



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117083404 A

(43) 申请公布日 2023. 11. 17

(21) 申请号 202280025108.9

(74) 专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司
72003

(22) 申请日 2022.03.22

专利代理师 陈曦

(30) 优先权数据

2021-052789 2021.03.26 JP

(51) Int. Cl.

C22C 14/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.09.26

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/012956 2022.03.22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/202740 JA 2022.09.29

(71) 申请人 国立大学法人东京海洋大学

地址 日本东京都

(72) 发明人 户田佳明 小畠仁奈 盛田元彰

间仁田悠平

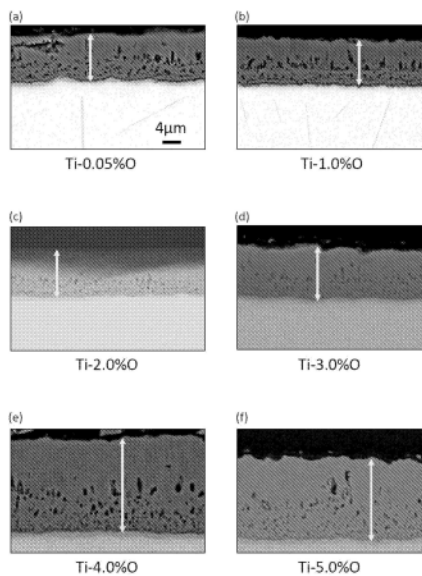
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

超临界水利用装置用钛合金

(57) 摘要

本发明提供通过将含有作为化学成分的氧的Ti-O系材料用作处理超临界水的装置的材料从而降低了精炼成本的Ti-O系材料。本发明的一实施方式的Ti-O系材料是一种含有作为化学成分的氧的Ti-O系材料,氧的含量为0.05质量%以上且3.0质量%以下,剩余部分由钛和不可避免的杂质构成,在将容纳了由所述Ti-O系材料构成的试样或由纯钛构成的试样的坩埚和未容纳试样的空坩埚设置于反应器内进行的超临界水氧化试验中,试验后的由所述Ti-O系材料构成的试样的每单位面积的重量增量为由所述纯钛构成的试样的每单位面积的重量增量以下。



1. 一种Ti-0系材料,其为含有作为化学成分的氧的Ti-0系材料,其中,氧的含量为0.05质量%以上且3.0质量%以下,剩余部分由钛和不可避免的杂质构成,在将容纳了由所述Ti-0系材料构成的试样或由纯钛构成的试样的坩埚和未容纳试样的空坩埚设置于反应器内进行的超临界水氧化试验中,试验后的由所述Ti-0系材料构成的试样的每单位面积的重量增量为由所述纯钛构成的试样的每单位面积的重量增量以下。

2. 如权利要求1所述的Ti-0系材料,其中,由所述超临界水氧化试验后的试样的截面的扫描型电子显微镜SEM图像测定的由所述Ti-0系材料构成的试样的氧化皮膜的厚度为由所述纯钛构成的试样的氧化皮膜的厚度以下。

3. 如权利要求2所述的Ti-0系材料,其中,所述Ti-0系材料的氧的含量为大于0.4质量%且2.0质量%以下。

4. 如权利要求3所述的Ti-0系材料,其中,所述Ti-0系材料的氧的含量为1.0质量%以上且2.0质量%以下。

5. 如权利要求1所述的Ti-0系材料,其中,所述超临界水氧化试验为以下试验条件:
在设置有容纳了由所述Ti-0系材料构成的试样或由纯钛构成的试样的坩埚和未容纳试样的空坩埚的反应器内注入将溶解氧量调整为0.01mg/L以下且将电导率调整为0.08mS/cm以下的纯水,用电炉将整个反应器加热至500℃,并且用高压定量泵将反应器内加压至22.12MPa以上且23MPa以下的范围而成为超临界状态,将反应器内的坩埚中容纳的试样在超临界水中暴露50.0小时以上,

所述纯钛是JIS标准或ASTM标准中规定的纯钛,从由JIS1种~4种以及ASTM 1级~4级组成的组中选出。

6. 如权利要求1所述的Ti-0系材料,其中,由所述Ti-0系材料构成的试样以及由所述纯钛构成的试样的每单位面积的重量增量以下述方式计算:

用耐水研磨纸对供于超临界水氧化试验的试样的整个表面进行粗研磨,并调整成全部试样达到相同程度的表面粗糙度,然后用千分尺测定各试样的长度、宽度、厚度至1 μ m的单位,算出各试样的总表面积,

将试样脱脂、洗涤后,将试样逐个放入坩埚中,用干燥机干燥后,用电子天平与坩埚一并称量各试样的重量至0.1mg的单位,

用电子天平称量用干燥机干燥后的空坩埚至0.1mg的单位,
用电子天平称量试验后的容纳了试样的坩埚以及空坩埚至0.1mg的单位,
用试验前后的与坩埚一并称量的各试样的重量差减去空坩埚的重量增量,将得到的值除以各试样的总表面积来进行计算。

7. 如权利要求1~6中任一项所述的Ti-0系材料,其中,所述Ti-0系材料为铸造材料。

8. 一种超临界水利用装置,其中,其使用权利要求1~7中任一项所述的Ti-0系材料。

9. 一种超临界水利用装置用铸造材料,其中,其使用权利要求7所述的Ti-0系材料。

10. 权利要求1~7中任一项所述的Ti-0系材料在超临界水利用装置中的用途。

超临界水利用装置用钛合金

技术领域

[0001] 本发明涉及处理超临界水的装置,更详细地说,涉及具有能够适用于处理超临界水的装置的耐腐蚀性的金属材料,尤其涉及钛合金。

背景技术

[0002] 开发了分解二噁英、PCB、氟利昂等有害有机物、将旋转热力发电厂的发电涡轮的蒸汽条件高温高压化等在各种领域中处理超临界水的技术。超临界水为温度374.15℃以上且压力22.12MPa以上的高温高压条件下的水的状态,其特性与大气压中的水、水蒸气不同。因此,超临界水引起的金属材料的氧化/腐蚀现象有可能与水、水蒸气引起的氧化/腐蚀不同。因此,对于构成处理超临界水的装置(以下,也称为超临界水利用装置)的部件,需要提高对超临界水的耐腐蚀性。

[0003] 专利文献1中公开了将JIS1种~3种中规定的纯钛或ASTM 1级~4级中规定的纯钛用作构成超临界水利用装置的容器、配管等的材料。但是,这些纯钛的固溶氧量最大仅容许达到0.4质量%(ASTM 4级)。另外,JIS 4种中规定的纯钛的固溶氧量也为0.4质量%以下。需要采用克罗尔(Kro11)法等高度的精炼以从原矿石、废料钛所含的氧化钛中将固溶氧量降低至上述容许值,制造纯钛花费工夫和成本。

[0004] 另一方面,近年来,与通过在钛合金材料中有效利用作为合金元素的氧来降低精炼成本有关的研究一直在推进中。例如,专利文献2中公开了通过含有0.05质量%~0.9质量%的氧并对压延后的织构进行控制来提高延性和强度的钛-氧系材料(Ti-O系材料)。但是,引用文献2中并没有与该Ti-O系材料的压延板材的耐腐蚀性有关的启示。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本特开2002-361069号公报;

[0008] 专利文献2:日本特开2019-151893号公报。

发明内容

[0009] 发明要解决的问题

[0010] 本发明的目的在于,通过将作为化学成分含有氧的Ti-O系材料用作处理超临界水的装置的材料,从而扩大降低了精炼成本的Ti-O系材料的可利用性。

[0011] 用于解决问题的手段

[0012] 本发明的Ti-O系材料是一种含有作为化学成分的氧的Ti-O系材料,氧的含量为0.05质量%以上且3.0质量%以下,剩余部分由钛和不可避免的杂质构成,在将容纳了由所述Ti-O系材料构成的试样或由纯钛构成的试样的坩埚和未容纳试样的空坩埚设置于反应器内进行的超临界水氧化试验中,试验后的由所述Ti-O系材料构成的试样的每单位面积的重量增量为由所述纯钛构成的试样的每单位面积的重量增量以下,由此实现上述目的。

[0013] 对于上述Ti-O系材料,由上述超临界水氧化试验后的试样的截面的扫描型电子显

显微镜 (SEM) 图像测定的由上述Ti-0系材料构成的试样的氧化皮膜的厚度优选为由上述纯钛构成的试样的氧化皮膜的厚度以下。

[0014] 上述Ti-0系材料的氧的含量优选为大于0.4质量%且2.0质量%以下。

[0015] 另外,上述Ti-0系材料的氧的含量更优选为1.0质量%以上且2.0质量%以下。

[0016] 上述超临界水氧化试验为以下试验条件:

[0017] 在设置有容纳了由上述Ti-0系材料构成的试样或由纯钛构成的试样的坩埚和未容纳试样的空坩埚的反应器内注入将溶解氧量调整为0.01mg/L以下且将电导率调整为0.08mS/cm以下的纯水,用电炉将整个反应器加热至500℃,并且用高压定量泵将反应器内加压至22.12MPa以上且23MPa以下的范围而成为超临界状态,将反应器内的坩埚中容纳的试样在超临界水中暴露50.0小时以上,

[0018] 上述纯钛是JIS标准或ASTM标准中规定的纯钛,优选从由JIS1种~4种以及ASTM 1级~4级组成的组中选出。

[0019] 优选的是,由上述Ti-0系材料构成的试样以及由上述纯钛构成的试样的每单位面积的重量增量以下述方式计算:

[0020] 用耐水研磨纸对供于超临界水氧化试验的试样的整个表面进行粗研磨,并调整成全部试样达到相同程度的表面粗糙度,然后用千分尺测定各试样的长度、宽度、厚度至1μm的单位,算出各试样的总表面积,

[0021] 将试样脱脂、洗涤后,将试样逐个放入坩埚中,用干燥机干燥后,用电子天平与坩埚一并称量各试样的重量至0.1mg的单位,

[0022] 用电子天平称量用干燥机干燥后的空坩埚至0.1mg的单位,

[0023] 用电子天平称量试验后的容纳了试样的坩埚以及空坩埚至0.1mg的单位,

[0024] 用试验前后的与坩埚一并称量的各试样的重量差减去空坩埚的重量增量,将得到的值除以各试样的总表面积来进行计算。

[0025] 上述Ti-0系材料可以通过从由铸造、层叠造型、烧结、压延、锻造、拉拔、挤出组成的组中选出的方法来制作。上述Ti-0系材料可以为铸造材料、层叠造型材料、烧结材料,其中,优选为铸造材料。

[0026] 根据本发明的一个方面,提供使用上述Ti-0系材料的超临界水利用装置。

[0027] 另外,根据发明的另一方面,提供使用上述Ti-0系材料的超临界水利用装置用铸造材料。

[0028] 另外,根据本发明的另一方面,提供上述Ti-0系材料在超临界水利用装置中的用途。

[0029] 发明的效果

[0030] 根据本发明,将以往的钛合金材料中在耐腐蚀性方面被识别为有害成分的氧有效用作合金元素,能够将降低了精炼成本的Ti-0系材料用作处理超临界水的装置的材料。

附图说明

[0031] 图1是表示针对实施例的试验1的超临界水氧化试验后的各试验片的截面的SEM图像的图。(a)Ti-0.05%O, (b)Ti-1.0%O, (c)Ti-2.0%O, (d)Ti-3.0%O, (e)Ti-4.0%O, (f)Ti-5.0%O。

具体实施方式

[0032] 首先,对本发明的Ti-0系材料的特性进行说明。

[0033] 本发明的Ti-0系材料是含有作为化学成分的氧的Ti-0系材料,在将容纳了由所述Ti-0系材料构成的试样或由纯钛构成的试样的坩埚和未容纳试样的空坩埚设置在反应器内进行的超临界水氧化试验中,试验后的由所述Ti-0系材料构成的试样的每单位面积的重量增量为由所述纯钛构成的试样的每单位面积的重量增量以下。

[0034] 供于超临界水氧化试验的纯钛是JIS标准或ASTM标准中规定的纯钛,优选从由JIS1种~4种以及ASTM 1级~4级组成的组中选出。本发明的Ti-0系材料具有与JIS标准或ASTM标准中规定的纯钛相匹敌的对超临界水的耐腐蚀性或更好的耐腐蚀性,因此,适合用作构成超临界水利用装置的部件。

[0035] 另外,对于本发明的Ti-0系材料,根据上述超临界水氧化试验后的试样的截面的扫描型电子显微镜(SEM)图像测定的由上述Ti-0系材料构成的试样的氧化皮膜的厚度优选为由上述纯钛构成的试样的氧化皮膜的厚度以下。满足上述试验后的试样的每单位面积的重量增量以及氧化皮膜的厚度两个条件的Ti-0系材料更适合用作构成超临界水利用装置的部件。

[0036] 在本发明中,在作为对象的试样的截面的扫描型电子显微镜(SEM)图像中,超临界水氧化试验后的由Ti-0系材料构成的试样以及由纯钛构成的试样的氧化皮膜的厚度为从不同的3个以上的视野测定的氧化皮膜的厚度的平均值。

[0037] 作为上述超临界氧化试验,只要至少能够在设置于反应器内的坩埚内将由作为对象的Ti-0系材料构成的试样或由纯钛构成的试样在超临界水中暴露固定时间,就能够设定任意的试验装置以及试验条件。在后述的实施例中说明了具体的试验例,作为优选的实施方式,例如如下。

[0038] • 在设置有容纳了由作为对象的Ti-0系材料构成的试样或由纯钛构成的试样的坩埚和未容纳试样的空坩埚的反应器内,注入将溶解氧量调整为0.01mg/L以下并将电导率调整为0.08mS/cm以下的纯水,用电炉将整个反应器加热至500℃,并且用高压定量泵将反应器内加压至22.12MPa以上且23MPa以下的范围而成为超临界状态,将反应器内的坩埚中容纳的试样在超临界水中暴露固定时间。

[0039] 作为将反应器内的坩埚中容纳的试样在超临界水中暴露的时间,没有特别限制,例如,可以为50.0小时,也可以为50.0小时以上。另外,根据应用作为对象的Ti-0系材料的超临界水利用装置的特征等,可以设定为小于50.0小时的时间条件。在后述的实施例中,作为代表性的例子,对将反应器内的坩埚中容纳的试样在超临界水中暴露的时间设为50.0小时、25.0小时以及1.75小时的试验例进行说明。

[0040] 此处,在上述超临界氧化试验中,由作为对象的Ti-0系材料构成的试样或由纯钛构成的试样在设置于反应器内的坩埚内在超临界水中暴露固定时间。另外,在该试验中,在达到超临界状态的过程中必须经由亚临界区域,因此,供于试验的试样在亚临界水中会暴露固定时间。进一步,通过对常温常压的水进行升温以及加压,从而供于试验的试样在固定的高温高压的水或水蒸气中也暴露固定时间。

[0041] 因此,本发明的Ti-0系材料除了具有对超临界水的耐腐蚀性,更具体而言,具有对温度为374.15℃以上且500℃以下、压力为22.12MPa以上且23MPa以下的超临界水的耐腐蚀

性,还可以兼具对与超临界区域相邻的亚临界区域中的水(即,亚临界水)或者比常温常压更高的温度/压力条件下的水或水蒸气的耐腐蚀性。

[0042] 具有这种特性的本发明的Ti-0系材料不仅用作构成超临界水利用装置的部件,作为构成处理亚临界水的装置的部件、构成处理比常温常压更高的温度/压力条件下的水或水蒸气的装置的部件也有用,因此,期待降低精炼成本的Ti-0系材料的可利用性进一步扩大。

[0043] 下面,对本发明的Ti-0系材料的成分组成进行说明。

[0044] 本发明的Ti-0系材料含有固定量的作为化学成分的氧(O),剩余部分由钛和不可避免的杂质构成。

[0045] 对于氧的含量而言,从精炼成本的观点出发,期望容许更多的量(固溶氧量),氧的含量过量时,有时会损害对超临界水的耐腐蚀性。另外,在本发明的Ti-0系材料中,氧的含量可以为相当于JIS标准或ASTM标准中规定的纯钛的0.4质量%以下,从材料制作的工夫和成本方面出发,有时在实用上不期望过少。换言之,如上所述,JIS标准或ASTM标准中规定的纯钛的固溶氧量最大为0.4质量%(JIS 4种、ASTM 4级),在本发明的Ti-0系材料中,氧的含量也可以为大于0.4质量%。

[0046] 如上所述,在本发明中,氧的含量为0.01质量%以上且10.0质量%以下,优选为0.03质量%以上且7.5质量%以下,更优选为0.05质量%以上且5.0质量%以下,进一步优选为0.05质量%以上且3.0质量%以下,更进一步优选为大于0.4质量%且2.0质量%以下,再进一步优选为1.0质量%以上且2.0质量%以下。

[0047] 具有这种成分组成的本发明的Ti-0系材料能够使用以往的金属材料的制造方法/加工方法制作。作为能够应用于本发明的Ti-0系材料的制造方法/加工方法,可举出铸造、层叠造型、烧结、压延、锻造、拉拔、挤出,但不限于此。其中,从实用上的观点出发,优选铸造、层叠造型、烧结,更优选铸造。例如,本发明的一实施方式的Ti-0系材料使用铸造法制作,由此,本发明的Ti-0系材料被制造成铸造材料,能够使用该铸造材料制作超临界水利用装置用的铸造材料。而且,这些铸造材料能够适合用作构成超临界水利用装置的部件。

[0048] 以下,基于实施例更详细地说明本发明。

[0049] 以下的实施例所示的装置结构、测定条件等能够在不脱离本发明的主旨的范围内适当改变。因此,对本发明的范围的解释并不限定于以下所示的实施例。

[0050] 实施例

[0051] [试验1]

[0052] 熔炼成作为化学成分以质量%计分别含有0.05%、1.0%、2.0%、3.0%、4.0%以及5.0%的氧且剩余部分由钛和不可避免的杂质构成的6种Ti-0系材料的晶锭。需要说明的是,以下,根据氧的含量,也称为Ti-0.05%O、Ti-1.0%O、Ti-2.0%O、Ti-3.0%O、Ti-4.0%O以及Ti-5.0%O以对各Ti-0系材料进行区分。

[0053] 接着,从这些晶锭中切取长度20mm、宽度10mm且厚度2mm的条状试验片,作为超临界水氧化试验用试样,用耐水研磨纸对试验片的整个表面进行粗研磨,调整成全部试验片达到相同程度的表面粗糙度。然后,用千分尺测定各试验片的长度、宽度、厚度至1 μ m的单位,算出各试验片的总表面积。

[0054] 将试验片脱脂、洗涤后,将试验片逐个放入直径26mm且深度19mm的氧化铝制坩埚

中,用干燥机干燥。然后,通过电子天平与坩埚一并称量各试验片的重量至0.1mg的单位。

[0055] 另外,将未放有试验片的空坩埚也用干燥机干燥,用电子天平称量至0.1mg的单位,以测定伴随坩埚自身的氧化的重量增量。

[0056] 在哈斯特合金C276制且容积2.8L的反应器内设置容纳了试验片的坩埚以及未容纳试验片的空坩埚,注入将溶解氧量调整为0.01mg/L以下并将电导率调整为0.08mS/cm以下的纯水。接着,用电炉将整个反应器加热至500℃,并且通过高压定量泵将反应器内加压至约23MPa,达到超临界状态。

[0057] 将反应器内的坩埚中容纳的试验片在超临界水中暴露50.0小时后,将反应器内降温减压,用氩气置换后,取出容纳了试验片的坩埚以及未容纳试验片的空坩埚,用电子天平称量至0.1mg的单位。

[0058] 从上述试验前后的与坩埚一并称量的各试验片的重量差中减去空坩埚的重量增量,将得到的值除以各试验片的总表面积,算出每单位面积的重量增量。

[0059] 其结果是,各试验片的每单位面积的重量增量为 $16.55\mu\text{g}/\text{mm}^2$ (Ti-0.05%O)、 $15.37\mu\text{g}/\text{mm}^2$ (Ti-1.0%O)、 $14.03\mu\text{g}/\text{mm}^2$ (Ti-2.0%O)、 $16.55\mu\text{g}/\text{mm}^2$ (Ti-3.0%O)、 $38.29\mu\text{g}/\text{mm}^2$ (Ti-4.0%O)以及 $62.65\mu\text{g}/\text{mm}^2$ (Ti-5.0%O)。此处,根据其氧含量,Ti-0.05%O为相当于JIS1种或ASTM 1级的纯钛,因此,根据上述结果,确认了对于氧含量为0.05质量%以上且3.0质量%以下的Ti-0系材料,上述超临界水氧化试验后的试验片的每单位面积的重量增量为由纯钛构成的试验片的每单位面积的重量增量以下。

[0060] 另外,通过光学显微镜、SEM/EDX(扫描型电子显微镜/能量色散型X射线分析装置)以及XRD(X射线衍射装置)对上述试验后的各试验片进行组织观察(解析)。

[0061] 图1(a)~(f)分别为表示针对Ti-0.05%O、Ti-1.0%O、Ti-2.0%O、Ti-3.0%O、Ti-4.0%O、以及Ti-5.0%O,超临界水氧化试验后的各试验片的截面的SEM图像的图。图1(a)中所示的比例尺为 $4\mu\text{m}$,对于图1(b)~(f)也是相同的倍率。另外,在图1(a)~(f)中,为了便于理解,用双向箭头表示与氧化皮膜对应的部分的大致范围。

[0062] 从图1(a)~(f)的SEM图像以及各试验片的截面的SEM图像的不同的2个视野测定的各试验片的氧化皮膜的厚度(从总计3个视野测定的值的平均值)为 $10.3\mu\text{m}$ (Ti-0.05%O)、 $9.02\mu\text{m}$ (Ti-1.0%O)、 $10.3\mu\text{m}$ (Ti-2.0%O)、 $11.6\mu\text{m}$ (Ti-3.0%O)、 $20.1\mu\text{m}$ (Ti-4.0%O)以及 $17.1\mu\text{m}$ (Ti-5.0%O)。由此,确认了对于氧含量为0.05质量%以上且2.0质量%以下的Ti-0系材料,上述超临界水氧化试验后的试验片的每单位面积的重量增量为由纯钛构成的试验片的每单位面积的重量增量以下,而且,上述超临界水氧化试验后的试验片的氧化皮膜的厚度为由纯钛构成的试验片的氧化皮膜的厚度以下。

[0063] 根据这些结果,可知在钛合金材料中包含固定量的作为合金元素的氧的钛-氧系材料能够具有对超临界水的耐腐蚀性,另外,其耐腐蚀性可以相当于JIS标准或ASTM标准中规定的纯钛或者更好。这意味着,不仅具有与纯钛相同程度的氧含量的Ti-0系材料,而且高于作为纯钛的JIS标准或ASTM标准中规定的固溶氧量的上限值的0.4质量%的Ti-0系材料也能够用作构成超临界水利用装置的部件。

[0064] [试验2]

[0065] 然后,除了将反应器内的坩埚中容纳的试验片在超临界水中暴露25.0小时以外,通过与上述试验1相同的步骤,实施两种Ti-0系材料(Ti-0.05%O和Ti-1.0%O)的超临界水

氧化试验。另外,使用9Cr钢(ASME SA-387/SA-387M Grade 91(锅炉和压力容器用铬钼钢钢板))以及碳钢(SPCC;JIS G 3141(冷轧钢板和钢带)中规定的钢种)实施相同的超临界水氧化试验以进行比较。

[0066] 上述试验后的试验片的每单位面积的重量增量为 $11.09\mu\text{g}/\text{mm}^2$ (Ti-0.05%O)以及 $7.85\mu\text{g}/\text{mm}^2$ (Ti-1.0%O),对于Ti-1.0%O,与Ti-0.05%O相比,超临界水氧化试验后的试验片的每单位面积的重量增量更小。另外,对于9Cr钢和碳钢,分别为 $15\mu\text{g}/\text{mm}^2$ 以上、 $30\mu\text{g}/\text{mm}^2$ 以上,与作为耐热钢已知的9Cr钢相比,由Ti-0.05%O和Ti-1.0%O得到的结果明显更小,进一步,与碳钢的差异明显。

[0067] 根据这些结果,暗示了在含有固定量的作为合金元素的氧的钛-氧系材料中,通过调整氧的含量从而作为在比50.0小时更短的时间条件下暴露于超临界水的部件的有用性。

[0068] [试验3]

[0069] 然后,除了将反应器内的坩埚中容纳的试验片在超临界水中暴露1.75小时以外,通过与上述试验1相同的步骤,实施两种Ti-O系材料(Ti-0.05%O和Ti-1.0%O)的超临界水氧化试验。

[0070] 上述试验后的试验片的每单位面积的重量增量为 $5.69\mu\text{g}/\text{mm}^2$ (Ti-0.05%O)和 $4.24\mu\text{g}/\text{mm}^2$ (Ti-1.0%O),对于Ti-1.0%O,与Ti-0.05%O相比,超临界水氧化试验后的试验片的每单位面积的重量增量更小。

[0071] 根据该结果,暗示了在包含固定量的作为合金元素的氧的钛-氧系材料中,通过调整氧的含量从而作为在2.0小时左右的时间条件下暴露于超临界水的部件的有用性。

[0072] 工业实用性

[0073] 根据本发明,将以往的钛合金材料中在耐腐蚀性方面被识别为有害成分的氧有效用作合金元素,能够将降低了精炼成本的Ti-O系材料用作处理超临界水的装置的材料,因此,能够廉价地提供超临界水利用装置用的材料,而且,期待扩大超临界水的工业实用性。

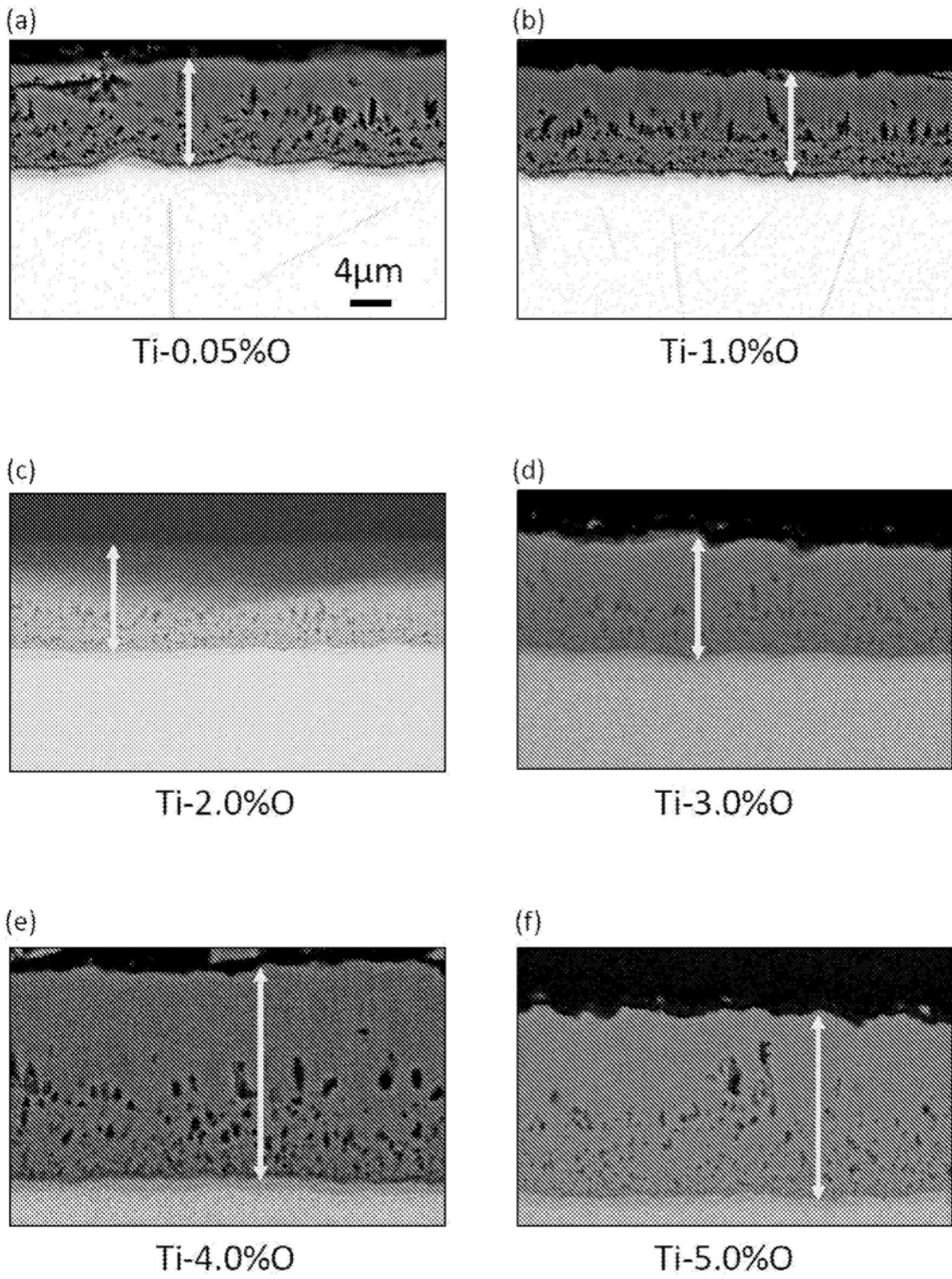


图1