



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109689918 B

(45) 授权公告日 2021.04.02

(21) 申请号 201780054974.X

(22) 申请日 2017.09.08

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109689918 A

(43) 申请公布日 2019.04.26

(30) 优先权数据
2016-177568 2016.09.12 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.03.07

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2017/032412 2017.09.08

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/047934 JA 2018.03.15

(73) 专利权人 株式会社电装
地址 日本爱知县

(72) 发明人 北拓也

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 苗堃 金世煜

(51) Int.Cl.
C23C 8/34 (2006.01)
C21D 1/06 (2006.01)
C21D 1/76 (2006.01)
C21D 6/00 (2006.01)
C23C 8/22 (2006.01)
C23C 8/26 (2006.01)
C23C 8/38 (2006.01)
C23C 8/80 (2006.01)

(56) 对比文件
JP S59107028 A, 1984.06.21
JP 2002317253 A, 2002.10.31

审查员 彭春玉

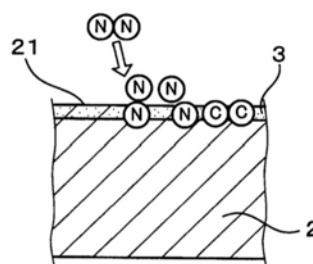
权利要求书1页 说明书8页 附图8页

(54) 发明名称

铁素体系不锈钢制品的制造方法

(57) 摘要

本发明提供一种铁素体系不锈钢制品的制造方法,具有如下工序:在铁素体系不锈钢制的被处理品(2)形成渗碳层(21),以及形成渗碳层的工序之后,在含有N₂气体的气氛中且在铁素体系不锈钢的相变点以上的温度将被处理品加热,由此在被处理品的表面形成氮化层(3)。



1. 一种铁素体系不锈钢制品的制造方法,具有如下工序:

在铁素体系不锈钢制的被处理品(2)形成渗碳层(21),以及

在形成所述渗碳层的工序之后,在含有 N_2 气体的气氛中且在所述铁素体系不锈钢的相变点以上的温度将所述被处理品加热,由此在所述被处理品的表面形成氮化层(3),

所述铁素体系不锈钢制品的制造方法的特征在于,

形成所述渗碳层的工序之前的所述被处理品的碳浓度A质量%、形成所述渗碳层的工序之后且形成所述氮化层的工序之前的所述渗碳层的表面碳浓度 X_C 质量%和所述渗碳层的厚度 L_{Cmm} 以及形成所述氮化层的工序之后的所述渗碳层的厚度 L_{Nmm} 满足 $(X_C-A) \times L_C \leq (0.3-A) \times L_N$ 的关系。

2. 根据权利要求1所述的铁素体系不锈钢制品的制造方法,具有如下工序:在形成所述氮化层的工序之后,进行具有所述氮化层的所述被处理品的淬火,由此,将所述被处理品冷却。

3. 根据权利要求1所述的铁素体系不锈钢制品的制造方法,其中,形成所述渗碳层的工序之前的所述被处理品的碳浓度A质量%、形成所述渗碳层的工序之后且形成所述氮化层的工序之前的所述渗碳层的表面碳浓度 X_C 质量%和所述渗碳层的厚度 L_{Cmm} 以及形成所述氮化层的工序之后的所述渗碳层的厚度 L_{Nmm} 满足 $(0.2-A) \times L_N \leq (X_C-A) \times L_C$ 的关系。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的铁素体系不锈钢制品的制造方法,其中,形成所述渗碳层的工序具有如下工序:

将内部配置有所述被处理品的减压条件下的加热炉内加热至渗碳温度;以及
对所述加热炉内供给渗碳气体。

5. 根据权利要求4所述的铁素体系不锈钢制品的制造方法,其中,所述渗碳气体至少含有不饱和烃气体。

铁素体系不锈钢制品的制造方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请基于2016年9月12日提出申请的日本申请号2016-177568号,在此援引其记载内容。

技术领域

[0003] 本发明涉及对铁素体系不锈钢制的被处理品形成渗碳层后,形成氮化层的铁素体系不锈钢制品的制造方法。

背景技术

[0004] 以往,研究了不锈钢的表面改性方法。例如,已知在含有氮气的非活性气氛中,在氮化温度下加热铁素体系不锈钢的氮化法(参照专利文献1)。

[0005] 具体而言,专利文献1中公开了为了氮化层的稳定形成,在用碳覆盖了内壁的加热炉内,在低于1100℃的温度下在铁素体系不锈钢制的被处理品的表面形成氮化层的技术。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:日本特开2014-181397号公报。

发明内容

[0009] 然而,以往的氮化层的形成方法中,有时无法在碳浓度低的被处理品充分地形成氮化层。即,为了形成充分的氮化层,作为处理对象的被处理品受到限制。而且,如果无法充分地形成氮化层,则无法充分地形成马氏体相,无法使铁素体系不锈钢改性而充分地提高硬度。

[0010] 本发明的目的在于提供不论原材料的碳浓度,均能够形成氮化层,能够提高硬度的铁素体系不锈钢制品的制造方法。

[0011] 根据本发明的一个方式,铁素体系不锈钢制品的制造方法具有如下工序:在铁素体系不锈钢制的被处理品上形成渗碳层,以及在形成渗碳层的工序之后,在含有N₂气体的气氛中且在铁素体系不锈钢的相变点以上的温度将被处理品加热,由此在被处理品的表面形成氮化层。

[0012] 根据本发明的一个方式,对被处理品形成渗碳层后,形成氮化层。因此,即使被处理品的碳浓度低,在形成渗碳层的工序中,能够提高被处理品的碳浓度,因此,在形成氮化层的工序中也能够充分地形成氮化层。

[0013] 另外,通过形成渗碳层,能够破坏存在于铁素体系不锈钢的表面的钝化膜,因此,在形成氮化层的工序中氮容易固溶在铁素体系不锈钢中。因此,能够充分地形成氮化层,能够从被处理品的表面至足够深的部位形成氮化层。

[0014] 氮化层能够通过例如冷却而产生马氏体相变。由此,能够形成硬度高的马氏体相。因此,根据本公开的一个方式,能够制造硬度高的铁素体系不锈钢制品。

[0015] 另外,在形成氮化层的工序中,在形成渗碳层后,在铁素体系不锈钢的相变点温度以上这样的高温下进行加热。因此,在形成氮化层的工序中,能够使渗碳层中的碳原子扩散至被处理品的内部。即,在形成氮化层的工序中,不仅氮在渗碳层中固溶以及形成氮化层,而且能够通过碳原子的扩散而使被处理品的表面碳浓度降低。通过该表面碳浓度的降低,能够提高耐腐蚀性。即,能够在不降低耐腐蚀性的情况下提高硬度。因此,能够制造硬度和耐腐蚀性优异的铁素体系不锈钢制品。

[0016] 如上所述,根据本发明的一个方式,能够提供不论被处理品的碳浓度,均能够充分地形成氮化层,能够提高硬度的铁素体系不锈钢制品的制造方法。

附图说明

[0017] 关于本发明的上述目的和其它目的、特征、优点通过参照附图并通过下述的详细记述而更加明确。附图中,

[0018] 图1A是实施方式1的渗碳工序中的被处理品的截面说明图。

[0019] 图1B是实施方式1的氮化工序的初期阶段的被处理品的截面说明图。

[0020] 图1C是实施方式1的氮化工序的渗碳层的扩散阶段和氮化层的形成进行阶段的被处理品的截面说明图。

[0021] 图2是表示实施方式1的铁素体系不锈钢制品的制造时的时间与温度变化和压力变化的关系的线图。

[0022] 图3是实施方式2的加热炉的示意图。

[0023] 图4A是表示实验例1的耐腐蚀性评价试验后的实施例产品的表面的照片。

[0024] 图4B是表示实验例1的耐腐蚀性评价试验后的比较例产品的表面的照片。

[0025] 图5A是表示实验例1的实施例产品的截面组织的照片。

[0026] 图5B是表示实验例1的比较例产品的截面组织的照片。

[0027] 图6A是实验例1的圆盘状的铁素体系不锈钢制品的立体图。

[0028] 图6B是实验例1的经二等分的铁素体系不锈钢制品的立体图。

[0029] 图7是表示实验例1的实施例产品的距表面的距离与维氏硬度的关系的说明图。

[0030] 图8是表示实验例1的比较例产品的距表面的距离与维氏硬度的关系的说明图。

[0031] 图9是表示实验例2的铁素体系不锈钢原材料的碳含量C质量%与耐腐蚀性评价试验后的变色部位的面积率Sc%的关系的线图。

[0032] 图10是表示实验例2的马氏体系不锈钢原材料的碳含量C质量%与维氏硬度的关系的线图。

[0033] 图11是表示实验例2的渗碳工序后或者氮化工序后的碳浓度分布曲线的线图。

[0034] 图12是表示线图I和线图II的图,所述线图I表示实验例2的渗碳工序后的渗碳层的厚度与碳浓度的关系,所述线图II表示氮化工序后的渗碳层的厚度与碳浓度的关系。

[0035] 图13是表示线图I和线图II的图,所述线图I表示实验例2的渗碳工序后的渗碳层的厚度与碳浓度的关系,所述线图II表示氮化工序后的渗碳层的厚度与最表面碳浓度成为0.3质量%时的碳浓度的关系。

[0036] 图14是表示线图I和线图II的图,所述线图I表示实验例2的渗碳工序后的渗碳层的厚度与碳浓度的关系,所述线图II表示氮化工序后的渗碳层的厚度与最表面碳浓度成为

0.2质量%时的碳浓度的关系。

具体实施方式

[0037] (实施方式1)

[0038] 参照附图对铁素体系不锈钢制品的制造方式的实施方式进行说明。在制造铁素体系不锈钢制品时,进行以下的渗碳工序和氮化工序。

[0039] 如图1A中例示那样,渗碳工序中,在由铁素体系不锈钢构成的被处理品2形成渗碳层21。另外,如图1B和1C中例示那样,氮化工序中,在含有N₂气体的气氛中且在铁素体系不锈钢的相变点以上的温度下将被处理品2加热。由此在被处理品的表面形成氮化层3。以下进行详细说明。

[0040] 作为铁素体系不锈钢制的被处理品2,只要是铁素体系不锈钢就没有特别限定,可使用各种组成的铁素体系不锈钢。被处理品的铁素体系不锈钢原材料的碳含量优选为0.3质量%以下。此时,耐腐蚀性进一步提高。从进一步提高该效果的观点出发,铁素体系不锈钢原材料的碳含量更优选为0.12质量%以下,进一步优选为0.01质量%以下。

[0041] 渗碳工序和氮化工序可以在例如后述的实施方式2的图3中例示这样的加热炉4内进行。作为加热炉4,例如可使用间歇型、连续型炉。

[0042] 渗碳工序的渗碳层21的形成可以通过例如气体渗碳、真空渗碳、等离子体渗碳进行。这些渗碳处理中,可使用渗碳气体。

[0043] 作为渗碳气体,可使用饱和烃气体、不饱和烃气体等烃气体。优选为乙炔等不饱和烃气体。此时,更容易破坏存在于铁素体系不锈钢的表面的钝化膜,能够提高与被处理品的反应性。作为渗碳气体,也可以单独使用上述烃气体,还可以使用烃气体与例如非活性气体的混合气体。

[0044] 如图1A中例示那样,渗碳层21的形成优选通过真空渗碳进行。此时,渗碳气体容易被摄入铁素体系不锈钢制的被处理品2。另外,由于渗碳处理不需要等离子体发生装置等特别的装置,因此,能够进行低成本的渗碳。

[0045] 如图1B、1C中例示那样,氮化工序中,在含有N₂气体的气氛中且在铁素体系不锈钢的相变点以上的温度将被处理品2加热。由此在被处理品2的表面形成氮化层3。以下,将氮化工序的加热温度适当称为氮化温度。

[0046] 含有N₂气体的气氛只要至少含有N₂即可,可以进一步含有非活性气体。另外,氮化工序的气氛中可以含有渗碳工序中残留的渗碳气体。残留渗碳气体越少越好。优选含有N₂气体的气氛为N₂气体。

[0047] 相变点是铁素体系不锈钢原材料的铁素体相的至少一部分产生向奥氏体相的相变的温度。相变点根据原材料的组成而不同,例如为700~900℃。

[0048] 另外,氮化温度优选为氮的分解温度即900℃以上。此时,更容易引起氮向被处理品2的固溶。从使氮的固溶更容易的观点出发,氮化温度更优选为1000℃以上,进一步优选为1050℃以上。

[0049] 氮化温度优选为1100℃以下。此时,能够抑制被处理品的晶粒的粗大化,抑制强度的降低。从进一步抑制晶粒的粗大化的观点出发,氮化温度更优选为1050℃以下。

[0050] 如图2所示,渗碳工序和氮化工序可以通过以下的升温工序(I)、均热工序(II)、渗

碳气体导入工序(III)、高温氮化工序(IV)进行,并进一步进行冷却工序(V),所述冷却工序(V)进行氮化工序后的被处理品2的淬火。图2中,横轴表示时间,左纵轴表示温度,右纵轴表示压力。另外,图2的粗线表示温度变化,细线表示压力变化。

[0051] 升温工序(I)和均热工序(II)中,将设置有被处理品2的例如加热炉的内部升温至渗碳温度并保持。渗碳温度可适当决定,例如为1000~1100℃。图2中,显示渗碳温度与氮化温度相同的情况,但两者也可以不同。

[0052] 渗碳气体导入工序(III)中,向设置有被处理品2的例如加热炉内供给渗碳气体。由此,能够实施在被处理品2形成渗碳层21的渗碳工序(参照图1A)。渗碳气体的导入时间可适当决定。渗碳气体导入时间、渗碳温度也可以以例如后述的实验例2所示的表面碳浓度 X_c 和渗碳层21的厚度 L_c 成为期望的关系的方式适当决定。

[0053] 如图1B、图1C、图2中例示那样,高温氮化工序(IV)中,在氮化温度向加热炉内供给 N_2 气体或者含有 N_2 气体的气体。由此,能够在被处理品2形成氮化层3。氮化温度和氮化时间可根据被处理品所要求的硬度而适当决定。氮化温度和氮化时间也可以以例如后述的渗碳工序后的表面碳浓度 X_c 、渗碳工序后的渗碳层21的厚度 L_c 和氮化工序后的渗碳层21的厚度 L_N 成为期望的关系的方式适当决定。

[0054] 如图2中例示那样,冷却工序(V)中,将设置有被处理品2的加热炉内从氮化温度降温至规定的温度。冷却工序(V)中,优选进行具有氮化层3的被处理品2的淬火。此时,通过淬火,能够在氮化层3更可靠且更充分地形成硬度高的马氏体相。淬火可通过例如油冷将被处理品2骤冷来进行。

[0055] 冷却工序后,优选进行将被处理品2冷却至例如0℃以下的低温的零下处理。零下处理也被称为深冷处理。通过该处理,能够使被处理品2的原材料内部的残留奥氏体相进行马氏体化。

[0056] 零下处理后,优选进行回火。此时,能够使原材料内部的不稳定组织稳定化。

[0057] 本实施方式中,如上所述在渗碳工序后进行氮化工序。如图1A中例示那样,通过渗碳工序的渗碳层21的形成,能够破坏存在于被处理品2的铁素体系不锈钢的表面的钝化膜。因此,在渗碳工序后进行的氮化工序中,如图1B中例示那样,氮容易固溶在被处理品2的铁素体系不锈钢中。因此,如图1C中例示那样,能够充分地形成氮化层3,能够从被处理品2的表面至足够深的部位形成氮化层3。

[0058] 氮化层3能够通过例如冷却而产生马氏体相变,能够形成硬度优异的马氏体相。因此,根据本实施方式的制造方法,能够制造硬度高的铁素体系不锈钢制品1。

[0059] 另外,氮化工序中,如上所述,在形成渗碳层21后在铁素体系不锈钢的相变点温度以上的高温下进行加热。因此,氮化工序中,能够使渗碳层21中的碳原子扩散至被处理品2的内部。即,氮化工序中,不仅氮在渗碳层21中固溶以及形成氮化层3,而且能够通过碳原子的扩散而使被处理品2的表面碳浓度降低。通过该表面碳浓度的降低,能够提高耐腐蚀性。因此,能够制造耐腐蚀性优异的铁素体系不锈钢制品1。

[0060] 如上所述,通过在渗碳工序后进行氮化工序,能够得到耐腐蚀性优异并且硬度高的铁素体系不锈钢制品1。这样的铁素体系不锈钢制品1能够利用于要求耐腐蚀性、硬度的各种用途。例如,可举出汽车的发动机控制部件、燃料系统部件、排气系统部件。

[0061] (实施方式2)

[0062] 本实施方式是通过使用图3中例示的加热炉4进行渗碳工序和氮化工序来制造圆盘状的铁素体系不锈钢制品1的例子。应予说明,实施方式2以后使用的符号中,与已出现的实施方式中使用的符号相同的符号只要没有特别说明,表示与已出现的实施方式的构成要素同样的构成要素等。

[0063] 如图3中例示那样,加热炉4具备渗碳氮化室5和冷却室6。渗碳氮化室5具备省略图示的加热器,通过该加热器对内部进行加热。冷却室6具备冷却用的油槽61和省略图示的升降装置,通过该升降装置,能够使形成有渗碳层21和氮化层3的被处理品2,即,铁素体系不锈钢制品1出入油槽61。

[0064] 在渗碳氮化室5和冷却室6两者连接有真空泵(P)41和能够加压至大气压以上的氮气储气瓶42。另外,在渗碳氮化室5介由质量流量控制器52连接有例如至少含有乙炔气体这样的渗碳气体的渗碳气体储气瓶51。应予说明,以下将质量流量控制器适当称为MFC。另外,加热炉4在渗碳氮化室5与冷却室6之间具备能够使铁素体系不锈钢制品1移动的输送装置。图2中,省略输送装置的图示。

[0065] 使用本实施方式的加热炉4制造铁素体系不锈钢制品1时,首先,在渗碳氮化室5内配置由铁素体系不锈钢构成的直径 $\phi 15\text{mm}$ ×厚度 2mm的圆盘状的被处理品2。

[0066] 接着,通过省略了图示的加热器开始渗碳氮化室5内的升温。然后,使渗碳氮化室5内升温至例如渗碳温度1050℃(升温工序)。接着,一边在该渗碳温度保持10分钟(均热工序)一边利用真空泵41进行抽真空,由此将渗碳氮化室5内减压至真空状态。

[0067] 接着,一边调整MFC52一边以规定的流速从渗碳气储气瓶51将作为渗碳气体的乙炔气体导入渗碳氮化室5内(渗碳气体导入工序)。本实施方式中用1分钟导入渗碳气体。由此,在被处理品2形成渗碳层21。从通过缩短渗碳层21的形成时间而提高生产率的观点出发,渗碳气体的导入时间优选为5分钟以下,更优选为3分钟以下,进一步优选为2分钟以下。

[0068] 接着,从氮气储气瓶42向渗碳氮化室5内导入氮气,并将渗碳氮化室5内在上述的温度1050℃进一步保持120分钟(高温氮化工序)。由此,使氮固溶于形成有渗碳层21的被处理品,并且形成氮化层3。进而,高温氮化工序中,渗碳层21的碳从被处理品2的表面侧扩散至内部侧。

[0069] 接着,使加热器停止,通过省略图示的输送装置将形成有渗碳层21和氮化层31的铁素体系不锈钢制品1从氮化室5输送至冷却室6。进而,在冷却室6内,通过省略图示的升降装置将铁素体系不锈钢制品1浸渍于油槽61内,进行油冷。通过该油冷,使铁素体系不锈钢的氮化层3产生马氏体相变,形成马氏体相。油冷后,通过升降装置将铁素体系不锈钢制品1从油槽提起。

[0070] 接着,进行零下处理后,进行回火处理,由此得到本实施方式的铁素体系不锈钢制品1。如此得到的铁素体系不锈钢制品1如后述的实验例1所示,兼具优异的耐腐蚀性和硬度。

[0071] (实验例1)

[0072] 本例中,进行渗碳工序后进行氮化工序而制作的铁素体系不锈钢制品(即,实施例产品)和在不进行渗碳工序情况下进行氮化工序而制作的铁素体系不锈钢制品(即,比较例产品)的耐腐蚀性和硬度的评价。实施例产品是与上述实施方式2同样地制作的铁素体系不锈钢制品。比较例产品是除了不导入乙炔气体的方面以外,与上述实施方式2同样地制作的

铁素体系不锈钢制品。

[0073] <耐腐蚀性评价>

[0074] 按照JIS Z2371:2000进行中性盐水喷雾试验,评价实施例产品和比较例产品的耐腐蚀性。盐水的喷雾连续进行。试验后,通过目测观察表面有无变色。将实施例产品的结果示于图4A,将比较例产品的结果示于图4B。

[0075] <硬度评价>

[0076] (1) 截面组织观察

[0077] 以在直径方向二等分的方式切割圆盘状的实施例产品和比较例产品,利用倍率100倍的光学显微镜观察该截面组织。将实施例产品的截面组织照片示于图5A,将比较例产品的截面组织照片示于图5B。应予说明,图5A的箭头表示马氏体相从表面至规定的深度的整个区域所形成的区域。

[0078] (2) 维氏硬度的测定

[0079] 调查实施例产品和比较例产品的距表面的距离L与维氏硬度Hv0.1的关系。测定维氏硬度Hv时,首先,以在直径方向二等分的方式切割图6A例示的实施例产品的圆盘状铁素体系不锈钢制品1,得到图6B例示的半圆盘状的试验片10。然后,将试验片10埋入省略图所示的树脂,对切割面101进行研磨后,测定切割面101的维氏硬度。测定在板厚方向的从试验片的表面朝向内部的方向,即,图6B的箭头A的方向每隔规定的距离进行。比较例产品的测定方法也同样。将实施例产品的距离L与维氏硬度Hv0.1的关系示于图7,将比较例产品的距离L与维氏硬度Hv0.1的关系示于图8。应予说明,Hv0.1是指根据JIS Z2244:2009规定的将基于压痕的测定载荷设定为0.1kgf,即0.98N时的维氏硬度。

[0080] 如图4A中例示那样,在渗碳工序后进行氮化工序而制作的实施例产品中,几乎没有观察到因腐蚀引起的茶色、茶褐色、黑色等变色。与此相对,在不进行渗碳工序的情况下进行氮化工序而制作的比较例产品中,观察到变色。图4B的斑点花纹部分为变色的部分。因此,可知通过在渗碳工序后进行氮化工序,能够得到耐腐蚀性优异的铁素体系不锈钢制品。

[0081] 另外,如图5A中例示那样,在渗碳工序后进行氮化工序而制作的实施例产品中,通过马氏体转变从表面至足够的深度形成马氏体相。因此,如图7中例示那样,实施例产品从表面至足够深的位置显示高的硬度。

[0082] 与此相对,如图5B中例示那样,在不进行渗碳工序的情况下进行氮化工序而制作的比较例产品中,未观察到马氏体相。而且,如图8中例示那样,比较例产品的表面硬度没有上升,从表面至内部硬度低。

[0083] 如上所述,根据本例,可知通过在渗碳工序后进行氮化工序,能够得到兼具优异的耐腐蚀性和硬度的铁素体系不锈钢制品。

[0084] (实验例2)

[0085] 该实施例中,调查形成渗碳层前的被处理品的碳浓度A质量%、渗碳工序后且氮化工序前的渗碳层的表面碳浓度Xc质量%、渗碳工序后且氮化工序前的渗碳层的厚度Lcmm以及氮化工序后的渗碳层的厚度Lnmm的优选的关系。

[0086] 首先,调查铁素体系不锈钢原材料的碳浓度C(单位:质量%)与耐腐蚀性的关系。具体而言,进行上述的中性盐水喷雾试验。试验后,观察原材料表面,测定变色部位的面积率Sc。变色部位为腐蚀部位。将原材料的碳浓度C(单位:质量%)与变色部位的面积率Sc的

关系示于图9。

[0087] 如图9所示,碳浓度超过0.3质量%时,腐蚀面积显著增大而耐腐蚀性显著降低。因此,可知从充分确保耐腐蚀性的观点出发,碳浓度优选为0.3质量%以下。

[0088] 另外,图10示出铁素体系不锈钢原材料的碳浓度C(单位:质量%)与维氏硬度Hv0.1的关系。具体而言,准备碳浓度不同的多个铁素体系不锈钢原材料,将其加工成圆盘状。接着,与实验例1同样地由圆盘状的试验片制作半圆盘状的试验片,与实验例1同样地测定维氏硬度。将其结果示于图10。

[0089] 如图10所示,碳浓度C越高,维氏硬度越高。可知从通常为了确保耐摩耗性而要求超过500Hv0.1的观点出发,碳浓度优选为0.2质量%以上。

[0090] 接着,在对与实施方式2同样的圆盘状的被处理品进行渗碳工序和氮化工序的过程中,通过以下的测定装置和测定条件的电子束微量分析仪(即,EPMA)测定被处理品的C浓度分布。作为EPMA的测定样品,使用在直径方向切割圆盘状的样品而得的半圆盘状样品。然后,通过测定半圆盘状样品的厚度方向的C浓度来进行C浓度分布的测定。

[0091] 测定装置:株式会社岛津制作所制的EPMA-1610

[0092] ACC.V:15kV

[0093] 束直径:3 μ m

[0094] 束电流:200nA

[0095] 采样间距:3 μ m

[0096] 数据点:400

[0097] 采样时间:1秒

[0098] 测定在渗碳工序、氮化工序的各工序后形成渗碳层至足够深度的部分进行。具体而言,首先,对与实施方式2同样地进行渗碳工序后得到的被处理品测定碳浓度分布。接着,对在渗碳工序后进一步进行氮化工序而得到的被处理品测定碳浓度分布。将其一个例子示于图11。

[0099] 渗碳工序后的碳浓度分布和氮化工序后的碳浓度分布虽然最表面的碳浓度,即高度不同,进而直至向原材料碳浓度A收敛为止的曲线的形状不同,但描绘与图11的例示同样的分布曲线。碳浓度分布由将横轴设为距被处理品的最表面的距离(即,深度),将纵轴设为碳浓度的分布曲线表示。图11的纵轴表示渗碳工序后的碳浓度或者氮化工序后的碳浓度。

[0100] 渗碳工序后且氮化工序前的碳浓度分布中,将从最表面至束直径10点量的位置,即,从最表面至30 μ m的位置的碳浓度的平均值设为表面碳浓度XC。

[0101] 另外,如图11中例示那样,渗碳工序后的被处理品的碳浓度分布曲线中,将碳浓度成为最表面的1/3的基准点P处的切线 T_p 与原材料碳浓度A的交点为止的距离设为渗碳工序后且氮化工序前的渗碳层的厚度 L_c 。

[0102] 另外,如图11中例示那样,氮化工序后的被处理品的碳浓度分布曲线中,将碳浓度成为最表面的1/3的基准点P处的切线 T_p 与原材料碳浓度A的交点为止的距离设为氮化工序后的渗碳层的厚度 L_N 。

[0103] 另外,被处理品的原材料碳浓度A为进行上述渗碳工序、氮化工序前的被处理品的铁素体系不锈钢原材料原本的碳浓度。

[0104] 将渗碳工序后的渗碳层的厚度(即,渗碳的深度)与碳浓度的关系示于线图I,将氮

化工序后的扩散至内部的渗碳层的厚度与碳浓度的关系作为线图II的一个例子一并记于图12。图12的线图I、线图II表示碳浓度分布曲线的线性近似。

[0105] 在此,渗碳工序后摄入被处理品内的碳量由图12的斜线区域 α 表示,氮化工序后的被处理品内的碳量由斜线区域 β 表示。氮化工序中,渗碳工序中摄入的碳扩散至内部,因此,氮化工序后的最表面碳浓度与渗碳工序后相比降低,但被处理品内的碳量自身没有变化。即,被处理品内的斜线区域 α 的面积和斜线区域 β 的面积相同。

[0106] 如果假设氮化工序后的被处理品的表面碳浓度为0.3质量%,则氮化工序中存在于被处理品中的碳量由图13的斜线区域 β_1 表示。为了充分提高耐腐蚀性,如上所述,氮化工序后的被处理品的表面碳浓度优选为0.3质量%以下,从该观点出发,图13中,区域 α 的面积优选为区域 β_1 的面积以下。

[0107] 即,优选为 $(X_C - A) \times L_C \times 1/2 \leq (0.3 - A) \times L_N \times 1/2$ 。这与优选为 $(X_C - A) \times L_C \leq (0.3 - A) \times L_N$ 意义相同。因此,为了得到耐腐蚀性更优异的铁素体系不锈钢制品,优选为 $(X_C - A) \times L_C \leq (0.3 - A) \times L_N$ 。

[0108] 如果假设氮化工序后的被处理品的表面碳浓度为0.2质量%,则氮化工序中存在于被处理品中的碳量由图14的斜线区域 β_2 表示。为了更稳定地形成氮化层,如上所述,氮化工序后的被处理品的表面碳浓度优选为0.2质量%以上,从该观点出发,图14中,区域 α 的面积优选为区域 β_1 的面积以下。

[0109] 即,优选为 $(0.2 - A) \times L_N \times 1/2 \leq (X_C - A) \times L_C \times 1/2$ 。这与优选为 $(0.2 - A) \times L_N \leq (X_C - A) \times L_C$ 意义相同。因此,为了更稳定地形成氮化层而得到硬度更高的铁素体系不锈钢制品,优选为 $(0.2 - A) \times L_N \leq (X_C - A) \times L_C$ 。

[0110] 可以调整各条件以使原材料碳浓度A质量%、渗碳工序后且氮化工序前的渗碳层的表面碳浓度 X_C 质量%、渗碳工序后且氮化工序前的渗碳层的厚度 L_{Cmm} 以及氮化工序后的渗碳层的厚度 L_{Nmm} 满足上述优选的关系。即,能够以满足上述期望的关系的方式控制渗碳工序的渗碳温度和渗碳时间、氮化工序的氮化温度和氮化时间等。由此,能够得到耐腐蚀性、硬度更优异的铁素体系不锈钢制品。

[0111] 本发明不限于上述各实施方式、各实验例,可以在不脱离其主旨的范围内应用于各种实施方式。本发明也包含各种变形例、同等范围内的变形。例如,被处理品2的形状没有特别限定,可根据用途采用各种形状的被处理品。

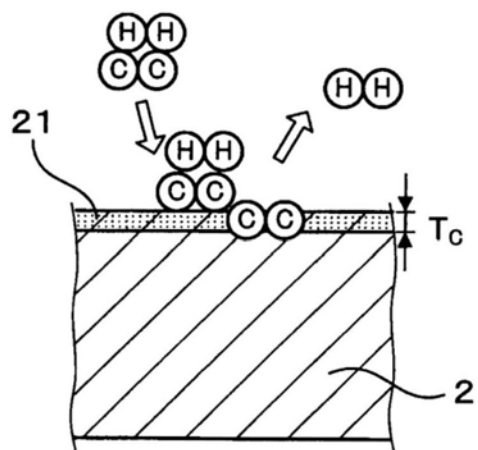


图1A

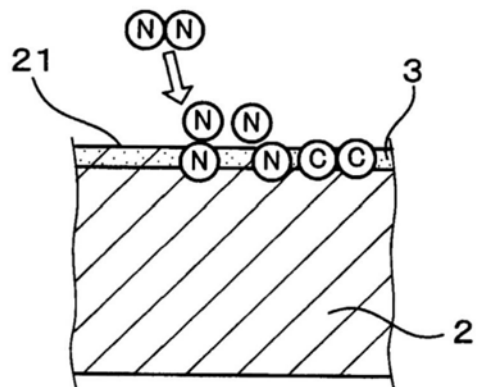


图1B

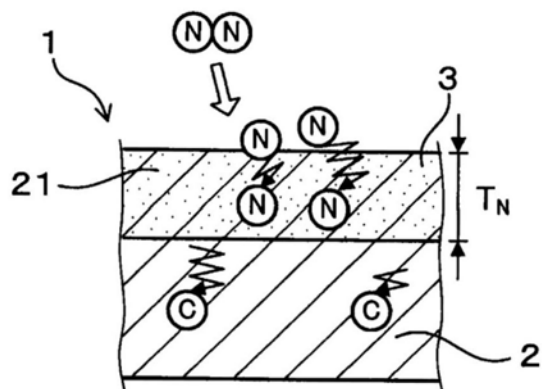


图1C

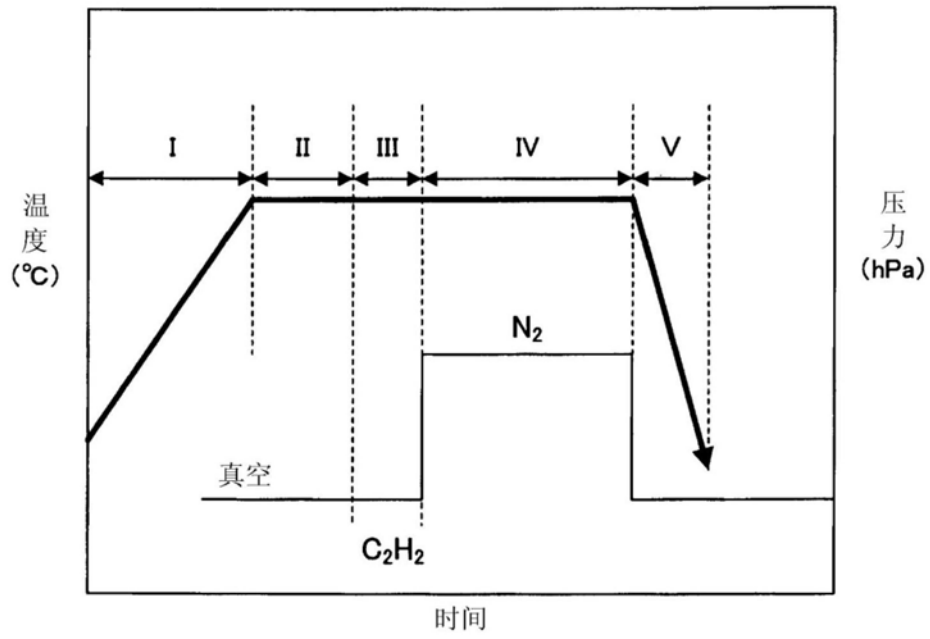


图2

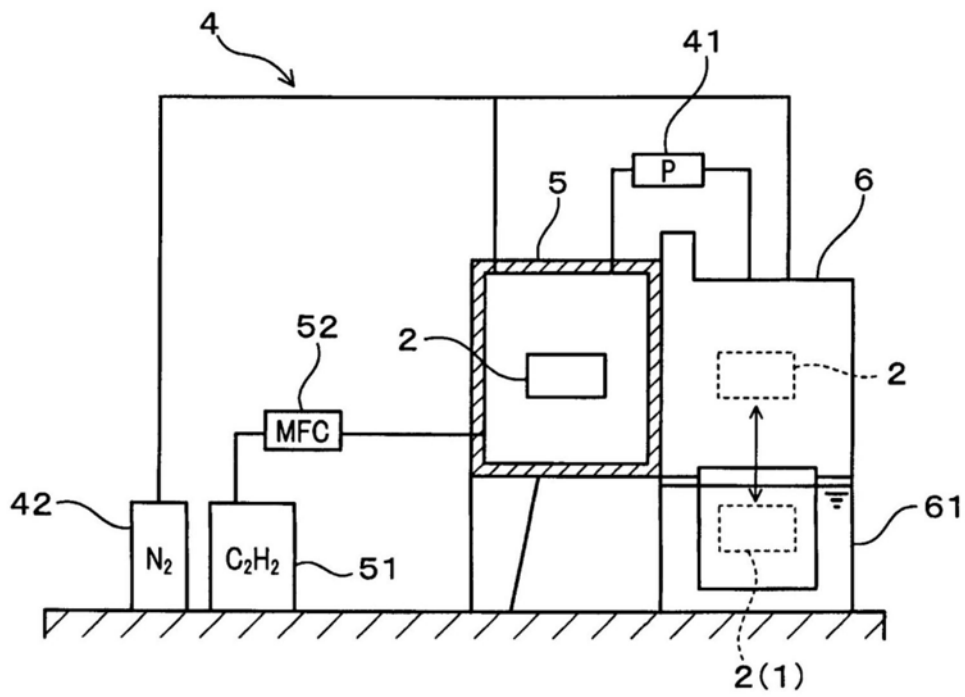


图3

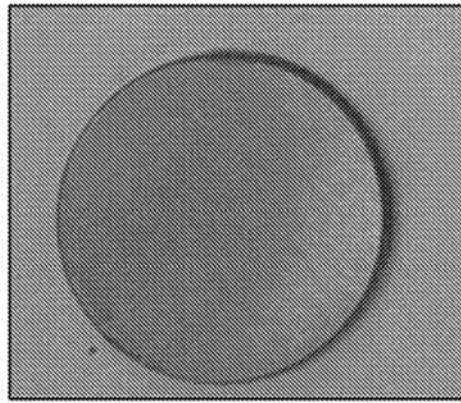


图4A

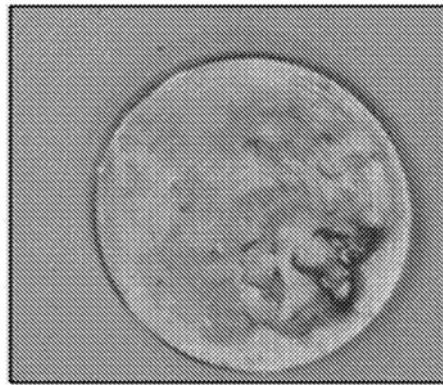


图4B

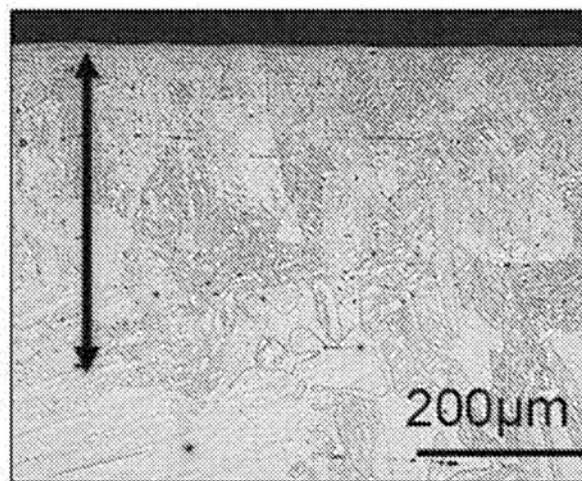


图5A

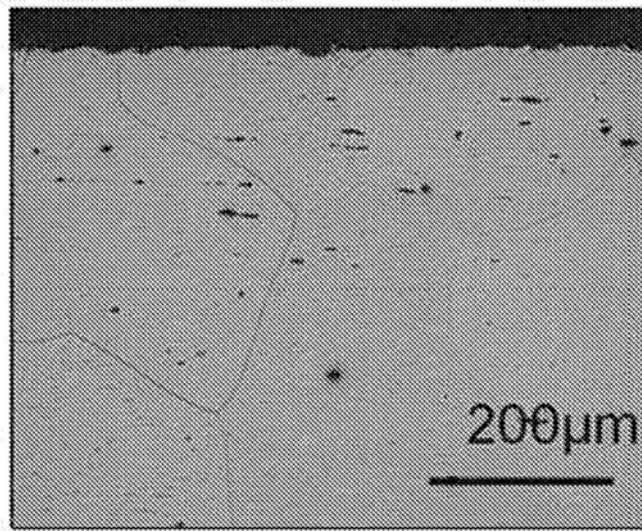


图5B

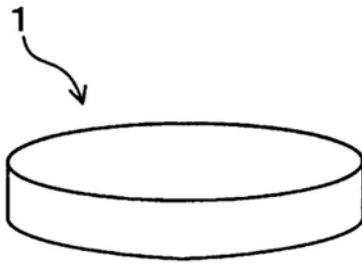


图6A

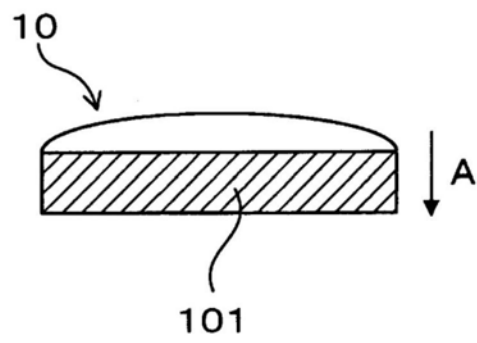


图6B

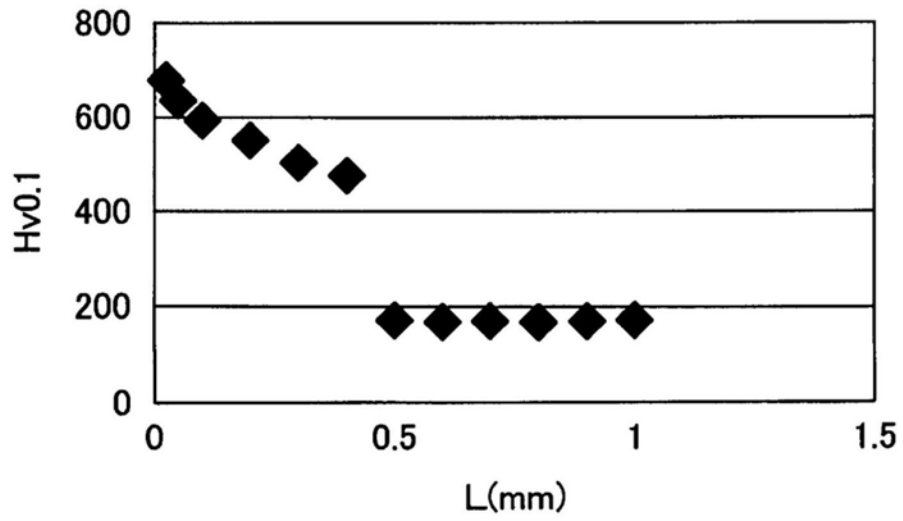


图7

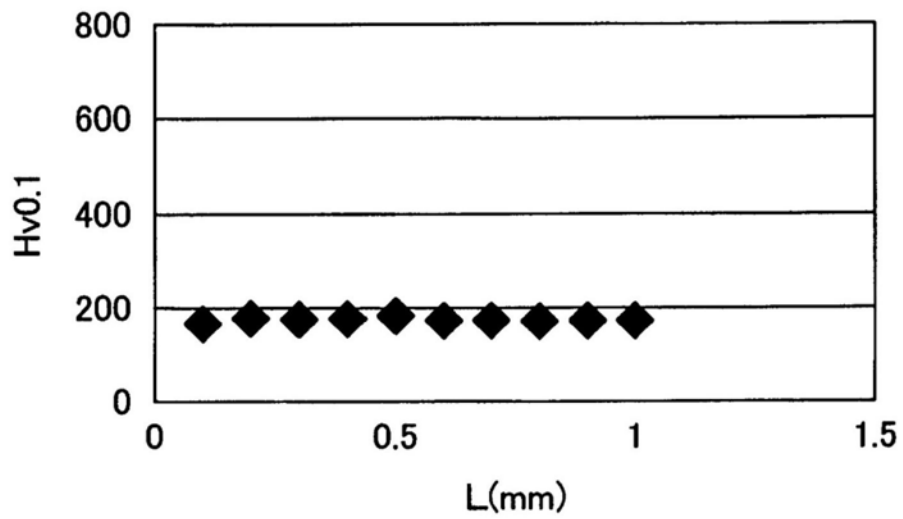


图8

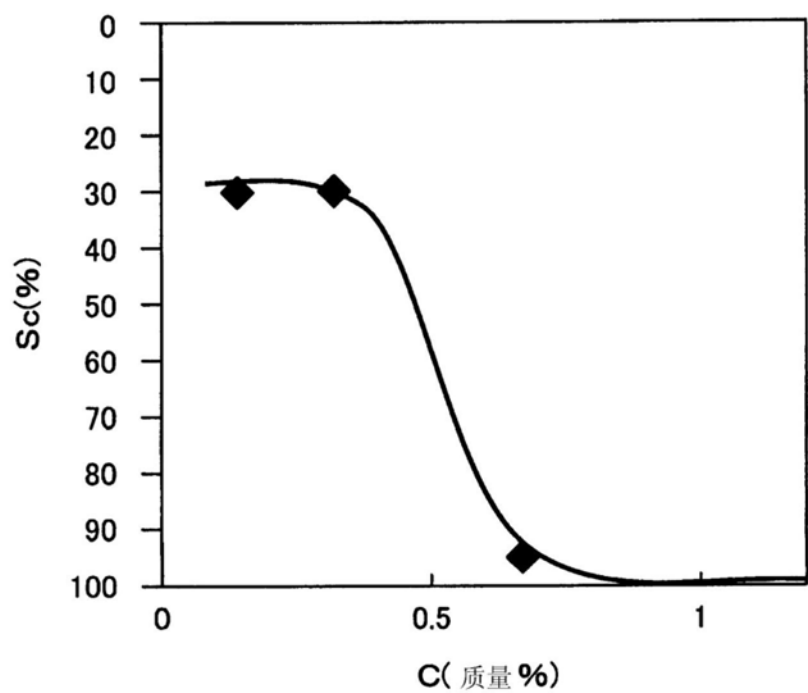


图9

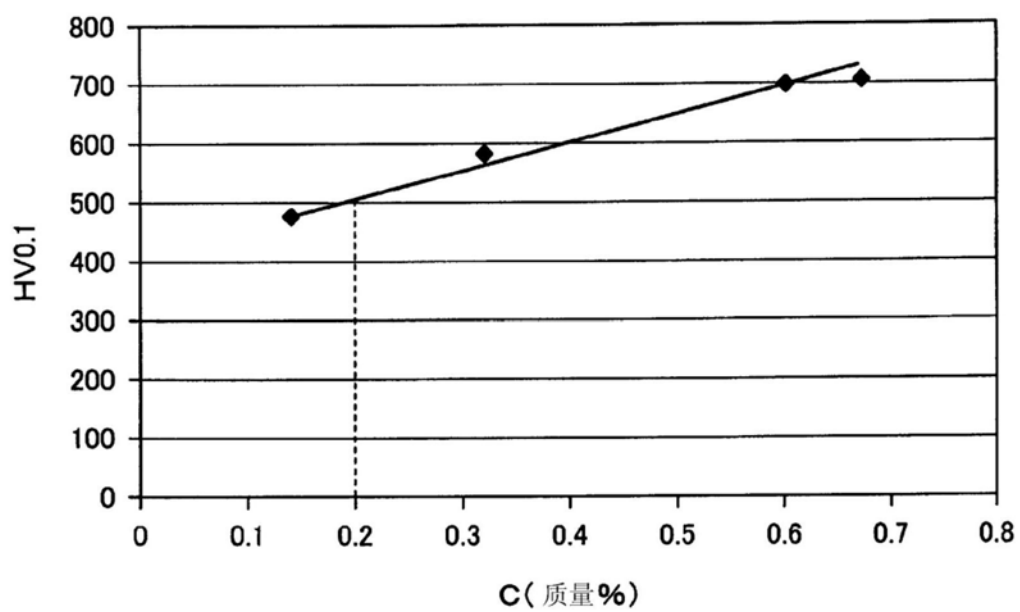


图10

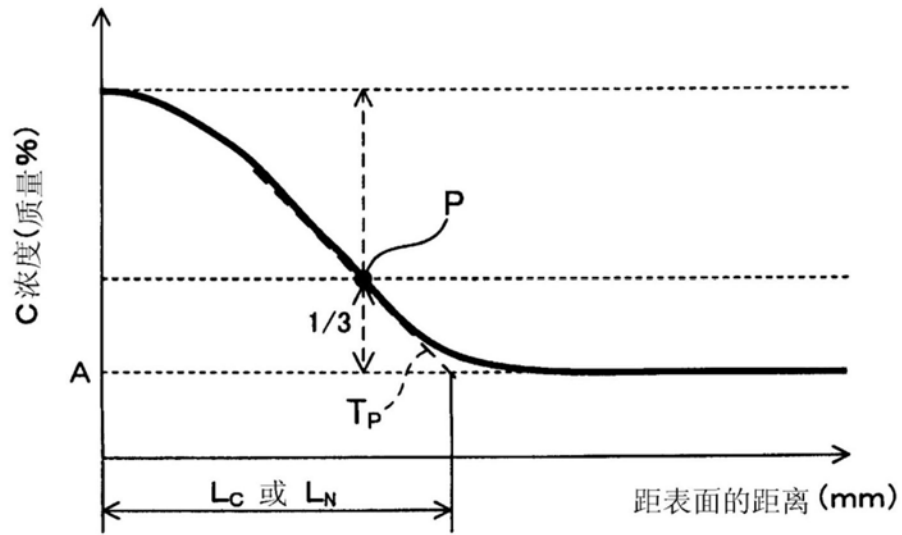


图11

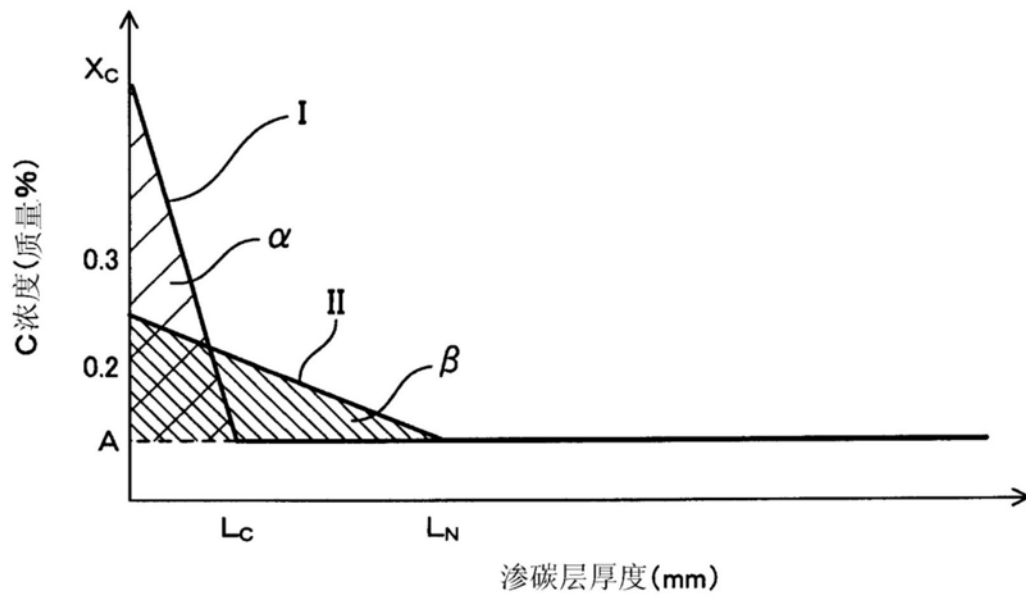


图12

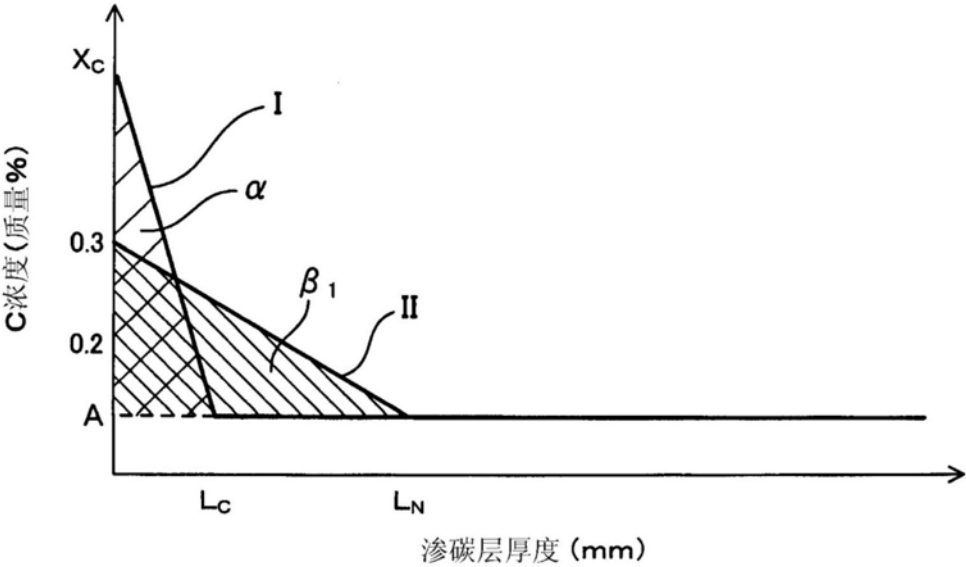


图13

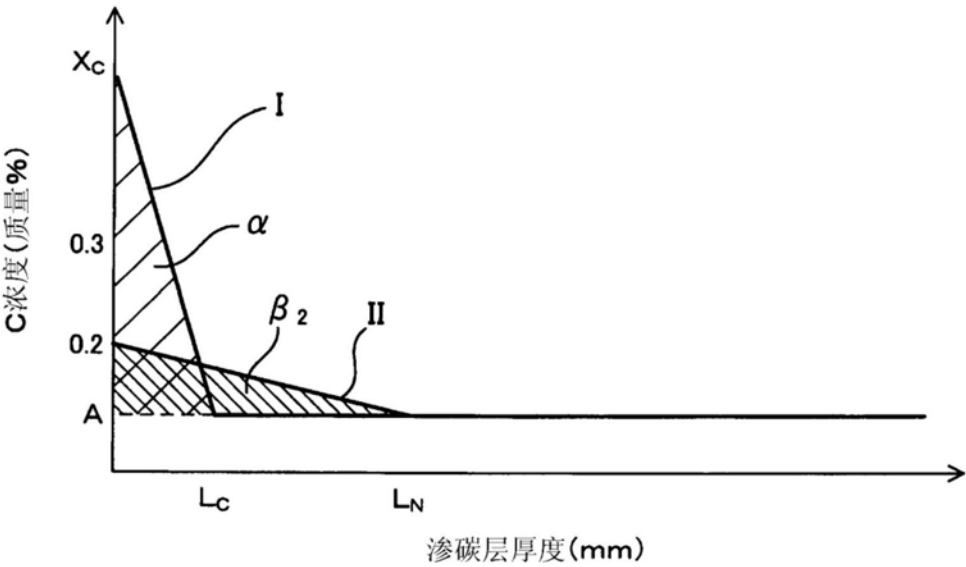


图14