



(12) 发明专利申请



(10) 申请公布号 CN 118922564 A

(43) 申请公布日 2024. 11. 08

(21) 申请号 202380027030.9

(22) 申请日 2023.03.13

(30) 优先权数据

2022-038788 2022.03.14 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.09.11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/009691 2023.03.13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/176791 JA 2023.09.21

(71) 申请人 日之出水道机器株式会社

地址 日本福冈县

(72) 发明人 梅谷拓郎

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

专利代理师 庞东成

(51) Int.Cl.

G21D 5/00 (2006.01)

G21D 6/00 (2006.01)

G22C 37/00 (2006.01)

G22C 37/04 (2006.01)

G22C 38/00 (2006.01)

G22C 38/08 (2006.01)

G22C 38/10 (2006.01)

权利要求书3页 说明书22页 附图2页

(54) 发明名称

铁铸件和制造该铁铸件的方法

(57) 摘要

一种制造铁铸件的方法,通过对使用奥氏体系的铸造用材料铸造的热处理对象物进行热处理来制造铁铸件。热处理包括:第一保持工序,以850°C以上1250°C以下的第一保持温度保持热处理对象物;和第一冷却工序,在第一保持工序之后,将热处理对象物冷却至-150°C以上150°C以下的第一冷却终止温度。第一保持工序包括以0.25小时以上100小时以下的第一保持时间保持热处理对象物。

1. 一种制造铁铸件的方法,该方法通过对使用奥氏体系的铸造用材料铸造的热处理对象物进行热处理来制造铁铸件,其中,

所述铸造用材料包含26.0质量%以上50.0质量%以下的Ni、0.1质量%以上3.5质量%以下的C、0.1质量%以上3.5质量%以下的Si、0质量%以上8.0质量%以下的Co、0质量%以上3.0质量%以下的Mn、和0质量%以上0.2质量%以下的Mg,余部为Fe和不可避免的元素,

所述热处理包括:

第一保持工序,以850°C以上1250°C以下的第一保持温度保持所述热处理对象物;和

第一冷却工序,在所述第一保持工序之后,将所述热处理对象物冷却至-150°C以上150°C以下的第一冷却终止温度,

所述第一保持工序包括以0.25小时以上100小时以下的第一保持时间保持所述热处理对象物。

2. 如权利要求1所述的制造铁铸件的方法,其中,所述第一冷却工序包括以0.01°C/分钟以上300°C/分钟以下的第一冷却速度冷却所述热处理对象物。

3. 如权利要求2所述的制造铁铸件的方法,其中,所述第一冷却速度为0.01°C/分钟以上20°C/分钟以下。

4. 如权利要求1~3中任一项所述的制造铁铸件的方法,其中,所述第一保持时间为2.5小时以上25小时以下。

5. 如权利要求1~4中任一项所述的制造铁铸件的方法,其中,所述第一冷却终止温度为0°C以上100°C以下。

6. 如权利要求1所述的制造铁铸件的方法,其中,所述第一冷却工序包括:

一次冷却工序,以一次冷却速度冷却所述热处理对象物;和

二次冷却工序,在所述一次冷却工序之后,以大于所述一次冷却速度的二次冷却速度冷却所述热处理对象物,

所述一次冷却工序包括将所述热处理对象物冷却至250°C以上950°C以下的一次冷却终止温度,

所述二次冷却工序包括将所述热处理对象物冷却至所述第一冷却终止温度。

7. 如权利要求6所述的制造铁铸件的方法,其中,所述一次冷却速度为0.01°C/分钟以上20°C/分钟以下,

所述二次冷却速度为1°C/分钟以上40000°C/分钟以下。

8. 如权利要求7所述的制造铁铸件的方法,其中,所述二次冷却速度为100°C/分钟以上40000°C/分钟以下。

9. 如权利要求6~8中任一项所述的制造铁铸件的方法,其中,所述第一保持时间为2.5小时以上25小时以下。

10. 如权利要求6~9中任一项所述的制造铁铸件的方法,其中,所述一次冷却终止温度为450°C以上850°C以下。

11. 如权利要求6~10中任一项所述的制造铁铸件的方法,其中,所述第一冷却终止温度为0°C以上100°C以下。

12. 如权利要求1所述的制造铁铸件的方法,其中,所述热处理还包括:

第二保持工序,在所述第一冷却工序之后,以250°C以上950°C以下的第二保持温度保

持所述热处理对象物;和

第二冷却工序,在所述第二保持工序之后,将所述热处理对象物冷却至 -150°C 以上 150°C 以下的第二冷却终止温度,

所述第二保持工序包括以 0.25 小时以上 25 小时以下的第二保持时间保持所述热处理对象物。

13.如权利要求12所述的制造铁铸件的方法,其中,所述第一冷却工序包括以 $0.01^{\circ}\text{C}/\text{分钟}$ 以上 $300^{\circ}\text{C}/\text{分钟}$ 以下的第一冷却速度冷却所述热处理对象物。

14.如权利要求13所述的制造铁铸件的方法,其中,所述第一冷却速度为 $1^{\circ}\text{C}/\text{分钟}$ 以上 $50^{\circ}\text{C}/\text{分钟}$ 以下。

15.如权利要求12~14中任一项所述的制造铁铸件的方法,其中,所述第二冷却工序包括以 $1^{\circ}\text{C}/\text{分钟}$ 以上 $40000^{\circ}\text{C}/\text{分钟}$ 以下的第二冷却速度冷却所述热处理对象物。

16.如权利要求15所述的制造铁铸件的方法,其中,所述第二冷却速度为 $100^{\circ}\text{C}/\text{分钟}$ 以上 $10000^{\circ}\text{C}/\text{分钟}$ 以下。

17.如权利要求12~16中任一项所述的制造铁铸件的方法,其中,所述第一保持时间为 2.5 小时以上 25 小时以下。

18.如权利要求12~17中任一项所述的制造铁铸件的方法,其中,所述第一冷却终止温度为 0°C 以上 100°C 以下。

19.如权利要求12~18中任一项所述的制造铁铸件的方法,其中,所述第二保持温度为 550°C 以上 950°C 以下。

20.如权利要求12~19中任一项所述的制造铁铸件的方法,其中,所述第二冷却终止温度为 0°C 以上 50°C 以下。

21.如权利要求1~20中任一项所述的制造铁铸件的方法,其中,所述铸造用材料的Co的含量为 0.1 质量%以上 8.0 质量%以下。

22.如权利要求1~21中任一项所述的制造铁铸件的方法,其中,所述铸造用材料的Mn的含量为 0.01 质量%以上 3.0 质量%以下。

23.如权利要求1~22中任一项所述的制造铁铸件的方法,其中,所述铸造用材料的Mg的含量为 0.01 质量%以上 0.2 质量%以下。

24.一种制造铁铸件的方法,该方法通过对使用奥氏体系的铸造用材料铸造的热处理对象物进行热处理来制造铁铸件,其中,

所述热处理包括:

第一保持工序,以 850°C 以上 1250°C 以下的第一保持温度保持所述热处理对象物;和

第一冷却工序,在所述第一保持工序之后,将所述热处理对象物冷却至 -150°C 以上 150°C 以下的第一冷却终止温度,

所述第一保持工序包括以 0.25 小时以上 100 小时以下的第一保持时间保持所述热处理对象物。

25.如权利要求24所述的制造铁铸件的方法,其中,所述第一冷却工序包括:

一次冷却工序,以一次冷却速度冷却所述热处理对象物;和

二次冷却工序,在所述一次冷却工序之后,以大于所述一次冷却速度的二次冷却速度冷却所述热处理对象物,

所述一次冷却工序包括将所述热处理对象物冷却至250℃以上950℃以下的一次冷却终止温度，

所述二次冷却工序包括将所述热处理对象物冷却至所述第一冷却终止温度。

26. 如权利要求24所述的制造铁铸件的方法，其中，所述热处理还包括：

第二保持工序，在所述第一冷却工序之后，以250℃以上950℃以下的第二保持温度保持所述热处理对象物；和

第二冷却工序，在所述第二保持工序之后，将所述热处理对象物冷却至-150℃以上150℃以下的第二冷却终止温度，

所述第二保持工序包括以0.25小时以上25小时以下的第二保持时间保持所述热处理对象物。

27. 一种铁铸件，其使用权利要求1～26中任一项所述的方法制造。

铁铸件和制造该铁铸件的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及铁铸件和制造该铁铸件的方法。

背景技术

[0002] 在专利文献1的摘要中记载了:提供一种能够容易地制造铸铁材料的方法,该铸铁材料具有与一般的铸铁材料同样的良好的铸造性及加工性、并且具有更优异的低热膨胀特性。另外,在专利文献1的摘要中记载了:将铸造得到的具有以2.5质量%以下的比例含有碳、以25质量%以上40质量%以下的比例含有镍的铸铁组成的铸件以550℃以上700℃以下的温度保持3小时以上后,进行退火处理,该退火处理包括通过炉冷自然冷却至至少200℃,接着,将这样退火处理后的铸件以600℃以上1150℃以下的温度保持1.5小时以上后,进行包括通过风扇空冷、水冷或油冷进行骤冷的固溶处理,由此制造在50℃以上200℃以下的温度范围中的热膨胀系数为 $4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下的低热膨胀铸铁材料。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2010-95747号公报

发明内容

[0006] 发明所要解决的课题

[0007] 提供使用奥氏体系的铸造用材料降低了热膨胀的铁铸件。

[0008] 用于解决课题的手段

[0009] 本发明的一个方式的方法为通过对使用奥氏体系的铸造用材料铸造的热处理对象物进行热处理来制造铁铸件的方法。上述铸造用材料包含26.0质量%以上50.0质量%以下的Ni、0.1质量%以上3.5质量%以下的C、0.1质量%以上3.5质量%以下的Si、0质量%以上8.0质量%以下的Co、0质量%以上3.0质量%以下的Mn、和0质量%以上0.2质量%以下的Mg,余部为Fe和不可避免的元素。上述热处理包括:第一保持工序,以850℃以上1250℃以下的的第一保持温度保持上述热处理对象物;和第一冷却工序,在上述第一保持工序之后,将上述热处理对象物冷却至-150℃以上150℃以下的的第一冷却终止温度。上述第一保持工序包括以0.25小时以上100小时以下的的第一保持时间保持上述热处理对象物。

[0010] 该方法中,在第一保持工序中,以第一保持温度(850℃以上1250℃以下)且第一保持时间(0.25小时以上100小时以下)保持热处理对象物。并且,在第一保持工序之后的第一冷却工序中,将热处理对象物冷却至第一冷却终止温度(-150℃以上150℃以下)。通过该第一保持工序,能够降低热处理对象物内的溶质元素的凝固偏析,并且能够减小构成奥氏体相的各晶粒内部的晶体取向的相对差异(晶体取向差)。由此,能够调整奥氏体相中的晶格的排列。其结果,能够降低铁铸件的线膨胀系数。

[0011] 该方法中,上述第一冷却工序优选包括以0.01℃/分钟以上300℃/分钟以下的的第一冷却速度冷却上述热处理对象物。上述第一冷却速度优选为0.01℃/分钟以上20℃/分钟

以下。上述第一保持时间优选为2.5小时以上25小时以下。上述第一冷却终止温度优选为0℃以上100℃以下。

[0012] 该方法中,优选的是,上述第一冷却工序包括:一次冷却工序,以一次冷却速度冷却上述热处理对象物;和二次冷却工序,在上述一次冷却工序之后,以大于上述一次冷却速度的二次冷却速度冷却上述热处理对象物,上述一次冷却工序包括将上述热处理对象物冷却至250℃以上950℃以下的一次冷却终止温度,上述二次冷却工序包括将上述热处理对象物冷却至上述第一冷却终止温度。

[0013] 该方法中,第一保持工序之后的第一冷却工序包括:一次冷却工序,以一次冷却速度冷却热处理对象物;和二次冷却工序,在一次冷却工序之后,以大于一次冷却速度的二次冷却速度冷却热处理对象物。具体而言,在一次冷却工序中,将热处理对象物以一次冷却速度冷却至一次冷却终止温度(250℃以上950℃以下)。通过该一次冷却工序,能够使奥氏体相中的碳扩散到石墨侧。因此,能够降低奥氏体相中的固溶碳量。因此,能够抑制奥氏体相中的晶格的过度变形。其结果,能够进一步降低铁铸件的线膨胀系数。进而,在一次冷却工序之后的二次冷却工序中,将热处理对象物以大于一次冷却速度的二次冷却速度冷却至第一冷却终止温度(-150℃以上150℃以下)。通过该二次冷却工序,容易增加与居里点以下的温度变化相伴的自发体积磁致伸缩的变化量。因此,在居里点以下的温度变化中,容易使由自发体积磁致伸缩引起的体积变化与由晶格振动引起的体积变化相抵。因此,容易抑制与温度变化相伴的体积变动。其结果,容易进一步降低铁铸件的线膨胀系数。

[0014] 该方法中,优选的是,上述一次冷却速度为0.01℃/分钟以上20℃/分钟以下,上述二次冷却速度为1℃/分钟以上40000℃/分钟以下。上述二次冷却速度优选为100℃/分钟以上40000℃/分钟以下。上述第一保持时间优选为2.5小时以上25小时以下。上述一次冷却终止温度优选为450℃以上850℃以下。上述第一冷却终止温度优选为0℃以上100℃以下。

[0015] 该方法中,也可以是,上述热处理还包括:第二保持工序,在上述第一冷却工序之后,以250℃以上950℃以下的第二保持温度保持上述热处理对象物;和第二冷却工序,在上述第二保持工序之后,将上述热处理对象物冷却至-150℃以上150℃以下的第二冷却终止温度,上述第二保持工序包括以0.25小时以上25小时以下的第二保持时间保持上述热处理对象物。

[0016] 该方法中,上述第一冷却工序优选包括以0.01℃/分钟以上300℃/分钟以下的第一冷却速度冷却上述热处理对象物。上述第一冷却速度优选为1℃/分钟以上50℃/分钟以下。上述第二冷却工序优选包括以1℃/分钟以上40000℃/分钟以下的第二冷却速度冷却上述热处理对象物。上述第二冷却速度优选为100℃/分钟以上10000℃/分钟以下。上述第一保持时间优选为2.5小时以上25小时以下。上述第一冷却终止温度优选为0℃以上100℃以下。上述第二保持温度优选为550℃以上950℃以下。上述第二冷却终止温度优选为0℃以上50℃以下。

[0017] 该方法中,上述铸造用材料的Co的含量优选为0.1质量%以上8.0质量%以下。上述铸造用材料的Mn的含量优选为0.01质量%以上3.0质量%以下。上述铸造用材料的Mg的含量优选为0.01质量%以上0.2质量%以下。

[0018] 本发明的另一方式的方法为通过对使用奥氏体系的铸造用材料铸造的热处理对象物进行热处理来制造铁铸件的方法。上述热处理包括:第一保持工序,以850℃以上1250

°C以下的第一保持温度保持上述热处理对象物;和第一冷却工序,在上述第一保持工序之后,将上述热处理对象物冷却至-150°C以上150°C以下的第一冷却终止温度。上述第一保持工序包括以0.25小时以上100小时以下的第一保持时间保持上述热处理对象物。

[0019] 该方法中,优选的是,上述第一冷却工序包括:一次冷却工序,以一次冷却速度冷却上述热处理对象物;和二次冷却工序,在上述一次冷却工序之后,以大于上述一次冷却速度的二次冷却速度冷却上述热处理对象物,上述一次冷却工序包括将上述热处理对象物冷却至250°C以上950°C以下的一次冷却终止温度,上述二次冷却工序包括将上述热处理对象物冷却至上述第一冷却终止温度。

[0020] 该方法中,也可以是,上述热处理还包括:第二保持工序,在上述第一冷却工序之后,以250°C以上950°C以下的第二保持温度保持上述热处理对象物;和第二冷却工序,在上述第二保持工序之后,将上述热处理对象物冷却至-150°C以上150°C以下的第二冷却终止温度,上述第二保持工序以0.25小时以上25小时以下的第二保持时间保持上述热处理对象物。

[0021] 本发明的一个方式的铁铸件为使用上述本发明的一个方式的方法或上述本发明的另一方式的方法制造的铁铸件。

附图说明

[0022] 图1是示出通过显微镜对使用奥氏体系的铸造用材料铸造的热处理对象物的显微组织进行观察的图像的一例的图。

[0023] 图2是示出图1所示的图像中石墨所占的区域的图。

[0024] 图3是示出图1所示的图像中以铁(Fe)为主体的金属间化合物所占的区域的图。

[0025] 图4是示出图1所示的图像中奥氏体相所占的区域的图。

具体实施方式

[0026] 以下,参照附图,对本公开的铁铸件的实施方式进行说明。本发明并不限于以下的方式,包括权利要求书所规定的内容。需要说明的是,在以下说明中,在没有特别提及的情况下,“第一”、“第二”等用语仅是为了相互区别构成要素而使用的,并不表示特定的位次、顺序。

[0027] 本发明的实施方式的铁铸件可以通过对使用奥氏体系的铸造用材料铸造的热处理对象物进行后述规定的热处理来制造。“奥氏体系的铸造用材料”是指铸造的热处理对象物在常温下的母相(除石墨以外的铁基体组织)的主要组织为奥氏体相的材料。例如,奥氏体相在热处理对象物的母相中所占的比例为50%以上。奥氏体相在热处理对象物的母相中所占的比例优选为70%以上、更优选为80%以上、更优选为85%以上、更优选为90%以上、进一步优选为95%以上。

[0028] 图1是示出通过显微镜对使用奥氏体系的铸造用材料铸造的热处理对象物的显微组织进行观察的图像的一例的图。图2是示出图1所示的图像中石墨所占的区域的图。图3是示出图1所示的图像中以铁(Fe)为主体的金属间化合物所占的区域的图。

[0029] 图4是示出图1所示的图像中奥氏体相所占的区域的图。例如,“热处理对象物的母相的面积”可以通过从图1所示的“热处理对象物的显微组织整体的面积”中减去图2所示的

“石墨所占的区域的面积”来算出。“奥氏体相的面积”可以通过从由上述算出的“热处理对象物的母相的面积”中减去图3所示的“以铁(Fe)为主体的金属间化合物所占的区域的面积”来算出。因此,“奥氏体相在热处理对象物的母相中所占的比例”可以通过将由上述算出的“奥氏体相的面积(参照图4)”除以“热处理对象物的母相的面积”来算出。本例中,使用通用的图像处理软件,算出与图1至图4所示的各面积对应的区域的像素数(pixel number),其结果,奥氏体相在热处理对象物的母相中所占的比例为84.6%(约85%)。需要说明的是,图1中,在未形成以铁(Fe)为主体的金属间化合物所占的区域的情况下,奥氏体相在热处理对象物的母相中所占的比例为100%。

[0030] 本公开中,“铸造”包括利用砂型铸造法、模具铸造法、压铸法、失蜡铸造法等各种铸造法的铸造。另外,元素的“质量%”是指元素的质量相对于奥氏体系的铸造用材料的质量的百分率。例如,“X质量%以上Y质量%以下的元素”的表述是指元素的质量%为X%以上Y%以下。例如,“0质量%Y质量%以下的元素”的表述是指不包含元素或元素的质量%为Y%以下。“余部”是指构成奥氏体系的铸造用材料的成分中所列举的元素以外的成分。

[0031] <铸造用材料的第一方式>

[0032] 奥氏体系的铸造用材料(以下称为“本材料”)的第一方式包含26.0质量%以上50.0质量%以下的Ni,余部为Fe和不可避免的元素。以下,有时将本材料的第一方式称为“本材料的第一方式(Ni-Fe组成)”。

[0033] (Ni:镍)

[0034] 本材料的第一方式包含26.0质量%以上50.0质量%以下的Ni。本材料的第一方式中,通过使Ni的含量为26.0质量%以上50.0质量%以下,使Ni在石墨的周围偏析。即,通过使Ni在石墨的周围的区域富集,使奥氏体稳定化。通过使Ni的含量的下限为26.0质量%,能够使奥氏体稳定化而抑制马氏体的生成。因此,能够抑制铁铸件的延展性的降低,并且能够提高铁铸件的切削性。另外,通过使Ni的含量的上限为50.0质量%,能够抑制线膨胀系数的增加。在本材料的下述方式中也同样。

[0035] (Fe:铁、不可避免的元素)

[0036] 本材料的第一方式中的余部为Fe和不可避免的元素。作为余部中包含的不可避免的元素,可以举出例如P(磷)、S(硫)、Cu(铜)、Al(铝)、Cr(铬)、Mo(钼)、V(钒)、Ti(钛)、Zn(锌)等元素。不可避免的元素含量例如优选合计为10.0质量%以下,更优选合计为5.0质量%以下,进一步优选合计为3.0质量%以下,在本材料的下述方式中也同样。

[0037] 本材料的第一方式中,Ni的含量的下限优选为26.5质量%、更优选为27.0质量%、更优选为27.5质量%、更优选为28.0质量%、更优选为28.5质量%、更优选为29.0质量%、更优选为29.5质量%、更优选为30.0质量%、更优选为30.5质量%、更优选为31.0质量%、更优选为31.5质量%、进一步优选为32.0质量%。另外,Ni的含量的上限优选为45.0质量%、更优选为42.0质量%、更优选为41.0质量%、更优选为40.0质量%、更优选为39.5质量%、更优选为39.0质量%、更优选为38.5质量%、更优选为38.0质量%、更优选为37.5质量%、进一步优选为37.0质量%。在本材料的下述方式中也同样。

[0038] <铸造用材料的第二方式>

[0039] 本材料的第二方式包含26.0质量%以上50.0质量%以下的Ni、和0.1质量%以上

3.5质量%以下的C,余部为Fe和不可避免的元素。以下,有时将本材料的第二方式称为“本材料的第二方式(Ni-C-Fe组成)”。

[0040] (C:碳)

[0041] 本材料的第二方式包含0.1质量%以上3.5质量%以下的C。本材料的第二方式中,通过使C的含量的下限为0.1质量%,能够降低本材料的液相线温度。因此,能够提高本材料的熔液流动性。另外,通过使C的含量的下限为0.1质量%,能够增加石墨的结晶量或析出量。因此,能够提高铁铸件的切削性。另外,通过使C的含量的上限为3.5质量%,能够抑制石墨漂浮(carbon floatation)。因此,能够抑制铁铸件的强度、延展性的降低。另外,通过使C的含量的上限为3.5质量%并使作为石墨化促进元素发挥作用的Ni的含量的上限为50.0质量%,能够抑制C的过度石墨化。因此,能够抑制碎块状石墨的生成。因此,能够提高铁铸件的伸长率。在本材料的下述方式中也同样。

[0042] 本材料的第二方式中,C的含量的下限优选为0.15质量%、更优选为0.2质量%、更优选为0.4质量%、更优选为0.7质量%、更优选为1.0质量%、更优选为1.25质量%、更优选为1.5质量%、进一步优选为1.75质量%。通过使C的含量的下限为0.7质量%,提高凝固时结晶的石墨形成共晶状组织的倾向,由此能够增大石墨的膨胀量,抑制缩孔的产生。另外,C的含量的上限优选为3.3质量%、更优选为3.1质量%、更优选为3.0质量%、更优选为2.95质量%、更优选为2.9质量%、更优选为2.85质量%、更优选为2.8质量%、更优选为2.75质量%、更优选为2.7质量%、更优选为2.65质量%、更优选为2.6质量%、更优选为2.55质量%、进一步优选为2.5质量%。在本材料的下述方式中也同样。

[0043] <铸造用材料的第三方式>

[0044] 本材料的第三方式包含26.0质量%以上50.0质量%以下的Ni、0.1质量%以上3.5质量%以下的C、和0.1质量%以上3.5质量%以下的Si,余部为Fe和不可避免的元素。以下,有时将本材料的第三方式称为“本材料的第三方式(Ni-C-Si-Fe组成)”。

[0045] (Si:硅)

[0046] 本材料的第三方式包含0.1质量%以上3.5质量%以下的Si。本材料的第三方式中,通过使Ni的含量为26.0质量%以上50.0质量%以下,并且使Si的含量为0.1质量%以上3.5质量%以下,使Ni在石墨的周围偏析,其结果,使Si在最终凝固部偏析。即,通过使Ni在石墨的周围的区域富集而使奥氏体稳定化,使Si在作为残液侧的最终凝固部富集。通过使Si的含量的下限为0.1质量%,容易降低本材料的液相线温度。因此,容易提高本材料的熔液流动性。另外,通过使Si的含量的下限为0.1质量%,能够增加Si的含量相对于C的含量的比例。因此,能够抑制CO气体的形成。因此,能够减少在铁铸件的表面产生的气体缺陷。另外,通过使Si的含量的上限为3.5质量%,能够降低Si在Fe(铁基体)的固溶量。因此,能够抑制线膨胀系数的增加。另外,通过使作为石墨化促进元素发挥作用的Si的含量的上限为3.5质量%,能够抑制C的过度石墨化。因此,能够抑制碎块状石墨的生成。因此,能够提高铁铸件的伸长率。在本材料的下述方式中也同样。

[0047] 本材料的第三方式中,Si的含量的下限优选为0.25质量%、更优选为0.5质量%、更优选为0.75质量%、优选为1.0质量%、更优选为1.2质量%、更优选为1.3质量%、进一步优选为1.4质量%。另外,Si的含量的上限优选为3.3质量%、更优选为3.1质量%、更优选为2.9质量%、更优选为2.7质量%、更优选为2.5质量%、更优选为2.3质量%、进一步优选为

2.1质量%。在本材料的下述方式中也同样。

[0048] <铸造用材料的第四方式>

[0049] 本材料的第四方式包含26.0质量%以上50.0质量%以下的Ni、0.1质量%以上3.5质量%以下的C、0.1质量%以上3.5质量%以下的Si、和0.1质量%以上8.0质量%以下的Co,余部为Fe和不可避免的元素。以下,有时将本材料的第四方式称为“本材料的第四方式(Ni-C-Si-Co-Fe组成)”。

[0050] (Co:钴)

[0051] 本材料的第四方式包含0.1质量%以上8.0质量%以下的Co。本材料的第四方式中,通过使Co的含量为0.1质量%以上8.0质量%以下,能够利用与Ni的协同效应进一步降低线膨胀系数。通过使Co的含量的下限为0.1质量%,能够利用与Ni的协同效应减少线膨胀系数的极小值。另外,通过使Co的含量的上限为8.0质量%,能够抑制随着Co的过量添加而线膨胀系数在显示极小值后增加。在本材料的下述方式中也同样。

[0052] 本材料的第四方式中,Co的含量的下限优选为0.5质量%、更优选为1.0质量%、更优选为1.5质量%、更优选为2.0质量%、更优选为2.5质量%、更优选为3.0质量%、更优选为3.5质量%、进一步优选为4.0质量%。另外,Co的含量的上限优选为7.5质量%、更优选为7.0质量%、更优选为6.5质量%、更优选为6.25质量%、进一步优选为6.0质量%。另外,相对于Ni的含量为31.0质量%以上34.0质量%以下,Co的含量优选为4.0质量%以上5.5质量%以下。另外,在Ni的含量的下限为28.5质量%的情况下,Co的含量优选为5.0质量%以上8.0质量%以下。通过这样设定Co的含量的下限和上限,容易利用与Ni的协同效应进一步降低线膨胀系数。在本材料的下述方式中也同样。

[0053] <铸造用材料的第五方式>

[0054] 本材料的第五方式包含26.0质量%以上50.0质量%以下的Ni、0.1质量%以上3.5质量%以下的C、0.1质量%以上3.5质量%以下的Si、0.1质量%以上8.0质量%以下的Co、和0.01质量%以上3.0质量%以下的Mn,余部为Fe和不可避免的元素。以下,有时将本材料的第五方式称为“本材料的第五方式(Ni-C-Si-Co-Mn-Fe组成)”。

[0055] (Mn:锰)

[0056] 本材料的第五方式包含0.01质量%以上3.0质量%以下的Mn。本材料的第五方式中,通过使Mn的含量为0.01质量%以上3.0质量%以下,能够利用与Ni的协同效应使奥氏体稳定化,抑制马氏体的生成。因此,能够提高铁铸件的切削性。通过使Mn的含量的下限为0.01质量%,即使在常温下也能够使奥氏体稳定。另外,通过使Mn的含量的上限为3.0质量%,能够降低Mn在Fe(铁基体)的固溶量。因此,能够抑制线膨胀系数的增加。

[0057] 本材料的第五方式中,Mn的含量的下限优选为0.05质量%、更优选为0.07质量%、更优选为0.08质量%、更优选为0.09质量%、进一步优选为0.1质量%。另外,Mn的含量的上限优选为2.5质量%、更优选为2.0质量%、更优选为1.5质量%、更优选为1.0质量%、更优选为0.85质量%、进一步优选为0.7质量%。在本材料的下述方式中也同样。

[0058] <铸造用材料的第六方式>

[0059] 本材料的第六方式包含26.0质量%以上50.0质量%以下的Ni、0.1质量%以上3.5质量%以下的C、0.1质量%以上3.5质量%以下的Si、0.1质量%以上8.0质量%以下的Co、和0.01质量%以上0.2质量%以下的Mg,余部为Fe和不可避免的元素。以下,有时将本材料

的第六方式称为“本材料的第六方式(Ni-C-Si-Co-Mg-Fe组成)”。

[0060] (Mg:镁)

[0061] 本材料的第六方式包含0.01质量%以上0.2质量%以下的Mg。本材料的第六方式中,通过使Mg的含量为0.01质量%以上0.2质量%以下,能够提高石墨的球化作用,并且使Mg在最终凝固部偏析。通过使Mg的含量的下限为0.01质量%,能够提高石墨的球化作用。另外,通过使Mg的含量的上限为0.2质量%,能够抑制Mg的氧化物或硫化物的生成。因此,能够抑制本材料的熔液流动性的降低。进而,能够减少铁铸件的铸造缺陷。

[0062] 本材料的第六方式中,Mg的含量的下限优选为0.02质量%、更优选为0.03质量%、进一步优选为0.04质量%。另外,Mg的含量的上限优选为0.15质量%、更优选为0.1质量%、进一步优选为0.08质量%。在本材料的下述方式中也同样。

[0063] <铸造用材料的第七方式>

[0064] 本材料的第七方式包含26.0质量%以上50.0质量%以下的Ni、0.1质量%以上3.5质量%以下的C、0.1质量%以上3.5质量%以下的Si、0.1质量%以上8.0质量%以下的Co、0.01质量%以上3.0质量%以下的Mn、和0.01质量%以上0.2质量%以下的Mg,余部为Fe和不可避免的元素。以下,有时将本材料的第七方式称为“本材料的第七方式(Ni-C-Si-Co-Mn-Mg-Fe组成)”。

[0065] <铸造用材料的第八方式>

[0066] 本材料的第八方式包含26.0质量%以上50.0质量%以下的Ni、0.1质量%以上3.5质量%以下的C、0.1质量%以上3.5质量%以下的Si、和0.01质量%以上3.0质量%以下的Mn,余部为Fe和不可避免的元素。以下,有时将本材料的第八方式称为“本材料的第八方式(Ni-C-Si-Mn-Fe组成)”。

[0067] <铸造用材料的第九方式>

[0068] 本材料的第九方式包含26.0质量%以上50.0质量%以下的Ni、0.1质量%以上3.5质量%以下的C、0.1质量%以上3.5质量%以下的Si、0.01质量%以上3.0质量%以下的Mn、和0.01质量%以上0.2质量%以下的Mg,余部为Fe和不可避免的元素。以下,有时将本材料的第九方式称为“本材料的第九方式(Ni-C-Si-Mn-Mg-Fe组成)”。

[0069] <铸造用材料的第十方式>

[0070] 本材料的第十方式包含26.0质量%以上50.0质量%以下的Ni、0.1质量%以上3.5质量%以下的C、0.1质量%以上3.5质量%以下的Si、和0.01质量%以上0.2质量%以下的Mg,余部为Fe和不可避免的元素。以下,有时将本材料的第十方式称为“本材料的第十方式(Ni-C-Si-Mg-Fe组成)”。

[0071] <热处理的第一方式>

[0072] 对使用本材料铸造的热处理对象物进行的热处理(以下称为“本热处理”)的第一方式包括:第一保持工序,以850℃以上1250℃以下的保持温度保持热处理对象物;和第一冷却工序,在第一保持工序之后,将热处理对象物冷却至-150℃以上150℃以下的冷却终止温度。本热处理的第一方式中,第一保持工序包括以0.25小时以上100小时以下的保持时间保持热处理对象物。需要说明的是,本热处理的第一方式也可以在第一保持工序和第一冷却工序的各工序的前后包括其他热处理工序。本热处理的第一方式中,在上述各工序的前后不包括其他热处理工序的情况下,通过对使用本材料铸造的热处理对象物

依次仅进行第一保持工序和第一冷却工序,能够防止对热处理对象物施加预期之外的热影响。因此,能够更确实地降低铁铸件的线膨胀系数。

[0073] 本热处理的第一方式中,在第一保持工序中,以第一保持温度(850℃以上1250℃以下)且第一保持时间(0.25小时以上100小时以下)保持热处理对象物。并且,在第一保持工序之后的第一冷却工序中,将热处理对象物冷却至第一冷却终止温度(-150℃以上150℃以下)。通过该第一保持工序,能够减少热处理对象物内的溶质元素的凝固偏析,并且能够减小构成奥氏体相的各晶粒内部的晶体取向的相对差异(晶体取向差)。由此,能够调整奥氏体相中的晶格的排列。其结果,能够降低铁铸件的线膨胀系数。

[0074] 本热处理的第一方式中,第一冷却工序包括以0.01℃/分钟以上300℃/分钟以下的第一冷却速度冷却热处理对象物。第一冷却速度优选为0.01℃/分钟以上20℃/分钟以下。第一保持时间优选为2.5小时以上25小时以下。第一冷却终止温度优选为0℃以上100℃以下。

[0075] 本热处理的第一方式中,第一保持温度的下限优选为875℃、更优选为900℃、更优选为925℃、更优选为950℃、更优选为975℃、更优选为1000℃、进一步优选为1025℃。另外,第一保持温度的上限优选为1225℃、更优选为1200℃、更优选为1175℃、更优选为1150℃、进一步优选为1125℃。在本热处理的下述方式中也同样。

[0076] 本热处理的第一方式中,第一保持时间的下限优选为0.5小时、更优选为1.0小时、更优选为1.5小时、更优选为2.0小时、更优选为2.5小时、更优选为3.0小时、更优选为3.5小时、进一步优选为4.0小时。另外,第一保持时间的上限优选为90小时、更优选为80小时、更优选为70小时、更优选为60小时、更优选为50小时、更优选为40小时、更优选为30小时、更优选为25小时、更优选为20小时、更优选为15小时、进一步优选为10小时。在本热处理的下述方式中也同样。

[0077] 本热处理的第一方式中,第一冷却终止温度的下限优选为-125℃、更优选为-100℃、更优选为-75℃、更优选为-50℃、更优选为-25℃、进一步优选为0℃。另外,第一冷却终止温度的上限优选为125℃、更优选为100℃、更优选为75℃、进一步优选为50℃。在本热处理的下述方式中也同样。

[0078] 本热处理的第一方式中,第一冷却速度的下限优选为0.1℃/分钟、更优选为0.2℃/分钟、更优选为0.3℃/分钟、更优选为0.4℃/分钟、更优选为0.5℃/分钟、更优选为0.6℃/分钟、更优选为0.7℃/分钟、进一步优选为0.75℃/分钟。另外,第一冷却速度的上限优选为250℃/分钟、更优选为200℃/分钟、更优选为150℃/分钟、更优选为100℃/分钟、更优选为50℃/分钟、更优选为25℃/分钟、更优选为10℃/分钟、进一步优选为5℃/分钟。

[0079] <热处理的第二方式>

[0080] 本热处理的第二方式包括:第一保持工序,以850℃以上1250℃以下的第一保持温度保持热处理对象物;和第一冷却工序,在第一保持工序之后,将热处理对象物冷却至-150℃以上150℃以下的第一冷却终止温度。本热处理的第二方式中,第一保持工序包括以0.25小时以上100小时以下的第一保持时间保持热处理对象物。第一冷却工序包括:一次冷却工序,以一次冷却速度冷却热处理对象物;和二次冷却工序,在一次冷却工序之后,以大于一次冷却速度的二次冷却速度冷却热处理对象物。在第一冷却工序中,一次冷却工序包括将热处理对象物冷却至250℃以上950℃以下的一次冷却终止温度。二次冷却工序包括将热处

理对象物冷却至第一冷却终止温度(-150℃以上150℃以下)。需要说明的是,本热处理的第二方式也可以在第一保持工序和第一冷却工序的各工序的前后包括其他热处理工序。本热处理的第二方式中,在上述各工序的前后不包括其他热处理工序的情况下,通过对使用本材料铸造的热处理对象物依次仅进行第一保持工序和第一冷却工序,能够防止对热处理对象物施加预期之外的热影响。因此,能够更确实地降低铁铸件的线膨胀系数。

[0081] 本热处理的第二方式中,在第一保持工序中,以第一保持温度(850℃以上1250℃以下)且第一保持时间(0.25小时以上100小时以下)保持热处理对象物。并且,在第一保持工序之后的第一冷却工序中,将热处理对象物冷却至第一冷却终止温度(-150℃以上150℃以下)。通过该第一保持工序,能够减少热处理对象物内的溶质元素的凝固偏析,并且能够减小构成奥氏体相的各晶粒内部的晶体取向的相对差异(晶体取向差)。由此,能够调整奥氏体相中的晶格的排列。其结果,能够降低铁铸件的线膨胀系数。

[0082] 进而,本热处理的第二方式中,第一保持工序之后的第一冷却工序包括:一次冷却工序,以一次冷却速度冷却热处理对象物;和二次冷却工序,在一次冷却工序之后,以大于一次冷却速度的二次冷却速度冷却热处理对象物。具体而言,在一次冷却工序中,将热处理对象物以一次冷却速度冷却至一次冷却终止温度(250℃以上950℃以下)。通过该一次冷却工序,能够使奥氏体相中的碳扩散到石墨侧。因此,能够降低奥氏体相中的固溶碳量。因此,能够抑制奥氏体相中的晶格的过度变形。其结果,能够进一步降低铁铸件的线膨胀系数。进而,在一次冷却工序之后的二次冷却工序中,将热处理对象物以大于一次冷却速度的二次冷却速度冷却至第一冷却终止温度(-150℃以上150℃以下)。通过该二次冷却工序,容易增加与居里点以下的温度变化相伴的自发体积磁致伸缩的变化量。因此,在居里点以下的温度变化中,容易使由自发体积磁致伸缩引起的体积变化与由晶格振动引起的体积变化相抵。因此,容易抑制与温度变化相伴的体积变动。其结果,容易进一步降低铁铸件的线膨胀系数。

[0083] 本热处理的第二方式中,优选的是,一次冷却速度为0.01℃/分钟以上20℃/分钟以下,二次冷却速度为1℃/分钟以上40000℃/分钟以下。二次冷却速度优选为100℃/分钟以上40000℃/分钟以下。第一保持时间优选为2.5小时以上25小时以下。一次冷却终止温度优选为450℃以上850℃以下。第一冷却终止温度优选为0℃以上100℃以下。

[0084] 本热处理的第二方式中,一次冷却终止温度的下限优选为275℃、更优选为300℃、更优选为325℃、更优选为350℃、更优选为375℃、更优选为400℃、更优选为425℃、更优选为450℃、更优选为475℃、更优选为500℃、更优选为525℃、更优选为550℃、更优选为575℃、进一步优选为600℃。另外,一次冷却终止温度的上限优选为925℃、更优选为900℃、更优选为875℃、更优选为850℃、更优选为825℃、进一步优选为800℃。

[0085] 本热处理的第二方式中,一次冷却速度的下限优选为0.1℃/分钟、更优选为0.5℃/分钟、更优选为0.75℃/分钟、更优选为1.0℃/分钟、更优选为1.25℃/分钟、更优选为1.5℃/分钟、进一步优选为1.75℃/分钟。另外,一次冷却速度的上限优选为17.5℃/分钟、更优选为15.0℃/分钟、更优选为12.5℃/分钟、更优选为10.0℃/分钟、进一步优选为7.5℃/分钟。

[0086] 本热处理的第二方式中,二次冷却速度的下限优选为2.5℃/分钟、更优选为5℃/分钟、更优选为7.5℃/分钟、更优选为10℃/分钟、更优选为50℃/分钟、更优选为100℃/分

钟、更优选为200°C/分钟、更优选为300°C/分钟、更优选为400°C/分钟、更优选为500°C/分钟、进一步优选为600°C/分钟。另外,二次冷却速度的上限优选为37500°C/分钟、更优选为35000°C/分钟、更优选为32500°C/分钟、更优选为30000°C/分钟、更优选为27500°C/分钟、进一步优选为25000°C/分钟。

[0087] <热处理的第三方式>

[0088] 本热处理的第三方式包括:第一保持工序,以850°C以上1250°C以下的第一保持温度保持热处理对象物;第一冷却工序,在第一保持工序之后,将热处理对象物冷却至-150°C以上150°C以下的第一冷却终止温度;第二保持工序,在第一冷却工序之后,以250°C以上950°C以下的第二保持温度保持热处理对象物;和第二冷却工序,在第二保持工序之后,将热处理对象物冷却至-150°C以上150°C以下的第二冷却终止温度。本热处理的第三方式中,第一保持工序包括以0.25小时以上100小时以下的第一保持时间保持热处理对象物。第二保持工序包括以0.25小时以上25小时以下的第二保持时间保持热处理对象物。需要说明的是,本热处理的第三方式也可以在第一保持工序、第一冷却工序、第二保持工序和第二冷却工序的各工序的前后包括其他热处理工序。本热处理的第三方式中,在上述各工序的前后不包括其他热处理工序的情况下,通过对使用本材料铸造的热处理对象物依次仅进行第一保持工序、第一冷却工序、第二保持工序和第二冷却工序,能够防止对热处理对象物施加预期之外的热影响。因此,能够更确实地降低铁铸件的线膨胀系数。

[0089] 本热处理的第三方式中,在第一保持工序中,以第一保持温度(850°C以上1250°C以下)且第一保持时间(0.25小时以上100小时以下)保持热处理对象物。并且,在第一保持工序之后的第一冷却工序中,将热处理对象物冷却至第一冷却终止温度(-150°C以上150°C以下)。通过该第一保持工序,能够减少热处理对象物内的溶质元素的凝固偏析,并且能够减小构成奥氏体相的各晶粒内部的晶体取向的相对差异(晶体取向差)。由此,能够调整奥氏体相中的晶格的排列。其结果,能够降低铁铸件的线膨胀系数。

[0090] 进而,本热处理的第三方式中,在第一冷却工序之后的第二保持工序中,以第二保持温度(250°C以上950°C以下)保持热处理对象物。并且,在第二保持工序之后的第二冷却工序中,将热处理对象物冷却至第二冷却终止温度(-150°C以上150°C以下)。通过该第二冷却工序,容易增加与居里点以下的温度变化相伴的自发体积磁致伸缩的变化量。因此,在居里点以下的温度变化中,容易使由自发体积磁致伸缩引起的体积变化与由晶格振动引起的体积变化相抵。因此,容易抑制与温度变化相伴的体积变动。其结果,容易进一步降低铁铸件的线膨胀系数。

[0091] 本热处理的第三方式中,第一冷却工序优选包括以0.01°C/分钟以上300°C/分钟以下的第一冷却速度冷却热处理对象物。第一冷却速度优选为1°C/分钟以上50°C/分钟以下。第二冷却工序优选包括以1°C/分钟以上40000°C/分钟以下的第二冷却速度冷却热处理对象物。第二冷却速度优选为100°C/分钟以上10000°C/分钟以下。第一保持时间优选为2.5小时以上25小时以下。第一冷却终止温度优选为0°C以上100°C以下。第二保持温度优选为550°C以上950°C以下。第二冷却终止温度优选为0°C以上50°C以下。

[0092] 本热处理的第三方式中,第一冷却速度的下限优选为1.0°C/分钟、更优选为5.0°C/分钟、更优选为7.5°C/分钟、更优选为10.0°C/分钟、更优选为12.0°C/分钟、进一步优选为14.0°C/分钟。另外,第一冷却速度的上限优选为250°C/分钟、更优选为200°C/分钟、更优

选为150℃/分钟、更优选为100℃/分钟、更优选为75℃/分钟、更优选为50℃/分钟、更优选为45℃/分钟、进一步优选为40℃/分钟。

[0093] 本热处理的第三方式中,第二保持温度的下限优选为275℃、更优选为300℃、更优选为325℃、更优选为350℃、更优选为375℃、更优选为400℃、更优选为425℃、更优选为450℃、更优选为475℃、更优选为500℃、更优选为525℃、更优选为550℃、更优选为575℃、进一步优选为600℃。另外,第二保持温度的上限优选为925℃、更优选为900℃、更优选为875℃、更优选为850℃、更优选为825℃、进一步优选为800℃。

[0094] 本热处理的第三方式中,第二保持时间的下限优选为0.3小时、更优选为0.4小时、更优选为0.5小时、更优选为0.6小时、更优选为0.7小时、更优选为0.8小时、更优选为0.9小时、进一步优选为1.0小时。另外,第二保持时间的上限优选为20小时、更优选为15小时、更优选为10小时、更优选为9小时、更优选为8小时、更优选为7小时、更优选为6小时、进一步优选为5小时。

[0095] 本热处理的第三方式中,第二冷却终止温度的下限优选为-125℃、更优选为-100℃、更优选为-75℃、更优选为-50℃、更优选为-25℃、进一步优选为0℃。另外,第二冷却终止温度的上限优选为125℃、更优选为100℃、更优选为75℃、更优选为50℃、更优选为40℃、进一步优选为30℃。

[0096] 本热处理的第三方式中,第二冷却速度的下限优选为25℃/分钟、更优选为50℃/分钟、更优选为75℃/分钟、更优选为100℃/分钟、更优选为200℃/分钟、更优选为300℃/分钟、进一步优选为400℃/分钟。另外,第二冷却速度的上限优选为35000℃/分钟、更优选为30000℃/分钟、更优选为25000℃/分钟、更优选为20000℃/分钟、更优选为15000℃/分钟、更优选为10000℃/分钟、更优选为9000℃/分钟、更优选为8000℃/分钟、更优选为7000℃/分钟、进一步优选为6000℃/分钟。

[0097] <第一实施方式>

[0098] 第一实施方式的铁铸件是通过使用本材料的第五方式(Ni-C-Si-Co-Mn-Fe组成)、第七方式(Ni-C-Si-Co-Mn-Mg-Fe组成)、第八方式(Ni-C-Si-Mn-Fe组成)和第九方式(Ni-C-Si-Mn-Mg-Fe组成)铸造的热处理对象物进行本热处理的第二方式而得到的铁铸件。第一实施方式的铁铸件中,通过进行本热处理的第二方式,如上所述,能够降低铁铸件的线膨胀系数。

[0099] 另外,第一实施方式的铁铸件中,使用Ni的含量为26.0质量%以上的奥氏体系的铸造用材料来铸造热处理对象物,因此容易降低Ms点(从奥氏体向马氏体的相变开始的温度)。因此,容易提供抑制了马氏体的生成的铁铸件。进而,在本热处理的第二方式中的第一保持工序中,热处理对象物内的溶质元素的凝固偏析减少,结果能够使以低浓度分布于热处理对象物内的最终凝固部Ni高浓度化。由此,能够进一步降低最终凝固部的Ms点。因此,在第一保持工序之后的第一冷却工序中,将热处理对象物冷却至第一冷却终止温度(-150℃以上150℃以下)时,能够进一步抑制马氏体的生成。因此,能够提供在降低了热膨胀的同时抑制了马氏体生成的铁铸件。在下述实施方式中也同样。

[0100] <第二实施方式>

[0101] 第二实施方式的铁铸件是通过使用本材料的第五方式(Ni-C-Si-Co-Mn-Fe组成)、第七方式(Ni-C-Si-Co-Mn-Mg-Fe组成)和第九方式(Ni-C-Si-Mn-Mg-Fe组成)铸造的热

处理对象物进行本热处理的第三方式而得到的铁铸件。第二实施方式的铁铸件中,通过进行本热处理的第三方式,如上所述,能够降低铁铸件的线膨胀系数。

[0102] <第三实施方式>

[0103] 第三实施方式的铁铸件是通过对使用本材料的第五方式(Ni-C-Si-Co-Mn-Fe组成)、第七方式(Ni-C-Si-Co-Mn-Mg-Fe组成)和第九方式(Ni-C-Si-Mn-Mg-Fe组成)铸造的热处理对象物进行本热处理的第一方式而得到的铁铸件。第三实施方式的铁铸件中,通过进行本热处理的第一方式,如上所述,能够降低铁铸件的线膨胀系数。

[0104] 根据上述实施方式,能够提供降低了热膨胀的铁铸件。因此,上述实施方式的铁铸件适合于要求低热膨胀(系数)的多种多样的用途。作为上述实施方式的铁铸件的用途的例子,可以举出半导体制造装置、电子部件制造装置、机床等构成部件等。例如,作为20℃至50℃左右的使用环境中的应用例,在半导体制造装置相关中,可以举出切片机的主轴托架、校准计(量块等),在机床相关中,可以举出工作台、线切割机的线保持构件。另外,作为20℃至100℃(或150℃)左右的使用环境中的应用例,在半导体制造装置相关中,可以举出干式真空泵部件、探针的卡保持器。

[0105] <实施例>

[0106] 表1中示出了第一实施方式中的实施例的组成和与它们相对的比较例的组成。表2中示出了第二实施方式中的实施例的组成和与它们相对的比较例的组成。表3中示出了第三实施方式中的实施例的组成和与它们相对的比较例的组成。在表1至表3中,C(碳)的含量(质量%)是使用株式会社堀场制作所制的材料碳-硫分析装置“EMIA-Expert”通过燃烧-红外线吸收法测定的值。另外,Si(硅)、Ni(镍)、Mg(镁)和Co(钴)的含量(质量%)是使用Hitachi High-Tech Science Corporation制的发射光谱分析装置“SPS3520UV”通过电感耦合等离子体发射光谱分析法测定的值。另外,其他元素的含量(质量%)是使用株式会社岛津制作所制的发射光谱分析装置“PDA-8000”通过发射光谱分析法测定的值。

[0107] [表1]

[0108] (表1)

[0109]

	铸造用材料					
	组成(质量%)					
	C	Si	Mn	Ni	Mg	Co
实施例1-1	2.39	1.50	0.13	32.1	0.067	4.88
实施例1-2	2.39	1.50	0.13	32.1	0.067	4.88
实施例1-3	2.39	1.50	0.13	32.1	0.067	4.88
实施例1-4	2.39	1.50	0.13	32.1	0.067	4.88
实施例1-5	2.39	1.50	0.13	32.1	0.067	4.88
实施例1-6	2.39	1.50	0.13	32.1	0.067	4.88
实施例1-7	2.39	1.50	0.13	32.1	0.067	4.88
实施例1-8	2.39	1.50	0.13	32.1	0.067	4.88
实施例1-9	2.24	1.53	0.13	32.4	0.064	4.99
实施例1-10	2.47	1.67	0.12	31.5	0.079	4.97
实施例1-11	2.47	1.67	0.12	31.5	0.079	4.97
实施例1-12	2.39	1.50	0.13	32.1	0.067	4.88
实施例1-13	2.35	1.47	0.13	32.4	0.064	5.02
实施例1-14	2.47	1.67	0.12	31.5	0.079	4.97
实施例1-15	2.47	1.67	0.12	31.5	0.079	4.97
实施例1-16	2.47	1.67	0.12	31.5	0.079	4.97
实施例1-17	2.47	1.67	0.12	31.5	0.079	4.97
实施例1-18	2.47	1.67	0.12	31.5	0.079	4.97
实施例1-19	2.34	1.67	0.14	28.0	0.070	6.24
实施例1-20	1.76	1.49	0.13	34.9	-	-
实施例1-21	2.08	1.49	0.13	36.8	0.061	-
实施例1-22	2.38	0.85	0.14	38.2	0.061	-
实施例1-23	0.21	1.49	0.10	31.9	-	4.83
实施例1-24	2.63	0.25	0.14	32.2	0.064	5.05
实施例1-25	1.92	3.09	0.12	32.7	0.071	4.83
实施例1-26	1.90	2.64	0.13	30.9	0.063	4.42
实施例1-27	1.90	2.49	0.12	32.6	0.070	4.99
实施例1-28	2.33	1.48	0.39	33.3	0.076	5.05
实施例1-29	2.37	1.56	0.66	31.2	0.075	4.81
实施例1-30	2.24	1.43	0.13	32.4	0.064	4.99
比较例1-1	1.92	3.09	0.12	32.7	0.071	4.83
比较例1-2	2.13	1.17	0.14	40.3	0.066	-

[0110] [表2]

[0111] (表2)

[0112]

	铸造用材料					
	组成(质量%)					
	C	Si	Mn	Ni	Mg	Co
实施例 2-1	2.35	1.37	0.13	32.4	0.064	5.02
实施例 2-2	2.35	1.37	0.13	32.4	0.064	5.02
实施例 2-3	2.35	1.37	0.13	32.4	0.064	5.02
实施例 2-4	2.35	1.37	0.13	32.4	0.064	5.02
实施例 2-5	2.47	1.67	0.12	31.5	0.079	4.97
实施例 2-6	2.24	1.53	0.13	32.4	0.064	4.99
实施例 2-7	2.24	1.53	0.13	32.4	0.064	4.99
实施例 2-8	2.47	1.67	0.12	31.5	0.079	4.97
实施例 2-9	2.24	1.53	0.13	32.4	0.064	4.99
实施例 2-10	2.35	1.37	0.13	32.4	0.064	5.02
实施例 2-11	2.35	1.37	0.13	32.4	0.064	5.02
实施例 2-12	2.35	1.37	0.13	32.4	0.064	5.02
实施例 2-13	2.24	1.53	0.13	32.4	0.064	4.99
实施例 2-14	2.24	1.53	0.13	32.4	0.064	4.99
实施例 2-15	2.24	1.53	0.13	32.4	0.064	4.99
实施例 2-16	2.24	1.53	0.13	32.4	0.064	4.99
实施例 2-17	2.34	1.67	0.14	28.0	0.070	6.24
实施例 2-18	2.08	1.49	0.13	36.8	0.061	—
实施例 2-19	2.38	0.85	0.14	38.2	0.061	—
实施例 2-20	0.21	1.49	0.10	31.9	—	4.83
实施例 2-21	2.63	0.25	0.14	32.2	0.064	5.05
实施例 2-22	1.92	3.09	0.12	32.7	0.071	4.83
实施例 2-23	1.90	2.64	0.13	30.9	0.063	4.42
实施例 2-24	2.33	1.48	0.39	33.3	0.076	5.05
实施例 2-25	2.37	1.56	0.66	31.2	0.075	4.81
实施例 2-26	2.23	1.60	0.12	31.0	0.073	5.84
比较例 2-1	1.96	2.96	0.13	32.2	0.062	4.03
比较例 2-2	2.13	1.17	0.14	40.3	0.066	—

[0113] [表3]

[0114] (表3)

[0115]

	铸造用材料					
	组成(质量%)					
	C	Si	Mn	Ni	Mg	Co
实施例3-1	2.39	1.50	0.13	32.1	0.067	4.88
实施例3-2	2.47	1.67	0.12	31.5	0.079	4.97
实施例3-3	2.35	1.47	0.13	32.4	0.064	5.02
实施例3-4	2.39	1.50	0.13	32.1	0.067	4.88
实施例3-5	2.39	1.50	0.13	32.1	0.067	4.88
实施例3-6	2.39	1.50	0.13	32.1	0.067	4.88
实施例3-7	2.39	1.50	0.13	32.1	0.067	4.88
实施例3-8	2.34	1.67	0.14	28.0	0.070	6.24
实施例3-9	2.26	1.56	0.13	34.6	0.073	—
实施例3-10	0.21	1.49	0.10	31.9	—	4.83
实施例3-11	2.63	0.25	0.14	32.2	0.064	5.05
实施例3-12	1.92	3.09	0.12	32.7	0.071	4.83
实施例3-13	2.23	1.60	0.12	31.0	0.073	5.84
比较例3-1	2.26	1.56	0.13	34.6	0.073	—
比较例3-2	2.47	1.67	0.12	31.5	0.079	4.97
比较例3-3	2.13	1.17	0.14	40.3	0.066	—

[0116] 表4中示出了第一实施方式中的实施例的热处理条件和平均线膨胀系数、以及它们相对的比较例的热处理条件和平均线膨胀系数。表5中示出了第二实施方式中的实施例的热处理条件和平均线膨胀系数、以及它们相对的比较例的热处理条件和平均线膨胀系数。表6中示出了第三实施方式中的实施例的热处理条件和平均线膨胀系数、以及它们相对的比较例的热处理条件和平均线膨胀系数。表4至表6中,保持温度(°C)表示在热处理炉(热处理装置)内保持热处理对象物的温度。需要说明的是,热处理炉使用TEC Co.,Ltd.制的马弗炉“QUICK TEMPER”。另外,保持时间(小时)表示在使热处理炉内为该保持温度的状态下保持热处理对象物的时间。另外,冷却方法表示冷却热处理对象物的方法,炉冷是在热处理炉内逐渐冷却热处理对象物的方法,自然空冷是在热处理炉外的空气中冷却热处理对象物的方法,骤冷是将热处理对象物浸渍于水、油、使用干冰的冷却剂、液氮等中而迅速冷却的方法。另外,冷却终止温度(°C)表示终止基于该冷却方法的热处理对象物的冷却的温度。炉冷时的冷却终止温度是通过使热电偶的测温部与热处理炉内的热处理对象物接触而在热处理炉内测定的热处理对象物的表面温度。自然空冷和骤冷时的冷却终止温度是通过使热电偶的测温部与热处理炉外的热处理对象物接触而在热处理炉外测定的热处理对象物的表面温度。另外,冷却速度(°C/分钟)或(°C/秒)表示相对于开始热处理对象物的冷却至终止为止的时间的温度变化量。另外,平均线膨胀系数($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)是从对通过砂型铸造法铸造的热处理对象物实施规定的热处理后的铁铸件(Y形B号试验材料)采集线膨胀系

数测定试验片(直径6mm、长度25mm),对该试验片使用NETZSCH Japan株式会社制的热膨胀计“DIL 402Expedis Supreme”按照ASTM标准 (ASTM E228-17) 测定的值,表示以20℃为基准直至表4至表6中的各温度(50℃、100℃、150℃)的平均线膨胀系数。

[0117] [表4]

[0118]

表4

	热处理条件												平均线膨胀系数 (×10 ⁻⁶ /℃)			
	第一保持工序			第一冷却工序				二次冷却工序								
	第一保持工序			一次冷却工序				二次冷却工序					评价温度			
	第一保持温度 (℃)	第一保持时间 (小时)	冷却方法	一次冷却终止温度 (℃)	一次冷却速度 (℃/min)	冷却方法	第一冷却终止温度 (℃)	二次冷却速度 (℃/min)	二次冷却速度 (℃/s)							
实施例 1-1	1100	4	炉冷	900	6.22	炉冷	20.5	25858	430.97	20.5		3.03	3.11	3.38		
实施例 1-2	1100	4	炉冷	800	4.59	炉冷	24.7	12118	201.97	24.7		2.65	2.77	3.05		
实施例 1-3	1100	4	炉冷	700	3.81	炉冷	24.3	10003	166.72	24.3		2.43	2.63	2.97		
实施例 1-4	1100	4	炉冷	700	3.79	自然空冷	23.0	12	0.21	23.0		2.78	2.88	3.10		
实施例 1-5	1100	4	炉冷	600	3.12	炉冷	24.7	4934	82.23	24.7		2.64	2.76	3.08		
实施例 1-6	1100	4	炉冷	500	2.60	炉冷	26.9	11990	199.83	26.9		2.81	3.03	3.37		
实施例 1-7	1100	4	炉冷	400	2.22	炉冷	29.9	1801	30.02	29.9		3.08	3.22	3.58		
实施例 1-8	1100	4	炉冷	300	1.89	炉冷	16.0	1474	24.57	16.0		2.97	3.16	3.56		
实施例 1-9	1050	3	炉冷	300	1.93	自然空冷	22.0	12	0.20	22.0		3.31	3.46	3.75		
实施例 1-10	950	4	炉冷	700	4.43	炉冷	18.0	2472	41.19	18.0		2.96	3.25	3.81		
实施例 1-11	950	4	炉冷	700	4.26	自然空冷	18.0	22	0.36	18.0		3.39	3.58	4.01		
实施例 1-12	1200	4	炉冷	700	3.66	炉冷	25.0	3917	65.28	25.0		2.29	2.39	2.74		
实施例 1-13	1200	4	炉冷	700	3.73	自然空冷	20.0	20	0.34	20.0		2.37	2.55	2.71		
实施例 1-14	1100	1	炉冷	700	5.75	炉冷	25.0	2308	38.47	25.0		2.86	3.00	3.56		
实施例 1-15	1100	2	炉冷	700	4.55	炉冷	48.0	1153	19.21	48.0		2.56	2.81	3.34		
实施例 1-16	1100	10	炉冷	700	3.60	炉冷	25.0	3503	58.39	25.0		2.22	2.42	2.85		
实施例 1-17	1100	24	炉冷	700	3.56	炉冷	27.0	630	10.51	27.0		2.09	2.30	2.74		
实施例 1-18	1100	100	炉冷	700	3.82	炉冷	23.0	1137	18.95	23.0		2.46	2.68	3.08		
实施例 1-19	1100	4	炉冷	700	3.96	炉冷	18.0	1445	24.08	18.0		1.96	2.50	3.33		
实施例 1-20	1100	4	炉冷	700	4.31	炉冷	20.7	24377	406.28	20.7		2.60	3.03	3.77		
实施例 1-21	1100	4	炉冷	700	3.91	炉冷	25.0	1407	23.44	25.0		2.91	3.15	3.53		
实施例 1-22	1100	4	炉冷	700	3.80	炉冷	28.0	655	10.92	28.0		3.51	3.49	3.66		
实施例 1-23	1100	4	炉冷	700	4.01	炉冷	22.3	39556	659.26	22.3		1.66	1.86	2.37		
实施例 1-24	1100	4	炉冷	700	3.62	炉冷	24.7	4550	75.83	24.7		2.34	2.38	2.64		
实施例 1-25	1100	4	炉冷	700	3.42	炉冷	29.4	15501	258.36	29.4		3.32	3.50	3.96		
实施例 1-26	1100	4	炉冷	700	3.89	炉冷	35.0	1386	23.10	35.0		2.94	3.40	4.09		
实施例 1-27	1100	4	炉冷	700	3.41	炉冷	35.0	953	15.88	35.0		2.61	2.90	3.29		
实施例 1-28	1100	4	炉冷	700	3.85	炉冷	25.0	767	12.78	25.0		2.61	2.70	3.04		
实施例 1-29	1100	4	炉冷	700	3.76	炉冷	15.0	739	12.32	15.0		3.00	3.15	3.58		
实施例 1-30	1100	4	炉冷	700	3.92	炉冷	85.0	2006	33.44	85.0		2.45	2.83	2.97		
比较例 1-1	1100	4	炉冷	1000	13.99	炉冷	20.0	573	9.55	20.0		3.63	3.90	4.28		
比较例 1-2	1100	4	炉冷	200	1.61	炉冷	15.0	524	8.74	15.0		4.98	4.87	4.87		

[0119] [表5]

[0120]

[0121] [表6]

	热处理条件										平均线膨胀系数 (×10 ⁻⁶ /°C)			
	第一冷却工序					第二冷却工序					评价温度			
	第一保持温度 (°C)	第一保持时间 (小时)	冷却方法	冷却终止温度 (°C)	第一冷却速度 (°C/min)	第二保持温度 (°C)	第二保持时间 (小时)	冷却方法	冷却终止温度 (°C)	第二冷却速度 (°C/min)	第二冷却速度 (°C/s)	20°C-50°C	20°C-100°C	20°C-150°C
实施例 2-1	1100	4	自然空冷	22	30.83	900	2	水冷	18.0	1493.29	24.89	2.82	2.85	3.14
实施例 2-2	1100	4	自然空冷	22	29.57	800	2	水冷	16.0	2690.48	44.84	2.56	2.74	3.11
实施例 2-3	1100	4	自然空冷	25	29.69	700	2	水冷	25.0	5440.60	90.88	2.39	2.49	2.84
实施例 2-4	1100	4	自然空冷	22	30.20	600	2	水冷	18.0	432.34	7.21	2.59	2.82	3.18
实施例 2-5	1100	4	自然空冷	14	31.96	500	2	水冷	15.0	1124.36	18.74	3.30	3.55	3.98
实施例 2-6	1100	4	自然空冷	22	28.93	400	2	水冷	18.0	852.93	14.22	3.19	3.42	3.74
实施例 2-7	1100	4	自然空冷	22	29.53	300	2	水冷	20.0	1068.58	17.81	3.16	3.17	3.40
实施例 2-8	950	4	自然空冷	25	21.91	700	4	水冷	18.0	1453.09	24.22	2.95	3.26	3.77
实施例 2-9	1200	4	自然空冷	14	25.21	700	2	水冷	14.0	634.61	10.58	2.08	2.25	2.55
实施例 2-10	1100	1	自然空冷	15	37.00	700	1	水冷	14.0	3131.75	52.20	2.77	2.93	3.32
实施例 2-11	1100	1	自然空冷	15	37.00	700	2	水冷	14.0	2181.73	36.36	2.73	2.90	3.34
实施例 2-12	1100	1	自然空冷	15	37.00	700	4	水冷	14.0	4035.08	67.25	2.76	2.91	3.32
实施例 2-13	1100	2	自然空冷	12	31.56	700	2	水冷	12.0	720.47	12.01	2.50	2.68	3.06
实施例 2-14	1100	10	自然空冷	15	28.76	700	2	水冷	16.0	602.08	10.03	2.04	2.21	2.63
实施例 2-15	1100	24	自然空冷	25	29.00	700	2	水冷	14.0	1192.09	19.87	2.05	2.18	2.52
实施例 2-16	1100	100	自然空冷	23	19.23	700	2	水冷	30.0	1476.12	24.60	2.05	2.23	2.53
实施例 2-17	1100	4	自然空冷	28	30.27	700	2	水冷	20.0	2165.40	36.09	2.02	2.44	3.35
实施例 2-18	1100	4	自然空冷	15	30.96	700	2	水冷	18.0	642.24	10.70	2.78	3.07	3.47
实施例 2-19	1100	4	自然空冷	22	28.37	700	2	水冷	14.0	993.10	16.55	3.23	3.33	3.49
实施例 2-20	1100	4	自然空冷	28	26.43	700	2	水冷	20.0	1918.95	31.98	1.64	1.87	2.36
实施例 2-21	1100	4	自然空冷	28	27.19	700	2	水冷	20.0	1668.18	27.80	2.28	2.31	2.53
实施例 2-22	1100	4	自然空冷	28	29.08	700	2	水冷	20.0	1376.15	22.94	3.15	3.44	3.93
实施例 2-23	1100	4	自然空冷	25	31.70	700	2	水冷	18.0	1130.56	18.84	2.84	3.36	4.05
实施例 2-24	1100	4	自然空冷	15	14.80	700	2	水冷	21.0	991.47	16.52	2.45	2.65	3.02
实施例 2-25	1100	4	自然空冷	15	15.51	700	2	水冷	15.0	926.91	15.45	2.92	3.06	3.49
实施例 2-26	1100	4	自然空冷	28	28.13	700	2	水冷	20.0	1469.64	24.49	1.97	2.25	2.79
比较例 2-1	1100	4	自然空冷	20	30.94	1000	2	水冷	19.0	1595.63	26.59	3.54	3.78	4.15
比较例 2-2	1100	4	自然空冷	15	19.37	200	2	水冷	14.0	609.21	10.15	5.57	5.47	5.40

(表5)

[0122]

(表6)	热处理条件						平均线膨胀系数 (×10 ⁻⁶ /°C)		
	第一保持工序		第一冷却工序			评价温度			
	第一保持温度 (°C)	第一保持时间 (小时)	冷却方法	第一冷却终止温度 (°C)	第一冷却速度 (°C/min)	20°C-50°C	20°C-100°C	20°C-150°C	
实施例3-1	1100	4	炉冷	25	0.99	3.10	3.20	3.34	
实施例3-2	950	4	炉冷	25	0.86	3.64	3.90	4.30	
实施例3-3	1200	4	炉冷	45	1.15	2.74	2.80	2.93	
实施例3-4	1100	1	炉冷	20	0.95	3.63	3.63	3.77	
实施例3-5	1100	10	炉冷	20	0.82	3.07	3.13	3.20	
实施例3-6	1100	24	炉冷	20	0.87	3.20	3.38	3.53	
实施例3-7	1100	100	炉冷	20	0.89	2.95	3.02	3.08	
实施例3-8	1100	4	炉冷	75	1.27	2.79	3.26	3.94	
实施例3-9	1100	4	炉冷	22	1.23	3.80	4.16	4.84	
实施例3-10	1100	4	炉冷	20	1.20	2.34	2.48	2.57	
实施例3-11	1100	4	炉冷	75	1.27	3.06	2.99	3.03	
实施例3-12	1100	4	炉冷	12	1.23	3.73	4.11	4.49	
实施例3-13	1100	4	炉冷	12	1.20	2.77	2.90	3.23	
比较例 3-1	800	2	炉冷	20	0.89	4.53	5.02	5.58	
比较例 3-2	800	2	炉冷	50	0.86	3.89	4.17	4.53	
比较例 3-3	1300	0.5	炉冷	25	1.34	5.87	5.72	5.67	

[0123] (实施例1-1至实施例1-30与比较例1-1的比较)

[0124] 如表4所示,实施例1-1至实施例1-30的一次冷却终止温度为950 $^{\circ}\text{C}$ 以下,与此相对,比较例1-1的一次冷却终止温度为1000 $^{\circ}\text{C}$ 。如表4所示,实施例1-1至实施例1-30中,与比

较例1-1相比,20℃以上50℃以下的平均线膨胀系数、20℃以上100℃以下的平均线膨胀系数和20℃以上150℃以下的平均线膨胀系数分别降低。具体而言,实施例1-1至实施例1-30中,20℃以上50℃以下的平均线膨胀系数为 $3.51 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例1-1为 $3.63 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$),20℃以上100℃以下的平均线膨胀系数为 $3.58 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例1-1为 $3.90 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$),20℃以上150℃以下的平均线膨胀系数为 $4.09 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例1-1为 $4.28 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)。这样,实施例1-1至实施例1-30中,通过使一次冷却终止温度为950℃以下(特别是900℃以下),能够降低铁铸件的热膨胀。

[0125] (实施例1-1至实施例1-30与比较例1-2的比较)

[0126] 如表4所示,实施例1-1至实施例1-30的一次冷却终止温度为250℃以上,与此相对,比较例1-2的一次冷却终止温度为200℃。如表4所示,实施例1-1至实施例1-30中,与比较例1-2相比,20℃以上50℃以下的平均线膨胀系数、20℃以上100℃以下的平均线膨胀系数和20℃以上150℃以下的平均线膨胀系数分别降低。具体而言,实施例1-1至实施例1-30中,20℃以上50℃以下的平均线膨胀系数为 $3.51 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例1-2为 $4.98 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$),20℃以上100℃以下的平均线膨胀系数为 $3.58 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例1-2为 $4.87 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$),20℃以上150℃以下的平均线膨胀系数为 $4.09 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例1-2为 $4.87 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)。这样,实施例1-1至实施例1-30中,通过使一次冷却终止温度为250℃以上(特别是300℃以上),能够降低铁铸件的热膨胀。

[0127] (实施例2-1至实施例2-26与比较例2-1的比较)

[0128] 如表5所示,实施例2-1至实施例2-26的第二保持温度为950℃以下,与此相对,比较例2-1的第二保持温度为1000℃。如表5所示,实施例2-1至实施例2-26中,与比较例2-1相比,20℃以上50℃以下的平均线膨胀系数、20℃以上100℃以下的平均线膨胀系数和20℃以上150℃以下的平均线膨胀系数分别降低。具体而言,实施例2-1至实施例2-26中,20℃以上50℃以下的平均线膨胀系数为 $3.30 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例2-1为 $3.54 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$),20℃以上100℃以下的平均线膨胀系数为 $3.55 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例2-1为 $3.78 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$),20℃以上150℃以下的平均线膨胀系数为 $4.05 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例2-1为 $4.15 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)。这样,实施例2-1至实施例2-26中,通过使第二保持温度为950℃以下(特别是900℃以下),能够降低铁铸件的热膨胀。

[0129] (实施例2-1至实施例2-26与比较例2-2的比较)

[0130] 如表5所示,实施例2-1至实施例2-26的第二保持温度为250℃以上,与此相对,比较例2-2的第二保持温度为200℃。如表5所示,实施例2-1至实施例2-26中,与比较例2-2相比,20℃以上50℃以下的平均线膨胀系数、20℃以上100℃以下的平均线膨胀系数和20℃以上150℃以下的平均线膨胀系数分别降低。具体而言,实施例2-1至实施例2-26中,20℃以上50℃以下的平均线膨胀系数为 $3.30 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例2-2为 $5.57 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$),20℃以上100℃以下的平均线膨胀系数为 $3.55 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例2-2为 $5.47 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$),20℃以上150℃以下的平均线膨胀系数为 $4.05 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例2-2为 $5.40 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)。这样,实施例2-1至实施例2-26中,通过使第二保持温度为250℃以上(特别是300℃以上),能够降低铁铸件的热膨胀。

[0131] (实施例3-1至实施例3-13与比较例3-1的比较)

[0132] 如表6所示,实施例3-1至实施例3-13的第一保持温度为850℃以上,与此相对,比

较例3-1的第一保持温度为800℃。如表6所示,实施例3-1至实施例3-13中,与比较例3-1相比,20℃以上50℃以下的平均线膨胀系数、20℃以上100℃以下的平均线膨胀系数和20℃以上150℃以下的平均线膨胀系数分别降低。具体而言,实施例3-1至实施例3-13中,20℃以上50℃以下的平均线膨胀系数为 $3.80 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例3-1为 $4.53 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$),20℃以上100℃以下的平均线膨胀系数为 $4.16 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例3-1为 $5.02 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$),20℃以上150℃以下的平均线膨胀系数为 $4.84 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例3-1为 $5.58 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)。这样,实施例3-1至实施例3-13中,通过使第一保持温度为850℃以上(特别是950℃以上),能够降低铁铸件的热膨胀。

[0133] (实施例3-1至实施例3-13与比较例3-2的比较)

[0134] 如表6所示,实施例3-1至实施例3-13的第一保持温度为850℃以上,与此相对,比较例3-2的第一保持温度为800℃。如表6所示,实施例3-1至实施例3-13中,与比较例3-2相比,20℃以上50℃以下的平均线膨胀系数和20℃以上100℃以下的平均线膨胀系数分别降低。具体而言,实施例3-1至实施例3-13中,20℃以上50℃以下的平均线膨胀系数为 $3.80 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例3-2为 $3.89 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$),20℃以上100℃以下的平均线膨胀系数为 $4.16 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例3-2为 $4.17 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)。这样,实施例3-1至实施例3-13中,通过使第一保持温度为850℃以上(特别是950℃以上),能够降低铁铸件的热膨胀。

[0135] (实施例3-1至实施例3-13与比较例3-3的比较)

[0136] 如表6所示,实施例3-1至实施例3-13的第一保持温度为1250℃以下,与此相对,比较例3-3的第一保持温度为1300℃。如表6所示,实施例3-1至实施例3-13中,与比较例3-3相比,20℃以上50℃以下的平均线膨胀系数、20℃以上100℃以下的平均线膨胀系数和20℃以上150℃以下的平均线膨胀系数分别降低。具体而言,实施例3-1至实施例3-13中,20℃以上50℃以下的平均线膨胀系数为 $3.80 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例3-3为 $5.87 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$),20℃以上100℃以下的平均线膨胀系数为 $4.16 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例3-3为 $5.72 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$),20℃以上150℃以下的平均线膨胀系数为 $4.84 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例3-3为 $5.67 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)。这样,实施例3-1至实施例3-13中,通过使第一保持温度为1250℃以下(特别是1200℃以下),能够降低铁铸件的热膨胀。

[0137] (实施例3-9与比较例3-1和比较例3-3的比较)

[0138] 如表3所示,实施例3-9、比较例3-1和比较例3-3的铸造用材料不含有Co。另外,如表6所示,实施例3-9的第一保持温度为850℃以上1250℃以下,与此相对,比较例3-1的第一保持温度为800℃,比较例3-3的第一保持温度为1300℃。如表6所示,若对均不含有Co的实施例3-9与比较例3-1和比较例3-3进行比较,在实施例3-9中,与比较例3-1和比较例3-3相比,20℃以上150℃以下的平均线膨胀系数降低。具体而言,实施例3-9中,20℃以上150℃以下的平均线膨胀系数为 $4.84 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例3-1为 $5.58 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$,比较例3-3为 $5.67 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)。这样,实施例3-9中,通过不含有Co且使第一保持温度为850℃以上1250℃以下,能够降低高温下的铁铸件的热膨胀。

[0139] (实施例3-1至实施例3-8和实施例3-10至实施例3-13与比较例3-2的比较)

[0140] 如表3所示,实施例3-1至实施例3-8、实施例3-10至实施例3-13和比较例3-2的铸造用材料含有Co。另外,如表6所示,实施例3-1至实施例3-8和实施例3-10至实施例3-13的第一保持温度为850℃以上1250℃以下,与此相对,比较例3-2的第一保持温度为800℃。如

表6所示,若对均含有Co的实施例3-1至实施例3-8和实施例3-10至实施例3-13与比较例3-2进行比较,在实施例3-1至实施例3-8和实施例3-10至实施例3-13中,与比较例3-2相比,20℃以上150℃以下的平均线膨胀系数降低。具体而言,实施例3-1至实施例3-8和实施例3-10至实施例3-13中,20℃以上150℃以下的平均线膨胀系数为 $4.49 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下(比较例3-2为 $4.53 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)。这样,实施例3-1至实施例3-8和实施例3-10至实施例3-13中,通过含有Co且使第一保持温度为850℃以上1250℃以下,能够降低高温下的铁铸件的热膨胀。

[0141] 需要说明的是,本公开也能够采用下述构成。

[0142] (1)

[0143] 一种铁铸件,其为通过对使用奥氏体系的铸造用材料铸造的热处理对象物进行第一热处理而得到的铁铸件,其中,

[0144] 进行上述第一热处理包括在950℃以上1200℃以下的第一温度范围保持上述热处理对象物。

[0145] (2)

[0146] 如(1)所述的铁铸件,其中,在上述第一温度范围保持包括在1小时以上100小时以下的时间范围保持上述热处理对象物。

[0147] (3)

[0148] 如(1)或(2)所述的铁铸件,其中,在进行上述第一热处理之后,还包括对上述热处理对象物进行第二热处理,

[0149] 进行上述第二热处理包括将上述将热处理对象物冷却至300℃以上900℃以下的第二温度范围。

[0150] (4)

[0151] 如(3)所述的铁铸件,其中,冷却至上述第二温度范围包括在0.01℃/分钟以上20℃/分钟以下的冷却速度范围冷却上述热处理对象物。

[0152] (5)

[0153] 如(3)或(4)所述的铁铸件,其中,在进行上述第二热处理之后,还包括对上述热处理对象物进行第三热处理,

[0154] 进行上述第三热处理包括将上述热处理对象物冷却至0℃以上100℃以下的第三温度范围。

[0155] (6)

[0156] 如(5)所述的铁铸件,其中,冷却至上述第三温度范围包括在1℃/秒以上1000℃/秒以下的冷却速度范围冷却上述热处理对象物。

[0157] (7)

[0158] 如(1)至(6)中任一项所述的铁铸件,其中,上述铸造用材料包含26.0质量%以上42.0质量%以下的Ni,余部为Fe和不可避免的元素。

[0159] (8)

[0160] 如(7)所述的铁铸件,其中,上述铸造用材料还包含0.3质量%以上3.5质量%以下的C。

[0161] (9)

[0162] 如(7)或(8)所述的铁铸件,其中,上述铸造用材料还包含0.1质量%以上3.0质

量%以下的Si。

[0163] (10)

[0164] 如(7)至(9)中任一项所述的铁铸件,其中,上述铸造用材料还包含0.001质量%以上8.0质量%以下的Co。

[0165] (11)

[0166] 一种铁铸件的制造方法,其包括对使用奥氏体系的铸造用材料铸造的热处理对象物进行第一热处理,其中,

[0167] 进行上述第一热处理包括在950°C以上1200°C以下的第一温度范围保持上述热处理对象物。

[0168] (12)

[0169] 如(11)所述的制造方法,其中,在上述第一温度范围保持包括在1小时以上100小时以下的时间范围保持上述热处理对象物。

[0170] (13)

[0171] 如(11)或(12)所述的制造方法,其中,在进行上述第一热处理之后,还包括对上述热处理对象物进行第二热处理,

[0172] 进行上述第二热处理包括将上述热处理对象物冷却至300°C以上900°C以下的第二温度范围。

[0173] (14)

[0174] 如(13)所述的制造方法,其中,冷却至上述第二温度范围包括在0.01°C/分钟以上20°C/分钟以下的冷却速度范围冷却上述热处理对象物。

[0175] (15)

[0176] 如(13)或(14)所述的制造方法,其中,在进行上述第二热处理之后,还包括对上述热处理对象物进行第三热处理,

[0177] 进行上述第三热处理包括将上述热处理对象物冷却至0°C以上100°C以下的第三温度范围。

[0178] (16)

[0179] 如(15)所述的制造方法,其中,冷却至上述第三温度范围包括在1°C/秒以上1000°C/秒以下的冷却速度范围冷却上述热处理对象物。

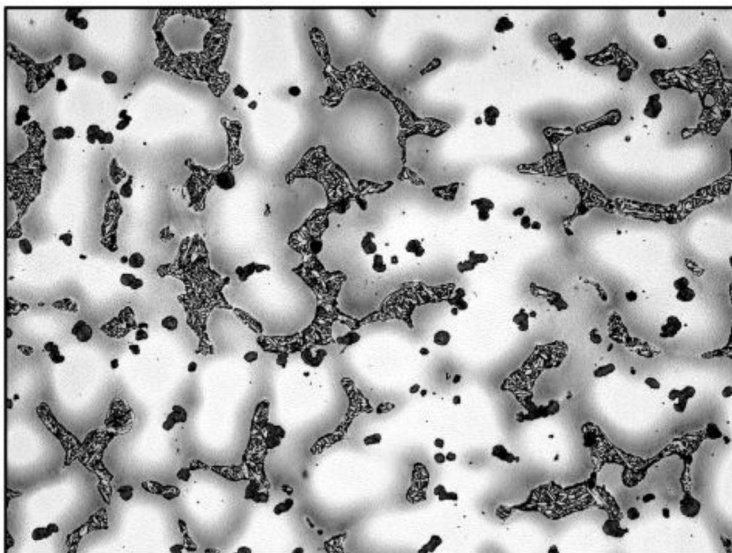


图1

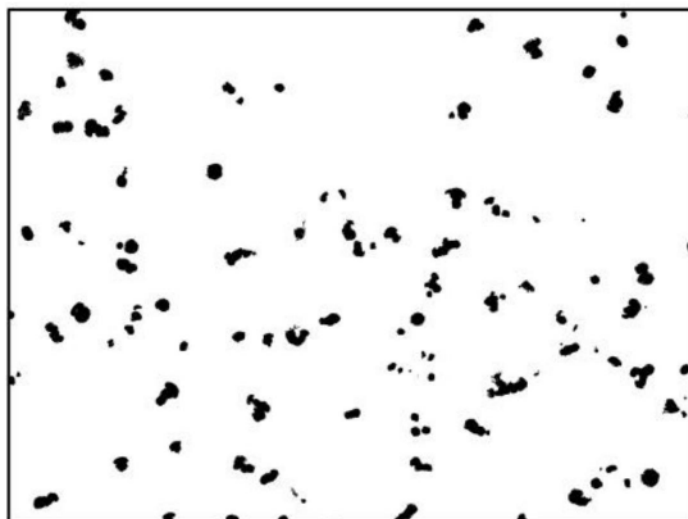


图2



图3

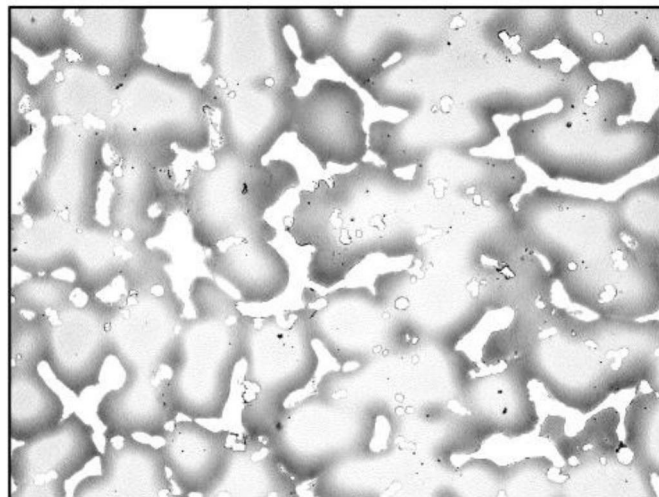


图4