Zn, $\leq 0.2\%$ In, $\leq 0.1\%$ Sn 및 $\leq 1.5\%$, 바람직하게 $\leq 0.7\%$, 가장 바람직하게 0.1-0.35% (Fe+Ni), $\leq 1.0\%$, 하지만 흐르는 비활성 기체 하에서 브레이징의 경우 $\leq 0.3\%$, 가장 바람직하게 $\leq 0.05\%$ Mg, 나머지는 Al 및 $\leq 0.05\%$ 의 각각의 불가피한 불순물들을 (중량%로) 포함하는 제 2 합금의 장벽층을 제공하는 단계;
- [0026] - 상기 층들이 부착되어 샌드위치 재료를 형성하도록 상기 층들을 함께 압연하는 단계;
- [0027] - 코어층과 장벽층 모두에서 Si-함량이 0.4-1%가 되도록 소정의 시간 동안 소정의 온도에서 상기 샌드위치 재료를 열처리하는 단계;
- [0028] - 샌드위치 재료를 최종 두께로 압연하는 단계에 의해 제조될 수 있다.
- [0029] 코어층은 높은 함량의 망간을 가지며 이는 코어층이 높은 변형 저항성을 가지는 것을 의미하지만 낮은 함량의 규소를 가지기 때문에 분산질의 수가 낮으며 따라서 열간압연에서의 변형 저항성이 규소 함량이 높은 경우보다 낮다. 장벽층은 높은 함량의 규소를 가지며 이는 장벽층의 변형 저항성이 낮은 규소 함량의 경우보다 높다는 것을 의미하며 따라서 코어층과 장벽층의 변형 저항성은 보다 적은 정도로 다를 것이며 이는 실질적으로 수율을 증가시키며 함께 압연되는 경우 부착을 수월하게 한다. 변형 저항성의 차이를 추가로 감소시키기 위하여 코어층의 마그네슘 함량은 장벽층에서 보다 낮을 것이다.
- [0030] 제 1 단계에서, 코어층은 한쪽 면 또는 양쪽 면 상에서 장벽층과 함께 압연되어 샌드위치 재료를 형성한다. 이는 바람직하게 열간압연에 의해 수행된다. 그런 다음 샌드위치 재료는 냉간압연될 수 있다. 냉간압연의 정도는 샌드위치 재료의 최종 두께 및 원하는 재료 특성에 의해 결정된다. 바람직하게, 샌드위치 재료는 최상의 결과를 위해 최종 두께보다 8% 내지 33% 두꺼울 때까지, 바람직하게 최종 두께보다 8% 내지 28% 두꺼울 때까지, 보다 바람직하게 최종 두께보다 8% 내지 16% 두꺼울 때까지 압연된다.
- [0031] 그런 다음 샌드위치 재료는 재결정화하여 장벽층으로부터의 규소가 코어층 안으로 분산하도록 350℃ 내지 500℃의 온도에서 충분히 오랫동안 열처리된다. 이러한 열처리는 이하에서 "중간 소둔(intermediate annealing)"으로 언급된다. 코어층의 망간은 소위 분산질로 불리는 소형 재결정화-억제 Al-Si-Mn-침전물에서 고도로 분리된다. 중간 소둔 이후 규소 함량은 코어층 및 장벽층 모두에서 0.4-1% 범위 수준에 있어야 한다. 중간 소둔을 위한 시간은 재료의 치수 및 중간 소둔 온도에 의존하며 이는 바람직하게 1 내지 24시간이다. 규소 함량을 1% 미만으로 유지함으로써 층이 녹는 것을 방지하며 0.4%의 최소 함량은 분산질 형성 덕분에 코어층이 주로 590-610℃의 온도에서 수행되는 완성된 재료의 브레이징 동안 완전히 재결정화하지 않는다는 것을 의미한다. 위에서 언급한 중간 소둔 이후 샌드위치 재료는 냉간압연에 의해 이의 최종 두께로 가공된다. 최종 가공의 정도는 완성된 제품에서의 원하는 재료 특성 및 이전 단계에서 샌드위치 재료가 얼마나 가공되었는지에 의존한다. 바람직하게 냉간압연이 최종 두께의 8%-33%, 바람직하게 8%-28%, 가장 바람직하게 8%-16%인 감소도(degree of reduction)를 가지고 수행된다.
- [0032] 압연 이전에 코어층이 낮은 함량의 규소를 포함하며 장벽층이 높은 함량의 규소를 포함하기 때문에 압연 동안 변형 저항성의 차이는 크지 않으며 이는 압연 수율이 우수할 것을 의미한다. 그런 다음 중간 소둔이 수행되는 경우 분산질의 밀집한 양이 코어층에 형성되어 브레이징 동안 원하는 재결정화-억제 효과를 나타낸다. 규소가

코어층에 높은 함량으로 존재하는 경우 분산질의 밀집한 양이 형성될 것이며 높은 변형 저항성을 부여한다. 분산질의 재결정화-억제 효과는 분산질이 앞에서 언급한 중간 소둔 동안 과정의 후반에 형성되는 경우에도 얻어질 수 있다.

- [0033] 낮은 망간, 지르코늄 및 크롬 함량은 훨씬 더 적은 분산질이 장벽층에 형성된다는 것을 의미하기 때문에 장벽층은 층이 얇은 경우에도 재결정화한다. 장벽층에서 원하는 굵은 입도는 철 및 니켈의 함량을 낮은 수준에서 유지함으로써 달성된다. 이러한 재료는 브레이즈로 코팅되는 표면에 대한 브레이징에 특히 적합하다. 따라서, 바람직하게, 코어층의 반대쪽을 향하는 장벽층의 면 상에는 어떤 종류의 다른 층이 존재하지 않는다.
- [0034] 코어층 및 장벽층의 변형 저항성이 크게 다르지 않기 때문에 압연 수율이 매우 우수하다. 상기 샌드위치 재료는 상기한 압연 및 중간 소둔 이후 여러 가지 이점을 제공한다; 장벽층은 브레이징 온도로 열처리되자마자 굵은 입도로 재결정화하며 그 결과 브레이즈로부터 코어로의 규소 확산이 상당히 감소한다. 코어층과 장벽층에서 신중하게 조화된 합금 함량은 코어층의 재결정화를 방해함으로써 브레이징 이후 고온에서 샌드위치 재료에 우수한 강도 특성을 부여하는 것을 돕는다. 따라서 재료는 300℃까지의 온도에서 높은 피로 강도 및 우수한 크리프 강도를 가진다. 브레이징 이후 샌드위치 재료는 매우 우수한 브레이징 이음매를 가진다.
- [0035] 샌드위치 재료는 제 1 알루미늄 합금의 코어층과 코어층의 한쪽 면 상에 마련되는 제 2 알루미늄 합금의 장벽층으로 이루어질 수 있다.
- [0036] 샌드위치 재료는 제 1 알루미늄 합금의 코어층과 코어 재료의 양쪽 면 상에 마련되는 제 2 알루미늄 합금의 두 개의 장벽층들로 이루어질 수 있다.
- [0037] 바람직하게 장벽층은 다른 부품으로 브레이징되는 샌드위치 재료의 면 상에서 샌드위치 재료의 가장 바깥쪽 층을 구성한다. 이러한 재료는 열교환기의 핀으로 사용하기 위한 얇은 시트에 매우 적합하다.
- [0038] 바람직하게 브레이징 온도로 가열한 이후 장벽층은 압연 표면과 평행한 50 μm 를 초과하는 입도를 갖는 재결정화된 조직을 가지며 이는 브레이즈로부터 코어로의 규소의 침투를 최소화하고 결과적으로 보다 강한 브레이징 이음매에 기여한다.
- [0039] 코어층은 브레이징 후 비-재결정화된 또는 부분적으로 재결정화된 조직을 가질 수 있다. 코어층의 이러한 조직은 샌드위치 재료에 고강도를 제공하는데 필수적이다.
- [0040] 바람직하게 브레이징 후 샌드위치 재료는 300℃에서 $R=0.1$ 의 인장 하중을 가진 1백만 하중 사이클에서 35 MPa보다 큰 피로 강도를 가진다.
- [0041] 바람직하게 샌드위치 재료는 다음 조건을 만족한다: $0.4\% \leq C_s \cdot x/100 + C_k \cdot (100-x)/100 \leq 1.0\%$, 여기서 압연 전 코어층에서의 규소 함량은 C_k %이고 장벽층에서의 규소 함량은 C_s %이며, 장벽층의 두께(또는 장벽층들이 두 개인 경우 합쳐진 두께)는 압연 후 샌드위치 재료의 총 두께의 $x\%$ 이다. 조건들이 실현되는 경우 코어층에서 원하는 재결정화-억제 효과를 달성할 것이며 브레이징 동안 층이 녹는 것을 방지할 것이다.
- [0042] 본 발명은,
- [0043] - 0.5-2.0%, 바람직하게 0.8-1.8%, 가장 바람직하게 1.0-1.7% Mn, $\leq 0.2\%$, 바람직하게 $\leq 0.1\%$ Si, $\leq 0.3\%$ Ti, $\leq 0.3\%$, 바람직하게 $\leq 0.2\%$ Cr, $\leq 0.3\%$, 바람직하게 $\leq 0.2\%$ Zr, $\leq 0.2\%$, 바람직하게 $\leq 0.1\%$ Cu, $\leq 3\%$ Zn, $\leq 0.2\%$ In, $\leq 0.1\%$ Sn 및 $\leq 0.7\%$, 바람직하게 $\leq 0.35\%$, (Fe+Ni), $\leq 1.0\%$, 하지만 흐르는 비활성 기체 하에서 브레이징의 경우 $\leq 0.3\%$, 가장 바람직하게 $\leq 0.05\%$ Mg, 나머지는 Al 및 $\leq 0.05\%$ 의 각각의 불가피한 불순물들을 (중량%로) 포함하는 제 1 합금의 코어층을 제공하는 단계;
- [0044] - $\leq 0.2\%$ Mn+Cr, 1.6-5%, 바람직하게 2-4.5% Si, $\leq 0.3\%$, 바람직하게 $< 0.2\%$ Ti, $\leq 0.2\%$ Zr, $\leq 0.2\%$, 바람직하게 $\leq 0.1\%$ Cu, $\leq 3\%$ Zn, $\leq 0.2\%$ In, $\leq 0.1\%$ Sn 및 $\leq 1.5\%$, 바람직하게 $\leq 0.7\%$, 가장 바람직하게 0.1-0.35% (Fe+Ni), $\leq 1.0\%$, 하지만 흐르는 비활성 기체 하에서 브레이징의 경우 $\leq 0.3\%$, 가장 바람직하게 $\leq 0.05\%$ Mg, 나머지는 Al 및 $\leq 0.05\%$ 의 각각의 불가피한 불순물들을 (중량%로) 포함하는 제 2 합금으로 이루어진 장벽층을 제공하는 단계;
- [0045] - 상기 층들이 부착되어 샌드위치 재료를 형성하도록 상기 층들을 함께 압연하는 단계;
- [0046] - 코어층과 장벽층 모두에서 Si-함량이 0.4-1%가 되도록 소정의 시간 동안 소정의 온도에서 상기 샌드위치 재료를 열처리하는 단계;

- [0047] - 샌드위치 재료를 최종 두께로 압연하는 단계를 포함하는 브레이징용 샌드위치 재료 제조 방법에 관한 것이다.
- [0048] 샌드위치 재료는 시트의 표면에 걸쳐 낮은 두께 편차를 가진 다양한 길이의 시트 또는 플레이트로 압연될 수 있다. 코어층과 장벽층 사이의 변형 저항성의 차이가 적기 때문에 본 방법은 결과적으로 높은 생산성 및 고수율을 가진 샌드위치 재료의 안전하고 합리적인 제조를 가능하게 한다.
- [0049] 열간압연 전 제 2 알루미늄 합금의 또 다른 층은 코어층이 양쪽 면 모두에서 장벽층에 의해 감싸지도록 코어층의 다른 표면에 마련될 수 있다. 이는 샌드위치 재료가 양쪽 면 모두에서 브레이징될 수 있게 해준다.
- [0050] 코어층이 한쪽 면상에서 장벽층 및 다른 면 상에서 부식 방지층에 의해 감싸지도록 특별한 부식 방지 특성을 가진 알루미늄 합금의 다른 층이 코어층의 또 다른 표면에 마련될 수 있다.
- [0051] 층들을 함께 압연하는 단계는 바람직하게 350℃ - 500℃에서 열간압연에 의해 수행된다.
- [0052] 그런 다음 샌드위치 재료는 냉간압연된다. 냉간압연의 정도는 완성된 제품에서의 원하는 최종 두께와 원하는 특성에 기초하여 선택된다. 바람직하게 샌드위치 재료는 최상의 결과를 위해 최종 두께보다 8% 내지 33% 두꺼울 때까지, 바람직하게 최종 두께보다 8% 내지 28% 두꺼울 때까지, 특히 최종 두께보다 8% 내지 16% 두꺼울 때까지 압연된다.
- [0053] 다음 단계에서, 압연된 샌드위치 재료는 300℃-500℃인 고온에서 열처리된다. 온도는 바람직하게 350℃-500℃이며 재료가 가열되는 시간은 재료의 치수 및 특정 온도에 의존한다. 바람직하게 재료는 1 내지 24 시간 동안 가열된다. 소위 중간 소둔이라 불리는 열처리 때문에, 모든 층이 재결정화되기 위해 샌드위치 재료의 내부 조직이 변화하며 장벽층으로부터 코어층으로의 규소의 확산은 많은 Al-Mn-Si 침전물의 형태로 망간 분리를 초래하고 장벽층의 규소함량은 1 % 이하로 감소한다.
- [0054] 샌드위치 재료는 마지막으로 최종 두께로의, 보통 냉간압연에 의한, 또 다른 냉간 가공을 거친다. 최종 가공의 정도는 완성된 제품의 원하는 재료 특성 및 이전 단계에서 얼마나 샌드위치 재료가 가공되었는지에 의존한다. 바람직하게 샌드위치 재료는 최종 두께의 8% 내지 33%, 바람직하게 8% 내지 28%, 가장 바람직하게 8% 내지 16%의 감소도를 가지는 최종 두께로 가공된다. 냉간 가공 동안, 재료의 내부 조직은 변화하고 강도는 증가한다. 이러한 강도 증가는 부분적으로 브레이징 열교환기의 재료에 머무르며 이는 코어층이 브레이징 동안 완전히 재결정화하지 않기 때문이다. 이는 중간 소둔 이후 냉간 가공에 대한 낮은 감소도 때문에 재결정화에 대한 추진력(driving force)이 낮기 때문이며 많은 Al-Mn-Si 침전물 때문에 재결정화에 대한 저항력(retarding force)이 높기 때문이다. 이런 냉간 가공의 낮은 감소도는 브레이징 온도로 가열 시 재결정화하는 경우 장벽층의 입도를 크게 만들어준다. 이는 브레이징으로부터의 규소의 침투 및 장벽층과 코어층의 용융을 방지한다.
- [0055] 브레이징 동안의 가열 속도가 적어도 25℃/min인 경우 7 μm 이상 두께의 장벽층은 브레이징 재료로부터의 규소의 침투에 대해 뛰어난 저항성을 제공한다.
- [0056] 또한 본 발명은 상기 기술한 샌드위치 재료를 포함하는 브레이징 제품의 제조 방법에 관한 것이며, 장벽층은 압연 표면에 평행한 적어도 50μm의 길이를 가진 입도를 갖는 재결정화된 조직을 가진다. 브레이징 온도로 가열하는 동안 형성된 장벽층의 재결정화된 굵은 입자 조직은 브레이징으로부터 코어로의 규소의 더 적은 확산에 기여하며, 이는 보다 강한 브레이징 이음매를 제공하며 브레이징 동안 샌드위치 재료에서 장벽층 및 코어층의 부분 용융의 위험을 줄인다. 코어층은 완전히 재결정화하지 않으며 많은 침전물을 포함하기 때문에 샌드위치 재료가 특히 300℃를 포함하는 온도까지의 고온에서 고강도 및 매우 우수한 크리프 및 피로 특성에 기여하는 브레이징 제품이 얻어진다. 브레이징 제품의 샌드위치 재료는 변형된, 비-재결정화된 또는 부분적으로 재결정화된 조직을 구비한 코어층을 가지며 샌드위치 재료는 실온에서 적어도 60 MPa의 항복 강도 $R_{p0.2}$ 를 가진다. 이 제품의 샌드위치 재료는 샌드위치 재료가 장벽층보다 더 비활성인 코어층 및 적은 금속간 입자를 포함하는 장벽층을 가진다는 점에서 우수한 내식성을 가진다.
- [0057] 브레이징 제품은 바람직하게는 열교환기이다.
- [0058] 또한 본 발명은 150℃ 이상, 또는 200℃ 이상, 또는 250℃ 이상에 이르는 작동 온도에서 브레이징 제품의 사용에 관한 것이다. 본 제품은 고온에서 매우 우수한 강도 특성을 가지기 때문에 이러한 사용에 특히 적합하다.
- [0059] 또한 브레이징 제품은 100℃ 이하의 작동 온도를 갖는 열교환기에 특히 적합하며 이는 이들 온도에서 재료가 가지는 고강도가 제품의 재료를 더 얇아지게 할 수 있음을 의미하기 때문이며 이는 낮은 중량을 가진 더 저렴한 제품을 야기한다. 낮은 중량은 제품이 차량(motor vehicles)에서 사용되는 경우 특히 유리하며 이는 차량의 연

료 소비가 감소되기 때문이다.

발명의 효과

[0060] 본 발명의 내용 중에 포함되어 있다.

도면의 간단한 설명

[0061] 도 1은 중간 소둔하고 0.07 mm로 압연한 이후 실시예 1에 따른 코어 합금(1) 및 장벽층 합금(2)을 구비한 본 발명에 따른 샌드위치 재료에서 플레이트 표면부터 중간부까지 깊이의 함수로서 규소 및 망간 함량을 나타낸다. 규소 및 망간 농도는 주사전자현미경(scanning electron microscope)의 에너지 분산형 분광기(energy-dispersive spectroscopy)에 의해 샌드위치 플레이트 종단면의 다양한 깊이에서 점별로(pointwise) 측정되었다. 한 점에서 다른 점까지의 조성의 큰 변화는 코어층의 규소가 대부분 침전물에 있기 때문이다.

도 2는 실시예 1의 코어 합금(1)과 장벽층 합금(2)을 구비한 본 발명에 따른 샌드위치 재료에서 장벽층(하부) 및 코어층 사이 경계 지역에서 브레이즈-시뮬레이션(braze-simulating) 열처리 이후 종단면의 미세조직을 나타낸다.

도 3은 코어 합금(1) 및 각 면 상에 10% 두께의 장벽층(2)을 구비한 본 발명의 샌드위치 재료가 소위 핀으로 형성되어 순수 알루미늄의 중간층 및 10% Si를 가진 알루미늄 합금의 브레이징층을 구비한 Al-Mn-합금으로 이루어진 샌드위치 재료의 튜브로 브레이징될 때 형성된 이음매를 통과하는 단면의 미세조직을 나타낸다. 샌드위치 재료는 중간 소둔 및 브레이징 사이의 시작 두께의 16%에 해당하는 감소로 압연된다.

도 4는 소위 "백 스캐터 모드(back scatter mode)"에서 주사전자현미경으로 찍은 본 발명의 샌드위치 재료의 사진을 나타낸다. 사진은 브레이즈-시뮬레이션 열처리 이후 종단면의 입도 조직을 보여준다. 샌드위치 재료는 10% 두께의 장벽층(2)을 각각의 면 상에 구비한 코어 합금(1)으로 이루어져 있다. 이는 중간 소둔 및 브레이징 사이의 시작 두께의 16%에 해당하는 감소로 압연된다. 도면에서 나타난 바와 같이 코어 합금은 변형된 조직을 가지는 반면 장벽층은 굵은 입도에서 재결정화된다.

도 5는 실시예 2에 따른 샌드위치 재료 대 편용 표준 합금의 강도에 대한 온도에 따른 강도 변화의 비교를 나타낸다.

도 6은 실시예 2에 따른 본 발명의 샌드위치 재료 대 편용 표준 합금의 해당 특성에 대한 온도에 따른 피로 강도 변화의 비교를 나타낸다.

도 7은 실시예 2에 따른 본 발명의 샌드위치 재료 대 편용 표준 합금의 해당 특성에 대한 온도에 따른 크리프 강도 변화의 비교를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0062] 본 발명자들은 현존하는 재료와 비교하여 심지어 고온에서도 매우 고강도를 가지며 매우 우수한 내식성을 가지며 높은 생산성 및 고수율로 만들어질 수 있는 열교환기의 브레이징을 위한 얇은 시트용 샌드위치 재료의 제조 방법을 발견하였다.

[0063] 열교환기의 핀 시트와 같은 이러한 시트에서의 장벽층은 원하는 보호 기능을 제공하기 위하여 적어도 대략 7 μ m 정도로 두꺼울 필요가 있으며, 따라서 샌드위치 재료 두께의 상당한 부분을 차지하며 압연 공정에서 낮은 수율의 문제는 특히 이러한 경우 심각하다. 하지만 필요한 두께는 브레이징 동안의 온도/시간 사이클에 의존한다. 고온에서의 긴 시간은 두꺼운 장벽층을 필요로 한다.

[0064] 서로 다른 경도의 층들의 압연을 이용한 실험은 350-500℃의 온도 범위에서 열간압연 동안 층들의 경도가 너무 크게 다르지 않는 경우 열간압연 수율이 현저하게 향상됨을 보여주었다.

[0065] 열간압연 동안 층들 사이의 부착은 350-500℃의 온도 범위에서 열간압연 동안 장벽층의 최대 변형 저항성이 코어 재료의 최대 변형 저항성과 크게 다르지 않는 경우 현저하게 촉진되었다. 산화물이 없는 알루미늄 표면은 공기과 접촉하는 경우 산화물로 매우 빠르게 코팅된다. 따라서 부착을 이루기 위하여 산화물이 없는 금속 표면이 압연 동안 코어층과 장벽층 모두 위에 형성될 필요가 있으며 이에 따라 금속 대 금속 접촉이 압연 동안 층들 사이에서 수행된다. 만약 장벽층과 코어층이 대체로 동일한 변형 저항성을 가지는 경우 이들의 표면은 압연 동안 대략 동일한 페이스로 팽창될 것이다. 이는 표면들 사이의 금속 접촉을 항상 확보해주며 이들 사이의 우수한 부

작을 달성한다.

- [0066] 장벽층은 마그네슘 또는 구리와 같은 용액에서 유지될 수 있는 높은 함량의 합금 재료를 사용할 수 있는 경우 용액 경화(solution hardening)에 의해 단단하게 만들어질 수 있다. 플럭스(flux)를 이용한 비활성 기체 브레이징과 같은 특정 브레이징 방법에서 당업자는 마그네슘 함량이 너무 높은 경우 우수한 브레이징 특성을 달성할 수 없다. 높은 구리 함량은 튜브의 증가된 부식을 유도하는 높은 전위를 생산하기 때문에 튜브로 브레이징되는 핀 시트에서 사용될 수 없다. 또 다른 방법은 입자를 형성하는 합금 물질을 첨가하는 것일 것이다. 이는 비록 매우 얇고 재결정화의 추진력이 매우 낮더라도 브레이징 온도로 가열되는 경우 규소의 확산 속도가 높아지기 이전에 장벽층이 굵은 입도로 재결정화하기 때문에 보다 덜 선호된다.
- [0067] 따라서 하나의 과제는 열간압연 동안 충분하게 높은 변형 저항성을 제공하며 또한 브레이징 온도로 가열되는 경우 재료가 굵은 입도로 재결정화하는 것을 초래하는 장벽층을 위한 조성을 찾는 것이다. 실험들은 장벽층의 입도가 미세하면 미세할수록 및 장벽층이 두꺼우면 두꺼울수록 브레이징으로부터의 규소가 코어 재료 내로 들어가는 것을 멈추기가 더 어렵다는 것을 보여주었다. 따라서 장벽층에서 합금 재료의 선택은 압연 능력 및 재결정화 특성의 측면에서 매우 제한된다. 장벽층을 재결정화하고 규소 침투에 대해 필요한 보호를 나타내는데 필요한 두께는 브레이징 동안의 가열 속도에 의존한다.
- [0068] 본 발명에서 장벽층의 규소 함량은 압연 공정 동안 높으며 이는 용액에서 많은 입자들 및 많은 규소를 제공하며 이는 높은 변형 저항성을 부여한다. 코어 합금의 규소 함량은 압연 공정 동안 낮으며, 이는 더 적은 입자 및 이에 따른 낮은 변형 저항성을 부여한다. 장벽층은 브레이징 온도로 가열되는 경우 열간압연 전에 재결정화되어야 한다. 장벽층의 최소 두께는 이의 원하는 기능 및 브레이징 동안의 가열 속도에 기초하여 선택된다. 브레이징 동안 재결정화하지 않도록 코어층에 필요한 입자들의 높은 밀도는 상기한 최종 압연 이전의 중간 소둔 동안 야기된다. 이 소둔 단계 동안 장벽층의 규소 함량은 감소되며 합금 조성이 순수한 알루미늄에 보다 가까워진다는 점에서 브레이징 동안 용융되지 않으며 또한 내식성이 충분히 향상되는 것을 의미한다.
- [0069] 본 발명에 따른 샌드위치 재료에서 중간 소둔 이후 최종 치수로의 압연 전의 코어 합금은 재결정화에 대해 큰 저항력 및 고온에서의 피로 및 크리프에 대해 매우 높은 저항성을 제공하기 위하여 단위 부피당 많은 양의 입자를 가진다.
- [0070] 나타난 바와 같이, 고온에서 우수한 강도 특성을 가지며 높은 생산성 및 우수한 수율을 가지고 압연 작업될 수 있는 샌드위치 재료를 얻기 위하여 합금 재료를 정확하게 선택하고 코어층과 장벽층에서 합금 함량의 균형을 맞추는 것이 중요하다. 뒤따르는 것은 샌드위치 재료에서 개별적인 합금 원소의 효과의 설명이다.
- [0071] 규소는 특히 높은 변형 속도에서 변형 저항성에 기여한다. 코어층과 장벽층 사이에서 규소 함량을 안정시킬 것으로 예상되는 중간 소둔 전 코어층의 규소 함량은 ≤ 0.2 ; 바람직하게 ≤ 0.1 중량 퍼센트이어야 한다. 장벽층에서, 열간압연 동안 코어층의 변형 저항성과 동일한 변형 저항성을 부여하고 최종 두께로 압연하기 이전 중간 소둔 동안 코어층에서 수많은 입자의 망간의 분리에 기여하기 위해 규소 함량은 높아야 한다. 하지만 규소 함량은 너무 높아서 코어층과 장벽층이 브레이징 동안 용융되어서는 안된다. 바람직하게 코어층과 장벽층 사이의 규소 함량을 안정화시키기 위해 디자인된 열처리 이전 장벽층의 규소 함량은 1.6-5.0 중량 퍼센트이어야 한다. 바람직하게 장벽층에서 규소 함량은 2.0 - 4.5 중량 퍼센트이다.
- [0072] 마그네슘은 마그네슘이 고용체에 존재하는 경우 용액 경화에 의해서 또는 에이징(ageing)에 의한 Mg_2Si 침전물을 형성함으로써 재료의 강도를 증가시킨다. 또한 마그네슘은 고온에서 압연 동안 변형 저항성을 증가시키며 이는 장벽층에서 유리하게 사용될 수 있다는 것을 의미한다. 만약 마그네슘의 함량이 너무 높은 경우 표면상의 두꺼운 마그네슘 산화물층 형성 때문에 브레이징하는 능력이 감소하며 또한 브레이징 온도에서 재료의 용융 위험이 존재하며 이는 코어층의 마그네슘 함량이 1.0 중량 퍼센트로 제한되도록 한다. 플럭스를 이용한 비활성 기체 브레이징 동안 마그네슘은 플럭스와 반응하며 이는 브레이징하는 능력을 감소시킨다. 브레이징하는 능력은 마그네슘 함량 증가에 따라 감소된다. 코어층의 마그네슘은 열처리 및 브레이징에 의해 장벽층 내로 확산된다. 따라서 재료가 플럭스를 이용한 비활성 기체 브레이징에 사용되는 경우 코어층의 마그네슘 함량은 0.3 중량 퍼센트, 바람직하게 0.05 중량 퍼센트로 제한된다.
- [0073] 코어층에서와 동일한 이유로 장벽층에서 마그네슘 함량은 일반적으로 1.0 중량 퍼센트로 제한된다. 현재 대부분의 통상적인 브레이징 방법-플럭스를 이용한 비활성 기체 브레이징-에서 장벽층은 대략 0.3 중량 퍼센트보다 더 높은 마그네슘 함량을 가지지 않아야 하며 이는 마그네슘이 플럭스의 기능에 부정적인 영향을 가지기 때문이다. 재료가 플럭스를 이용한 비활성 기체 브레이징에 사용되는 경우 장벽층에서의 마그네슘 함량은 따라서 ≤ 0.3

중량 퍼센트, 바람직하게 ≤ 0.05 중량 퍼센트이어야 한다. 재료가 진공 브레이징되는 경우 0.3 중량 퍼센트보다 높은 마그네슘의 함량이 용인될 수 있다.

- [0074] 아연은 재료의 전위를 낮추기 위해 사용되며 열교환기의 튜브를 위한 음극화 보호를 제공하기 위해 매우 자주 사용된다. 3%까지의 Zn이 코어층과 장벽층에서 사용될 수 있다.
- [0075] 지르코늄은 변형 저항성(deflection resistance)을 증가시키며 재결정화에 대한 증가된 저항성을 제공한다. 0.3 중량 퍼센트까지의 지르코늄이 코어층의 조성에 첨가될 수 있다. 지르코늄은 주로 소형 Al_3Zr 입자로 분산되며 입자들은 재결정화를 방지하며 브레이징 이후 재료에서 큰 입도를 제공한다. Al_3Zr 입자들은 심지어 $300^{\circ}C$ 이상의 매우 높은 온도에서도 안정하기 때문에 고온에서의 피로 및 크리프 강도를 증가시킨다. 0.3 중량 퍼센트 이상에서 굵은 침전물들이 형성되며 이들은 재료의 형태에 부정적인 영향을 끼친다.
- [0076] 바람직하게 코어층의 Zr 함량은 0.2 중량 퍼센트로 제한된다. Zr이 변형 저항성을 증가시키는데 도움을 주기 때문에 코어층에서 Zr-함량의 선택은 압연 동안 증가된 변형 저항성의 부정적인 효과 및 브레이징 동안 증가된 재결정화 억제제의 긍정적인 효과 사이를 타협하며 브레이징 제품에서 강도를 증가시킨다. 장벽층에서 지르코늄 함량은 0.2 중량 퍼센트를 초과하지 않아야 하며 이는 브레이징 동안 장벽층이 재결정화하도록 허용되는 것보다 높을 수 없기 때문이며 규소 침범에 대해 원하는 보호를 제공한다.
- [0077] 티타늄은 강도를 증가시키며 코어층에서 0.3 중량 퍼센트까지 존재할 수 있다. 장벽층에서 티타늄은 0.3 중량 퍼센트, 바람직하게 ≤ 0.2 중량 퍼센트까지 존재할 수 있다. 이들 함량의 티타늄은 재결정화를 지연시키는 침전물을 생성하지 않기 때문에 고온에서 압연 동안 장벽층의 변형 저항성을 증가시키는데 사용될 수 있다.
- [0078] 고용체의 망간은 강도, 변형 저항성 및 부식 강도를 증가시킨다. 침전물의 망간은 강도를 증가시킨다. $500^{\circ}C$ 이하의 온도에서 열처리한 망간은 소위 분산질로 불리는 $0.5 \mu m$ 미만의 평균 직경을 가진 작은 입자들을 형성하며 이는 변형 저항성을 증가시키고 브레이징 동안 재결정화를 억제하며 저온 및 고온에서 강도를 증가시킨다. 코어층의 망간 함량은 0.5-2.0%, 바람직하게 0.8-1.8%, 가장 바람직하게 1.0-1.7%이어야 한다. 브레이징 온도에서 장벽층은 재결정화해야만 하기 때문에 장벽층에서 망간 + 크롬 함량은 0.2 중량 퍼센트를 초과해서는 안된다.
- [0079] 철 및 니켈은 내식성에 부정적인 영향을 끼치며 변형에 대한 저항성, 브레이징 재료로부터의 규소의 침범, 및 코어층의 재결정화에 더 큰 정도의 부정적인 영향을 끼친다. 이는 철 및 니켈이 재결정화를 위한 핵으로서 역할하는 굵은 침전물을 형성하기 때문이며 이는 입도를 더 작게 만든다. 따라서 코어층에서, Fe+Ni 함량은 코어층에서 0.7 중량 퍼센트로, 바람직하게 0.35 중량 퍼센트로 제한되어야 한다. 장벽층에서, 함량은 1.5 중량 퍼센트로 제한되지만 바람직하게는 0.7 중량 퍼센트 이하이어야 한다. 바람직하게 함량은 장벽층에서 0.10 - 0.35 중량 퍼센트이다.
- [0080] 0.2 중량 퍼센트보다 높은 구리 함량은 장벽층이 튜브 및 다른 주요 부품들보다 비활성화될 수 있다는 단점을 가지고 있어 부식 측면에서 열교환기에 원하지 않는 전위 구배를 야기한다. 따라서 코어층과 장벽층의 구리 함량은 0.2 중량 퍼센트, 바람직하게는 0.1 중량 퍼센트를 초과해서는 안된다.
- [0081] 지르코늄 및 망간과 같이 크롬은 저함량에서 소위 분산질 형성자이다. 높은 크롬 함량에서 굵은 입자들이 생성되기 때문에 코어층의 크롬 함량은 0.3 중량 퍼센트를 초과해서는 안된다. 장벽층이 브레이징 온도에서 재결정화해야하기 때문에 장벽층에서 망간과 크롬 함량의 합은 0.2 중량 퍼센트를 초과해서는 안된다.
- [0082] 인듐 및 주석은 재료의 전기화학 성질을 변화시키기 위해 때때로 소량으로 첨가된다. 함량은 인듐의 경우 $\leq 0.2\%$, 주석의 경우 $\leq 0.1\%$ 로 제한되어야 한다.
- [0083] 실시예
- [0084] 다음 실시예들은 표준 재료와의 비교로서 본 발명에 따른 샌드위치 재료를 이용하여 수행된 실험의 결과를 기술한다.
- [0085] 실시예 1
- [0086] 본 발명에 따른 샌드위치 재료는 압연에 의해 장벽층 합금들의 플레이트들과 코어층 합금들의 플레이트들을 함께 결합시킴으로써 만들어진다. 다양한 층들의 조성이 표 1에 나타나있다. 코어층은 각각의 면 상에 장벽층의 플레이트들을 구비하며 각각의 면 상의 장벽층은 총 두께의 10%, 15% 또는 20%로 구성되었다. 층을 먼저 2시간 동안 $480^{\circ}C$ 로 가열하였다. 압연이 접착 문제 없이 수행되었다. 플레이트 표면에 걸쳐 두께의 편차는 1% 미만이었다. 그런 다음 샌드위치 재료를 두께가 0.09 mm가 될 때까지 압연하였다. 샌드위치 플레이트들이 모두 재결정

화하고 코어층과 장벽층 모두에서 규소 함량이 평균적으로 동일하도록 샌드위치 플레이트들을 연화-소둔(soft-annealed)하였다, 도 1 참조. 이후 샌드위치 재료를 최초 두께의 5%부터 25%까지의 다양한 두께 감소로 압연하였다.

표 1

합금 조성

	Si	Fe	Mn	기타
코어 합금 1	0.09	0.15	1.6	<0.01
코어 합금 2	0.08	0.16	1.1	<0.01
코어 합금 3	0.09	0.15	0.6	<0.01
장벽층 1	2.0	0.17	<0.01	<0.01
장벽층 2	4.2	0.17	<0.01	<0.01

샌드위치 재료의 견본을 질소 기체 분위기의 노에서 수직으로 매달고 자동차 라디에이터를 브레이징하는데 사용되는 것과 유사하게 열처리(실온에서 600℃까지 20분간 가열)한 후 이 온도에서 3분간 유지한 다음 실온으로 빠르게 냉각시켰다. 장벽층은 모든 예들에서 550℃의 온도에 이르기 전에 50μm 보다 큰 입도로 재결정화하였다. 도 4의 예 참조.

샌드위치 재료의 강도는 브레이징 시뮬레이션 이전 감소도에 의존한다. 표 2는 일부 예들을 나타낸다.

표 2

브레이징 시뮬레이션 이후 0.06-0.085 mm 두께의 샌드위치 재료에 대한 항복 강도, $R_{p0.2}$. 압연 감소는 압연 이전 두께의 %로 나타난다.

	브레이징 이전 압연 감소 (%)	$R_{p0.2}$ (MPa)
코어 1 + 장벽층 1의 20%	7	40
	12	50
	17	62
	25	38
코어 1 + 장벽층 2의 10%	5	42
	10	54
	18	71
	25	40
코어 2 + 장벽층 2의 10%	6	42
	11	55
	16	73
	24	35
코어 3 + 장벽층 2의 10%	5	48
	10	58
	16	63
	20	42
	25	35

브레이징 시뮬레이션 후 특정 조합에 대한 항복 강도, $R_{p0.2}$ 는 실온에서 60-70 MPa 정도로 높았으며 이는 EN-AW 3003과 같은 비활성 기체 브레이징 열교환기용 표준 합금에 대한 40 MPa와 비교되어야 한다. 이유는 분산질의 밀집한 양이 소둔 동안 형성되기 때문이며, 도 2 참조, 이는 압연 동안의 낮은 변형도와 함께 코어 재료가 부분적으로 변형된 조직을 보유하도록 해준다.

샌드위치 재료를 0.40 mm 두께의 브레이즈-플레이트 튜브에 대해 플럭싱(fluxing)한 후 비활성 기체에서 브레이징하였다. 샌드위치 재료와 튜브 사이의 브레이징 이음매는 브레이징 전 압연 동안의 감소도가 적어도 8%인 경우 우수한 틈 메우기(filling)를 나타내었다. 브레이징 이음매의 예는 도 3에 나타나있다.

[0093] 실시예 2

[0094] 본 발명에 따른 샌드위치 재료를 실시예 1의 것과 동일하게 브레이즈-시플레이션 열처리하였다. 표 3은 열처리 이후 합금 조성을 나타낸다. 이를 자동차 라디에이터의 핀용 표준 재료인 EN-AW 3003과 비교하였다. 표준 재료를 샌드위치 재료와 동일하게 브레이즈-시플레이션 열처리하였으며 이의 조성은 표 3에 나타나있다. 도 5는 테스트 온도에 따른 정적 강도(static strength) 변화를 나타낸다. 도 6 및 7은 각각 다른 온도에서의 피로 및 크리프 강도를 도시한다. 도면들은 피로 및 크리프와 같은 정적 강도 측면에서 실온 및 고온에서 표준 재료와 비교해 샌드위치 재료가 우수한 특성을 나타낸다는 것을 보여준다.

표 3

[0095] 브레이즈-시플레이션 열처리 후 합금 조성, 중량%

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zr	Ti	각각의, 다른 성분 들
샌드위치 재료								
코어층	0.5	0.3	< 0.02	1.6	0.2	0.1	0.04	< 0.02
장벽층	0.1	0.3	< 0.02	< 0.02	0.2	< 0.02	0.1	< 0.02
표준 재료 EN-AW 3003	0.1	0.5	0.1	1.2	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02

[0096] 실시예 3

[0097] 표 4에 따른 몇몇 다른 합금들에 대한 변형 저항성을 측정하였다. 시편들을 합금의 잉곳으로부터 얻고 8시간 동안 500℃에서 열처리하였다.

[0098] 변형 저항성을 21 mm 높이 및 14 mm 직경의 원통을 변형시키는데 필요한 단면적 단위당 최대 힘(maximum force)으로 측정하였다. 0.2 mm 깊이 및 0.75 mm 폭의 원형 홈이 서로로부터 2 mm의 거리에서 원통의 각 말단에서 잘려졌다. 실린더를 테스트 온도로 가열하고 2s⁻¹의 변형 속도에서 적어도 50%의 높이 감소로 변형시켰다. 질화 붕소를 윤활제로 사용하였다.

[0099] 480℃에서 변형에 대한 결과가 표 4에 나타나있다.

표 4

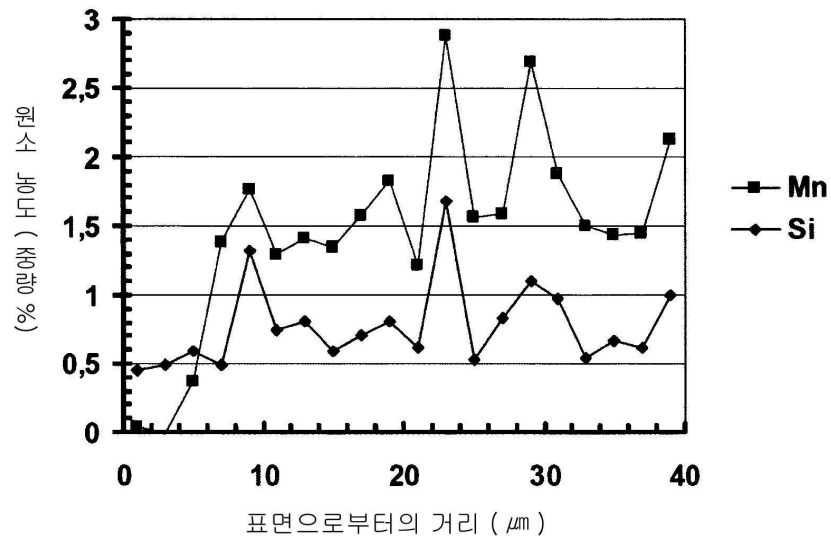
[0100] 480℃에서의 변형 저항성

합금	480℃에서의 변형 저항성 (MPa)
Al-0.2%Fe-0.1%Si	25
Al-0.2%Fe-4%Si	32
Al-0.2%Fe-1.5%Mn-0.07%Si	40
Al-0.2%Fe-1.5%Mn-0.8%Si	70

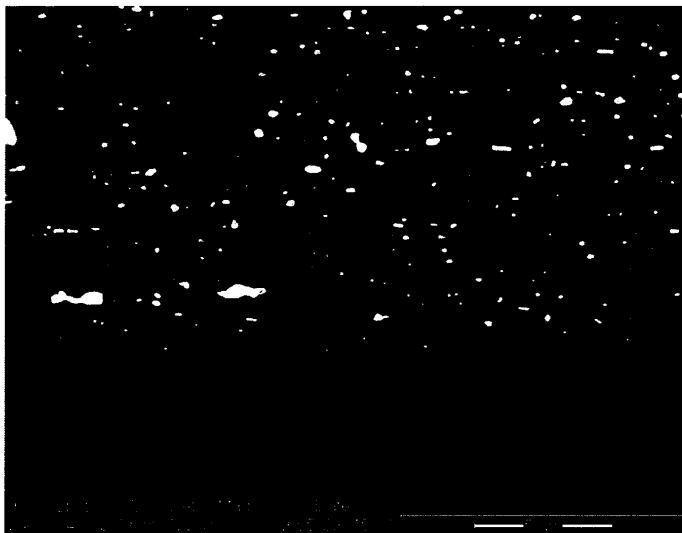
[0101] 표 4에 나타난 바와 같이, 합금 Al-0.2%Fe-0.1%Si에 대한 변형 저항성은 단지 합금 Al-0.2%Fe-1.5%Mn-0.8%Si에 대한 변형 저항성의 36%이다. 첫 번째 언급된 합금에서 규소 함량을 4%로 증가시키고 두 번째 합금에서 규소 함량을 0.07%로 감소시킴으로써 변형 저항성의 비는 80%로 증가하며 이는 부착을 현저하게 촉진시키며 480℃에서 압연 동안의 수율을 증가시킨다. 따라서 Al-0.2%Fe-1.5%Mn-0.07%Si의 코어층 및 Al-0.2%Fe-4%Si의 장벽층을 구비한 본 발명에 따른 샌드위치 재료의 고온에서의 열처리에 의해 규소가 장벽층으로부터 코어층으로 확산될 수 있으며, 이에 따라 코어의 합금이 Al-0.2%Fe-1.5%Mn-0.8%Si와 유사하게 될 것이며 장벽층의 합금이 Al-0.2%Fe-0.8%Si와 유사하게 될 것이고 이는 코어층에서의 재결정화 억제, 및 장벽층에서의 장벽층 효과 및 우수한 부식 강도 측면에서 원하는 특성을 부여한다.

도면

도면1



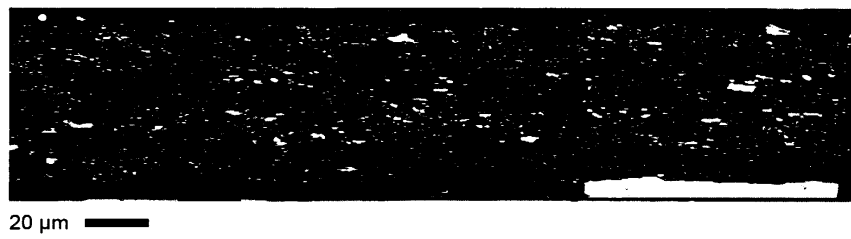
도면2



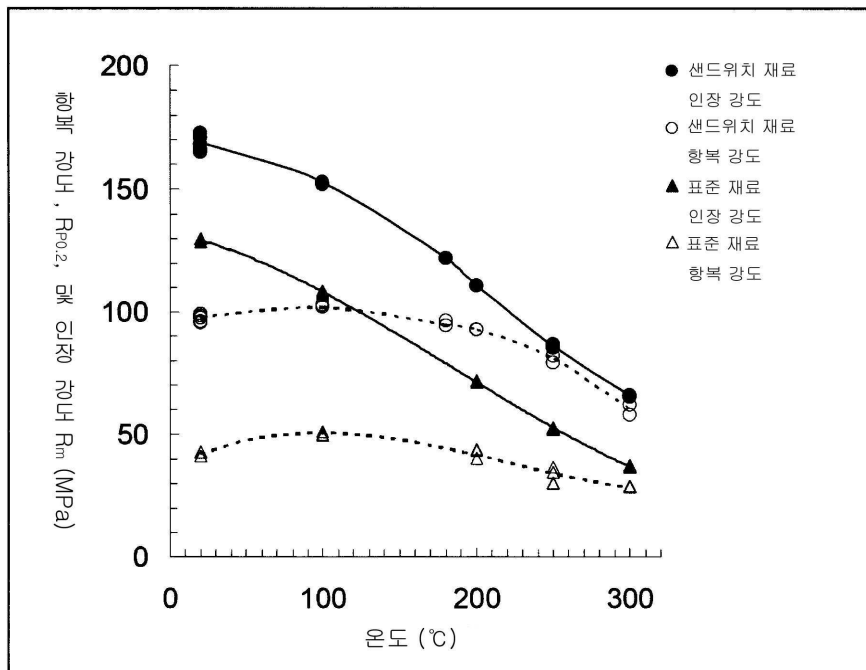
도면3



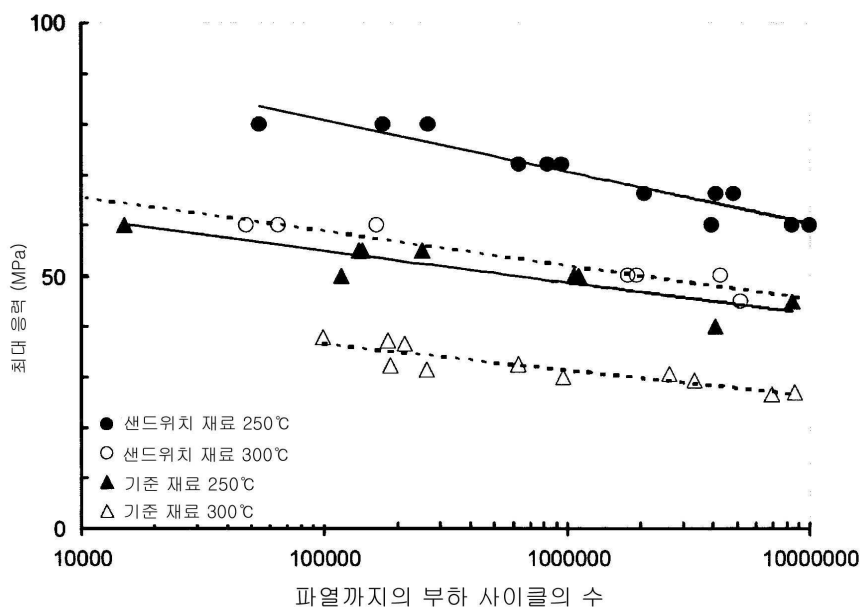
도면4



도면5



도면6



도면7

