

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-298887

(P2005-298887A)

(43) 公開日 平成17年10月27日(2005.10.27)

(51) Int.Cl.⁷

C 2 2 C 37/00

B 2 2 D 27/20

F I

C 2 2 C 37/00

B 2 2 D 27/20

テーマコード (参考)

Z

C

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2004-115871 (P2004-115871)

(22) 出願日 平成16年4月9日(2004.4.9)

(71) 出願人 000118590

伊藤鉄工株式会社

埼玉県川口市元郷3丁目2番23号

(74) 代理人 100072039

弁理士 井澤 洵

(74) 代理人 100123722

弁理士 井澤 幹

(72) 発明者 伊藤 光男

埼玉県川口市元郷3丁目2番23号 伊

藤鉄工株式会社内

(72) 発明者 橋本 英紀

埼玉県川口市元郷3丁目2番23号 伊

藤鉄工株式会社内

(72) 発明者 中江 秀雄

東京都新宿区西早稲田2丁目8番26号

早稲田大学各務記念材料研究所内

(54) 【発明の名称】 低熱膨張性鋳鉄材

(57) 【要約】

【課題】 一般に低熱膨張性と認められる $3 \sim 4 \times 10^{-6}$ 以下の熱膨張係数を持ち、かつまたニッケルの含有率が三十数%を越えず、コバルトのように高価な材料を使用しないことによって、低コストという目標を満足する。削り出しの工程を必要とせず、鋳造のみによってフォトリソス用筐体等の薄肉鋳物部品を鋳造することができる、低熱膨張性鋳鉄材を提供する。

【解決手段】 薄肉鋳物の鋳造に適した、低熱膨張性鋳鉄材として、重量比で、炭素 1.5 ~ 3.0%、シリコン 0.2 ~ 1.6%、ニッケル 3.0 ~ 3.6% 及び銅 0.5 ~ 1.6% を含有し、基地中の黒鉛粒数を増すために、球状化材又は黒鉛改良剤を添加する。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

薄肉鋳物の鋳造に適した、低熱膨張性鋳鉄材であって、重量比で、炭素 1.5 ~ 3.0 %、シリコン 0.2 ~ 1.6 %、ニッケル 3.0 ~ 3.6 % 及び銅 0.5 ~ 1.6 % を含有し、基地中の黒鉛粒数を増すために、球状化材又は接種剤を添加したことを特徴とする低熱膨張性鋳鉄材。

【請求項 2】

球状化材として、ミッシュメタルを単独で、又はマグネシウムと複合して、重量比で、0.01 ~ 1 % 添加することによりチャンキー黒鉛を生成することを特徴とする請求項 1 記載の低熱膨張性鋳鉄材。

【請求項 3】

接種剤として、チタンを重量比で、0.2 ~ 1 % 添加することにより D 型黒鉛、C 型黒鉛を生成することを特徴とする請求項 1 記載の低熱膨張性鋳鉄材。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、薄肉鋳物の鋳造に適した、低熱膨張性鋳鉄材に関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば、エレクトロニクスやフォトニクス用の筐体であるとか、取り付け部品、或いは調整機器等は、アルミニウム、真鍮或いは金属と樹脂の複合材料などによって形成されている。しかしこれらの材料は、熱膨張係数が大きく、例えば光軸ずれに敏感なレーザー装置を収める筐体の材料としては適していない。しかも材料の熱膨張係数が大きければ、性能が温度に依存することになり、冷却装置を設けなければならず、そのために全体のコストが押し上げられ、装置としても複雑なものとなる。インバー材やスーパーインバー材を材料とする筐体類も製造されていたが、どちらも 5 千円 / kg 程度と高価であり、さらに鉄塊から削り出しという加工工程を経るため最終のコストは非常に高価なものとなっていた。

【0003】

低熱膨張性を有する先行技術に例えば特開 2000-119793 号のものがあり、同号の発明も低温安定性を有する低膨張性鋳鉄を提案している。また特開平 6-172919 号の発明は低熱膨張鋳鉄を提案しており、他にも熱膨張率を低く抑制しようとする鋳鉄の発明は少なからず存在するが、それらは重量比で三十数 % を超えるニッケルを含むか、或いは相当量のコバルトを含んでおり、ニッケルやコバルトはいずれも高価な方に属する材料であるため、コスト高という問題は依然として解決されないままである。一般に低熱膨張性と認められる熱膨張係数を有し、かつまたニッケルの含有量が三十数 % を越えず、コバルトのように高価な材料を使用しない鋳鉄材は提案されていない。

【0004】

【特許文献 1】特開 2000-119793 号

【特許文献 2】特開平 6-172919 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は前記の点に着目してなされたものであり、その課題は、一般に低熱膨張性と認められる $3 \sim 4 \times 10^{-6}$ 以下の熱膨張係数を持ち、かつまたニッケルの含有率が三十数 % を越えず、コバルトのように高価な材料を使用しないことによって、低コストという目標を満足することである。本発明において低コストという場合、インバー材の価格を下回るのは勿論、従来の低熱膨張性鋳鉄材よりも低コストであることを意味する。また本発明は、削り出しの工程を必要とせず、鋳造のみによってフォトニクス用筐体等の薄肉鋳物部品

10

20

30

40

50

を鑄造することができる、低熱膨張性鑄鉄材を提供することを他の課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

前記の課題を解決するため本発明は、薄肉鑄物の鑄造に適した、低熱膨張性鑄鉄材として、重量比で、炭素 1.5 ~ 3.0 %、シリコン 0.2 ~ 2.1 %、ニッケル 3.0 ~ 3.6 % 及び銅 0.5 ~ 1.6 % を含有し、基地中の黒鉛粒数を増すために、球状化材又は黒鉛改良剤を添加するという手段を講じたものである。

【0007】

< 組成 >

本発明の低熱膨張性鑄鉄材において、低熱膨張性とは、前述のように $3 \sim 4 \times 10^{-6}$ 以下の熱膨張係数のレベルをいうものとする。通常、低熱膨張性鑄鉄は重量比で 2.0 % 以下の炭素を含有しており、この値よりも炭素量が減少すると熱膨張係数も低下する傾向のあることが実験により分かっている。しかし、炭素量を減少させると鑄造性が損なわれ、薄肉鑄物の鑄造を目的とする本発明に適合しないこととなる。

【0008】

このような観点から、炭素量を変化させ、シリコン 2.0 %、ニッケル 3.5 % に固定した成分比率を有する鑄鉄材について試験片を作製し、熱膨張係数の変化を測定した。鑄鉄の基本成分はマンガン 0.1 ~ 0.5 %、リン 0.02 ~ 0.06 %、イオウ 0.05 ~ 0.1 %、炭素 2 ~ 4.5 % 残部鉄である。測定結果を表 1 に示す。

【0009】

表 1

Si : 2.0 % , Ni : 3.5 % にて、C 量を変化させた場合

C 量 (%)	熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$)	
	30 ~ 100 °C	100 ~ 200 °C
1.9	4.58	6.16
2.3	5.18	7.43
2.5	5.12	7.17

【0010】

表 1 によれば、前に触れたように炭素量の減少につれて、いずれの温度領域においても熱膨張係数が下がることが分かるが、炭素量減少により鑄造性も損なわれるため、炭素量の下限を 1.5 %、上限を 3.0 % とした。より好ましくは、表 1 に記載した 1.9 ~ 2.5 % の範囲、代表例としては 2.3 % を本発明における炭素の成分比率として扱うものとした。上限を 3.0 % としたのは、3.0 % を超えると熱膨張係数が 5.2×10^{-6} を越え、好ましくないためである。表 1 から分かるように、本発明における 1.9 ~ 3.0 % という成分比率は、従来の低熱膨張性鑄鉄よりも多いことになるが、このことは切削性、振動減衰特性において優れていることを示唆する。なお、表 1 に係る実験では、銅、チタン、ミッシュメタルは添加せず、球状化材としてニッケル - マグネシウムを使用しており、その内マグネシウムの成分比率は 0.3 ~ 1.0 % とした。

【0011】

次に、炭素を 2.3 %、ニッケルを 3.5 % に夫々固定し、シリコン量を変化させた成分比率を有する鑄鉄材について試験片を作製し、熱膨張係数の変化を測定した。その結果を表 2 に示す。鑄鉄の基本成分をはじめとして他の条件は表 1 の場合と同一であり、銅、チタン、ミッシュメタルを添加せず、球状化材を表 1 の実験の場合と同じように用いている。

【0012】

表 2

C : 2.3 % , Ni : 3.5 % にて、Si 量を変化させた場合

	熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$)	
S i 量 (%)	30 ~ 100 °C	100 ~ 200 °C
0.4	4.58	5.58
2.1	5.18	7.43
4.1	6.64	11.6

【0013】

表2によれば、シリコン量が減少すると、熱膨張係数も下がる傾向のあることが分かるが、特に、その傾向は100~200、という、より高い温度領域において顕著である。シリコンには鑄造性の改善、黒鉛化の促進の効果がある。なお、シリコン量については、通常取引されている鋼屑を本発明に係る鑄鉄材の原料として使用したときに不可避免的に含有されることになる0.2%以上を下限とし、上限は、熱膨張係数が 5×10^{-6} を余り越えない2.1%以下とした。

10

【0014】

ニッケルは熱膨張係数に影響のある主要な元素であり、最もインバー効果を発揮する成分比率は31~37%の範囲にあることが分かっている。しかも、シリコン0.4%においてニッケル量を変化させると、31~38%でも30~100の温度領域では熱膨張係数に大きな違いが表れないが、本発明においては、コストを可能な限り抑制することが大きな目標であるので、使用温度が100未満での低熱膨張率を必要とする低熱膨張性鑄鉄として、コストと生産上の成分制御の可能な範囲を考慮し、上限、下限を決定することとした。下限としては、インバー効果を示す最低限の31%、上限は、コストを考慮して34.5%とした低熱膨張性鑄鉄(表3)と、インバー効果の上限である38%に可能な限り近付けて100から200の熱膨張率を低くすることを狙い35.5%とした低熱膨張性鑄鉄(表4)の値から、36%とした。

20

【0015】

表3

C: 2.3%, S i: 2.1%にて、N i量を変化させた場合

	熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$)	
N i 量 (%)	30 ~ 100 °C	100 ~ 200 °C
31	6.79	11.33
34.5	5.18	7.43

30

【0016】

表4

C: 2.5%, S i: 0.4%にて、N i量を変化させた場合

	熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$)	
N i 量 (%)	30 ~ 100 °C	100 ~ 200 °C
31	4.75	6.29
35.5	4.66	4.89

40

【0017】

表3から理解されるように、ニッケル31%の下限では炭素2.3%、シリコン2.0%の場合に100~200の温度領域で好ましくない熱膨張係数値を示す、ほかは、目標をほぼ満足する熱膨張係数値を得ている。鑄鉄の基本成分及び他の条件は表1の場合と同一であり、銅、チタン、ミッシュメタルを添加せず、球状化材を表1の場合と同様に使用している。

【0018】

50

銅は、本発明において、ニッケルの代替として使用している。銅は Fe_3C の分解を助長して黒鉛化を促進するなどのニッケルと同じ効果がある点に着目し、またニッケルとの比較上安価であるため、本発明の低熱膨張性鑄鉄材の構成要素としたものである。なお、インバー効果についても銅にはニッケルのそれと同様の効果を発揮するとの認識である。炭素 2.3%、シリコン 0.4%、ニッケル 3.2% を夫々固定し、銅量を変化させた鑄鉄材について試験片を作製し、熱膨張係数を測定した。その結果を表 5 に示す。

【0019】

表 5

C : 2.3% , Si : 0.4% , Ni : 3.2% にて、Cu 量を変化させた場合

Cu 量 (%)	熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$)	
	30 ~ 100 °C	100 ~ 200 °C
0.0	4.66	4.89
0.5	4.43	4.59
1.1	4.64	4.65
1.6	4.72	4.81

10

【0020】

表 5 によれば、銅を含まない場合よりも銅を含む方が多くの場合低熱膨張率を示しているが、1.6% を越えると熱膨張係数も大きくなることが分かる。従って銅はニッケルの代替となることが裏付けられており、下限として、少なくとも 0.5% の銅を含み、その上限は 1.6% を越えないことをもって成分比率を決定した。

20

【0021】

本発明においては、材料費として反映する各成分のコスト低下のほかに、鑄造性の向上及び加工費の低下を目的とし、全体のコスト低減することが求められている。この要求に黒鉛形状は加工費の面から寄与することができる。

【0022】

<黒鉛形状>

熱膨張係数は基地中の固溶炭素量が少ないほど低くなることが分かっている。このため本発明では、黒鉛粒数を増すことにより黒鉛間距離を短くし、基地中の炭素が黒鉛に拡散しやすい状態とした。黒鉛粒数を増す手段として、本発明では、球状化材を添加する方法と、黒鉛改良剤を添加する方法の 2 手段を適用する。この 2 手段は、いずれか一方のみを適用しても良く、また両方を併せ適用しても良い。

30

【0023】

一般に、球状黒鉛鑄鉄の球状化材には、Ni-Mg、Fe-Si-Mg などが使用される。しかし本発明では、ミッシュメタルを単独で、又は Ni-Mg、Fe-Si-Mg などの形でマグネシウムと複合して添加することによりチャンキー黒鉛を生成した。なお、ミッシュメタルは、セリウム、ランタン、その他の希土類金属の粗混合物からなる合金と考えて良いが、本発明の場合 50 ~ 60% のセリウムを含有するミッシュメタルを使用した。ミッシュメタルの成分比率は、チャンキー黒鉛を崩さない 0.01 ~ 1.0% の範囲である。チャンキー黒鉛について、冷却速度と黒鉛組織の関係を、試験片を作製して観察したところ、冷却速度が速いほどチャンキー黒鉛の分布の均一化する傾向が認められた。

40

【0024】

接種剤は、本発明において、片状黒鉛において黒鉛組織が微細であり無方向に配列している黒鉛形状である D 型黒鉛、E 型黒鉛を生成するために、黒鉛改良剤として使用される。本発明で使用する黒鉛改良剤はチタン（実際には Fe-Ti が良い。）である。チタンは、片状黒鉛を細かくする効果があり、これにより黒鉛間距離を短くし、固溶炭素量を低減して熱膨張係数の低下した D 型黒鉛、E 型黒鉛を生成することができる。チタンの量は、0.2 ~ 1.0% が良く、0.2% 未満では D 型黒鉛の生成が過少であり、また 1.0% を越えると炭化物を生成し切削性を低下させる。

50

【 0 0 2 5 】

黒鉛形状の相違に伴う低熱膨張性鋳鉄の熱膨張係数の変化を表 6 に示す。

【 0 0 2 6 】

表 6

C : 2 . 5 % , S i : 0 . 4 % , N i : 3 1 % にて、黒鉛形状を変化させた場合

黒鉛形状	熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$)	
	3 0 ~ 1 0 0 °C	1 0 0 ~ 2 0 0 °C
チャンキー黒鉛	5 . 1 7	7 . 0 3
D 型黒鉛	4 . 3 7	6 . 0 8
球状黒鉛	6 . 4 0	9 . 0 1

10

【 0 0 2 7 】

表 6 は、炭素 2 . 5 %、シリコン 0 . 4 %、ニッケル 3 1 %、残部不可避免的元素を含む鋳鉄からなるものの熱膨張係数値を表示している。表 6 から、球状黒鉛のみを含む鋳鉄よりも、チャンキー黒鉛又は D 型黒鉛を含む鋳鉄の熱膨張係数の方が明らかに低い値を示していることが分かる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 8 】

本発明はこのように構成されかつ作用するものであるから、3 0 ~ 1 0 0 の温度領域における熱膨張係数を、低熱膨張性と認められる $3 \sim 4 \times 10^{-6}$ 以下にほぼ抑制することができ、かつまたニッケルの含有量が 3 6 % を越えず、コバルトのように高価な材料を使用しないことによって、低コストという目標を達成することができる。また本発明の低熱膨張性鋳鉄材は、薄肉鋳物の鋳造に適しているので、鉄塊から削り出す工程を必要とせず、筐体又はそれに類似の薄肉鋳物部品を鋳造することができ、最終製品の価格を著しく低下することができるという効果を奏する。

20

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 9 】

以下実施例、比較例により、本発明に係る低熱膨張性鋳鉄材をより具体的に説明する。なお、実施例、比較例は表 7 に要点をまとめて記載した。

30

【 0 0 3 0 】

実施例 1 は、炭素 1 . 7 0 %、シリコン 0 . 2 5 %、銅 0 . 5 0 %、ニッケル 3 1 . 2 % を含み、黒鉛改良剤として Fe - Ti を試験片鋳造の際に添加したもので、D 型黒鉛が鋳鉄組織中に生成されている。この場合、3 0 ~ 1 0 0 の温度領域における熱膨張係数は $4 . 3 0 \times 10^{-6}$ 、1 0 0 ~ 2 0 0 の温度領域においても $6 . 0 0 \times 10^{-6}$ でありほぼ許容範囲となっている。

【 0 0 3 1 】

実施例 2 は炭素 2 . 2 1 %、シリコン 1 . 5 0 %、銅 0 . 5 1 %、ニッケル 3 4 . 5 % を含み、ミッシュメタルを球状化材としてチャンキー黒鉛を生成したもので、3 0 ~ 1 0 0 の温度領域における熱膨張係数は $5 . 0 0 \times 10^{-6}$ となり、1 0 0 ~ 2 0 0 の温度領域では $7 . 0 0 \times 10^{-6}$ となっている。

40

【 0 0 3 2 】

実施例 3 は炭素 2 . 8 0 %、シリコン 0 . 4 1 %、銅 0 . 5 3 %、ニッケル 3 4 . 5 % と銅を漸増させ、黒鉛改良剤により D 型黒鉛を鋳鉄組織中に生成させたもので、3 0 ~ 1 0 0 領域での熱膨張係数は $3 . 8 0 \times 10^{-6}$ と最小値を記録している。これは 1 0 0 ~ 2 0 0 の温度領域でも $4 . 8 0 \times 10^{-6}$ と最小値である。

【 0 0 3 3 】

実施例 4 は、炭素 2 . 3 0 %、シリコン 0 . 4 8 %、銅 1 . 4 5 %、ニッケル 3 4 . 8 % とし、球状化材の添加によりチャンキー黒鉛を生成したもので、3 0 ~ 1 0 0 の温度領域での熱膨張係数は $4 . 0 0 \times 10^{-6}$ 、1 0 0 ~ 2 0 0 の温度領域での熱膨張係数

50

5.00×10^{-6} と、実施例 3 の最小値に次ぐ値を示している。

【0034】

表 7

	成分				球状化材 黒鉛改良 剤	黒鉛形状	熱膨張係数 $\times 10^{-6}$	
	C	Si	Cu	Ni			30~100 ℃	100~200 ℃
実施例 1	1.70%	0.25%	0.50%	31.2%	Fe-Ti	D 型	4.30	6.00
実施例 2	2.21%	1.50%	0.51%	34.5%	ミッシュメタ ル	チャンキー	5.00	7.00
実施例 3	2.80%	0.41%	0.53%	34.5%	Fe-Ti	D 型	3.80	4.80
実施例 4	2.30%	0.48%	1.45%	34.8%	ミッシュメタ ル	チャンキー	4.00	5.00
比較例 1	2.13%	2.06%	11.53 %	35.1%	Ni-Mg	球状黒 鉛	7.40	7.50
比較例 2	2.08%	1.86%	0.00%	30.8%	Ni-Mg	球状黒 鉛	7.86	12.96

10

【0035】

比較例 1 は、銅 11.53% としたほかは本発明所定の成分比率内とし、球状化材として Ni-Mg を添加し、鑄鉄組織中に球状黒鉛を生成したものである。比較例 1 の熱膨張係数は 30~100 の温度領域で 7.40×10^{-6} 、100~200 の温度領域で、 7.50×10^{-6} となり、いずれも 7×10^{-6} を上回ってしまう。

20

【0036】

比較例 2 は、銅を含まないほかは、本発明所定の成分比率内とし、球状化材として比較例 1 と同じ Ni-Mg を使用し、球状黒鉛を鑄鉄組織中に生成したもので、30~100 の温度領域、100~200 の温度領域のいずれにおいても夫々 7.86×10^{-6} 、 9.6×10^{-6} と最大値となり許容できない範囲となる。黒鉛形状が球状黒鉛と共通している比較例 1、2 を見ると、銅が過大でも、また銅を含まない場合でも、好ましくない熱膨張係数値を示すことが分かる。

30

【0037】

<実験内容>

以上の実験例 1~4 及び比較例 1、2 の鑄鉄材は、出願人自社工場の実験用高周波電気炉 (50Kg) を用いて溶解した。溶解温度は 1580~1600 を目標として行った。球状化材は、サンドイッチ法で添加した。注湯品は各種製作したが、本発明に係るものは薄肉試験体と段階状試験片であり、共にガス砂と呼ばれる鑄型を使用して鑄造した。熱膨張率の測定には、埼玉県産業技術総合センターに依頼し、株式会社リガク製のサーモプラス 2 (Thermo Plus 2 TMA8310) を用いて行った。

【0038】

薄肉試験体を目視にて外觀不良状況の検査を行った。特に薄肉であることから、湯流れ不良について検査し、そのために薄肉試験体を切断し、内部欠陥の有無及び状況の検査を行った。その結果、実施例 1~4 の薄肉試験体については、鑄じわ、湯境などの鑄造不良は殆んど認められなかった。しかし、鑄込み順が遅いものに鑄造不良を見出したが、これは注湯温度が 1300 前後まで低下していることが原因と考えられる。

40

【0039】

本発明に係る低熱膨張性鑄鉄材は以上説明したような技術的内容を有しており、従来用いられて来たインバー材 (ニッケル 35%) やスーパーインバー材 (ニッケル 31%、コバルト 5%) で使用されていたニッケルの比率を減少可能とするために、ニッケルの代替として銅を使用し、コバルトを排除することによってコストダウンを達成し、黒鉛形状を D 型黒鉛、チャンキー黒鉛として、基地中の固溶炭素量を低減し、従来のインバー材等と

50

比較して遜色のない熱膨張係数を保持するものである。また本発明に係る低熱膨張性鑄鉄材によって肉厚 2 ～ 5 mm という薄肉軽量品の鑄造を行い、問題のないことを確認しているので、エレクトロニクス・フォトンクス用の筐体、取り付け部品、調整機器を安価に提供することができる。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 4 0 】

本発明は、光通信システムに使用される、石英基板やガラス部品を半田付けなどで固定する、金属基板用また、これらの部品を収容する筐体、ケース、及びこれらを固定する定盤用の低膨張性鑄鉄材として利用することができる。