

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3456635号  
(P3456635)

(45)発行日 平成15年10月14日(2003.10.14)

(24)登録日 平成15年8月1日(2003.8.1)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

C 2 2 C 37/08

C 2 2 C 37/08

A

請求項の数2(全13頁)

(21)出願番号 特願平11-122861

(22)出願日 平成11年4月28日(1999.4.28)

(65)公開番号 特開2000-313934(P2000-313934A)

(43)公開日 平成12年11月14日(2000.11.14)

審査請求日 平成12年7月14日(2000.7.14)

(73)特許権者 390011497  
株式会社三共合金鑄造所  
大阪府東大阪市本町2番18号

(73)特許権者 500182688  
西内 滋典  
大阪府枚方市楠葉花園町5番6-1005号

(73)特許権者 596053068  
京都市  
京都府京都市中京区寺町通御池上る上本能寺前町488番地

(73)特許権者 000200596  
川野 豊  
京都府宇治市木幡赤塚47-20

(74)代理人 100082072  
弁理士 清原 義博

審査官 小柳 健悟

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 球状炭化物鑄鉄

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 C : 0.6 ~ 4.0重量%、Cr : 13 ~ 30重量%、Ni : 4 ~ 15重量%、Si : 0.2 ~ 4.5重量%、Mn : 0.2 ~ 1.5重量%、P : 0.01 ~ 0.15重量%、S : 0.01 ~ 0.05重量%、V : 8 ~ 15重量%、残部鉄 (Fe) 及び不可避不純物からなり、その組織中に共有結合性の粒状又は球状 V - C 炭化物を晶出させてなることを特徴とする球状炭化物鑄鉄。

【請求項2】 前記合金元素に、(a) Mo : 0.05 ~ 15重量%、(b) Ti : 0.01 ~ 5重量%、(c) B : 0.01 ~ 2重量%、(d) Cu、W、Zr、Co、Nb、Ta、Yのうちの少なくとも2種以上の合金元素 : 0.2 ~ 5重量%、の(a) ~ (d)の中から選択された一以上を配合してなることを特徴とする

2

請求項1記載の球状炭化物鑄鉄。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は球状炭化物鑄鉄に係り、その目的は耐食性、耐摩耗性、靱性といった特性を全て十分に兼ね備え、産業の発展に伴い高性能・高機能化されつつある化学工業や機械、船舶、石油等の諸工業において広範囲に適用することができる球状炭化物鑄鉄の提供にある。

【0002】

【従来の技術】従来より各種ボイラ設備や化学プラント機器類等、高温環境下で使用される装置の素材には耐熱性や耐食性が要求されていた。しかし、近年、産業技術の発展に伴い化学工業を始めとする諸工業の高温設備の向上や高機能・高性能化は著しく、より厳しい条件での

耐用が要求されるようになってきている。たとえば、エンジニアリングプラスチックの射出成形の分野においては、樹脂成形体の強度や難燃性、耐摩耗性等を向上させるため樹脂中にFRPなどの補強材や各種添加剤が添加されるようになってきている。この結果、樹脂成形体のシリンダ樹脂中の補強材により摩耗しやすく、しかも添加剤から発生する強腐食性ガスにより腐食しやすくなっている。また、自動車などの各種産業において製造される部品の形状も複雑化されてきており、部品の製造装置の摩耗は従来よりも著しいものとなってきている。

【0003】このように産業の高度化に伴い、そこで使用される装置等の使用環境は極めて苛酷なものとなってきており、その素材には、強度、耐熱性といった性質に加え、耐摩耗性、耐食性の従来以上の向上が要求されている。

【0004】先ず、優れた耐摩耗性を得るには、硬い鑄鉄である白鑄鉄の利用が考えられる。しかしながら、この白鑄鉄はその組織中に黒鉛が存在せず、パーライト及びセメントタイトから形成されるため非常に脆いという欠点を有している。従って、白鑄鉄の利用により、優れた耐摩耗性を得るのは困難である。そこで、白鑄鉄の欠点を克服した、韌性のある球状黒鉛鑄鉄の利用が従来より試みられている。

【0005】上記した球状黒鉛鑄鉄は、その組織中に晶出する片状黒鉛の形状が球状化されているため、優れた韌性を有している。これは、球状黒鉛鑄鉄等の金属素材組織中の晶出物の形状が韌性に大きな影響を与えるためである。つまり、通常、晶出物の形状は非金属的な性質が強いと共有結合又は静電結合、即ち有面(face)となって常に板状となり、この場合韌性は弱く、逆に金属的な性質が強いと金属結合、即ち非有面(nonface)粒状又は球状のデンドライトとなり、この場合外部から衝撃を受けても力が分散されるため韌性は強く、球状黒鉛鑄鉄の場合、マグネシウム(Mg)が0.04%以上配合されることにより、鑄鉄組織中に晶出する片状黒鉛の形状が球状化されているため、優れた韌性を有しているのである。しかもこの強韌性が他面、耐摩耗性を向上させる要因と考えられており、一部共有結合を存在させた球状黒鉛鑄鉄は白鑄鉄に匹敵する耐摩耗性を有している。

【0006】一方、本発明者らは、既に特願平9-307951号において、鑄鉄組織中に粒状又は球状V-C系炭化物及びFe-Cr系炭化物を晶出させることで、耐摩耗性及び耐衝撃性に優れた合金鑄鉄を得ることができるを見出している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記球状黒鉛鑄鉄は耐摩耗性及び韌性には優れているが、耐食性に劣るという欠点を、また特願平9-307951号に記載の合金鑄鉄も耐摩耗性及び耐衝撃性には優れてい

るが耐食性が若干劣るという欠点を有しており、耐摩耗性、韌性、耐食性を併せ持った鑄鉄は未だ得られていない。そこで、球状黒鉛鑄鉄及び特願平9-307951号に記載の合金鑄鉄が有する耐摩耗性及び韌性に加え、優れた耐食性を有する鑄鉄の創出が望まれていた。

【0008】ところで、優れた耐食性を有する鉄鋼材料としては、ステンレス鑄鋼が知られており、具体的には、JIS G5122の規格では、代表的な18Cr-8Ni系のSCS12、SCS13、SCS19、SCS21や18Cr-11Ni-Mo系のSCS14、高Cr-Ni系のSCS11、13Cr系のSCS1、SCS2、高Cr系等のステンレス鑄鋼が存在する。これらステンレス鑄鋼はいずれもCrを12%以上含有しており、このCrの酸化作用により不動態化し、鑄鋼の表面にFeO、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、NiOなどの酸化物が晶出され、表面を錆から保護される構成となっている。

【0009】そこで、本発明者らは、優れた耐食性が付与された鑄鉄に関する鋭意研究を続けたところ、粒状又は球状V-C炭化物のみを晶出させることにより、耐摩耗性及び韌性を付与するだけでなく、ステンレス鑄鋼に匹敵する優れた耐食性も付与することができるを見出し本発明の完成に至った。

【0010】

【課題を解決するための手段】即ち請求項1記載の発明は、C:0.6~4.0重量%、Cr:13~30重量%、Ni:4~15重量%、Si:0.2~4.5重量%、Mn:0.2~1.5重量%、P:0.01~0.15重量%、S:0.01~0.05重量%、V:8~15重量%、残部鉄(Fe)及び不可避不純物からなり、その組織中に共有結合性の粒状又は球状V-C炭化物を晶出させてなることを特徴とする球状炭化物鑄鉄に関する。請求項2記載の発明は、前記合金元素に、(a)Mo:0.05~1.5重量%、(b)Ti:0.01~5重量%、(c)B:0.01~2重量%、(d)Cu、W、Zr、Co、Nb、Ta、Yのうち少なくとも2種以上の合金元素:0.2~5重量%、の(a)~(d)の中から選択された一以上を配合してなることを特徴とする請求項1記載の球状炭化物鑄鉄に関する。これらの発明を提供することにより上記の課題を悉く解決する。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る球状炭化物鑄鉄について詳述する。本発明に係る球状炭化物鑄鉄は、鉄(Fe)に必須成分としてC、V、Cr、Ni、Si、Mn、P、Sが含有されてなる。

【0012】先ず、C及びVは、耐摩耗性向上を目的とし、粒状又は球状V-C炭化物を晶出させるために配合される。炭素(C)含有量は、0.6~4.0%とされる。これは、含有量が0.6%未満では合金鑄鉄の硬度及び機械的性質は殆ど変化せず、0.6%を超えると合

5

金鑄鉄の硬度は上昇し、機械的性質も向上するが、含有量が 4.0% を超えると、一部の C は Fe - Cr 炭化物（セメンタイト）となり、耐食性を低下させてしまうからである。

【0013】バナジウム（V）含有量は、8.0 ~ 15% とされる。これは、含有量が 8.0% 未満では、高硬度の炭化物を分散させて共有結合性の粒状又は球状 V - C 炭化物を晶出させることができず、15% を超えて配合しても、それ以上の効果は期待できず、逆に偏析を起しやすくなり、いずれの場合も好ましくないからである。また、粒状又は球状 V - C 炭化物は、V と C の原子数比が約 1 : 1（重量比 4 : 1）であるため、V の含有量が C の含有量の約 4 倍になるように配合するとより好ましい。

【0014】クロム（Cr）及びニッケル（Ni）は耐食性向上のために配合される。Cr 含有量は 13 ~ 30% とされる。これは、含有量 13% 未満では、安定したオーステナイト（ $\gamma$ ）を晶出させることができず、酸化性溶液に対する耐食性を低下させてしまい、一方、30% を超えると偏析を起こして強度を劣化させる原因となるため、いずれの場合も好ましくないからである。Ni 含有量は 4.0 ~ 15% とされる。これは、含有量 4.0% 未満では金属組織のマルテンサイト化が起こりやすくなり、一方、15% を超えると偏析を起こし、しかも基地が柔らかくなるため、いずれの場合も好ましくないからである。また、4% 以上配合することにより、非酸化性溶液に対する耐食性も改善される。

【0015】ケイ素（Si）は脱酸及び硬度増大、また鑄造性を良くするのに有効であり、含有させる場合、その含有量は 0.2 ~ 4.5% とされる。これは、0.2% 未満では Si 含有による効果を発揮することができず、一方、4.5% を超えると韌性が低下してしまい、いずれの場合も好ましくないからである。

【0016】マンガン（Mn）を含有させる場合、その含有量は 0.2 ~ 1.5% とされる。これは 1.5% を超えると偏析を起こしやすくなり、V - C 系の合金鑄鉄にとって好ましくないからである。リン（P）は若干の硬度上昇及び流動性の向上により鑄造性を良くするのに有効であり、含有させる場合、その含有量は 0.01 ~ 0.15% とされる。これは、0.01% 未満では、P 配合による効果が期待できず、一方 0.15% を超えると偏析や脆性を起こすためいずれの場合も好ましくないからである。

【0017】硫黄（S）を含有させる場合、含有量は 0.01 ~ 0.05% とされる。これは、通常 0.05% を超えると、Fe<sub>3</sub>C（セメンタイト）及び MnS（硫化マンガン）を晶出しやすくなり、耐食性が低下するため好ましくないからである。

【0018】以上の元素が鉄（Fe）に含有させる必須成分であり、本発明ではこれらの必須成分に加えて、

6

(a) Mo、(b) Ti、(c) B、(d) Cu、W、Zr、Co、Nb、Ta、Y のうちの少なくとも 2 種以上の合金元素、の (a) ~ (d) の中から選択された一以上を適宜配合させてもよい。

【0019】モリブデン（Mo）はキッシュ黒鉛析出防止及び基地を安定させるのに有効であり、Mo を含有させる場合、その含有量は 0.05 ~ 15% とされる。これは、0.05% 未満では、Mo 配合による効果が得られず、逆に 15% を超えると、高硬度の炭化物を分散させて共有結合性の粒状又は球状 V - C 炭化物の晶出を不安定とさせ、しかも耐食性が劣化してしまうため、いずれの場合も好ましくないからである。

【0020】チタン（Ti）は脱窒素と金属組織の微細化に有効であり、含有させる場合、その含有量は 0.01 ~ 5.0% とされる。これは、0.01% 未満では、Ti 配合による効果が得られず、逆に 5.0% を超えると Ti 系炭化物の析出が著しくなり、強度を劣化させるため、いずれの場合も好ましくないからである。

【0021】ホウ素（B）は熱処理による硬度増大に有効であり、含有させる場合、含有量は 0.01 ~ 2.0% とされる。これは、0.01% 未満では、B 配合による効果が得られず、逆に、2.0% を超えると強度を劣化させる原因となるため、いずれの場合も好ましくないからである。

【0022】銅（Cu）、タングステン（W）、ジルコニウム（Zr）、コバルト（Co）、ニオブ（Nb）、タンタル（Ta）、イットリウム（Y）については、耐食性、耐摩耗性、耐熱性等の目的に応じて適宜配合すればよい。これらは単独で配合しても効果はあるが、複数組み合わせることで配合することにより、より優れた効果を得ることができるので、2 種以上の元素を組み合わせることで配合する。ただし、いたずらに配合しても共有結合を強固なものとするとは限らないため、2 種以上の元素の合計の含有量は 0.2 ~ 5.0% とされる。

【0023】本発明では、必須成分である C、V、Cr、Ni、Si、Mn、P、S に加えて、以上説明したような各配合成分を、その使用目的に応じて適宜配合して鑄造すればよく、特に高炭素含有物の硬度安定化には Si、P、B、Zr、Cu、Nb、Ta、Y の配合が、基地安定化及びキッシュ黒鉛の析出防止には Cr、Mo、W の配合が、鑄造時における金属組織の微細化、脱ガスには Ti の配合が、金属組織のマルテンサイト化の防止には Ni、Co の配合が有効である。

【0024】上記組成からなる球状炭化物鑄鉄は、常法に準じ、鑄型内に熔湯を注ぎ込み、その後冷却する鑄放しにより得ることができる。また、冷却時に生じる鑄造応力を除去することが望ましいので、973 ~ 1293 K で 1 時間程度保持した後、焼準及び焼鈍してもよい。973 ~ 1173 K で保持後炉冷（焼鈍）又は空冷処理（焼準）した場合、組織はオーステナイト（ $\gamma$ ）+ V<sub>P</sub>

C<sub>0</sub> 複合体となる。また、1173～1293 Kで保持後炉冷（焼鈍）又は空冷処理（焼準）した場合は、強度・靱性の向上を目的とした焼準、耐衝撃性向上のための鑄造応力除去を目的とした焼なましといった処理が必要となるが、この温度範囲での組織も、オーステナイト（ $\gamma$ ）+V<sub>P</sub>C<sub>0</sub> 複合体となり、前記973～1173 Kで処理した合金鑄鉄と相違はない。尚、上記の如く焼準処理、焼鈍処理を施した場合、鑄放して製造した合金鑄鉄とその組織に相違はない。

【0025】

【実施例】以下、本発明の球状炭化物鑄鉄を実施例に基\*

\* づいて一層詳細に説明する。ただし、本発明は以下の実施例に何ら限定されるものではない。

【0026】（実施例1～5、比較例1～8）

溶製条件

純鉄（Fe）に、C：0.05%、Si：0.4%、Mn：1.0%、P：0.04%、S：0.015%、Ni：8.0%、Cr：18.0%をそれぞれ配合し、更に表1に示す配合に従って炭素（C）を配合して、配合例1～8の鑄造原料を得た。

10 【表1】

	配合例1	配合例2	配合例3	配合例4	配合例5	配合例6	配合例7	配合例8
C	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Si	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Mn	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
P	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
S	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Cr	18	18	18	18	18	18	18	18
Ni	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
配合C量	0.6	1.0	2.0	3.0	4.0	0.1	0.5	4.5
Fe + 不純物	残り	残り	残り	残り	残り	残り	残り	残り

【0027】前記調製した配合例1～5の各鑄造原料については、まず、それぞれにVを8、10或いは15%配合して表2に示す実施例1～5の鑄造原料を3種類づつ得、次に、それぞれにVを0、2.5、4、6或いは16%配合して表2に示す比較例1～5の鑄造原料を5種類づつ得た。また、配合例6～8の各鑄造原料については、それぞれにVを0、2.5、4、6、8、10、15或いは16%配合して表2に示す比較例6～8の鑄造原料を8種類づつ得た。これらの鑄造原料を、20K 40 g高周波誘導炉（ラミング材 MgO + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）を

用いて、それぞれ溶解鑄造を行った。溶製試料は、JIS G 307 鑄鋼品の製造、試験及び検査の通則、3.2.1 供試材（a）より、シエル型引張試験片（JIS Z 2201 金属材料引張4号試験片）、シエル型衝撃試験片（JIS Z 2202 金属材料衝撃3号試験片ノッチなし）、硬度試験・ミクロ組織観察試験・摩耗試験・耐食試験片として25mm角×50mm高の角状試料とし、鑄造後、973 Kで1時間保持後空冷を行った。

【表2】

9

10

	C	V0%	V2.5%	V4%	V6%	V8%	V10%	V15%	V16%
実施例1(配合例1+V)	0.6%	—	—	—	—	1-8	1-10	1-15	—
実施例2(配合例2+V)	1.0%	—	—	—	—	2-8	2-10	2-15	—
実施例3(配合例3+V)	2.0%	—	—	—	—	3-8	3-10	3-15	—
実施例4(配合例4+V)	3.0%	—	—	—	—	4-8	4-10	4-15	—
実施例5(配合例5+V)	4.0%	—	—	—	—	5-8	5-10	5-15	—
比較例1(配合例1+V)	0.6%	1-1	1-2	1-4	1-6	—	—	—	1-16
比較例2(配合例2+V)	1.0%	2-1	2-2	2-4	2-6	—	—	—	2-16
比較例3(配合例3+V)	2.0%	3-1	3-2	3-4	3-6	—	—	—	3-16
比較例4(配合例4+V)	3.0%	4-1	4-2	4-4	4-6	—	—	—	4-16
比較例5(配合例5+V)	4.0%	5-1	5-2	5-4	5-6	—	—	—	5-16
比較例6(配合例6+V)	0.1%	6-1	6-2	6-4	6-6	6-8	6-10	6-15	6-16
比較例7(配合例7+V)	0.5%	7-1	7-2	7-4	7-6	7-8	7-10	7-15	7-16
比較例8(配合例8+V)	4.5%	8-1	8-2	8-4	8-6	8-8	8-10	8-15	8-16

## 【0028】

## 【試験例】(試験例1)

## マイクロ組織の観察

前記実施例4(4-8、4-10)及び比較例4(4-1、4-2、4-16)で得られた合金鋳鉄についてマイクロ組織の観察を行うため、973K熱処理組織の顕微鏡写真(倍率:400及び1000)撮影を行った。この結果を図1~10に示す。

【0029】図1~10の結果より、図1~図4で示される実施例4の合金鋳鉄では球状炭化物が晶出していることが分かる。これに対し、図5~図10で示される比較例4の合金鋳鉄では、粒状又は球状炭化物が晶出していないことが分かる。つまりVを添加することにより球状炭化物を晶出させることができ、またその添加量が増

加するにつれて、球状炭化物の晶出量が増加すると言うことができる。

## 【0030】(試験例2、3)

## 引張り強度及び伸び

前記実施例1~5及び比較例1~8で得られた合金鋳鉄の引張り強度及び伸びを試験した。試験片は、JIS G 0307 鋳鋼品の製造、試験及び検査の通則の供試材の形状及び寸法(a)に従って、JIS Z 2201 金属材料引張4号試験片を採取した。試験方法はこの4号試験片を用いて、引張り強度及び伸び共にJIS Z 2241 金属材料引張り試験法の基準に従って測定した。引張り強度の結果を表3に、伸びの結果を表4に示す。

## 【表3】

	引張強さ (MP a)								
	C	V0%	V2.5%	V4%	V6%	V8%	V10%	V15%	V16%
実施例1 (配合例1+V)	0.6%	—	—	—	—	632	629	598	—
実施例2 (配合例2+V)	1.0%	—	—	—	—	680	676	642	—
実施例3 (配合例3+V)	2.0%	—	—	—	—	710	706	670	—
実施例4 (配合例4+V)	3.0%	—	—	—	—	592	589	559	—
実施例5 (配合例5+V)	4.0%	—	—	—	—	580	570	541	—
比較例1 (配合例1+V)	0.6%	540	567	576	660	—	—	—	590
比較例2 (配合例2+V)	1.0%	545	570	576	704	—	—	—	635
比較例3 (配合例3+V)	2.0%	564	590	602	735	—	—	—	670
比較例4 (配合例4+V)	3.0%	547	573	584	621	—	—	—	540
比較例5 (配合例5+V)	4.0%	540	567	576	603	—	—	—	550
比較例6 (配合例6+V)	0.1%	535	548	522	606	590	582	575	570
比較例7 (配合例7+V)	0.5%	510	525	544	595	568	565	568	560
比較例8 (配合例8+V)	4.5%	501	520	447	571	544	540	513	530

【表 4】

	伸び (%)								
	C	V0%	V2.5%	V4%	V6%	V8%	V10%	V15%	V16%
実施例1(配合例1+V)	0.6%	—	—	—	—	2.5	3.0	3.5	—
実施例2(配合例2+V)	1.0%	—	—	—	—	3.0	3.0	3.5	—
実施例3(配合例3+V)	2.0%	—	—	—	—	2.5	2.5	3.0	—
実施例4(配合例4+V)	3.0%	—	—	—	—	2.0	2.2	2.5	—
実施例5(配合例5+V)	4.0%	—	—	—	—	0.4	0.4	0.5	—
比較例1(配合例1+V)	0.6%	2.0	2.0	2.0	2.5	—	—	—	3.5
比較例2(配合例2+V)	1.0%	2.0	2.0	2.5	2.5	—	—	—	3.5
比較例3(配合例3+V)	2.0%	1.5	1.5	2.0	2.2	—	—	—	3.0
比較例4(配合例4+V)	3.0%	0.5	0.5	1.0	1.8	—	—	—	2.5
比較例5(配合例5+V)	4.0%	0.0	0.0	0.0	0.2	—	—	—	0.5
比較例6(配合例6+V)	0.1%	2.8	2.8	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0
比較例7(配合例7+V)	0.5%	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0
比較例8(配合例8+V)	4.5%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

【0031】表3の結果より、引張り強度は、Cの配合量が0.6%~2.0%までは、Cの配合量が増加するに従い上昇するが、Cの配合量が3.0%以上に増加すると、引張り強度はCの配合量の増加とともに小さくなることが分かる。また、Vに関しては、配合量が0~6%までは、配合量の増加に従い引張り強度は大きくなるが、8%以上配合した場合、Vの配合量の増加とともに引張り強度は低下することが分かる。また、表4の結果より、伸びは、Cの配合量が増加するに従い小さな値をとるようになり、また、Vの配合量が増加するに従い大きな値をとるようになることが分かる。

【0032】(試験例4)

#### 衝撃試験

前記実施例1~5及び比較例1~8で得られた合金鋳鉄の衝撃試験を行った。試験方法は、JIS Z 2242 金属材料衝撃試験方法に示される、シャルピー衝撃試験とし、試験を行う前に、試験片の表面にある酸化物をBel t式研摩機で取り除き、10×10×55mmの形状で、ノッチなしのJIS 3号試験片に加工したものを試験した。試験後破断面を観察し、大きな欠陥の見られるものについては除外した。衝撃試験の結果を表5に示す。

【表5】

	衝撃値 ( J / c m <sup>2</sup> )								
	C	V0%	V2.5%	V4%	V6%	V8%	V10%	V15%	V16%
実施例1(配合例1+V)	0.6%	—	—	—	—	170.5	170.3	170.8	—
実施例2(配合例2+V)	1.0%	—	—	—	—	87.3	89.0	89.1	—
実施例3(配合例3+V)	2.0%	—	—	—	—	25.8	26.5	29.8	—
実施例4(配合例4+V)	3.0%	—	—	—	—	13.0	14.0	15.0	—
実施例5(配合例5+V)	4.0%	—	—	—	—	9.5	10.0	10.0	—
比較例1(配合例1+V)	0.6%	165.3	160.2	166.2	167.0	—	—	—	168.2
比較例2(配合例2+V)	1.0%	80.3	82.5	84.5	85.7	—	—	—	88.0
比較例3(配合例3+V)	2.0%	15.6	18.2	21.6	22.5	—	—	—	28.5
比較例4(配合例4+V)	3.0%	7.0	8.0	10.8	12.0	—	—	—	13.0
比較例5(配合例5+V)	4.0%	5.3	7.2	8.8	8.8	—	—	—	8.7
比較例6(配合例6+V)	0.1%	175.0	178.5	180.6	182.0	185.7	183.5	172.2	166.3
比較例7(配合例7+V)	0.5%	152.3	155.0	158.2	160.0	160.5	158.0	150.7	150.5
比較例8(配合例8+V)	4.5%	4.2	4.2	4.2	4.2	4.4	4.4	4.5	4.3

【0033】表5の結果より、衝撃値は、Cの配合量が0.1%のとき最大となっているが、その後一旦減少した後、配合量0.6%のとき再び大きな値をとり、その後は減少していることが分かる。また、実施例に関して

【0034】(試験例5)

硬度測定

前記実施例1～5及び比較例1～8で得られた合金鋳鉄

の硬度をそれぞれ測定した。硬度の指標としては「ロックウエル硬さ(H<sub>R</sub>)」の「Cスケール」(H<sub>R</sub>C)を用い、試験方法JIS Z 2245に示される「ロックウエル硬さ試験方法」(ダイヤモンド圧子又は球圧子を用いて、まず基準荷重を加え、次に試験荷重を加え、再び基準荷重に戻したとき、前後2回の基準荷重における圧子の侵入深さの差によって定義式から求める)に準じて試験を行った。硬度測定の結果を表6に示す。

【表6】



	硬さ (H <sub>R</sub> C)								
	C	V0%	V2.5%	V4%	V6%	V8%	V10%	V15%	V16%
実施例1(配合例1+V)	0.6%	—	—	—	—	20.0	20.0	18.2	—
実施例2(配合例2+V)	1.0%	—	—	—	—	23.0	23.0	22.1	—
実施例3(配合例3+V)	2.0%	—	—	—	—	34.2	33.0	32.2	—
実施例4(配合例4+V)	3.0%	—	—	—	—	41.3	40.6	38.0	—
実施例5(配合例5+V)	4.0%	—	—	—	—	44.5	44.0	42.3	—
比較例1(配合例1+V)	0.6%	22.1	21.8	21.5	20.8	—	—	—	18.0
比較例2(配合例2+V)	1.0%	25.8	23.6	22.9	22.8	—	—	—	21.2
比較例3(配合例3+V)	2.0%	40.3	37.8	37.3	36.0	—	—	—	30.0
比較例4(配合例4+V)	3.0%	46.7	45.7	45.0	44.3	—	—	—	36.5
比較例5(配合例5+V)	4.0%	46.9	46.5	45.8	44.8	—	—	—	40.6
比較例6(配合例6+V)	0.1%	12.0	13.2	14.3	14.0	14.0	14.0	13.5	13.0
比較例7(配合例7+V)	0.5%	21.2	21.3	20.2	20.5	19.3	19.3	17.0	17.0
比較例8(配合例8+V)	4.5%	46.8	46.5	45.7	45.5	44.8	44.7	40.8	38.9

## 【0035】(試験例6)

## 摩耗試験

図1-1に示す摩耗試験機を用いて、前記実施例1～5及び比較例1～8で得られた合金鋳鉄について、摩耗試験を次に示す操作に従って行った。25mm角×50mm高の供試材より10mm棒を切り出して試験片とし、これをネジホルダー(2)で取り付け、長さ12mmにマイクロカッターで切断した。また、試料に接触させる砥石には、市販の材質Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>に粘土系バインダーを約30%配合して成形後、約1473Kで焼結して得た、寸法が25mm×2mm、80の砥粒の軸付砥石(1)を用いた。試料の各面をBelt式研摩機により、砥石と接触する面が良好な平面状態になるように特に注意を払いながら、80で研摩した。研摩試料表面に付着物がないことを確認した後、その重量を精密天秤

で測定し、これを摩耗試験前重量とした。次に、ホルダー部に試験面を下にして試料を取り付け、砥石と同じ高さに合わせて水平台を用いて試験面の水平度を水平に調整しつつ、側面からネジ止めをした。試験機のバランスを調整した後、試料の真上に0.2kgの荷重用分銅(3)を置き、天秤(4)を介して試料とは反対側に制振スプリング(5)を取り付け試料の空走をおさえた。この状態で、回転速度を1700rpmとして、摩耗試験機をスタートさせた。回転時間は90秒とし、スタートさせてから30、60秒後にドレッシング用砥石で軸付き砥石の目詰まりを防止するためにドレッシングした。試験が終了後、試料に付着した研摩粉をよく拭き取り除去し、再び精密天秤で秤量し、試験前の重量との差をもって摩耗量とした。摩耗試験の結果を表7に示す。【表7】

	摩耗係数 (m g)								
	C	V0%	V2.5%	V4%	V6%	V8%	V10%	V15%	V16%
実施例1(配合例1+V)	0.6%	—	—	—	—	15.90	15.70	14.00	—
実施例2(配合例2+V)	1.0%	—	—	—	—	9.00	8.75	8.80	—
実施例3(配合例3+V)	2.0%	—	—	—	—	5.28	5.08	5.17	—
実施例4(配合例4+V)	3.0%	—	—	—	—	3.34	1.77	1.80	—
実施例5(配合例5+V)	4.0%	—	—	—	—	3.18	2.02	1.95	—
比較例1(配合例1+V)	0.6%	24.10	20.40	18.50	16.30	—	—	—	14.21
比較例2(配合例2+V)	1.0%	18.32	17.84	13.20	11.91	—	—	—	8.80
比較例3(配合例3+V)	2.0%	9.05	8.80	7.80	6.20	—	—	—	5.38
比較例4(配合例4+V)	3.0%	6.87	6.65	5.28	4.34	—	—	—	2.15
比較例5(配合例5+V)	4.0%	7.75	7.18	5.26	4.20	—	—	—	2.00
比較例6(配合例6+V)	0.1%	33.60	30.70	24.80	24.38	24.05	23.90	23.28	23.00
比較例7(配合例7+V)	0.5%	26.10	25.00	20.50	18.20	17.00	16.20	16.00	16.10
比較例8(配合例8+V)	4.5%	8.60	8.82	6.00	4.16	3.50	3.00	2.03	3.05

【0036】表6及び表7の結果から、硬度は、Vの添加量の増加とともに低くなるのに対して、耐摩耗性は、Vの添加量の増加とともに高まることから、即ち、最高の耐摩耗性を示す合金鋳鉄（実施例4、4-10）の硬度はそれ程高い値ではなく、耐摩耗性を向上させるには、硬度を上昇させなければならないとされた従来の考えに反する結果となった。これは、最高の耐摩耗性を示した配合の合金鋳鉄の衝撃値がかなり大きな靱性を示していることから、優れた耐摩耗性は硬度だけに關係するのではなく、靱性にも關係し、この二つの性質を併せ持つとき、優れた耐摩耗性を得ることができるものと思われる。

【0037】（試験例7）

耐食性試験

実施例4（4-8、4-10）及び前記比較例4（4-\*

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Fe
SUS304 (%)	0.07	0.8	1.5	0.04	0.01	8.0	18.0	残り

耐食性試験の結果を表9に示す。

\* 1、4-2、4-6）に示される合金鋳鉄を用いて、 $H_2SO_4$ （7N）、 $HCl$ （1N）に対する耐食性試験をした。試験方法としては、試料 $10mm^3$ を全面仕上（エメリー320番仕上）し、アルコ-ルで脱脂洗浄した後、重量及び表面積測定を行い試験に供した。各試験片はそれぞれ別々に同一大の500ccの容器（ビ-カ-）に入れ、そこに300ccの $H_2SO_4$ （7N）、 $HCl$ （1N）をそれぞれ注ぎ、 $H_2SO_4$ （7N）は沸騰、 $HCl$ （1N）は室温にて140時間浸漬し、洗浄、乾燥後、常温で各試料の重量測定と表面積測定を行い、腐食減量を $mg/cm^2$ で測定した。尚、比較材として、耐食性が良いとされるSUS304を用いて同時に測定した。SUS304の配合割合を表8に示す。

40 【表8】

【表9】

21		22					
		比較例 4			実施例 4		SUS304
		V0%	V2.5%	V6%	V8%	V10%	—
		(4-1)	(4-2)	(4-6)	(4-8)	(4-10)	
腐食量 (mg/cm <sup>2</sup> )	7 N - H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.82	0.68	0.64	0.86	3.73	19.9
	1 N - HCl	1.84	2.36	2.77	2.58	2.62	6.23

【0038】表9の結果から実施例の合金鋳鉄と比較例の合金鋳鉄及びSUS304の耐食性を比較する。まず、沸騰したH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (7N)に対する耐食性を比較すると、V6%で最良の耐食性を示し、V10%から耐食性は低下するが、SUS304よりも数段耐食性が良好であることを示している。尚、この場合、Vの添加量は耐食性には余り影響しないものと考えられるが、必須成分としてC、V、Cr、Ni、Si、Mn、P、Sを配合すれば、耐食性を向上させることができると言える。次に、室温でのHCl (1N)に対する耐食性を比較すると、Vの添加量が増加すると耐食性は低下するが、SUS304よりも耐食性が良好であることを示し、やはり必須成分としてC、V、Cr、Ni、Si、Mn、P、Sを配合すれば、耐食性を向上させることができると言える。尚、実施例及び比較例の合金鋳鉄はいずれも、耐食性に優れたステンレス鋳鋼に相当するように、18%のCrと8%のNiが含まれている。通常、18%のCrと8%のNiが含まれていても、Cが含まれると急速に耐食性が低下することが知られているが、本試験例における合金鋳鉄はいずれもSUS304よりも優れた耐食性を示している。これは合金鋳鉄組織中に粒状又は球状V-C炭化物が晶出することで、ステンレス鋳鋼よりも優れた耐食性を維持することができるということである。

【0039】以上の結果をまとめると、Vの配合量が4%未満のときは、硬度は高いが、耐摩耗性、耐食性に劣り、15%より多く配合した場合、耐摩耗性には優れるが、十分な硬度が得られず、また、Cの配合量が0.6%未満のときは、硬度、耐摩耗性に劣り、4%より多く配合した場合、引張り強さ、伸び、衝撃値に劣るといえる。従って、実際の使用に耐えうる機械的強度を備えるとともに、耐摩耗性及び耐食性を向上させるには、Feの他、必須成分として最低、C、V、Cr、Ni、Si、Mn、P、Sが必要であり、そのCの配合量は0.6~4.0%の範囲内とし、且つVの配合量は4.0~15%の範囲内にする必要がある。また、Vの配合量がこの範囲内で多いほど、つまり、金属組織中の粒状又は球状V-C系炭化物の晶出量が多いほど、耐摩耗性及び耐食性を向上させることができるといえる。

【0040】(試験例8)

#### 水中ポンプ・インペラ実証試験

汚泥貯槽の排水処理装置として水中ポンプ・インペラ実証試験を行った。汚泥貯槽の実使用はpH4~7(設計pH7~9)、汚泥中の異物として、砂を混入させた。また汚泥濃度は3%前後であった。この処理装置汚泥貯槽水を蛍光X線分析で分析したとき、汚泥濃度0.5%、FeSO<sub>3</sub>:18.0%、SO<sub>3</sub>:6.1%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:4.2%、SiO<sub>2</sub>:8.8%、V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:2.9%、有機物(C):63.0%であった。なおpHの実証値は5.0であった。実施例4(4-8)と従来の鋳鉄FC200を材料として外径230のインペラを作成し、汚泥処理用水中ポンプに取り付けて実証試験を行った。その結果、実施例4(4-8)を材料として作成したインペラは1003時間運転後0.30%の減量が見られた。これに対し、従来の鋳鉄のインペラは844時間後9.00%の減量となり、明らかに実施例の合金鋳鉄は従来の鋳鉄に比べ耐摩耗性及び耐食性に優れているといえる。

#### 【0041】

【発明の効果】以上詳述した如く、請求項1記載の発明は、C:0.6~4.0重量%、Cr:13~30重量%、Ni:4~15重量%、Si:0.2~4.5重量%、Mn:0.2~1.5重量%、P:0.01~0.15重量%、S:0.01~0.05重量%、V:8~15重量%、残部鉄(Fe)及び不可避不純物からなり、その組織中に共有結合性の粒状又は球状V-C炭化物を晶出させてなることを特徴とする球状炭化物鋳鉄であり、また請求項2記載の発明は、前記合金元素に、(a)Mo:0.05~15重量%、(b)Ti:0.01~5重量%、(c)B:0.01~2重量%、(d)Cu、W、Zr、Co、Nb、Ta、Yのうちの少なくとも2種以上の合金元素:0.2~5重量%、の(a)~(d)の中から選択された一以上を配合してなることを特徴とする請求項1記載の球状炭化物鋳鉄であるから以下のような優れた効果を奏する。

【0042】即ち、必須成分としてC、V、Cr、Ni、Si、Mn、P、Sが配合されていることにより、その組織中に晶出する炭化物が球状化され、優れた耐摩耗性を発揮することができる。また、前記したように炭

化物が球状化されていることにより、ステンレス鋼に匹敵する耐食性を発揮することができる。つまり、本発明に係る球状炭化物鋳鉄は、韌性、強度、溶接性、切削性に優れるとともに、耐食性及び耐摩耗性においても優れており、しかも熔湯の流動性が良好であるので欠陥の少ない鋳造品である。従って、産業の発展に伴い高機能、高性能化されつつある化学工業や産業機械等の諸工業において広範囲に適用することができるという優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】実施例 4 で得られた V 配合量 8 . 0 % の合金鋳鉄の組織の 4 0 0 倍の顕微鏡写真である。

【図 2】実施例 4 で得られた V 配合量 8 . 0 % の合金鋳鉄の組織の 1 0 0 0 倍の顕微鏡写真である。

【図 3】実施例 4 で得られた V 配合量 1 0 . 0 % の合金鋳鉄の組織の 4 0 0 倍の顕微鏡写真である。

\* 【図 4】実施例 4 で得られた V 配合量 1 0 . 0 % の合金鋳鉄の組織の 1 0 0 0 倍の顕微鏡写真である。

【図 5】比較例 4 で得られた V 配合量 0 % の合金鋳鉄の組織の 4 0 0 倍の顕微鏡写真である。

【図 6】比較例 4 で得られた V 配合量 0 % の合金鋳鉄の組織の 1 0 0 0 倍の顕微鏡写真である。

【図 7】比較例 4 で得られた V 配合量 2 . 5 % の合金鋳鉄の組織の 4 0 0 倍の顕微鏡写真である。

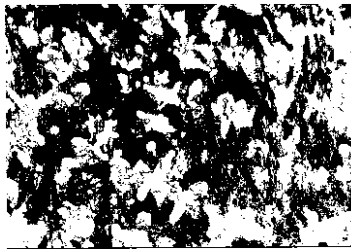
10 【図 8】比較例 4 で得られた V 配合量 2 . 5 % の合金鋳鉄の組織の 1 0 0 0 倍の顕微鏡写真である。

【図 9】比較例 4 で得られた V 配合量 1 5 . 5 % の合金鋳鉄の組織の 4 0 0 倍の顕微鏡写真である。

【図 1 0】比較例 4 で得られた V 配合量 1 5 . 5 % の合金鋳鉄の組織の 1 0 0 0 倍の顕微鏡写真である。

\* 【図 1 1】本発明の球状炭化物鋳鉄の摩耗試験に使用した、試験機の側面図である。

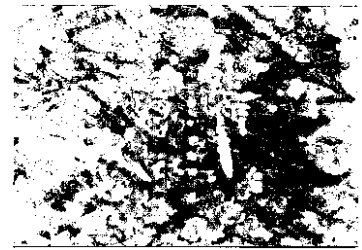
【図 1】



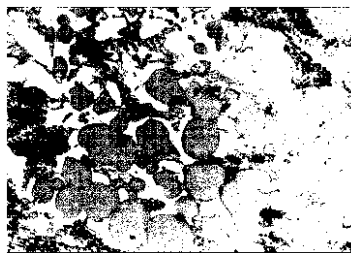
【図 2】



【図 3】



【図 4】



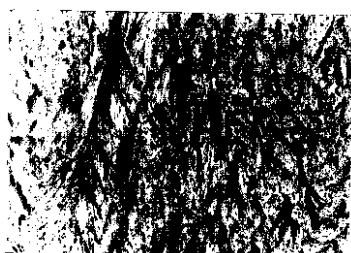
【図 5】



【図 6】



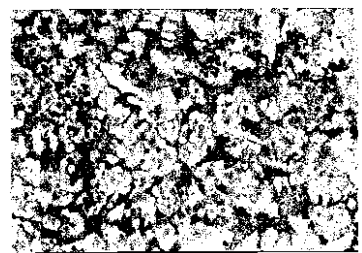
【図 7】



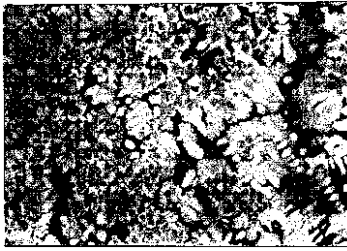
【図 8】



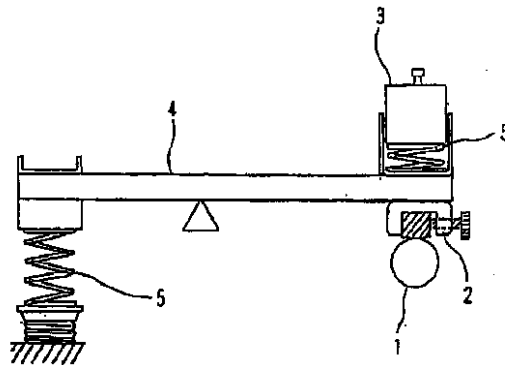
【図 9】



【図 1 0】



【図 1 1】



フロントページの続き

- (73)特許権者 000140502  
株式会社岡本  
岐阜県羽島郡岐南町三宅 1 丁目 82 番地
- (72)発明者 西内 滋典  
大阪府枚方市楠葉花園町 5 番 6 - 1005 号
- (72)発明者 川野 豊  
京都府宇治市木幡赤塚 47 番地の 20
- (72)発明者 山本 悟  
京都府京都市左京区一乗寺葉山町 11 番地の 6

- (72)発明者 菅原 清介  
大阪府東大阪市御厨南 2 丁目 5 番 28 号

- (56)参考文献 特開 平 6 - 240404 ( J P , A )  
特開 昭 62 - 47451 ( J P , A )  
特開 昭 57 - 2834 ( J P , A )  
特開 昭 62 - 211319 ( J P , A )  
特公 昭 54 - 19371 ( J P , B 1 )

- (58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B 名)  
C22C 37/08