



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년08월17일

(11) 등록번호 10-1544952

(24) 등록일자 2015년08월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C22C 37/00 (2006.01) C22C 37/06 (2006.01)

C22C 37/10 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-7017353

(22) 출원일자(국제) 2011년11월29일

심사청구일자 2013년07월02일

(85) 번역문제출일자 2013년07월02일

(65) 공개번호 10-2013-0093673

(43) 공개일자 2013년08월22일

(86) 국제출원번호 PCT/SE2011/051441

(87) 국제공개번호 WO 2012/074470

국제공개일자 2012년06월07일

(30) 우선권주장

1051276-2 2010년12월02일 스웨덴(SE)

(56) 선행기술조사문헌

JP2001123240 A*

KR1020050010796 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

스카니아 씨브이 악티에블라그

스웨덴공화국 쇠테르텔리에 151 87

(72) 발명자

스코글룬드 페테르

스웨덴 에스-141 38 후딩에 에그나헨스보겐 38

에르하브 단

스웨덴 에스-181 39 리딩에 라르스베르그스보겐 44

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

박장원

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 김수성

(54) 발명의 명칭 회주철 합금 및 회주철 합금을 포함한 브레이크 디스크

(57) 요약

본 발명은 회주철 합금에 관한 것으로서, 중량%로 C: ≤ 4.2%, Si: < 1.30%, Mn: 0.4 - 0.8%, Nb: 0.05 - 0.4%, Cr: ≤ 0.4%, Cu: ≤ 0.7%, V + Ti + Mo: ≤ 0.4%, P: < 0.05%, S: < 0.1%를 함유하고, 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지며, $\%C / (4.26 - 0.317 * (\%Si) + 0.027 * (\%Mn) - 0.3 * (\%P))$ 로 표현되는 포화도 Sc는 1보다 크다.

(72) 발명자

스텐포르스 스펠-에릭

스웨덴 에스-122 37 엔스케데 비보르그스카 보겐 18

탐미넨 야르모

스웨덴 에스-172 76 순드비베르그 외른스티겐 6

빌베르포르스 프레드릭

스웨덴 에스-147 71 그리딩에 그로시스케보겐 16

티블린 안데르스

스웨덴 에스-146 50 톨링에 스톡로스보겐 10

함메르스트렘 라르스

스웨덴 에스-178 41 에케레 오스브란텐 30

명세서

청구범위

청구항 1

중량%로

C: $\leq 4.2\%$

Si: $< 1.30\%$

Mn: $0.4 - 0.8\%$

Nb: $0.05 - 0.4\%$

Cr: $\leq 0.4\%$

Cu: $\leq 0.7\%$

V + Ti + Mo: $\leq 0.4\%$

P: $< 0.05\%$

S: $< 0.1\%$ 를 함유하고,

잔부는 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지며,

$\%C / (4.26 - 0.317 * (\%Si) + 0.027 (\%Mn) - 0.3 (\%P))$ 로 표현되는 포화도 Sc는 1보다 큰 것을 특징으로 하는 회주철 합금.

청구항 2

제1항에 있어서, 탄소 함량이 $3.9 - 4.1\%$ 인 것을 특징으로 하는 회주철 합금.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

실리콘 함량이 $1 - 1.25\%$ 인 것을 특징으로 하는 회주철 합금.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

망간 함량이 $0.5 - 0.7\%$ 인 것을 특징으로 하는 회주철 합금.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

니오븀 함량이 $0.1 - 0.4\%$ 인 것을 특징으로 하는 회주철 합금.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

니오븀 함량이 $0.15 - 0.35\%$ 인 것을 특징으로 하는 회주철 합금.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

크롬 함량이 0.2% 이하인 것을 특징으로 하는 회주철 합금.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서,
구리 함량이 0.4 - 0.6%인 것을 특징으로 하는 회주철 합금.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서,
바나듐 함량이 0.2% 이하인 것을 특징으로 하는 회주철 합금.

청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서,
티타늄 함량이 0.05% 이하인 것을 특징으로 하는 회주철 합금.

청구항 11

제1항 또는 제2항에 있어서,
몰리브덴 함량이 0.3% 이하인 것을 특징으로 하는 회주철 합금.

청구항 12

제1항 또는 제2항에 있어서,
황 함량이 0.08% 미만인 것을 특징으로 하는 회주철 합금.

청구항 13

제1항 또는 제2항에 있어서,
인 함량이 0.025% 미만인 것을 특징으로 하는 회주철 합금.

청구항 14

제1항 또는 제2항에 따른 회주철 합금을 포함하는 브레이크 디스크.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 청구항 1의 전제부에 따른 회주철 합금에 관한 것이다. 본 발명은 또한 본 발명에 따른 회주철 합금을 포함하는 브레이크 디스크에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 회주철은 그 조직이 예를 들어 펄라이트 기지(matrix)에 이른바 층상 흑연(lamellar graphite)이라 칭하는, 편상 흑연으로 이루어진 주철의 일종이다. 이 조직은 진동 흡수 및 열 전도와 관련한 양호한 특성을 주철에 부여하며, 주철을 브레이크 디스크를 위한 적합한 재료가 되게 한다.

[0003] 제동 중에 차량의 운동 에너지가 브레이크 디스크에서 열로 전환될 때 브레이크 디스크는 상당한 하중을 받는다. 반복되는 제동 조작은 시간이 지남에 따라 마모되는 디스크에서 균열 형성을 또한 일으킬 수 있다. 균열 형성을 제어하는 메커니즘은 이른바 열역학적 피로이다. 제동 중에 반복되는 디스크의 가열 및 냉각은, 디스크를 소성 변형시키고 궁극적으로 디스크에 균열을 일으키는 응력을 유발한다.

[0004] 브레이크 디스크의 고온 특성 및 열적 피로에 대한 저항성을 향상시키는 공지의 방식은 디스크를 제조하는 회주철 재료에 여러 가지 합금 원소들을 첨가하는 것이다. 그러나, 예를 들어 몰리브덴 등의 이러한 합금 원소들은 고가이며, 공지의 브레이크 디스크의 전체 비용을 높이게 된다. 유럽특허공보 EP 1646732 B1호는 특히, 몰리브덴으로 합금한 브레이크 디스크를 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 브레이크 디스크를 제조하기 적합한, 비용 효율적인 회주철 합금을 제시하는 것이다. 본 발명의 다른 목적은 비용 효율적인 브레이크 디스크를 제시하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명에 따르면, 이러한 목적은 아래와 같은 회주철 합금에 의해 달성되는데, 중량%로

[0007] C: $\leq 4.2\%$

[0008] Si: $< 1.30\%$

[0009] Mn: $0.4 - 0.8\%$

[0010] Nb: $0.05 - 0.4\%$

[0011] Cr: $\leq 0.4\%$

[0012] Cu: $\leq 0.7\%$

[0013] V + Ti + Mo: $\leq 0.4\%$

[0014] P: $< 0.05\%$

[0015] S: $< 0.1\%$ 를 함유하고,

[0016] 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어지며,

[0017] $\%C/(4.26 - 0.317*(\%Si) + 0.027(\%Mn) - 0.3(\%P))$ 로 표현되는 포화도 Sc는 1보다 크다.

[0018] 세심하게 균형을 맞춘 합금 성분들의 함량으로, 매우 양호한 고온 특성 및 내마모성을 갖는 회주철 합금이 얻어지게 된다. 이는 회주철 합금을, 특히 트럭과 같은 중차량(heavy vehicles)의 브레이크 디스크를 위한 재료로서 매우 적합하게 한다.

[0019] 본 발명에 따른 회주철 합금을 포함하는 브레이크 디스크는 열역학적 피로에 대한 양호한 저항성 및 양호한 내마모성을 갖는다. 브레이크 디스크를 구성하는 회주철 합금이 비교적 저비용으로 이용할 수 있는 합금 성분들을 주로 포함하기 때문에, 또한 브레이크 디스크가 낮은 비용으로 제조될 수 있다.

[0020] 바람직하게, 회주철 합금의 탄소 함량은 $3.9 - 4.1\%$ 이다.

[0021] 바람직하게, 회주철 합금의 실리콘 함량은 $1 - 1.25\%$ 이다.

[0022] 바람직하게, 회주철 합금의 망간 함량은 $0.5 - 0.7\%$ 이다.

[0023] 바람직하게, 회주철 합금의 니오븀 함량은 $0.1 - 0.4\%$ 이다.

[0024] 더욱 바람직하게, 회주철 합금의 니오븀 함량은 $0.15 - 0.35\%$ 이다.

[0025] 바람직하게, 회주철 합금의 크롬 함량은 0.2% 이하이다.

[0026] 바람직하게, 회주철 합금의 구리 함량은 $0.4 - 0.6\%$ 이다.

[0027] 대안적인 예에 따르면, 회주철 합금의 바나듐 함량은 0.2% 이하이다.

[0028] 대안적인 예에 따르면, 회주철 합금의 티타늄 함량은 0.05% 이하이다.

[0029] 대안적인 예에 따르면, 회주철 합금의 몰리브덴 함량은 0.3% 이하이다.

[0030] 바람직하게, 황 함량은 0.08% 미만이다.

[0031] 바람직하게, 인 함량은 0.025% 미만이다.

[0032] 또한 본 발명은 전술한 바와 같은 회주철 합금을 포함하는 브레이크 디스크에 관한 것이다.

[0033] 주요 제품, 예를 들어 본 발명에 따른 회주철 합금으로 만들어진 브레이크 디스크는 펄라이트 기지에 층상 흑연의 주 조직(main structure)을 갖는다. 층상 흑연 조직은 주요 제품에 양호한 열 전도성을 부여하고 펄라이트

기지는 양호한 강도 및 내마모성을 보장한다.

[0034] 본 발명에 따른 회주철 합금에 아래에 설명하는 합금 성분들이 첨가된다.

[0035] 탄소(C)

[0036] 회주철 합금의 탄소 함량은 이 합금이 응고할 때 석출하는 층상 흑연의 비율에 영향을 준다. 따라서, 본 발명에 따른 회주철 합금의 탄소 함량이 높은 것이 중요한데, 왜냐하면 회주철 합금으로 제조된 브레이크 디스크는 높은 열 전도성 및 결과적으로 낮은 열적 유도 응력들을 야기하는 높은 비율의 층상 흑연을 갖기 때문이다. 그러나, 지나치게 높은 탄소 함량은 주로 흑연의 석출 및 그 결과 회주철에 불균질한 조직 및 열악한 특성을 초래하는 부유(flotation)를 일으킨다. 그러므로, 본 발명에 따른 합금의 탄소 함량은 4.2 중량% 이하가 되어야 한다. 바람직하게는 높고 균일한 열 전도성을 보장하기 위하여 3.9 내지 4.1 중량%가 되어야 한다.

[0037] 실리콘(Si)

[0038] 회주철 합금의 주조성을 향상시키고 백색 응고를 방지하기 위하여 실리콘이 회주철 합금에 첨가된다. 이를 위해, 실리콘 함량은 1 중량% 이상으로 할 필요가 있다. 그러나, 실리콘은 합금의 펄라이트 기지의 분해를 촉진하고, 따라서 높은 실리콘 함량은 특히 고온에서 합금의 안정성을 감소시킨다. 그러므로, 실리콘 함량은 1.30 중량% 미만으로 제한하여야 한다. 회주철 합금에서의 펄라이트 기지를 보장하기 위하여 바람직하게 실리콘 함량은 1 내지 1.25 중량%가 되어야 한다.

[0039] 인(P)

[0040] 인은 응고된 합금에서 취성의 인 개재물들을 야기할 수 있는 회주철에서 불순물이다. 그러므로, 인은 0.05 중량% 미만, 바람직하게는 0.025 중량% 미만으로 제한되어야 한다.

[0041] 황(S)

[0042] 황은 황화물을 높일 수 있는 회주철에서 불순물이다. 그러므로, 황은 0.1 중량% 미만, 바람직하게는 0.08 중량% 미만으로 제한되어야 한다.

[0043] 망간(Mn)

[0044] 망간은 황과 결합하도록 첨가되며 이에 의해 회주철의 가공성을 향상시킨다. 망간은 펄라이트 상을 또한 안정시킨다. 그러나, 지나치게 높은 망간 함량은 마무리된 제품을 가공하기 어렵게 할 수 있는 탄화물 형성의 위험성을 증가시킨다. 망간 함량 및 망간과 황의 비율은 특히 흑연의 핵생성 및 성장에 또한 영향을 미치며, 따라서 안정적인 특성들을 성취하는 관점에서 좁은 범위가 바람직하다. 이러한 이유로, 본 발명에 따른 합금의 망간 함량은 0.4 내지 0.8 중량%, 바람직하게는 0.5 내지 0.7 중량%가 되어야 한다.

[0045] 니오븀(Nb)

[0046] 니오븀은 회주철 합금에 합금 원소로 통상적으로 사용되는 몰리브덴을 전부 또는 일부 대체할 수 있는 비교적 낮은 비용으로 이용할 수 있는 합금 원소이다. 니오븀은 흑연의 석출을 촉진하고, 그 결과로 합금의 열 전도성 및 열역학적 특성에 대한 긍정적인 효과를 나타낸다. 또한 니오븀은 합금의 편상 흑연을 둘러싸는 펄라이트 상에서 층간 간격(interlamellar spacing)을 감소시키고, 이에 의해 합금의 강도에 유리하게 영향을 미친다. 또한 니오븀은 펄라이트 상의 분해에 대항하는 방식으로 합금을 안정시킨다. 또한 니오븀은 내마모성을 증가시키는 경질의 탄화 니오븀을 형성한다. 그러나, 지나치게 높은 니오븀 함량은 주조 물품의 열악한 가공성을 초래한다. 그러므로, 니오븀의 함량은 0.05 내지 0.4 중량%, 바람직하게는 0.1 내지 0.4 중량%, 더욱더 바람직하게는 0.15 내지 0.35 중량%가 되어야 한다.

[0047] 크롬(Cr)

[0048] 크롬은 회주철 합금을 제조하기 위해 사용되는 초기 재료에 종종 존재하는 합금 원소이다. 크롬은 펄라이트를 안정화하여 회주철 합금에 긍정적인 영향을 주지만, 높은 크롬 함량은 백색 응고를 초래하므로, 크롬 함량은 0.4 중량% 이하가 되어야 한다. 크롬 함량은 바람직하게는 0 내지 0.2 중량%가 되어야 한다.

[0049] 구리(Cu)

[0050] 구리는 회주철 합금을 위한 초기 재료의 일부를 형성할 수 있는 합금 원소이다. 구리는 회주철의 펄라이트 상에 대한 안정화 효과를 갖지만, 기지가 펄라이트를 갖게 될 때 이러한 효과는 감소하므로, 구리 함량은 0.7 중량%

이하, 바람직하게는 0.4 내지 0.6 중량%로 제한할 필요가 있다.

[0051]

바나듐(V)

[0052]

바나듐은 회주철 합금의 내마모성을 향상시키는 경질의 탄화 바나듐을 형성하지만, 높은 바나듐 함량은 백색 응고의 위험성을 증가시키고 주조 재료를 가공하기 더욱 어렵게 한다. 그러므로, 재료에서 바나듐 함량은 0.2 중량%를 초과하지 않아야 한다.

[0053]

티타늄(Ti)

[0054]

티타늄은 회주철 합금의 초기 재료의 일부가 될 수 있고 내마모성에 긍정적인 탄화 티타늄을 형성할 수 있지만, 주조 재료의 가공을 더욱 어렵게 한다. 그러므로, 티타늄 함량은 0.05 중량% 이하가 되어야 한다.

[0055]

몰리브덴(Mo)

[0056]

몰리브덴은 고온에서 회주철 합금의 피로 특성에 대한 긍정적인 영향을 나타낸다. 어떤 적용들에서 최대 0.3 중량%까지 몰리브덴을 함유한 회주철 합금이 적절할 수 있다. 그러나, 몰리브덴은 고가의 합금 원소이므로 본 발명에 따른 회주철 합금에서 몰리브덴의 낮은 함량들이 바람직하다. 따라서, 회주철 합금의 몰리브덴 함량은 0 내지 0.3 중량%가 되어야 한다. 많은 적용들에서, 몰리브덴은 회주철 합금에서 완전히 생략될 수 있다. 그러므로 본 발명에 따른 회주철 합금에서 몰리브덴 함량은 0 중량%가 될 수 있다.

[0057]

바나듐(V) + 티타늄(Ti) + 몰리브덴(Mo)

[0058]

비용 및 가공성과 고온에서의 피로 및 내마모성에 관련한 특성들의 균형을 이루도록 하기 위하여, 회주철 합금에서 바나듐, 티타늄 및 몰리브덴의 조합된 양은 0.4 중량%를 초과하지 않아야 한다.

[0059]

포화도(Sc)

[0060]

$\%C / (4.26 - 0.317 * (\%Si) + 0.027 * (\%Mn) - 0.3 * (\%P))$ 로 표현되는 회주철 합금의 포화도 Sc는 1보다 커야 한다.

[0061]

포화도는 회주철 용탕에 포함된 탄소의 총량과 용탕의 공정(eutectic) 탄소 함량 간의 비율이며 전술한 바와 같이 Si, Mn 및 P 함량들에 기초하여 계산된다. 1 미만의 비율은 용탕에서 탄소의 양이 공정 미만이라는 것(아공정)을 의미하고, 1의 비율은 용탕에 포함된 탄소의 양이 공정에서의 것이라는 것을 의미하며 1을 초과하는 비율은 용탕에 포함된 탄소의 양이 공정보다 높다는 것(과공정)을 의미한다. 함유된 탄소와 공정 탄소 함량 간의 비율은 응고된 회주철 합금의 최종 조직을 위해 매우 중요하다. 만약 용탕의 조성이 아공정 이라면, 응고된 용탕은 높은 비율의 오스테나이트를 가지며 그 결과 회주철 합금의 열 전도성에 부정적인 영향을 나타낸다. 만약 용탕이 과공정 이라면, 용탕에 포함된 탄소는 용탕의 응고 중에 편상 흑연의 형태로 분리될 것이며 회주철 합금에 브레이크 디스크를 위해 유리한 조직을 부여한다. 그러나 용탕의 Sc 값이 지나치게 높으면, 주로 흑연의 석출 및 결과적으로 흑연 부유의 위험성이 있다.

[0062]

본 발명에 따른 회주철 합금은 브레이크 디스크용으로 적합한 것이어야 하므로, 대량의 층상 흑연이 용탕의 응고 중에 분리되는 것이 중요한데 그 이유는 편상 흑연들이 브레이크 디스크에서 열 전도를 촉진하기 때문이다. 그러므로, 포화도가 1보다 크도록 C, Si, Mn 및 P 함량이 맞추어져야 한다. 최대 상한의 Sc는 이 합금을 사용하기 위한 특별한 부품에 의존한다. 브레이크 디스크용으로 적합한 본 발명에 따른 회주철 합금에 있어서, Sc는 1.07 미만이어야 한다.

[0063]

본 발명에 따른 회주철 합금의 잔부는 Fe와 불가피한 불순물들이다. 또한 자연적으로 발생하는 불순물이라 칭하는, 이러한 불순물들은 예를 들어 회주철 합금을 위한 초기 재료로서 사용되는 금속 스크랩 또는 사용되는 제조 방법들로부터 발생하는 것일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0064]

도 1은 본 발명에 따른 합금들 및 비교 합금들의 조성을 나타내는 표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0065]

본 발명에 따른 합금은 이하에서 구체적인 실시예들에 기초하여 설명된다.

[0066]

첫 단계로서, "합금 1" 및 "합금 2"라 칭하는 본 발명에 따른 2개의 합금들이 만들어졌다. 비교를 위해, "비교 합금 3" 및 "비교 합금 4"라 칭하는 브레이크 디스크를 위한 재료로서 현재 시장에서 구할 수 있는 2개의 합금

들이 또한 만들어졌다. 본 발명에 따른 합금들이 소량의 불가피한 불순물 주석을 함유한다는 것을 보여준다.

[0067] "비교 합금 3"은 차량 제조자에 따르면 매우 긴 사용 수명의 브레이크 디스크에 사용된다. "비교 합금 4"는 차량 제조자에 따르면 양호한 사용 수명의 브레이크 디스크에 사용되는 합금이다.

[0068] 이 합금들은 연속 생산에 적합한 방법들에 의해서 통상적인 산업 방식으로 만들어졌다.

[0069] 브레이크 디스크들은 이 합금들로부터 통상적인 방식으로 만들어졌다. 샘플은 브레이크 디스크의 마찰면들에서 얻었다.

[0070] 경도는 본 발명에 따른 회주철 합금으로 만들어진 브레이크 디스크로부터 얻어진 샘플들에 대해 실온에서 HBW 10/3000에서 측정되었다. 합금 1은 155 HBW 10/3000의 경도를 나타내었으며 합금 2는 169 HBW 10/3000의 경도를 나타내었다. 이전의 경험으로, 측정된 경도는 본 발명에 따른 합금들이 브레이크 디스크를 위한 재료로서 적합한 충분히 양호한 내마모성을 갖는다는 것을 보여준다.

[0071] 본 발명에 따른 합금들로 만들어진 브레이크 디스크로부터 얻은 샘플들 및 비교 합금들로부터 만들어진 브레이크 디스크로부터 얻은 샘플들에 대해 그 다음에 열 전도성을 시험하였다.

[0072] 회주철 합금의 열 전도성은 이 합금들로 만들어진 브레이크 디스크가 작동시에 열역학적 피로를 양호하게 견딜 것인지에 대한 매우 중요한 측정치이다. 이는 브레이크 디스크에서의 열 전도가 클수록 제동 중에 브레이크 디스크에서 발생하는 열 에너지가 더욱 신속하고 균일하게 소산 될 것이기 때문이다. 이것은 제동 중에 디스크에서 더욱더 작은 응력을 야기하며 결과적으로 디스크에서 균열 생성의 위험성을 낮춘다.

[0073] 각각의 합금들의 열 전도성은 제동 사이클 동안 열 전도성을 기록하기 위하여 여러 온도에서 "레이저 플래시 (laser flash)" 방법에 의해 W/mK로 측정되었다. 합금들의 열 전도성은 표 2에 기재되어 있다.

표 2

온도 °C	합금 1	합금 2	비교 합금 3	비교 합금 4
35	60.9	60.8	61.5	52.8
100	57.4	57.6	58.7	50.6
200	52	52.6	54.2	46.7
300	46.3	47.1	49.1	42.5
400	43.2	44.3	46.4	40.4
500	41.5	42.5	44.6	39.3
600	38.4	39.2	41.2	36.6
700	29.9	30.7	32.6	28.7

열 전도성 [W/mK]

[0074]

[0075] 표 2는 각각의 측정 온도에서 본 발명에 따른 합금들의 열 전도성이 비교 합금 3의 열 전도성과 비슷하지만 비교 합금 4의 열 전도성보다 현저하게 높다는 것을 보여준다. 환언하면, 본 발명에 따른 합금들의 측정된 열 전도성을 비교 합금들의 열 전도성과 비교한 것에서 본 발명에 따른 합금들은 브레이크 디스크에 사용하기 매우 적합하다는 것을 보여준다.

도면

도면1

	C	Si	S	P	Mn	Cu	Mo	Sn	Ni	Ti	V	Cr	Nb	Sc
합금 1	4.01	1.16	0.064	0.021	0.458	0.517	0.04	0.006	-	0.009	0.099	0.111	0.13	1.028
합금 2	4	1.16	0.066	0.021	0.454	0.517	0.041	0.006	-	0.012	0.1	0.112	0.32	1.026
비교 합금 3	4.01	1.14	0.072	0.021	0.422	0.532	0.385	0.006	-	0.008	0.099	0.111	-	1.027
비교 합금 4	3.66	1.62	0.07	0.030	0.66	0.52	0.088	0.011	0.084	0.017	0.025	0.31	-	0.97