



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102884208 A

(43) 申请公布日 2013. 01. 16

(21) 申请号 201180023173. X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011. 05. 12

G21D 9/00 (2006. 01)

(30) 优先权数据

G21D 6/00 (2006. 01)

2010-111204 2010. 05. 13 JP

C22C 38/00 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

F04D 29/28 (2006. 01)

2012. 11. 08

F04D 29/66 (2006. 01)

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2011/060949 2011. 05. 12

(87) PCT申请的公布数据

W02011/142423 JA 2011. 11. 17

(71) 申请人 三菱重工业株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 岩崎修吾 山田义和 得山伸一郎

大泽立弥 枪水诚一

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 雒运朴

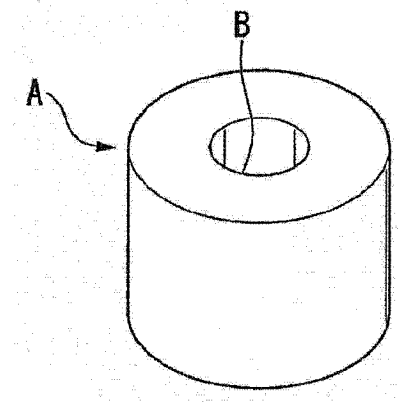
权利要求书 1 页 说明书 12 页 附图 5 页

(54) 发明名称

旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法、旋转机械部件用坯料、旋转机械部件以及离心式压缩机

(57) 摘要

该旋转机械部件用坯料的制造方法对于由二相不锈钢构成的坯料,至少实施固溶化处理,而制造出旋转机械部件用坯料(A),其中,所述固溶化处理在将坯料加热至950~1100℃的范围的温度之后,将从该温度到冷却至700℃的平均冷却速度设为20℃/min以上而进行冷却。



1. 一种旋转机械部件用坯料的制造方法,其是对由二相不锈钢构成的坯料,至少实施固溶化处理而制造旋转机械部件用坯料的方法,其中,

所述固溶化处理在将所述坯料加热至 950 ~ 1100°C 的范围的温度之后,将从该温度冷却至 700°C 的平均冷却速度设为 20°C /min 以上而进行冷却。

2. 根据权利要求 1 所述的旋转机械部件用坯料的制造方法,其中,所述固溶化处理中的平均冷却速度为 30°C /min 以上。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的旋转机械部件用坯料的制造方法,其中,对所述坯料实施了所述固溶化处理、机械加工及热处理之后,再以 530 ~ 570°C 的范围的温度实施退火处理。

4. 根据权利要求 3 所述的旋转机械部件用坯料的制造方法,其中,所述退火处理的时间设在 1 ~ 12h 的范围内。

5. 根据权利要求 1 ~ 4 中任一项所述的旋转机械部件用坯料的制造方法,其中,所述坯料为圆板状坯料,厚度尺寸为 300mm 以下。

6. 根据权利要求 5 所述的旋转机械部件用坯料的制造方法,其中,在所述圆板状的坯料上沿着厚度方向形成了贯通孔之后,实施所述固溶化处理。

7. 一种通过权利要求 1 ~ 6 中任一项所述的制造方法制造的旋转机械部件用坯料。

8. 一种通过对权利要求 7 所述的旋转机械部件坯料实施规定的加工处理而得到的旋转机械部件。

9. 一种旋转机械部件的制造方法,其是对由二相不锈钢构成的坯料,至少实施了固溶化处理之后,实施规定的加工处理而制造旋转机械部件的方法,其中,

所述固溶化处理在将所述坯料加热至 950 ~ 1100°C 的范围的温度之后,将从该温度冷却至 700°C 的平均冷却速度设为 20°C /min 以上而进行冷却。

10. 根据权利要求 9 所述的旋转机械部件的制造方法,其中,所述固溶化处理中的平均冷却速度为 30°C /min 以上。

11. 根据权利要求 9 或 10 所述的旋转机械部件的制造方法,其中,对所述坯料实施了规定的加工处理之后,再以 530 ~ 570°C 的范围的温度实施退火处理。

12. 根据权利要求 11 所述的旋转机械部件的制造方法,其中,所述退火处理的时间设在 1 ~ 12h 的范围内。

13. 根据权利要求 9 ~ 12 中任一项所述的旋转机械部件的制造方法,其中,所述坯料为圆板状坯料,厚度尺寸为 300mm 以下。

14. 根据权利要求 13 所述的旋转机械部件的制造方法,其中,在所述圆板状的坯料上沿着厚度方向形成了贯通孔之后,实施所述固溶化处理。

15. 一种通过权利要求 9 ~ 14 中任一项所述的制造方法制造的旋转机械部件。

16. 一种具备权利要求 8 或 15 所述的旋转机械部件的旋转机械。

17. 一种离心式压缩机,其具备叶轮,该叶轮为权利要求 8 或 15 所述的旋转机械部件。

旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法、旋转机械部件用坯料、旋转机械部件以及离心式压缩机

[0001] 件用坯料、旋转机械部件以及离心式压缩机

技术领域

[0002] 本发明涉及旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法、旋转机械部件用坯料、旋转机械部件以及离心式压缩机。

[0003] 本申请基于 2010 年 5 月 13 日向日本提出申请的特愿 2010-111204 号而主张优先权,并将其内容援引于此。

背景技术

[0004] 以往,例如离心式压缩机等的旋转机械使用于向燃气轮机中的涡轮供给气体、或在从油田的原油开采时向地中注入气体的处理等。由于在这种旋转机械中使用的部件上作用有大的负载,因此例如叶轮等旋转机械部件的材质使用高强度的金属材料。

[0005] 另一方面,在油井环境等使用的离心式压缩机中,在作为供给流体的处理气体中含有较多的促进金属材料的腐蚀的成分例如硫化氢 (H_2S)、二氧化碳 (CO_2) 或氯 (Cl) 等,叶轮与溶解了这些气体的腐蚀水溶液发生接触。因此,在离心式压缩机的驱动时作用有大负载的叶轮中,由于上述那样的腐蚀成分而发生腐蚀,进而发生应力腐蚀破裂而可能会达到断裂。

[0006] 作为能够耐受上述那样的油井环境的材料,列举出例如奥氏体系不锈钢或 Ni 基合金等,这些金属材料使用于油井管等。然而,由于这些材料的强度低,因此有在离心式压缩机的叶轮等使用于旋转机械的部件中无法适用的问题。

[0007] 因此,以往,作为离心式压缩机的叶轮用的材料,适用例如 17-4PH 等析出硬化马氏体系不锈钢、SUSF6NM 等马氏体系不锈钢等。然而,这些材料的耐腐蚀性并不高,与上述同样地,可能因腐蚀成分而发生腐蚀或应力腐蚀破裂。

[0008] 另外,作为叶轮使用的金属材料,提出了采用与具有耐腐蚀性的 SUS329J4L 类似的材料等(例如,参照非专利文献 1)。然而,即便使用非专利文献 1 记载的材料,当流体中含有的腐蚀成分的比例升高时,与上述同样地可能发生腐蚀或应力腐蚀破裂。

[0009] 另外,作为叶轮的材料,考虑采用兼具耐腐蚀性和强度的 Inconel718 等析出硬化 Ni 基合金。然而,上述那样的析出硬化 Ni 基合金造价高,存在制造成本上升的问题。

[0010] 在此,二相不锈钢已知在实用上具有充分的耐腐蚀性及强度,为比较廉价的金属材料(例如,参照专利文献 1~3)。因此,近年来,作为离心式压缩机的叶轮等的旋转机械部件用的材料,优选使用二相不锈钢。

[0011] 然而,在将上述那样的二相不锈钢使用于叶轮等旋转机械部件时,存在以下说明的问题。

[0012] 首先,就二相不锈钢而言,在部件制造时的焊接处理或各种热处理工序等中,在以

450 ~ 1000℃左右的温度进行等温保持或慢冷却时,会产生 475℃脆性或 σ 脆性。因此,坯料的韧性下降,在该部件的制造工序或离心式压缩机等的旋转机械的运转时,存在容易发生破裂的问题。

[0013] 另外,对由二相不锈钢构成的坯料实施固溶化处理,接着,在进行了部件制造时的焊接处理或机械加工处理之后进行的退火处理中,为了有效地除去残余应力,已知通常优选尽可能以高温进行加热。

[0014] 然而,在高温下保持二相不锈钢坯料时,会产生 475℃脆性或 σ 脆性,因此与上述同样地有在该部件的制造工序或旋转机械的运转时容易发生破裂的问题(参照图 9 的图形)。因此,以往,在焊接处理或机械加工处理之后进行的退火处理中,在通常的热处理时间内,以残余应力的除去不充分的 300 ~ 400℃的温度进行热处理。

[0015] 【在先技术文献】

[0016] 【专利文献】

[0017] 【专利文献 1】日本特公昭 58-053062 号公报

[0018] 【专利文献 2】日本特公昭 59-014099 号公报

[0019] 【专利文献 3】日本国专利第 3227734 号公报

[0020] 【非专利文献】

[0021] 【非专利文献 1】Francois Millet 另外, SUPERDUPLEX

[0022] STAINLES S STEEL USE IN MANUFACTURING HIGHLY SOURGAS CENTRIFUGAL COMPRESSORS,“THE AMERICAN SOCIETYOF MECHANICAL ENGINEERS”,美利坚合众国,1996年, 96-GT-272

发明内容

[0023] 【发明要解决的课题】

[0024] 在此,本发明者等经过仔细研究,发现了如图 9 的图形所示,在以 300 ~ 400℃的温度进行二相不锈钢的退火处理时,能得到高韧性(参照图形中的实线),而难以除去残余应力(参照图形中的虚线)。因此,以上述条件实施了退火处理的叶轮等旋转机械部件成为内部保持有高残余应力的状态,在旋转机械的运转时,可能会发生龟裂或疲劳破坏等。

[0025] 相对于此,在以 400℃以上的温度进行二相不锈钢的退火处理时,虽然残余应力充分减少,但韧性下降。因此,以上述条件实施了退火处理的叶轮等旋转机械部件与上述同样地有在该部件的制造工序或旋转机械的运转时容易发生破裂的问题。

[0026] 另外,以往,在制造旋转机械部件时,在坯料供给源处对金属材料坯料进行铸造及锻造处理,由此暂时制造出圆棒状的钢锭。然后,在部件加工源中,通过对钢锭实施自由锻造及模具锻造等,而形成成为叶轮形状等的旋转机械部件。在此,当钢锭的直径过大时,在固溶化处理中,厚壁坯料的中心附近的冷却速度变慢,因此在二相不锈钢中,存在脆化相析出的可能性。因此,通常,钢锭的最大直径为 300mm 左右,通过使从坯料表面到中心部的尺寸为一定以下来确保冷却速度,防止固溶化处理中的脆化相的析出。然而,如上述那样,在钢锭的直径为 300mm 以下时,在部件加工源处,有通过锻造处理而形成的叶轮的形状受制约的问题。

[0027] 本发明鉴于上述课题而作出,其目的在于提供一种能够制造出实现低残余应力和

高韧性这两者,即使在供给含有腐蚀成分的流体的情况下,也能抑制腐蚀和应力腐蚀破裂的发生的旋转机械部件的旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法、旋转机械部件用坯料、旋转机械部件以及离心式压缩机。

[0028] 【用于解决课题的手段】

[0029] 为了解决上述课题,在本发明中,采用以下的结构。

[0030] 即,本发明的第一方式的旋转机械部件用坯料的制造方法对由二相不锈钢构成的坯料,至少实施固溶化处理而制造旋转机械部件用坯料,其特征在于,所述固溶化处理在将所述坯料加热至 950 ~ 1100℃ 的范围的温度之后,将从该温度冷却至 700℃ 的平均冷却速度设为 20℃ /min 以上而进行冷却。

[0031] 另外,在所述旋转机械部件用坯料的制造方法中,更优选将所述平均冷却速度设为 30℃ /min 以上。

[0032] 根据上述结构的旋转机械部件用坯料的制造方法,通过设为上述条件而进行固溶化处理,能够制造出抑制脆化相的析出且具备高韧性的旋转机械部件用坯料。

[0033] 另外,本发明的第二方式的旋转机械部件用坯料的制造方法的特征在于,对所述坯料实施了所述固溶化处理、机械加工及热处理之后,再以 530 ~ 570℃ 的范围的温度实施退火处理。

[0034] 另外,本发明的第三方式的旋转机械部件用坯料的制造方法的特征在于,所述退火处理的时间设为 1 ~ 12h,更优选设为 4 ~ 8h 的范围。

[0035] 根据上述结构的旋转机械部件用坯料的制造方法,通过进行上述条件的退火处理,能够制造出坯料的残余应力减少且具有高韧性的旋转机械部件用坯料。

[0036] 另外,本发明的第四方式的旋转机械部件用坯料的制造方法的特征在于,所述坯料为圆板状坯料,厚度尺寸为 300mm 以下。

[0037] 另外,本发明的第五方式的旋转机械部件用坯料的制造方法的特征在于,在所述圆板状的坯料上沿着厚度方向形成了贯通孔之后,实施所述固溶化处理。

[0038] 根据上述结构的旋转机械部件用坯料的制造方法,通过由二相不锈钢材料的铸块,直接锻造至近似于旋转机械部件的尺寸形状而进行坯料形成,从而能够制造出抑制脆化相的析出而韧性优异,可构成厚壁且大径的旋转机械部件的旋转机械部件用坯料。

[0039] 另外,本发明的第六方式的旋转机械部件用坯料的特征在于,通过上述制造方法来制造。

[0040] 另外,本发明的第七方式的旋转机械部件的特征在于,通过对上述旋转机械部件坯料实施规定的加工处理而得到。

[0041] 根据上述结构的旋转机械部件用坯料以及旋转机械部件,由于是通过上述制造方法得到的旋转机械部件用坯料,而且使用该旋转机械部件用坯料而得到的旋转机械部件,因此能够同时实现低残余应力和高韧性。

[0042] 另外,本发明的第八方式的旋转机械部件的制造方法对由二相不锈钢构成的坯料,至少实施了固溶化处理之后,实施规定的加工处理而制造出旋转机械部件,其特征在于,所述固溶化处理在将所述坯料加热至 950 ~ 1100℃ 的范围的温度之后,将从该温度冷却至 700℃ 的平均冷却速度设为 20℃ /min 以上而进行冷却。

[0043] 另外,在所述旋转机械部件的制造方法中,更优选将所述平均冷却速度设为

30°C /min 以上。

[0044] 根据上述结构的旋转机械部件的制造方法,与上述同样地,通过设为上述条件而进行固溶化处理,能够制造出抑制脆化相的析出且具备高韧性的旋转机械部件。

[0045] 另外,本发明的第九方式的旋转机械部件的制造方法的特征在于,对所述坯料实施了机械加工及根据需要的焊接处理之后,再以 530 ~ 570°C 的范围的温度实施退火处理。

[0046] 另外,本发明的第十方式的旋转机械部件的制造方法的特征在于,所述退火处理的时间设在 1 ~ 12h 的范围内。

[0047] 根据上述结构的旋转机械部件的制造方法,通过进行上述条件的退火处理,与上述同样地,能够制造出坯料的残余应力减少且具有高韧性的旋转机械部件。

[0048] 另外,本发明的第十一方式的旋转机械部件的制造方法的特征在于,所述坯料为圆板状坯料,厚度尺寸为 300mm 以下。

[0049] 另外,本发明的第十二方式的旋转机械部件的制造方法的特征在于,在所述圆板状的坯料上沿着厚度方向形成了贯通孔之后,实施所述固溶化处理。

[0050] 根据上述结构的旋转机械部件的制造方法,与上述同样地,通过由二相不锈钢材料的铸块,直接锻造至近似于旋转机械部件的尺寸形状而形成了坯料之后,实施各种加工处理,由此,抑制脆化相的析出而韧性优异,能构成厚壁且大径的旋转机械部件。

[0051] 另外,本发明的第十三方式的旋转机械部件的特征在于,通过上述制造方法来制造。

[0052] 根据上述结构的旋转机械部件,由于通过上述制造方法能得到,因此能够同时实现低残余应力和高韧性。

[0053] 另外,本发明的第十四方式的旋转机械的特征在于,具备上述旋转机械部件。

[0054] 另外,本发明的第十五方式的离心式压缩机的特征在于,上述旋转机械部件是叶轮,所述离心式压缩机具备该叶轮。

[0055] 根据上述结构的旋转机械以及离心式压缩机,由于具备通过上述制造方法而得到的旋转机械部件(叶轮),因此能抑制因腐蚀成分而产生的腐蚀或应力腐蚀破裂,能够防止运转时的破裂等的发生。

[0056] 【发明效果】

[0057] 根据本发明的方式的旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法,通过上述结构,能够制造出抑制脆化相的析出且具备高韧性的旋转机械部件用坯料及使用该旋转机械部件用坯料的旋转机械部件。此外,在通过上述结构的制造方法而实施退火处理时,能够制造出坯料的残余应力减少且具有高韧性的旋转机械部件用坯料及使用该旋转机械部件用坯料的旋转机械部件。

[0058] 另外,根据本发明的方式的旋转机械以及离心式压缩机,由于使用通过上述制造方法得到的旋转机械部件、叶轮,因此能抑制因腐蚀成分而产生的腐蚀或应力腐蚀破裂,能够防止机械运转时的破裂等的发生。

附图说明

[0059] 图 1 是示意性地说明本发明的实施方式的旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法、旋转机械部件用坯料、旋转机械部件以及离心式压缩机的一例的

图,是表示使用旋转机械部件的一例的叶轮而成的离心式压缩机的概略剖视图。

[0060] 图 2 是示意性地说明本发明的实施方式的旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法、旋转机械部件用坯料、旋转机械部件以及离心式压缩机的一例的图,是表示图 1 所示的离心式压缩机具备的旋转机械部件的一例即叶轮的中间件状态的概略立体图。

[0061] 图 3 是示意性地说明本发明的实施方式的旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法、旋转机械部件用坯料、旋转机械部件以及离心式压缩机的一例的图,是表示坯料的韧性及残余应力相对于退火温度的关系的图形。

[0062] 图 4 是示意性地说明本发明的实施方式的旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法、旋转机械部件用坯料、旋转机械部件以及离心式压缩机的一例的图,是表示从钢材铸块直接锻造而形成至近似于旋转机械部件的尺寸形状时的旋转机械部件用坯料的概略剖视图。

[0063] 图 5 是示意性地说明本发明的实施方式的旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法、旋转机械部件用坯料、旋转机械部件以及离心式压缩机的一例的图,是表示对旋转机械部件用坯料进行水冷时的处理时间与温度的关系的冷却曲线(冷却速度)图形。

[0064] 图 6 是示意性地说明本发明的实施方式的旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法、旋转机械部件用坯料、旋转机械部件以及离心式压缩机的一例的图,是表示固溶化处理中的平均冷却速度与坯料的 α 相(脆化相)面积比率的关系的图形。

[0065] 图 7 是示意性地说明本发明的实施方式的旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法、旋转机械部件用坯料、旋转机械部件以及离心式压缩机的一例的图,是表示 1050℃ 至 700℃ 之间的必要冷却速度及热处理最大厚度与耐点腐蚀性指数(P. I. 值)的关系的图形。

[0066] 图 8 是示意性地说明本发明的实施方式的旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法、旋转机械部件用坯料、旋转机械部件以及离心式压缩机的一例的图,是表示退火温度与坯料的夏比冲击值的关系的图形。

[0067] 图 9 是说明以往的旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法的图,是表示坯料的韧性及残余应力的相对于退火温度的关系的图形。

具体实施方式

[0068] 以下,以离心式压缩机使用的叶轮的制造方法为例,适当参照图 1~图 8 说明本发明的实施方式的旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法、旋转机械部件用坯料、旋转机械部件以及离心式压缩机。

[0069] 需要说明的是,在以下的说明中参照的各附图主要是用于说明在离心式压缩机中使用的叶轮(旋转机械部件)的附图,图示的各部分的大小、厚度、尺寸等有时与实际尺寸关系不同。

[0070] [离心式压缩机(旋转机械)]

[0071] 图 1 是表示使用通过本实施方式的制造方法得到的叶轮(旋转机械部件)1 而成

的离心式压缩机的一例的剖视图。该离心式压缩机 10 对作为流体的处理气体 G 进行压缩。离心式压缩机 10 具备：成为外廓的壳体 11；由该壳体 11 支承为能够旋转而借助未图示的驱动部进行旋转的转子 12；在壳体 11 内部且在转子 12 上同轴地安装的多个叶轮 1。在此，作为使转子 12 旋转的驱动部，根据用途可以选择电动马达、涡轮等各种结构。

[0072] 图 1 所示的例子离心式压缩机 10 在壳体 11 的两侧分别设有径向轴承 11a 及推力轴承 11b。转子 12 的旋转轴 12a 由所述径向轴承 11a 及推力轴承 11b 支承为能够旋转。而且，壳体 11 在转子 12 及叶轮 1 的周围且在各叶轮 1 之间形成连续的多个工作室 11c，并且在其两侧设有与工作室 11c 连通的、供处理气体 G 流入的吸入口 11d 和供处理气体 G 流出的喷出口 11e。

[0073] 在上述结构的离心式压缩机 10 中，通过旋转运动而对处理气体 G 进行压缩的叶轮 1 与从吸入口 11d 流入的处理气体 G 以及该处理气体 G 所溶解的水溶液等发生接触。

[0074] 『叶轮（旋转机械部件）』

[0075] 叶轮 1 在图 1 所示的例子中，在大致圆板状的主体部 1a 竖立设置有放射状的多个叶片 1b，在该叶片 1b 的前端安装有护罩 1c。

[0076] 并且，通过主体部 1a、护罩 1c、由相邻的叶片 1b 彼此而形成的流路 1d，压缩对象的流体即处理气体 G 能够在径向内侧沿着轴向流入，且能够朝向径向外侧排出。

[0077] 作为形成叶轮 1 的叶轮材料，由于在压缩处理气体 G 时作用有大负载，因此通常选择不锈钢等高强度的金属材料。而且，如后所述，在处理气体 G 含有腐蚀成分那样的油井环境下使用时，优选采用二相不锈钢等的具有强度及耐腐蚀性这两者的金属材料。需要说明的是，作为在本实施方式中使用的二相不锈钢，列举出例如与 SUS329J1、SUS329J3L、以及 SUS329J4L 相当材料等。

[0078] 本实施方式的叶轮 1 是对通过后述的制造方法得到的旋转机械部件用坯料，至少实施机械加工，并根据需要而实施焊接处理，或者通过后述的旋转机械部件的制造方法而得到的。

[0079] [旋转机械部件用坯料的制造方法]

[0080] 以下，以用于形成上述的叶轮 1 的坯料为例，说明本实施方式的旋转机械部件用坯料的制造方法。

[0081] 本实施方式的旋转机械部件用坯料（参照图 4 的符号 A）的制造方法是对由二相不锈钢构成的坯料至少实施固溶化处理的方法。该固溶化处理是在将所述坯料加热至 950 ~ 1100℃ 的范围的温度之后，将从该温度冷却至 700℃ 的平均冷却速度设为 20℃ /min 以上而进行冷却的方法。

[0082] 作为在本实施方式的制造方法中使用的由二相不锈钢构成的坯料，并未特别限定，但从强度及耐腐蚀性的点出发，优选使用上述那样的由与 SUS329J1、SUS329J3L 以及 SUS329J4L 相当的材料等构成的坯料。

[0083] 本实施方式的制造方法首先从由上述金属材料构成的铸块，形成例如被称为钢锭的棒状的坯料、或后述那样的厚度为规定范围的圆筒状的坯料。然后，对该坯料实施以下说明的各种热处理，由此来改善其机械特性。

[0084] 在此，在本实施方式中说明的固溶化处理是在高温加热至合金固有的温度之后，进行骤冷的处理，由此使低温下通常析出的合金元素保持为固溶于基本金属元素的状态，

从而提高合金的机械特性的处理。该固溶化处理被称为固溶化处理或淬火处理。通过进行这种固溶化处理,能够提高金属材料的韧性。

[0085] 需要说明的是,在不锈钢的情况下,固溶化处理中的高温加热温度通常为 950 ~ 1100℃ 的范围,更优选为大致 1050℃ 的温度。在本实施方式的制造方法中,以上述温度将坯料加热而进行固溶化处理,由此抑制 475℃ 脆性或 σ 脆性等脆化相析出到坯料中的情况,从而能够制造出具备高韧性的旋转机械部件用坯料。当固溶化处理中的加热温度偏离上述温度范围时,可能难以得到上述的淬火效果。

[0086] 另外,在本实施方式的固溶化处理中,在将高温加热至上述温度的坯料从该温度冷却至 700℃ 时,优选将平均冷却速度设为 20℃ /min 以上,更优选设为 30℃ /min 以上。通过将固溶化处理中的平均冷却速度设为上述速度,与平均冷却速度慢的情况相比,能够有效地抑制 σ 脆化相的析出,从而能够提高坯料的韧性(参照图 6 及图 7 所示的图形)。作为此时的冷却方法,能够毫无任何限制地采用基于水冷的方法。

[0087] 当固溶化处理中的平均冷却速度小于 20℃ /min 时,析出到坯料中的 σ 脆化相增加,坯料的韧性下降。

[0088] 另外,在本实施方式的旋转机械部件用坯料的制造方法中,更优选在对坯料实施了上述条件的固溶化处理之后,再以 530 ~ 570℃ 的范围的温度实施退火处理。通过对坯料实施基于上述温度条件的退火处理,从而能够制造出坯料的残余应力减少且具有高韧性的旋转机械部件用坯料。

[0089] 本发明者等对旋转机械部件用坯料的制造工序中的退火处理进行了仔细研究。其结果是,发现了如图 3 的图形所示,通过使退火处理中的温度为 530 ~ 570℃ 的范围,能够确保高的坯料韧性且残余应力充分减少。

[0090] 当退火处理的温度小于 530℃ 时,如图 3 所示,虽然坯料的韧性升高,但残余应力未减少,而可能成为强度特性低的坯料。而且,当退火处理的温度超过 570℃ 时,虽然坯料中的残余应力减少,但韧性也下降,因此在制造工序或运转时可能容易产生破裂等。

[0091] 另外,从能更稳定地得到上述效果的点出发,优选退火处理中的温度大致为 550℃ 左右。

[0092] 另外,作为在上述温度条件下进行退火处理的时间,优选为 1 ~ 12h 的范围,更优选为 4 ~ 8h 的范围。使温度为上述范围,而且使处理时间为上述范围进行退火处理,由此,能够稳定地得到上述那样的、坯料中的残余应力的减少和韧性提高这两个效果。而且,作为在上述温度条件下进行退火处理的时间,更优选为大致 4h 左右。

[0093] 另外,在本实施方式中,更优选的是,由上述金属材料构成的坯料为圆板状坯料,厚度尺寸为 300mm 以下(参照图 4 中的旋转机械部件用坯料 A)。

[0094] 在本实施方式中说明的离心式压缩机用的叶轮等那样的在旋转机械中使用的旋转机械部件通常在旋转轴方向上的厚度为大致 300mm 以下。在本实施方式中,首先,由作为二相不锈钢材料的铸块,直接锻造为近似于叶轮(旋转机械部件)1 的尺寸形状而坯料形成后,实施上述条件的固溶化处理,从而更容易得到上述的固溶(淬火)效果。由此,能够制造出抑制脆化相的析出、韧性优异、可构成厚壁且大径的叶轮(旋转机械部件)的旋转机械部件用坯料 A。

[0095] 以往,在制造旋转机械部件时,将通过锻造或机械加工等而成形的薄壁的构件分

别利用焊接进行接合,由此进行制造。这种情况下,由于使用薄板或小径棒状的钢锭作为坯料,因此在坯料的锻造或热处理阶段,脆化相析出的可能性低。另一方面,在大径的叶轮或加工流路孔的一体型的叶轮中,需要厚壁的坯料,但这种情况下,固溶化处理中的厚壁坯料的中心附近的冷却速度变慢,所以脆化相会析出。因此,旋转机械部件的韧性下降,在制造时或完成后的运转时可能会发生破裂等。

[0096] 在本实施方式的制造方法中,首先,将固溶化处理中的平均冷却速度规定为能够有效地防止脆化相的析出的速度。并且,在本实施方式中,更优选的是,在规定了上述平均冷却速度的基础上,在基于水冷等的淬火(固溶化处理中的冷却)中设为能够满足上述平均冷却速度的壁厚,并将坯料的最大壁厚限制为 300mm。通过使用这种坯料,能够制造出脆化相未析出且具有高韧性的叶轮(旋转机械部件)。

[0097] 此外,在本实施方式中,进一步优选的是,如图 4 所示的例子那样,对形成为上述尺寸及形状的圆板状的坯料 A,在厚度方向上形成了贯通孔(轮毂孔)B 之后,实施上述条件的固溶化处理。如此,通过预先在圆板状的坯料 A 上形成贯通孔 B,而如图 5 的图形所示,固溶化处理中的冷却速度提高,因此更稳定地得到上述的脆化相析出的抑制效果。需要说明的是,在图 5 的图形中,在具有贯通孔 B 的情况和没有贯通孔的情况下 分别表示 2 条曲线,这表示在旋转机械部件用坯料的厚度方向上改变了测定位置的情况。

[0098] [叶轮(旋转机械部件)的制造方法]

[0099] 以下,与上述同样地,以形成使用于离心式压缩机 10 的叶轮 1 的情况为例,说明本实施方式的叶轮(旋转机械部件)的制造方法。需要说明的是,在以下的说明中,对例如各种热处理条件等与上述的本实施方式的旋转机械部件用坯料的制造方法共通的结构,省略其详细说明。

[0100] 本实施方式的叶轮(参照图 1 中的叶轮 1 及图 2 的叶轮中间件 1A)的制造方法是对由二相不锈钢构成的坯料至少实施了固溶化处理之后,实施机械加工并根据需要而实施焊接处理的方法。所述固溶化处理是将坯料加热至 950 ~ 1100℃ 的范围的温度之后,将从该温度冷却至 700℃ 的平均冷却速度设为 20℃ /min 以上而进行冷却的方法。

[0101] 本实施方式的叶轮的制造方法中的固溶化处理设为与上述的旋转机械部件用坯料的制造方法同样的条件。在本实施方式中,在上述同样的条件下对坯料实施了固溶化处理之后,适当实施规定的加工处理例如机械加工、塑性加工或焊接处理等而形成叶轮 1,由此能够制造出抑制 475℃ 脆性或 σ_c 脆性等的脆化相析出到坯料中的情况且具备高韧性的叶轮 1。而且,在本实施方式中,更优选将固溶化处理中的平均冷却速度设为 30℃ /min 以上。

[0102] 另外,在本实施方式中,更优选的是,对固溶化处理后的坯料实施了上述那样的规定的加工处理之后,再以与上述的旋转机械部件用坯料的制造方法同样的条件的 530 ~ 570℃ 的范围的温度,实施退火处理。而且,进一步优选将基于上述温度的退火处理的时间设在 1 ~ 12h 的范围内。

[0103] 通过设为这种方法,构成叶轮 1 的坯料内部的残余应力减少,且能够制造出具有高韧性的叶轮 1。

[0104] 此外,在本实施方式中,与上述的旋转机械部件用坯料的制造方法同样地,更优选的是,坯料为圆板状坯料且其厚度尺寸为 300mm 以下。在本实施方式中的方法为,由金属材

料的铸块,不进行中途冷却,而直接锻造处理至接近叶轮 1 的形状的圆板状并形成厚度方向上的尺寸为最大 300mm 的坯料之后,实施固溶化处理和各种加工处理而制造旋转机械部件,因此,能够丝毫不受径向的形状的制约地形成叶轮形状。而且,根据本实施方式,与上述同样地,能够制造出固溶化处理中的冷却速度和温度分布没有变动、抑制脆化相的析出且具备优异的韧性的叶轮(旋转机械部件)1。

[0105] 此外,在本实施方式中,与上述同样地,更优选的是,如图 4 所示的例子那样,在圆板状的坯料 A 上沿着厚度方向形成了贯通孔 B 之后,实施上述条件的固溶化处理。通过设为这种方法,与上述同样地,固溶化处理中的冷却速度提高,因此能更加稳定地得到上述的脆化相析出的抑制效果。

[0106] 在本实施方式的叶轮 1 的制造方法中,通过上述那样的工序,对由二相不锈钢构成的坯料,除了实施各种热处理之外,还实施机械加工、塑性加工或焊接处理等加工处理,由此进行粗加工,从而能够制造出图 2 所示的叶轮中间件 1A。

[0107] 并且,在本发明的实施方式的制造方法中,进行通过上述方法得到的叶轮中间件 1A 的超声波探伤试验(UT:ultrasonic test)及磁性探伤试验(MT:magnetic test)。然后,对叶轮中间件 1A,进行了气体流路放电加工及精加工研磨之后,实施外周加工,由此形成图 1 中所示的叶轮 1。然后,对该叶轮 1 再次进行了上述那样的磁性探伤试验(MT)之后,进行平衡旋转测试作为最终试验。在本发明的实施方式的制造方法中,关于对叶轮中间件 1A 进行的上述各工序及试验,可以采用现有公知的方法。

[0108] 以上,参照附图详细叙述了本发明的实施方式的旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法、旋转机械部件用坯料、旋转机械部件、旋转机械以及离心式压缩机,但本发明的具体的结构并未限定于该实施方式,也包括不脱离本发明的主旨的范围的设计变更等。

[0109] 另外,在本实施方式中,作为旋转机械部件用坯料及旋转机械部件,以上述那样的离心式压缩机用的叶轮为例进行说明,作为旋转机械,说明离心式压缩机,但本发明并未限定于此。例如,在各种压缩泵具备的叶轮或转子等中,也能够适用本发明。

[0110] 如以上说明那样,根据本发明的实施方式的旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法,能够制造出抑制脆化相的析出且具备高韧性的旋转机械部件用坯料及使用该旋转机械部件用坯料的旋转机械部件。此外,在通过上述制造方法实施了退火处理的情况下,能够制造出坯料的残余应力减少且具有高韧性的旋转机械部件用坯料及使用该旋转机械部件用坯料的旋转机械部件。

[0111] 另外,根据本发明的实施方式的旋转机械以及离心式压缩机,由于使用通过上述制造方法得到的旋转机械部件、叶轮,因此能够抑制因腐蚀成分而产生的腐蚀或应力腐蚀破裂,并防止机械运转时的破裂等的发生。

[0112] **【实施例】**

[0113] 以下,示出实施例,更详细地说明本发明的旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法、旋转机械部件用坯料、旋转机械部件,但本发明并未限定为该实施例。

[0114] [旋转机械部件用坯料(旋转机械部件)的样品制造]

[0115] (实施例 1)

[0116] 在实施例 1 中,首先,准备与 SUS329J1、SUS329J3L、SUS329J4L 相当的材料(均为大同特殊钢株式会社制)作为二相不锈钢,对该铸块分别实施锻造处理,制造出直径为 300mm 的圆棒状的钢锭。然后,对该钢锭,作为固溶化处理,首先,加热成 1050℃ 的温度之后,将从 1050℃ 到 700℃ 为止的平均冷却速度设为 30℃ /min 以上的 31℃ /min 而进行水冷,制造出旋转机械部件用坯料的样品。

[0117] (实施例 2)

[0118] 在实施例 2 中,首先,与上述实施例 1 同样地,准备与 SUS329J1、SUS329J3L、SUS329J4L 相当的材料(均为大同特殊钢株式会社制)作为二相不锈钢,对该铸块分别实施锻造处理,制造出由厚度尺寸为 300mm 的圆板状坯料构成的旋转机械部件用坯料的样品。

[0119] (实施例 3)

[0120] 在实施例 3 中,首先,准备与 SUS329J4L 相当材料(大同特殊钢株式会社制)作为二相不锈钢,对于该铸块实施锻造处理,制造出直径为 300mm 的圆棒状的钢锭。然后,与上述实施例 1 同样地,对该钢锭,作为固溶化处理,首先,加热成 1050℃ 的温度之后,将从 1050℃ 到 700℃ 为止的平均冷却速度设为 30℃ /min 以上的 31℃ /min 而进行了水冷。接着,将该钢锭以 550℃ 的温度保持 4 小时,由此进行应力除去用的退火处理,制造出旋转机械部件用坯料的样品。

[0121] (实施例 4)

[0122] 在实施例 4 中,首先,准备与 SUS329J4L 相当的材料(大同特殊钢株式会社制)作为二相不锈钢,对该铸块实施锻造处理,制造出厚度尺寸为 300mm 的圆板状坯料。然后,与上述实施例 1 同样地,对该钢锭,作为固溶化处理,首先,加热成 1050℃ 的温度之后,将从 1050℃ 到 700℃ 为止的平均冷却速度设为 30℃ /min 以上的 31℃ /min 而进行了水冷。接着,通过实施基于各种机械加工及焊接的粗加工,而形成了图 2 所示的叶轮中间件。然后,将该叶轮中间件以 550℃ 的温度保持 4 小时,由此进行应力除去用的退火处理,制造出叶轮(旋转机械部件)。

[0123] (比较例 1 ~ 4)

[0124] 在比较例 1 ~ 4 中,首先,与上述各实施例同样地,准备与 SUS329J4L 相当的材料作为二相不锈钢,对该铸块实施锻造处理,制造出直径为 300mm 的圆棒状的钢锭。然后,对该钢锭,作为固溶化处理,首先,加热成 1050℃ 的温度之后,将从 1050℃ 冷却至 700℃ 的平均冷却速度分别设为 20℃ /min、25℃ /min 及 10℃ /min、15℃ /min 而进行水冷,制造出各比较例的旋转机械部件用坯料的样品。

[0125] [评价试验项目]

[0126] 关于通过上述顺序制作的实施例 1 ~ 4 及比较例 1 ~ 4 的样品,适当地进行了以下说明的残余应力、 σ 相面积率、韧性的评价试验。

[0127] (残余应力的评价)

[0128] 残余应力通过使用了 X 线装置的 X 线衍射,分析残留在各实施例及比较例的样品中的应力而进行了评价。

[0129] (金属组织的评价: σ 相面积率)

[0130] σ 相面积率通过基于光学显微镜的微观组织观察及图像解析而进行了研究。

[0131] (韧性的评价:夏比冲击值)

[0132] 作为表示韧性的指标,进行了以下说明那样的夏比冲击试验。首先,从样品选取2mmV 凹口的夏比试验片。然后,按照 JIS Z2242 的方法,将试验温度设为室温(23℃)而测定吸收能量,将吸收能量除以凹口底的截面积而求出了冲击值[J/cm²]。

[0133] [评价结果]

[0134] 上述评价试验的结果是,各实施例的旋转机械部件用坯料以及叶轮(旋转机械部件)的样品如以下说明那样分别确认到了残余应力减少且韧性优异的情况。

[0135] 在实施例1中,适用能够可靠地抑制脆化相析出的本发明的固溶化处理的规定,而且,将坯料直径设为满足上述规定的最大的坯料壁厚即300mm。由此,如图6及图7的图形所示,得到了脆化相减少且韧性高的旋转机械部件用坯料。可知通过使用这种旋转机械部件用坯料,能够制造出韧性优异的叶轮等旋转机械部件。

[0136] 另外,在实施例2中,为由铸块,不进行中途冷却,而直接锻造至接近叶轮等旋转机械部件形状的圆板的方法,因此可知能得到韧性优异且部件外径没有制约的坯料。

[0137] 在实施例3中,除了上述固溶化处理之外,还实施基于适应性温度的退火处理,因此研究了退火前后的坯料的残余应力及组织方式时,在固溶化处理的时刻存在的外表面压缩或内表面拉伸所产生的残余应力大致减少至0(零)。

[0138] 另外,能够确认到既没有退火处理后的脆化相的析出,也没有475℃脆化相及 σ 脆化相,如图8的图形所示,示出了退火后的夏比冲击值约为250(J/cm²)的优异的韧性。

[0139] 在实施例4中,与实施例3同样地,除了上述固溶化处理之外,还实施基于适应性温度的退火处理,因此研究退火前后的坯料的残余应力及组织方式,焊接时存在的外表面压缩或内表面拉伸所产生的残余应力大致减少至0(零)。而且,能够确认到既没有退火处理后的脆化相的析出,也没有475℃脆化相及 σ 脆化相。

[0140] 另外,比较例1~4的样品是使固溶化处理中的平均冷却速度变化的例子。其中,比较例1、2是平均冷却速度分别为20℃/min、25℃/min的满足本发明的规定的本发明例数据,比较例3、4是平均冷却速度分别为10℃/min、15℃/min的现有例数据。在此,如图6的图形所示,固溶化处理中的平均冷却速度满足本发明的规定的比较例1、2的样品均成为 σ 脆化相的面积率被抑制成较低的0.10%以下的组织,能够确认到韧性优异的情况。相对于此,固溶化处理中的平均冷却速度为本发明的规定范围外的比较例3、4的样品与比较例1、2相比, σ 相面积率大,结果是确认到了韧性差的情况。

[0141] 在此,图7的图形是表示虽然为相同的二相不锈钢,但成分不同的SUS329J1、J3L及J4L的P.I.值(耐点腐蚀性指数,PI=Cr+3.3Mo+16N%)与为防止脆化所需的冷却速度的最小值及最大壁厚的关系的图形。如图7所示可知,SUS329J1不易发生脆化,若冷却速度为10℃/分钟以上,则不会脆化,但SUS329J3L及J4L优选为20℃/分钟以上,更优选为30℃/分钟以上进行冷却。

[0142] 根据以上说明的各评价试验的结果可知,通过本发明的旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方法而得到的旋转机械部件用坯料及旋转机械部件能够同时实现低残余应力和高韧性。而且可知,使用该旋转机械部件的旋转机械以及离心式压缩机即使在供给含有腐蚀成分的流体的情况下,也能够抑制腐蚀或应力腐蚀破裂的产生。

[0143] 【工业实用性】

[0144] 根据本发明的方式的旋转机械部件用坯料的制造方法及旋转机械部件的制造方

法,能够制造出抑制脆化相的析出且具备高韧性的旋转机械部件用坯料及使用该旋转机械部件用坯料的旋转机械部件。此外,在通过上述结构的制造方法而实施退火处理时,能够制造出坯料的残余应力减少且具有高韧性的旋转机械部件用坯料及使用该旋转机械部件用坯料的旋转机械部件。

[0145] 另外,根据本发明的方式的旋转机械以及离心式压缩机,由于使用通过上述制造方法而得到的旋转机械部件、叶轮,因此能够抑制因腐蚀成分而产生的腐蚀或应力腐蚀破裂,能够防止机械运转时的破裂等的发生。

[0146] 【符号说明】

[0147] 1 叶轮(旋转机械部件)

[0148] 10 离心式压缩机

[0149] A 旋转机械部件用坯料 B 贯通孔

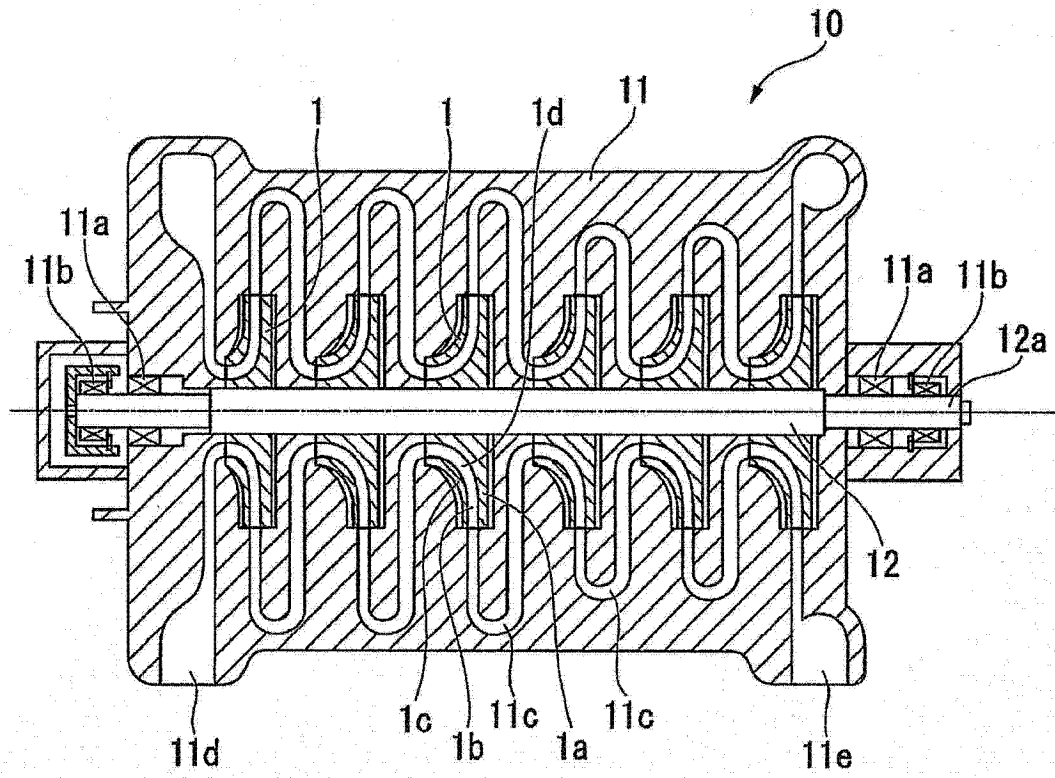


图 1

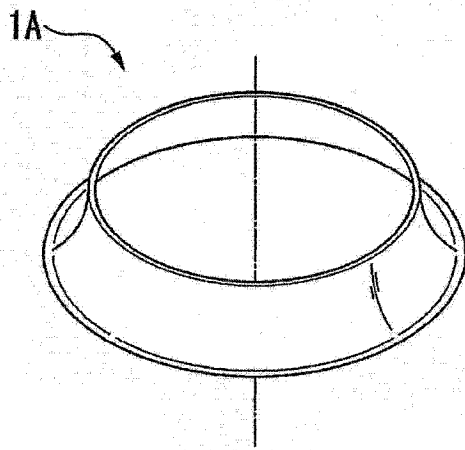


图 2

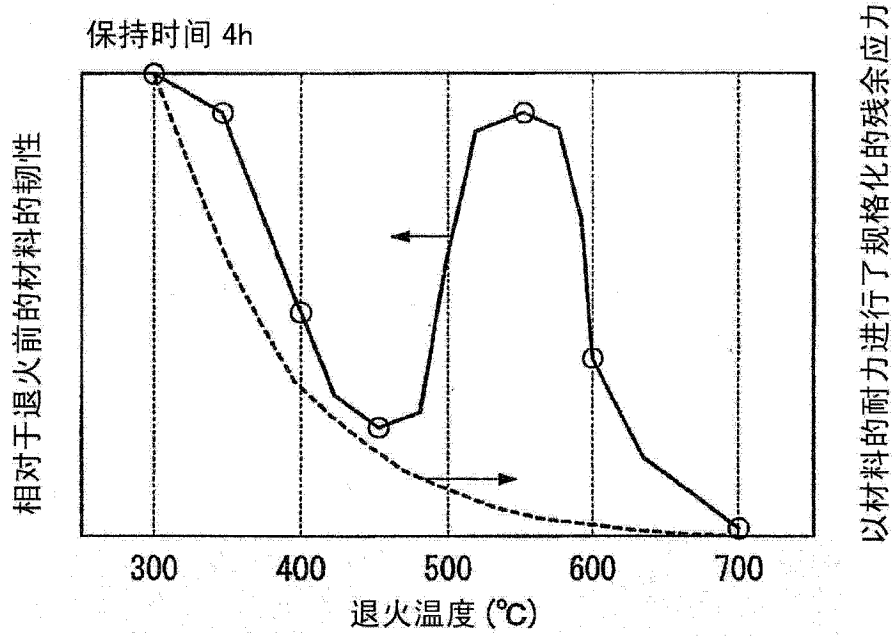


图 3

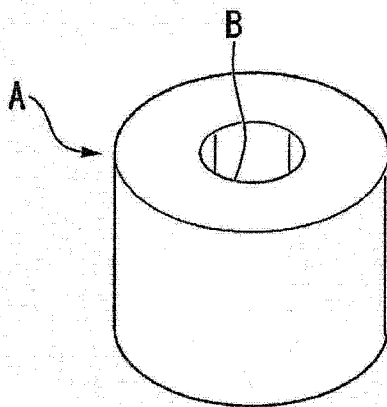


图 4

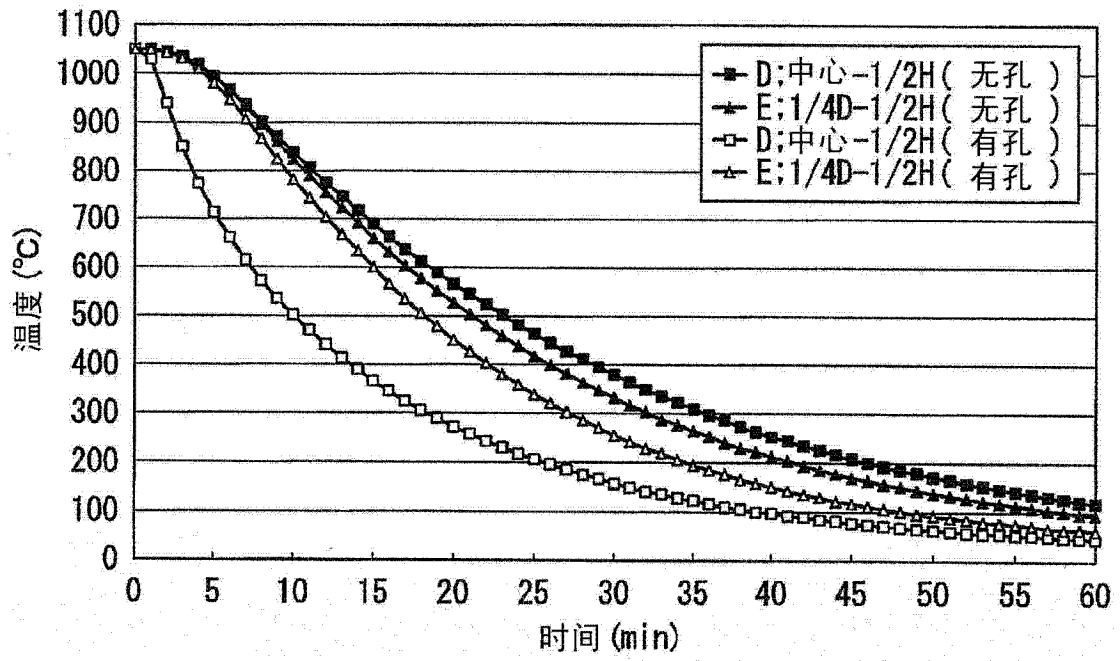


图 5

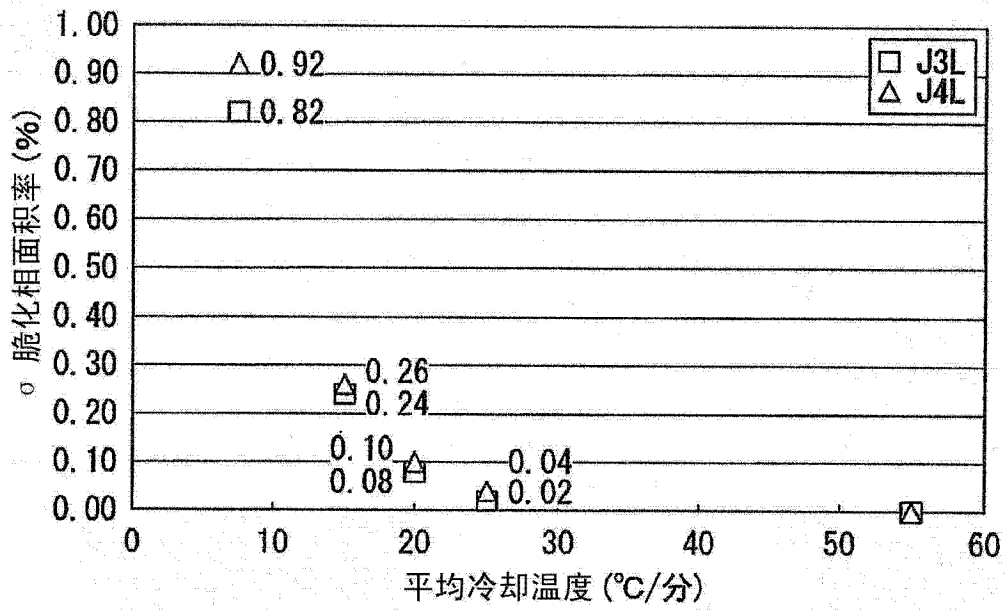


图 6

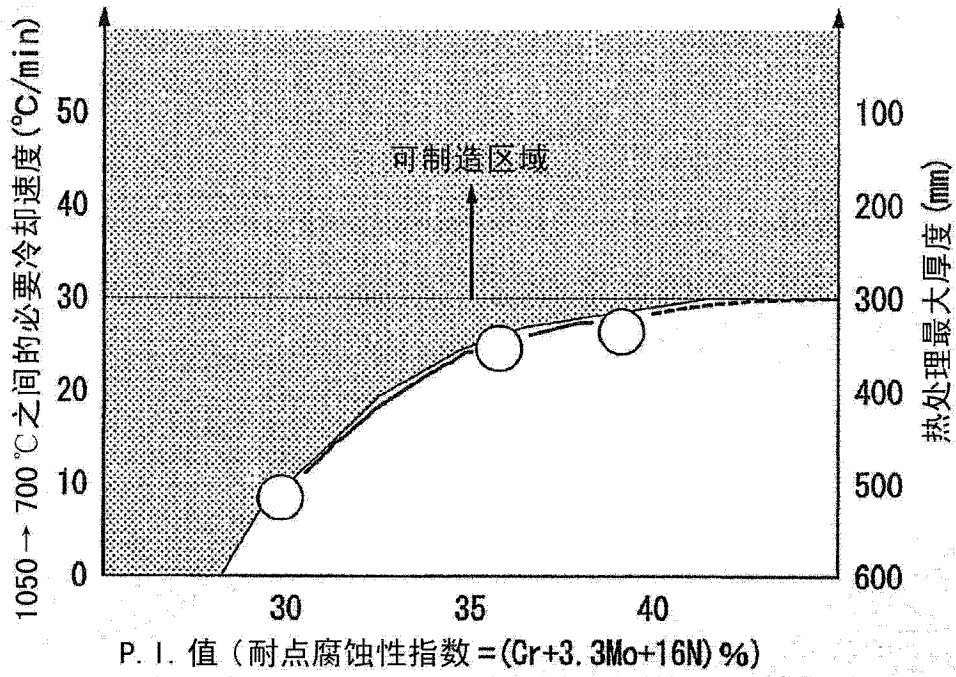


图 7

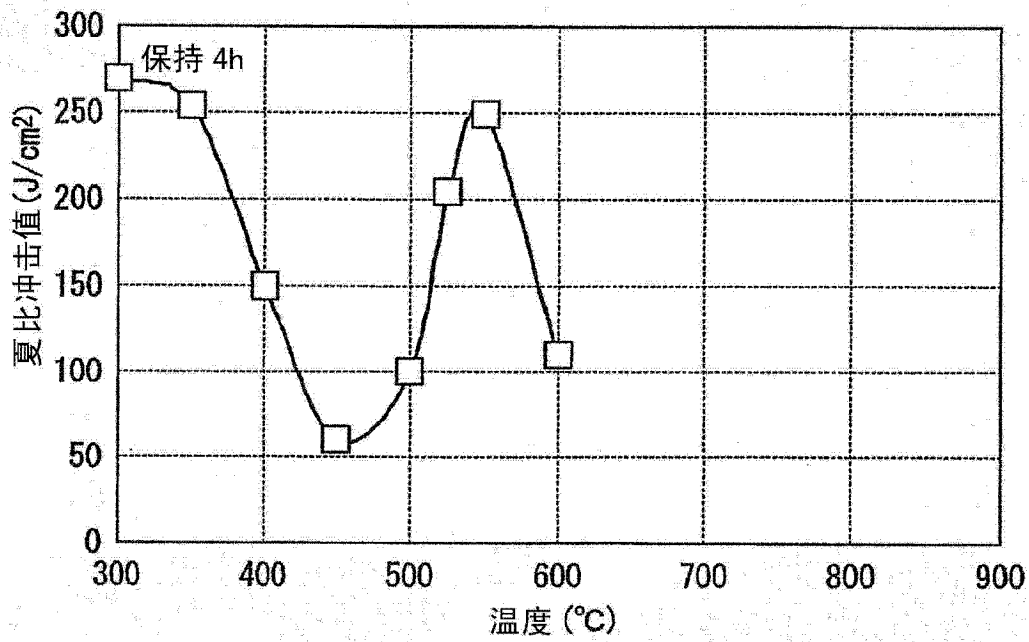


图 8

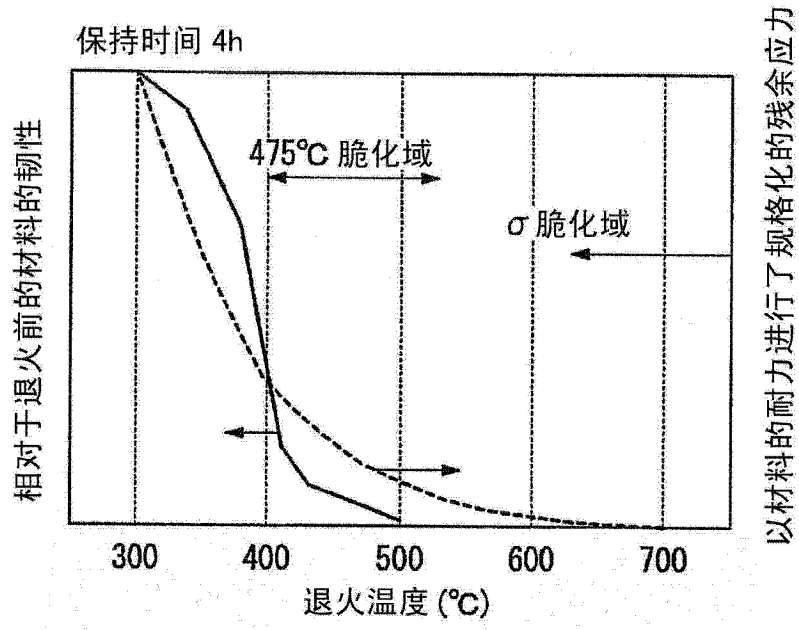


图 9