(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0052226
(43) 공개일자 2009년05월25일

(51) Int. Cl.
C22C 38/48 (2006.01) *C22C 37/08* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0118825
(22) 출원일자 2007년11월20일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
현대자동차주식회사
서울 서초구 양재동 231
(72) 발명자
김종문
경기 용인시 기흥구 구갈동 강남마을써미트빌 403동 304호
(74) 대리인
백남훈, 이학수

전체 청구항 수 : 총 1 항

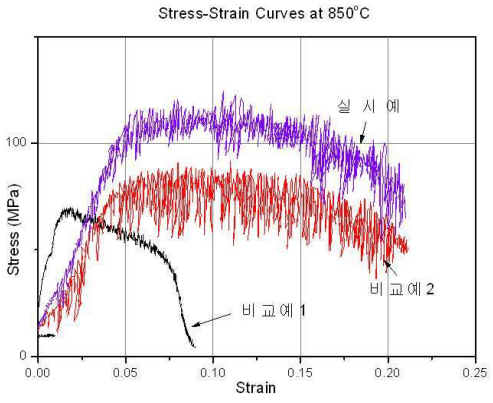
(54) 고온강도가 우수한 바나듐계 페라이트 내열 주강재

(57) 요 약

본 발명은 고온강도가 우수한 바나듐계 페라이트 내열 주강재에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 오스테나이트 주강 및 기존의 페라이트 재질 대비 저렴하면서도 합금성분의 최적화를 통해 용탕의 용융점을 낮추어 생산량을 증가시킬 수 있고, 고온에서의 내열특성 및 내산화성이 기존 주강 대비 동등 수준으로 매우 우수하며, 가혹 조건에서 물성이 요구되는 고출력 엔진의 배기 매니폴드에 적합하게 사용할 수 있는 고온강도가 우수한 바나듐계 페라이트 내열 주강재에 관한 것이다.

이를 위해, 본 발명은 철(Fe)을 주성분으로 하고, 여기에 탄소(C) 0.3~0.6 중량%, 규소(Si) 2.0~4.0 중량%, 망간(Mn) 0.8~1.0 중량%, 크롬(Cr) 22~26 중량%, 및 바나듐(V) 1.0~2.0 중량%가 함유된 고온강도가 우수한 바나듐계 페라이트 내열 주강재를 제공한다.

대 표 도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

철(Fe)을 주성분으로 하고, 여기에 탄소(C) 0.3~0.6 중량%, 규소(Si) 2.0~4.0 중량%, 망간(Mn) 0.8~1.0 중량%, 크롬(Cr) 22~26 중량%, 및 바나듐(V) 1.0~2.0 중량%가 함유된 고온강도가 우수한 바나듐계 페라이트 내열 주강재.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 고온강도가 우수한 바나듐계 페라이트 내열 주강재에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 오스테나이트 주강 및 기존의 페라이트 재질 대비 저렴하면서도 합금성분의 최적화를 통해 용탕의 용융점을 낮추어 생산량을 증가시킬 수 있고, 고온에서의 내열특성 및 내산화성이 기존 주강 대비 동등 수준으로 매우 우수하며, 가혹 조건에서 물성이 요구되는 고출력 엔진의 배기 매니폴드에 적합하게 사용할 수 있는 고온강도가 우수한 바나듐계 페라이트 내열 주강재에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 잘 알려진 바와 같이, 자동차용 엔진의 배기 매니폴드는 각 기통에서 배출되는 배출가스를 하나의 흐름으로 모으는 배기관을 의미하며, 이러한 배기 매니폴드의 내경과, 실린더헤드와의 기밀을 위한 가스켓의 내경과, 실린더헤드의 내경 등이 서로 달라 배기가스 및 그 압력에 의하여 심한 저항을 받게 된다.

<3> 특히, 상기 배기 매니폴드는 실린더헤드에서 나온 배기가스를 가장 먼저 받는 곳에 놓여져 있기 때문에 엔진의 출력에 따라 대단히 높은 열충격을 받게 된다.

<4> 또한, 배기 매니폴드상에는 엔진에서와 달리 냉각수 등의 쿨러가 없기 때문에 엔진의 가속시에는 800~900℃ 정도의 고온까지 올라가고, 엔진 오프(off)시에는 주위의 공기 온도까지 급속도로 냉각되는 바, 이러한 과정을 반복적으로 거치게 되므로 배기 매니폴드의 열충격은 매우 가혹한 정도이며, 엔진 부품중 내구성을 크게 필요로 하는 부품중 하나이다.

<5> 현대, 배기 매니폴드에 사용되는 재질은 고온 내산화 주철소재로 고온 고강도용 구상흑연주철 및 SiMo 주철 등이 사용되고 있으며, 이러한 재질은 고온에서의 물성 향상 및 내산화성을 위하여 기존 구상흑연주철재에 Si 성분, Mo 성분 등을 첨가하여 사용되고 있으며, 또한 이러한 내열주철을 사용하는 배기계의 일반적인 온도범위는 약 630~760℃ 정도이고, 이를 배기가스 온도로 보면 약 700~800℃ 정도이며, 이 온도범위에서 위의 재질들은 75Mpa 정도의 인장강도를 가지는 바, 이 인장강도 범위가 위의 온도가 허용되는 사용 영역이 된다.

<6> 그러나, 최근 자동차 출력 증대 및 배기규제 강화에 따라, 이를 만족시키기 위해 배기가스 온도가 지속적으로 상승되고 있으며, 내구성 및 품질에 대한 측면도 강화되면서 배기계가 받게 되는 부하는 점점 더 커지고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<7> 본 발명은 상기와 같은 점을 감안하여 안출한 것으로서, Fe에 C, Si, Mn, Si, Cr, 및 V의 한계값을 규정하고, 이 조성으로 이루어진 페라이트계 주강을 제조해본 결과, 고온에서의 내열성 및 고온 물성 등 우수함을 알아내어 본 발명을 완성하게 되었다.

<8> 이에, 본 발명은 고온에서의 기계적 물성을 개선하여 우수한 고온 강도와 내산화성을 갖는 새로운 바나듐계 페라이트 내열 주강재를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제 해결수단

<9> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 철(Fe)을 주성분으로 하고, 여기에 탄소(C) 0.3~0.6 중량%, 규소(Si) 2.0~4.0 중량%, 망간(Mn) 0.8~1.0 중량%, 크롬(Cr) 22~26 중량%, 및 바나듐(V) 1.0~2.0 중량%가 함유된 고온강

도가 우수한 바나듐계 페라이트 내열 주강재를 제공한다.

효 과

<10> 상기한 과제 해결 수단에 의하면, 본 발명은 기존의 내열 구상흑연 주철과 비교하여, 고온특성, 고온내산화성 등의 물성을 월등하게 향상시킬 수 있고, 이러한 물성의 향상과 더불어 가격도 저렴하여 기존의 페라이트계 내열 주강에 비해 경제적이고 실용적인 배기다기관용 내열 스테인레스 주강을 제조할 수 있는 효과를 제공한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<11> 이하, 본 발명을 보다 상세하게 설명하기로 한다.

<12> 본 발명에 따른 바나듐계 페라이트 내열주강재는 고온에서의 내산화 특성이 매우 우수하고, 내열성 등의 고온 기계적 물성이 우수하여 도 1에 도시된 배기계의 배기 매니폴드에 매우 적합하게 사용할 수 있고, 페라이트(ferrite) 기지조직을 나타냄과 함께 화학성분 중 Cr, Si, V 이 첨가되어 고온물성을 향상시킬 수 있으며, 기지를 페라이트계로 하는 것은 오스테나이트 기지 대비 열팽창계수가 작으므로 고온에서 사용되는 재질에 크게 유리하며, 온도 상승 및 냉각 중에 펄라이트의 분해가 되어 상변태로 인한 팽창도 막을 수 있기 때문에 유리하도록 한 것이다.

<13> 본 발명의 바나듐계 페라이트 내열 주강재는 종래의 재질과는 그 첨가성분이 완전히 차별화되어, 철(Fe)을 주성분으로 하고, 여기에 탄소(C) 0.3~0.4 중량%, 규소(Si) 2.0~4.0 중량%, 망간(Mn) 0.8~1.0 중량%, 크롬(Cr) 22~26 중량%, 및 바나듐(V) 1.0~2.0 중량%가 함유된다.

<14> 여기서, 본 발명의 주요 구성원소 및 그 함량의 한정 이유에 대해 설명하면 다음과 같다.

<15> (1) 탄소(C) 0.3~0.6 중량%,

<16> 탄소는 오스테나이트 기지 생성을 막고, 용해온도를 안정화시키기 위해 함량을 0.3~0.6 중량%로 제한하기로 한다.

<17> (2) 규소(Si) 2.0~4.0 중량%

<18> 규소는 본 발명의 주요원소로서 페라이트 주강재에서 고온인장강도 향상에 영향을 준다.

<19> 본 발명에서 그 함량은 2.0~4.0 중량%로 한정하였는 바, 약 3.0 중량% 첨가되었을 때 가장 최적의 효과를 보이며, 2.0중량% 미만으로 첨가될 경우 고온인장강도의 향상 효과를 보기 어려우며, 4.0 중량% 이상 첨가될 경우 용탕의 유동성을 저해하여 생산성을 악화시킨다.

<20> (3) 망간(Mn) 0.8~1.0 중량%

<21> 망간은 함량 증가시 별도의 열처리 없이, 응고 중 조직 내부에 미세분산상(dispersoid)가 형성되어 강도증가를 나타내며, 과도하게 첨가되는 경우 연성 및 내식성이 저하되는 점을 고려하여, 본 발명에서는 그 함량을 0.8~1.0 중량%로 한정하기로 한다.

<22> (4) 크롬(Cr) 22~26 중량%

<23> 크롬은 내산화성에 기여하는 성분으로 본 발명에서는 첨가하지 않는 Ni을 보완하여 Ni과 유사한 고온강도 및 물성을 향상시키는 역할을 수행한다.

<24> 크롬은 Ni 대비 원가가 약 20~40 %정도이므로 경제적으로도 매우 탁월한 배기매니폴드의 제작이 가능하다.

<25> 또한, 본 발명의 조성에 크롬을 22~26 중량% 첨가하는 이유는 기지조직을 페라이트로 안정화시키기 위해서이며, 크롬 함량이 26중량% 이상이면 재료 자체의 경도값이 지나치게 높아 가공성 악화의 원인이 되므로 최적조건의 도출결과 26중량% 까지로 제한하였다.

<26> 일반적으로 주강 내에 탄소는 약 0.3~0.6 중량%정도 첨가되는데 탄소는 오스테나이트 안정화 원소로 본 성분범위에서 오스테나이트 기지를 생성시킨다. 이를 저지하기 위해 탄소 함량을 적게 할 경우 용해온도를 크게 올려야 하므로 이것은 생산성을 저해하는 요인으로 작용할 수 있다.

<27> 따라서, 기지 내 오스테나이트를 형성시키지 않으면서 용해온도도 낮추기 위한 방안이 크롬의 첨가이다.

<28> 크롬은 페라이트 안정화 원소로 22중량% 이상 첨가될 경우 기지가 모두 페라이트화 되고, 크롬의 상한치를 26

중량% 이하로 제한하는 것은 그 이상에서 내산화성의 촉진 효과가 그리 크지 않기 때문이다.

<29> (5) 바나듐(V) 1.0~2.0 중량%

<30> 바나듐 성분은 1.0~2.0 중량%로 한정하였는데, 이는 재료의 고온성질 향상에 기여하도록 함에 있다.

<31> 또한, 본 발명의 주강재는 크롬이 과다 첨가되므로, 크롬 카바이드(Cr Carbide)를 형성할 가능성이 다분하며, 이러한 크롬 카바이드는 매우 부서지기 쉬운(brittle) 성질을 가지므로 재료 내에서 인성을 저하시키고 연신율에 매우 불량하여 없애도록 하여야 하며, 또한 크롬 카바이드가 형성되면 주강 내 크롬 성분의 양이 적어져 내부식성을 저해할 우려도 있으므로 카바이드의 형성을 막아야 하는 점을 감안하여 바나듐(V)을 첨가하였다.

<32> 바나듐은 크롬보다 카바이드의 형성이 더 잘 되는 원소로 우선적으로 잔여 탄소와 반응하여 바나듐 카바이드를 형성하는 바, 바나듐 카바이드는 재료 내에서 입계 파괴를 방지하고 내식성을 증대시키는 등 오히려 긍정적인 역할을 하므로 본 발명에서 바나듐의 첨가는 필수적이다.

<33> 상기한 조성의 페라이트 내열주강은 이 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 통상적인 주조 방식에 의해 제조될 수 있으며, 본 발명에 의해 한정하지는 않는다.

<34> 여러 분석을 통하여 본 발명자는 상기 제조된 내열 주강품이 페라이트 기지에 탄화물이 형성되어 있는 조직임을 확인하였고, 본 발명의 주강재의 최대 사용 가능한 온도는 재질의 표면온도 850℃ 로 배기가스 온도 900~950℃ 까지 사용이 가능하며, 종래의 내열주철재(750 ℃ 이하), 오스테나이트계 내열 주철재(800℃ 이하)에 비해 매우 우수함을 하기의 실시예 및 시험예를 통해 알 수 있다.

<35> 한편, 니켈은 내열주강에서 고온물성을 향상시키는데 첨가되는 대표적인 원소로 그 첨가시, 고온에서는 강도 뿐 아니라 연신율 및 연성을 증대시키는 데 큰 영향을 주는 원소이지만, 가격이 매우 고가이고 최근 원자재의 가격이 더욱 증가하면서 니켈이 첨가된 재질은 니켈 가격에 따라 재질의 가격이 변동되는 문제가 빈번히 발생하고 있다.

<36> 따라서, 니켈의 첨가를 최소화하면서 동일한 물성을 가지는 재질의 개발이 필수적이며, 따라서 본 발명에서는 Ni을 삭제하였고, 이 점을 감안하여 페라이트 내열 주강재의 고온물성의 향상과 여타의 내부식성 및 내열성의 보완은 상대적으로 경제적인 크롬을 첨가하여 보완하였다.

<37> 이에, 본 발명의 페라이트계 내열 주강품은 기존의 배기계에 사용되는 재질을 대체하여 적용가능하고, 고온용 주철합금 소재로서 우수한 내열특성과 내산화성을 나타내며, 또한 고출력 엔진의 배기 매니폴드에 적합하게 사용될 수 있다.

<38> 이하, 본 발명의 실시예를 비교예와 함께 더욱 상세하게 설명하겠는바, 본 발명이 하기의 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니다.

<39> **실시예**

<40> 하기의 표 1에 기재된 함량비와 같이, 철을 주성분으로 하고, 탄소(C) 0.4 중량%, 규소(Si) 3.0 중량%, 망간(Mn) 0.9 중량%, 크롬(Cr) 24 중량%, 및 바나듐(V) 1.5 중량%가 함유된 주강재 조성을 이용하여 통상의 주조 방법으로 페라이트계 내열 주강품 시편을 제작하였다.

<41> **비교예 1**

<42> 표 1에 기재된 바와 같이, 철을 주성분으로 하고, 탄소(C) 3.0 중량%, 규소(Si) 4.2 중량%, 망간(Mn) 0.33 중량%, 몰리브덴(Mo) 0.92 중량%, 바나듐(V) 0.03 중량%, 마그네슘(Mg) 0.026중량%가 함유된 조성을 이용하여, 현재 배기매니폴드 재질로 사용되고 있는 내열 구상흑연 주철품 시편을 제작하였다.

<43> **비교예 2**

<44> 표 1에 기재된 바와 같이, 탄소(C) 0.3 중량%, 규소(Si) 1.8 중량%, 망간(Mn) 1.2 중량%, 니켈(Ni) 4.0 중량%, 크롬(Cr) 10 중량%, 니오븀(Nb) 1.2 중량%, 텅스텐(W) 3 중량%가 함유된 조성을 이용하여 페라이트계 내열 주강품 시편을 제조하였다.

표 1

구분	화학성분 (wt%)									
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Nb	Mo	W	V	Mg
실시예	0.4	3.0	0.9	-	24	-	-	-	1.5	-
비교예1	3.0	4.2	0.33	-	-	-	0.92	-	0.03	0.026
비교예2	0.3	1.8	1.2	4.0	10	1.2	-	3	-	-

<45>

<46> **시험예**

<47> 본 발명의 실시예에 따른 페라이트계 내열 주강재 시편과, 종래 재질에 따른 비교예1,2의 시편에 대한 물성을 비교하기 위하여 통상의 시험 방법으로 고온 인장 시험을 실시하였는 바, 그 결과는 도 2의 그래프에 나타낸 바와 같다.

<48> 고온 인장 시험은 먼저 시편을 인장용 그립(Grib)에 물린 후, 고주파 가열로를 시편 주위로 감싼 후 대기분위기에서 실시하였으며, 대기중에서 실험하는 주된 이유로는 산화에 의한 고온에서의 물성저하를 좀 더 확실하게 평가하기 위해서이다.

<49> 고온인장 실험 결과, 가혹한 배기계 모드인 재질 표면온도 850℃에서 내열 주철재인 비교예 1이 가장 낮은 인장강도 및 연신율을 나타내었는 바, 이것은 주철재의 특성상 내부에 흑연 조직에 의한 것으로 판단된다.

<50> 실시예 및 비교예 2는 거의 동등 수준이나, 실시예가 약간 더 높은 것으로 나타났는 바, 이는 동일한 페라이트계 기지의 주강재이나 첨가되는 원소의 차이에 따른 것으로 생각되며, 합금의 최적화가 필요한 부분이다.

<51> 비교예1,2는 본 발명 대비 Ni 및 W의 함량이 증가로 매우 고가인 성분들이 첨가되므로 성분 원가 상승에 따른 가격 변동폭이 큰 단점이 있다.

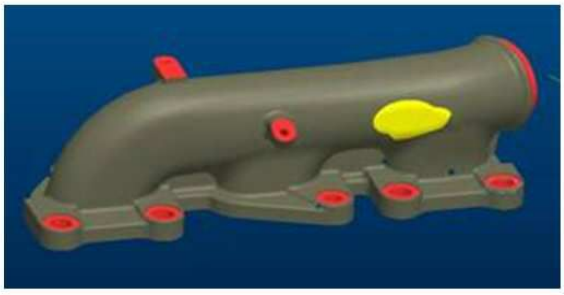
도면의 간단한 설명

<52> 도 1은 배기 매니폴드의 모습을 보여주는 사진,

<53> 도 2는 본 발명의 실시예 및 기존의 비교예1,2에 따른 시편에 대한 고온인장강도 시험 결과를 나타내는 그래프.

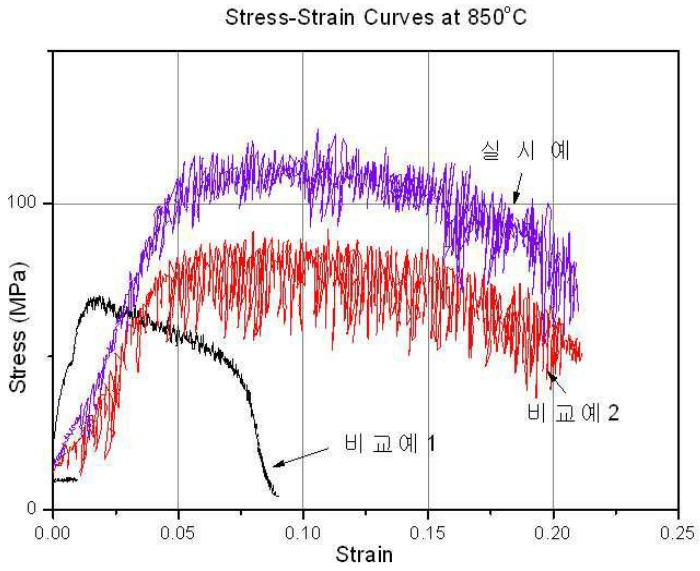
도면

도면1



- 배기계 모델 -

도면2


Stress-Strain Curves at 850°C
실 시 예
비 교 예 2
비 교 예 1
Stress (MPa)
Strain
0
100
0.00
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25