

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01810357. X

C23G 1/02 (2006.01)
C22C 38/18 (2006.01)
C22C 38/22 (2006.01)
C22C 38/40 (2006.01)

[45] 授权公告日 2006 年 11 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 1287009C

[22] 申请日 2001.8.2 [21] 申请号 01810357. X

[30] 优先权

[32] 2000. 8. 7 [33] US [31] 09/633,508

[86] 国际申请 PCT/US2001/024367 2001.8.2

[87] 国际公布 WO2002/012592 英 2002.2.14

[85] 进入国家阶段日期 2002.12.10

[71] 专利权人 ATI 资产公司

地址 美国俄勒冈州

[72] 发明人 约翰·F·格拉布

詹姆斯·D·弗里茨

罗纳德·E·波林斯基

审查员 任颖丽

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 范明娥 张平元

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 12 页

[54] 发明名称

改善奥氏体不锈钢耐蚀性的表面处理

[57] 摘要

增强奥氏体不锈钢耐蚀性的方法，包括除去钢的至少部分表面上的材料，以便消除腐蚀引发位点或使其数量降低到比按传统方法处理得到的数量更少的程度。可按各种适当的方法除去材料，方法包括例如在侵蚀性比按传统方法处理相同钢时更大的条件下进行喷砂、研磨和/或酸洗。

测试温度 = 32.2°C (90°F)			
样品	重量损失 (g/cm ²)	最深的缝隙	注
1	0.0000	"0.001"	在40平台的9下侵蚀
2	0.0001	"0.007"	在40平台的11下侵蚀
3	0.0000	浸蚀	在40平台的2下侵蚀
4	0.0000	浸蚀	在40平台的2下侵蚀
5	0.0000	—	无明显侵蚀
6	0.0000	—	无明显侵蚀
7	0.0000	"0.004"	在40平台的4下侵蚀
8	0.0000	精浸蚀	在40平台的1下侵蚀
9	0.0000	"0.003"	在40平台的11下侵蚀
10	0.0000	"0.007"	在40平台的3下侵蚀
11	0.0000	—	无明显侵蚀
12	0.0000	—	无明显侵蚀
13	0.0000	浸蚀	在40平台的1下侵蚀
14	0.0000	"0.001"	在40平台的8下侵蚀
15	0.0000	浸蚀	在40平台的1下侵蚀
16	0.0000	"0.001"	在40平台的4下侵蚀
17	0.0000	—	无明显侵蚀
18	0.0000	浸蚀	在40平台的3下侵蚀

*表示腐蚀破坏

1. 增强奥氏体不锈钢耐蚀性的方法,该奥氏体不锈钢具有 UNS N08367 组成,该方法包括:通过酸洗除去钢的至少部分表面上足够量的材料,以提供临界缝隙腐蚀温度高于 X 的处理表面,其中 $X(^{\circ}\text{C})=3.2(\text{重量}\% \text{Cr})+7.6(\text{重量}\% \text{Mo})+10.5(\text{重量}\% \text{N})-88.5$,其中酸洗是在含有选自硝酸、氢氟酸、硫酸、盐酸中至少一种酸的溶液中的进行的,其中酸洗步骤的时间不超过 60 分钟,其中酸溶液的温度至少为 60°C 。

2. 根据权利要求 1 的方法,其中奥氏体不锈钢含有 20 - 40 % (重量)镍, 14 - 24 % (重量)铬和 4 - 12 % (重量)钼。

3. 根据权利要求 1 的方法,其中钢的临界缝隙腐蚀温度增加到高于 X 至少 13.5°C 。

4. 根据权利要求 1 的方法,其中所述的钢是选自以带、棒、板、片、铸件和管的制品的形状存在的。

5. 根据权利要求 1 的方法,其中酸洗是在含有硝酸和氢氟酸的一种水溶液中的进行的。

6. 根据权利要求 5 的方法,其中水溶液和奥氏体不锈钢之间的接触时间等于或大于 $55(R)^{-1.0443}$ 分,其中 R 是酸洗溶液中 HF 与 HNO_3 的重量比。

7. 根据权利要求 1 的方法,其中奥氏体不锈钢含有具有 PRE_N 值不大于 52.6 并且产生的临界缝隙腐蚀温度至少为 40.5°C 的组分。

8. 根据权利要求 1 的方法,其中经酸洗,奥氏体不锈钢具有不大于 52.6 的 PRE_N 值,临界缝隙腐蚀温度至少为 38°C 。

9. 根据权利要求 1 的方法,其中,除去材料后,至少部分钢表面的临界缝隙腐蚀温度增加到至少 43°C 。

10. 根据权利要求 1 的方法,其中,经酸洗,处理的表面所具有的临界缝隙腐蚀温度至少比 X 大 16°C 。

11. 根据权利要求 1 的方法,其中临界缝隙腐蚀温度为至少 40.5°C 。

12. 改善奥氏体不锈钢制品耐蚀性的方法,方法包括:

生产一种含奥氏体不锈钢的制品,该奥氏体不锈钢具有 UNS N08367 组成;和

通过酸洗除去钢制品的至少部分表面上足够量的材料,这提供具有临

界缝隙腐蚀温度高于 X 的处理表面,其中 $X(^{\circ}\text{C})=3.2(\text{重量}\% \text{Cr})+7.6(\text{重量}\% \text{Mo})+10.5(\text{重量}\% \text{N})-88.5$, 其中酸洗是在含有选自硝酸、氢氟酸、硫酸、盐酸中至少一种酸的溶液中进行的,其中酸洗步骤的时间不超过 60 分钟,其中酸溶液的温度至少为 60°C 。

13. 根据权利要求 12 的方法,其中奥氏体不锈钢制品包括具有 PRE_{N} 值不大于 52.6 并且产生的临界缝隙腐蚀温度至少为 40.5°C 的组分。

14. 根据权利要求 12 的方法,其中经酸洗,奥氏体不锈钢制品的临界缝隙腐蚀温度高于 X 至少 13.5°C ,其中 $X(^{\circ}\text{C})=3.2(\text{重量}\% \text{Cr})+7.6(\text{重量}\% \text{Mo})+10.5(\text{重量}\% \text{N})-88.5$ 。

改善奥氏体不锈钢耐蚀性的表面处理

发明领域

本发明涉及一种奥氏体不锈钢和用这类钢制造的制品的处理方法。本发明特别涉及奥氏体不锈钢和用这类钢(奥氏体不锈钢的一表面)制造的制品的至少部分表面处理的方法以增加其耐蚀性。本发明还涉及奥氏体不锈钢和采用本发明方法生产的这种钢制造的制品。本发明在例如由奥氏体不锈钢生产防腐带、棒、片、铸件、板、管和其他制品中的应用。

背景描述

随着各种组成钢的发展，人们提出对具有高耐蚀性的金属的需求。用耐氯化物点蚀和缝隙腐蚀的钢制造的制品对恶劣的环境例如海水和某些化学生产工业尤为重要。在这些和其他腐蚀性环境中，发展了使用含大约6%(重量)钼的Cr-Mo不锈钢(一般称为超级奥氏体合金)。

不锈钢的耐蚀性通常受暴露在环境下的表面的化学组成控制。众所周知，在不锈钢生产中普遍采用的露天退火、热处理以在富铬氧化物锈皮下，在金属表面附近产生一种贫铬层。已知，无法除去这两种表面以减少不锈钢的腐蚀特性。为了除去富铬锈皮，已采用机械处理，例如喷砂处理或研磨。

一般是通过化学方法即酸洗以除去贫铬层。酸洗通常包括将钢浸入一种酸性溶液中一段时间，优选不超过60分钟，通常采用硝酸(HNO₃)和氢氟酸(HF)的水溶液。为了加速酸洗进程，可以提高酸性溶液的温度，优选是在酸性溶液不大量挥发的温度。通常已知：高耐蚀性不锈钢的酸洗需特别小心和注意，因为这些材料的酸洗缓慢，因此，难以除去贫铬层。

迄今为止，人们认为理想的是采用较稀的酸溶液酸洗不锈钢。已有这种情况，因为通常钢产品容易生产各种合金，并且许多不锈钢合金不能经受更具侵蚀性的酸洗溶液进行酸洗或无需采用更具侵蚀性的酸洗溶液以除去贫铬层。此外，用更强酸性溶液进行处理和清理，将要求更严格的工业安全性和环境的控制。因此，采用较稀、非侵蚀性的酸洗溶液进行酸洗以增强不锈钢的耐蚀性。已经考虑到提供一种不锈钢，相对于特种酸洗不锈钢，其腐蚀

特性有进一步增强但需改变合金组成。因此，为改善不锈钢的耐蚀特性，例如已经采用了增加铬和/或钼含量的特种不锈钢。但是，增加不锈钢中的铬、钼和其他腐蚀增强合金添加剂的含量会提高合金化成本并且需要改变制造工艺。因此，理想的是，提供一种无需改变钢的化学组成就能增强不锈钢耐蚀性的方法。

发明概述

本发明提供一种增强奥氏体不锈钢和用这种钢生产的制品的耐蚀性的方法。该方法包括除去钢的至少部分表面上的足够材料，以便除去表面上存在的腐蚀引发位点或使其数量降低到比至今已在一一般奥氏体不锈钢生产中已达到的数量更少的程度。除去钢表面上材料可采用适合于由钢表面上除去材料的各种已知方法。这类方法包括例如喷砂、研磨、和/或酸洗。酸洗例如是在如下条件下进行的，相对于同样钢的通常酸洗条件，它是侵蚀性的(例如更强的酸洗溶液和/或更长的酸洗时间)。在特种奥氏体不锈钢的生产中，采用本发明的方法提供的耐蚀性优于按常规方法生产的同样化学组成的钢。

本发明方法可以提供具有临界缝隙腐蚀温度(“CCCT”)的奥氏体不锈钢，正如本文定义的，其临界缝隙腐蚀温度比已按常规方法进行酸洗和其他处理的相同组成的钢至少高约 13.5 °C。对于含 6 % 钼的奥氏体不锈钢，例如 UNS N08367(由 Allegheny Ludlum Corporation, Pittsburgh, Pennsylvania 获得，例如 AL-6XN®和 AL-6XN PLUS™)，CCCT 增加 13.5 °C 相当于铬含量增加了至少约 4 % (重量)或钼含量增加了 1.2 % (重量)。本发明的方法排除了成本大幅度增加，还增加了与合金添加剂含量增加有关的相稳定性。

因此，本发明提供了一种显著增强奥氏体不锈钢耐蚀性而无需改变钢化学组成的经济方法。

附图的简要说明

参照附图可以更好地理解本发明的优点，其中：

图 1(a) - (d) 说明了对按传统方法制造并进行酸清洗的 UNS N08367 合金在各种温度下进行的栓固多缝隙试验，本文定义的 TC Cor 2 缝隙试验的结果；

图 2 是按传统方法制造并进行酸清洗的 UNS N08367 合金表面的扫描电

子显微镜图；

图 3(a) - 3(d)说明了在进行增强耐蚀性处理后并且是本发明方法一个实施方案的 UNS N08367 合金在各种温度下经受栓固多缝隙试验，本文定义的 TC Cor 2 缝隙试验的结果；

图 4 是在进行增强耐蚀性处理后并且是本发明方法一个实施方案的 UNS N08367 合金表面的扫描电子显微镜图(SEM)；

图 5 是按传统方法制造并进行酸清洗的 UNS N08367 合金在进行 ASTM G 150 试验后的表面 SEM；

图 6 是在进行增强耐蚀性处理后并是本发明方法一个实施方案，在进行 ASTM G 150 试验后的 UNS N08367 合金的表面 SEM；

图 7 是在进行增强耐蚀性处理后并是本发明方法一个实施方案，在进行 ASTM G 150 试验后的 UNS N08367 合金的表面 SEM；

图 8 是为使 CCCT 至少为 43 °C(110°F)所需的酸洗时间(分钟)对酸洗溶液中 HF 与 HNO₃ 之比(重量%)之间关系的曲线。

发明的详细描述

本发明提供一种增强奥氏体不锈钢和用这种钢生产制品的耐蚀性的方法。该方法包括除去钢的至少部分表面上的足够材料，以便除去表面上存在的腐蚀引发位点或使其数量降低到比至今已在传统奥氏体不锈钢生产中达到的数量更少的程度。可采用各种方法实施对钢表面上材料的除去，包括喷砂、研磨、和/或酸洗。本发明方法提供了增强钢的耐蚀性，而无需改变钢的化学组成。该方法可应用于各种形式的奥氏体不锈钢，包括带、棒、板、片、铸件、管和其他形式产品。

下面的试验旨在对 UNS N08367 不锈钢，一种含约 6 % (重量)钼的奥氏体不锈钢实施本发明的方法，详细说明本发明的优点。但是，本发明不局限于此。本发明不受任何特定处理理论的制约，本发明人相信：采用本发明的方法，通过除去或降低会引发腐蚀的钢表面上的位点数而增强了耐蚀性。确信：在那种钢的生产或后处理期间，采用本发明的方法可以增强各种奥氏体不锈钢的耐蚀性。因此，不应将本文中描述的仅某个本发明实施方案的事实视为对本发明的任何限制，所附的权利要求书中给出了本发明的实际范围。

本发明对增强那些将在特定腐蚀环境下应用的奥氏体不锈钢的耐蚀性

是特别有利的。在这些领域中应用的奥氏体不锈钢一般由 20 - 40 % (重量) 镍, 14 - 24 % (重量) 铬, 和 4 - 12 % (重量) 钼所构成。这类钢的一种组成(在下列试验中研究的 UNS N08367)列于表 1 中。

表 1 : UNS N08367 化学组成

化学元素	代表性的(wt %)	ASTM/ASME(wt %)
C	0.02	0.03 最大
Mn	0.40	2.00 最大
P	0.02	0.04 最大
S	<0.001	0.03 最大
Si	0.40	1.00 最大
Cr	20.5	20.00-22.00
Ni	24.0	23.50-25.50
Mo	6.20	6.00-7.00
N	0.22	0.18-0.25
Cu	0.20	0.75 最大
Fe	剩余量	剩余量

不锈钢的相对耐点蚀性与采用耐点蚀性当量数(PRE_N)的合金组成有关。 PRE_N 基于不锈钢合金的组成、其耐氯化物引发的局部腐蚀侵蚀而提供了预测结果。尽管已经描述了计算 PRE_N 的几种等式, 但是, 普遍采纳的等式是下列的方程式 1 :

$$\text{方程式 1 : } (PRE_N) = (\text{wt}\%Cr) + 3.3(\text{wt}\%Mo) + 30(\text{wt}\%N)$$

因此, 表 1 所示的典型 UNS N08367 组成具有的 PRE_N 值为 47.5 , 而 UNS N08367 合金的最大 PRE_N 值为 52.6 。

为了对比按传统方法处理的 UNS N08367 合金的耐蚀能力与按本发明方法处理的相同合金耐蚀能力上的差异, 对合金试样进行试验, 采用 TC Cor 2 缝隙试验以测定 CCCT。当钢产品适合于在严酷的腐蚀环境中使用时, 常常对该试验进行详细说明。TC Cor 2 试验是普通熟练人员通常熟知的一种栓固多缝隙试验。TC Cor 2 试验尤其要将一种钢试样置于 10 % $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 溶液中, 试验时间为 72 小时。按照 ASTM G78 说明书, 将 Delrin 洗涤器栓接到试验试样上, 以在试样的表面上产生人造缝隙。在对洗涤器固定到试样表

面时施加扭矩 58 英寸-磅后，才进行本文的所有 TC Cor 2 试验。为了测定缝隙侵蚀的临界温度，在一温度范围内试验试样。采用板状试样时，如果试样的重量损失大于 0.0002 克/厘米^2 或腐蚀侵蚀的深度大于 0.0015 英寸，则认为缝隙侵蚀是存在的。

历史上，对奥氏体不锈钢进行 TC Cor 2 试验的预期结果可根据合金的组成预测。下面所列的方程式 2 是根据合金组成预测 TC Cor 2 试验 CCCT 结果的一个方程式。

$$\text{方程式 2 : } \text{CCCT}(\text{°C}) = 3.2(\text{wt\%Cr}) + 7.6(\text{wt\%Mo}) + 10.5(\text{wt\%N}) - 88.5$$

方程式与 ASTM G48 说明书中描述的等式类似，但是，基于 TC Cor 2 试验的侵蚀性比 ASTM 方法 D 说明书中描述的缝隙试验稍强的事实作了改变。因此，根据方程式 2， PRE_N 为 47.5 的 UNS N08367 合金期望具有 $27 \text{ °C}(80.6\text{°F})$ 的 CCCT。

对按传统方法制备的 UNS N08367 钢试样进行了 TC Cor 2 缝隙试验，所述传统方法包括在代表性的处理条件下进行工厂退火和酸清洗。在 $32.2 \text{ °C}(90\text{°F}) - 46 \text{ °C}(115\text{°F})$ 温度范围内进行的 TC Cor 2 试验的结果示于图 1(a) - 1(d) 中。正如所期望的，在所有的测试温度下都发生了腐蚀破坏，包括在低至 $32.2 \text{ °C}(90\text{°F})$ 的温度下进行的那些情况。那些结果与由上述等式 2 预料的结果一致。

图 2 说明了按传统方法处理的 UNS N08367 钢表面。图 5 的 SEM 示出了按传统方法制备的试样在进行 ASTM G 150 试验后的表面的腐蚀侵蚀状况。图 5 中示出的典型的交货状况的轧制表面似乎在钢表面上具有极活化的表面状况。这种侵蚀形态暗示了该更活化的表面状况在合金的防腐过程中可以起薄弱环节作用。

图 3(a) - 3(d) 说明了按照本发明方法实施方案所达到的改善的耐蚀性。根据该实施方案，使典型的交货状况的轧制钢表面进行喷砂，然后用较弱的酸稍微进行酸洗并置于酸中短时间。酸洗溶液是 $10.02 \text{ \% HNO}_3 / 1.16 \text{ \% HF}$ (正如本文采用的， $\text{\% 酸} = [\text{酸的克数} / 100 \text{ 毫升溶液}]$)，酸洗溶液温度为 140°F ，并将钢置于溶液中 3 分钟。显而易见，所进行的表面处理的主要改善是仅进行酸清洗的试样的腐蚀特性。在 $48.8 \text{ °C}(120\text{°F})$ 下，对喷砂和酸洗的试样进行 TC Cor 2 缝隙试验，这是评估的最高温度并优选高于 $27 \text{ °C}(80.6\text{°F})$ ，对于具有 UNS N08367 钢组成的钢，由等式 2 预测 CCCT 结果。

正如图 4 所示的，喷砂和酸洗的表面被完全清除，未留下前者工厂酸洗表面的痕迹。本发明人不希望受本发明如何增强耐蚀性的任何特定理论所制约。但是，图 4 所示的结果提出了由喷砂产生的改善耐蚀性可能与原来工厂表面上存在的腐蚀引发位点的除去有关。

采用测定电化学临界点蚀温度(“ECPT”)的 ASTM G 150 试验对由本发明实现的改善耐蚀性进行其他的试验。ECPT 是一种划分合金耐氯化物点蚀的灵敏方法。试验包括使钢试样保持在 700mV(vs,SCE)的恒定电位下，同时以 1 °C/分钟的升温速度升高试样和试验溶液的温度。这里提到的测量是在 Gamry Flex 槽中，采用 Gamry CMS 110 临界点蚀试验体系进行的。试验中使用的电介质由 1M NaCl 组成，试验期间，采用 99.99 % 的氮气吹扫槽。将 ECPT 定义为电流增加 $100\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 以上并在高于该临界电流密度下停留 60 秒的温度。

在对 UNS N08367 合金试样进行如下的处理后，进行 ECPT 试验，处理包括：(1)典型的酸清洗，(2)喷砂和酸洗(采用 10.02 % HNO_3 /1.16 % HF 溶液在 140 °C 下处理 3 分钟)，或(3)研磨(240 磨料)和酸清洗。结果示于表 2 中。

表 2：ECPT 试验结果

表面处理	ECPT
酸清洗	173°F(78.5 °C)
喷砂和酸洗	184°F(84.5 °C)
研磨和酸清洗	191°F(88.2 °C)

这些结果类似于 TC Cor 2 缝隙腐蚀结果。酸清洗的轧制表面表明最弱的耐蚀性(最低的 ECPT)。另一方面，如果轧制表面进行喷砂和酸洗或研磨和酸清洗，则将改善耐蚀性。获得 ECPT 结果所用的试样通过扫描电子显微镜而检验以观察是否可识别腐蚀位蚀的引发位点。对酸清洗试样表面的侵蚀示于图 5。这里，引发位点优先是受到侵蚀的区域，从而形成极异常的腐蚀图案。腐蚀的形态暗示了在钢的耐蚀性中存在起弱环节作用的更活化的表面状况。

图 6 示出了按照本发明的一个实施方案处理的钢表面的腐蚀侵蚀位点，其中的表面进行了喷砂和酸洗处理。显而易见，这些位点由孤立的多角点蚀状缝隙构成。图 7 示出了按照本发明另一实施方案处理的钢表面的 SEM。正如图 7 所示的，经研磨和酸清洗的试样表面在整个表面上普遍分布有球形

的点蚀。试样上大面积点蚀的原因是因为试样处于众多侵蚀位点成核的较高温度下的缘故。

这些结果示出了由钢表面处理决定的腐蚀形态。通常生产的钢表面似乎具有极活化的表面状况，导致在钢的耐蚀性中存在弱环节。当表面状况受到侵蚀时，表面上产生了极异常的类似于系列同心环状的腐蚀图形。喷砂和研磨是除去这种表面状况的两种方法。本发明人已经说明了通过本发明的方法除去或减少这种表面状况的产生，提供增强耐蚀性的处理表面，其中耐蚀性的增强是相对于按传统方式处理钢而实现的。

如上所述，尽管通过喷砂和/或研磨可以增强钢的腐蚀特性，但是，正如上文说明的，这些措施主要是对生产成本和交货时间有影响。因此，采用相对的侵蚀性酸洗手段被认为是确定改善的耐蚀性能否实现。采用各种酸洗溶液和酸洗时间进行了一些试验。尽管所有的这类试验是采用一种包括 HNO_3 和 HF 的酸性水溶液进行的，但是根据本发明可以预料：酸洗溶液中可以采用诸如 H_2SO_4 和 HCl 的其他酸。从下列表 3 所列的 TC Cor 2 试验结果可以看出：在中度溶液(采用 10.02 % HNO_3 /1.16 % HF 溶液在 140 °C 下处理 3 分钟)中进行的短暂酸洗将不明显地改善耐蚀性。

表 3：TC Cor 2 试验-短时间/中度酸洗
试验温度=46 °C (115°F)

试样	重量损失(克/厘米 ²)	最深度的缝隙	备注
1	0.0149*	“ 0.048 ” *	在 40 平台的 37 下侵蚀
2	0.0215*	“ 0.074 ” *	在 40 平台的 39 下侵蚀
3	0.0085*	“ 0.030 ” *	在 40 平台的 36 下侵蚀
4	0.0132*	“ 0.038 ” *	在 40 平台的 31 下侵蚀
5	0.0078*	“ 0.035 ” *	在 40 平台的 33 下侵蚀
6	0.0124*	“ 0.050 ” *	在 40 平台的 38 下侵蚀
7	0.0097*	“ 0.039 ” *	在 40 平台的 40 下侵蚀
8	0.0200*	“ 0.063 ” *	在 40 平台的 39 下侵蚀

*表示腐蚀破坏

表 3 所列的每种试样在 TC Cor 2 试验中在 46 °C (115°F) 下破坏的。这从等式 2 中可以预料到，对于 UNS N08367 合金来说，预测的 CCCT 仅为 27 °C (80.6°F)。

然后在较传统方法处理材料时采用的侵蚀性条件更强的酸洗条件下进行 TC Cor 2 试验。试验结果概括在表 4 中。

表 4: TC Cor 2 试验结果: 各种酸洗条件

试样	酸洗溶液*	酸洗温度	酸洗时间	CCCT 结果
1	7.2 % HNO ₃ /3.4 % HF	60°C	20 分钟	CCCT<43°C
2	7.2 % HNO ₃ /3.4 % HF	60°C	40 分钟	CCCT<43°C
3	7.2 % HNO ₃ /3.4 % HF	60°C	120 分钟	CCCT=43°C
4	7.2 % HNO ₃ /3.4 % HF	60°C	420 分钟	CCCT=46°C
5	4 % HNO ₃ /5.5 % HF	61.7°C	30 分钟	CCCT=40.5°C
6	4 % HNO ₃ /7.1 % HF	63.9°C	30 分钟	CCCT=38°C
7	4 % HNO ₃ /7.1 % HF	65.6°C	30 分钟	CCCT=43°C
8	14 % HNO ₃ /2.3 % HF	60°C	60 分钟	CCCT=40.5°C
9	14 % HNO ₃ /2.3 % HF	60°C	360 分钟	CCCT=46°C
10	10 % HNO ₃ /6 % HF	60°C	15 分钟	CCCT<46°C
11	10 % HNO ₃ /6 % HF	60°C	30 分钟	CCCT<46°C
12	10 % HNO ₃ /8 % HF	60°C	15 分钟	CCCT<46°C
13	10 % HNO ₃ /8 % HF	60°C	30 分钟	CCCT<46°C
14	10 % HNO ₃ /10 % HF	60°C	15 分钟	CCCT<46°C
15	10 % HNO ₃ /10 % HF	60°C	30 分钟	CCCT<46°C

* % 酸=[(酸的克数)/(100 毫升溶液)]×100

由侵蚀性酸洗导致的耐蚀性的增强是显而易见的。表 4 列出的酸洗时间、温度和酸洗溶液的各种组合是由于 CCCT 值均在 27°C 以上的酸洗试样提供的,其结果由等式 2 对具有代表性的 PRE_N 为 47.5 的 UNS N08367 合金而预测(等式 2 预测了在 Cr、Mo、和 N 最大组成范围内 N08367 合金的 CCCT 为 37.7°C)。CCCT 值高达 38°C、40.5°C、43°C(110°F)和 46°C(115°F)的一些试样相对于期望值主要是增强了耐点蚀性。根据上述等式,通过改变 UNS N08367 合金的组成,包括添加 4%(重量)铬或,添加 1.2%(重量)钼可使 CCCT 中升高预测的 13.5-20°C。除了这类合金添加剂的成本因素外,通过上述合金添加剂来增强 UNS N08367 合金的耐蚀性因形成的相不稳定性而变得不现实。

为了进一步研究本发明的方法,将 CCCT 至少达到 43°C(110°F)所需的

酸洗时间作为酸洗溶液中 HF 与 HNO₃ 重量百分比之比的函数绘制曲线。制成的曲线示于图 8 中。该曲线说明了增强耐蚀性所需的酸洗时间不直接与酸洗溶液中 HF 与 HNO₃ 重量百分比之比成正比。特别是,使 CCCT 至少达到 43°C (110°F) 所需的最短酸洗时间(分钟)大约等于 $55(X)^{-1.0443}$, 其中(X)是酸洗溶液中 HF 与 HNO₃ 的重量比。可以预料:采用化学性质不同的溶液可以绘制类似的曲线。

与按传统方法处理钢所获得的耐蚀性相比,本发明可用于各种奥氏体不锈钢以增强钢的耐蚀性。例如,上述数据示出了经本发明方法处理的一种奥氏体不锈钢试样的实际耐蚀性明显高于采用传统酸处理法处理的相同钢的耐蚀性。因此,本发明的方法可用于提供奥氏体不锈钢,和用那些钢制备的制品,这些制品具有的耐蚀性不是在具有同样化学组成的钢中预先能实现的。本发明的方法可用于由奥氏体不锈钢制备的各种类型的制品。这种制品包括例如带、棒、板、片、铸件和管。

应该清楚:本说明书说明了与清楚理解本发明有关的本发明一些方面。为了简化本说明书,对于本领域普通熟练技术人员来说是显而易见的和因此不易于更好理解本发明的某些方面未包括在该说明书中。尽管本发明已经结合某些实施方案作了描述,但是,本领域的那些普通熟练技术人员在参考了上述描述后将认识到:可以对本发明进行多种改进和改变。上述描述和所附的权利要求旨在覆盖本发明所有的这类改变和改进方案。

测试温度= 32.2°C (90°F)

样品	重量损失 (g/cm ²)	最深的缝隙	注
1	0.0000	~0.001"	在40平台的9下侵蚀
2	0.0001	~0.007"*	在40平台的11下侵蚀
3	0.0000	侵蚀	在40平台的2下侵蚀
4	0.0000	侵蚀	在40平台的2下侵蚀
5	0.0000	--	无明显侵蚀
6	0.0000	--	无明显侵蚀
7	0.0000	~0.004"*	在40平台的4下侵蚀
8	0.0000	稍侵蚀	在40平台的1下侵蚀
9	0.0000	~0.003"*	在40平台的11下侵蚀
10	0.0000	~0.007"*	在40平台的3下侵蚀
11	0.0000	~	无明显侵蚀
12	0.0000	--	无明显侵蚀
13	0.0000	侵蚀	在40平台的1下侵蚀
14	0.0000	~0.001"	在40平台的8下侵蚀
15	0.0000	侵蚀	在40平台的1下侵蚀
16	0.0000	~0.001"	在40平台的4下侵蚀
17	0.0000	--	无明显侵蚀
18	0.0000	侵蚀	在40平台的3下侵蚀

*表示腐蚀破坏

图 1a

测试温度 = 35°C (95°F)			
样品	重量损失 (g/cm ²)	最深的缝隙	注
1	0.0000	~0.003"*	在40平台的7下侵蚀
2	0.0001	~0.006"*	在40平台的10下侵蚀
3	0.0000	~0.003"*	在40平台的8下侵蚀
4	0.0000	~0.005"*	在40平台的6下侵蚀
5	0.0000	~0.002"*	在40平台的10下侵蚀
6	0.0000	浸蚀	在40平台的2下浸蚀
7	0.0000	~0.001"	在40平台的9下侵蚀
8	0.0000	~0.002"*	在40平台的9下侵蚀
9	0.0028*	~0.022"*	在40平台的38下侵蚀
10	0.0001	~0.011"*	在40平台的14下侵蚀
11	0.0000	--	无明显侵蚀
12	0.0000	~0.001"	在40平台的3下侵蚀
13	0.0000	~0.002"*	在40平台的8下侵蚀
14	0.0000	浸蚀	在40平台的1下浸蚀
15	0.0000	~0.002"*	在40平台的8下侵蚀
16	0.0000	浸蚀	在40平台的3下浸蚀
17	0.0000	浸蚀	在40平台的10下浸蚀
18	0.0000	浸蚀	在40平台的4下浸蚀

*表示腐蚀破坏

图 1b

测试温度= 38°C (100°F)

样品	重量损失 (g/cm ²)	最深的缝隙	注
1	0.0007*	~0.026"*	在40平台的7下侵蚀
2	0.0008*	~0.023"*	在40平台的11下侵蚀
3	0.0001	~0.009"*	在40平台的15下侵蚀
4	0.0000	~0.005"*	在40平台的4下侵蚀
5	0.0000	浸蚀	在40平台的2下浸蚀
6	0.0000	~0.003"*	在40平台的3下侵蚀
7	0.0000	~0.004"	在40平台的3下侵蚀
8	0.0000	~0.005"*	在40平台的6下侵蚀
9	0.0037*	~0.029"*	在40平台的22下侵蚀
10	0.0007*	~0.023"*	在40平台的10下侵蚀
11	0.0000	<0.001"	在40平台的1下侵蚀
12	0.0000	~0.002"	在40平台的2下侵蚀
13	0.0000	--	无明显侵蚀
14	0.0000	--	无明显侵蚀
15	0.0000	~0.005"*	在40平台的6下侵蚀
16	0.0000	--	无明显侵蚀
17	0.0000	~0.003"	在40平台的2下侵蚀
18	0.0000	~0.002"	在40平台的6下侵蚀

*表示腐蚀破坏

图 1c

测试温度 = 46°C (115°F)			
样品	重量损失 (g/cm ²)	最深的缝隙	注
1	0.0240*	~0.055"*	在40平台的39下侵蚀
2	0.0152*	~0.061"*	在40平台的40下侵蚀
3	0.0097*	~0.033"*	在40平台的20下侵蚀
4	0.0103*	~0.052"*	在40平台的40下侵蚀
5	0.0086*	~0.043"*	在40平台的31下侵蚀
6	0.0120*	~0.042"*	在40平台的34下侵蚀
7	0.0117*	~0.053"*	在40平台的40下侵蚀
8	0.0240*	~0.048"*	在40平台的40下侵蚀
9	0.0207*	~0.045"*	在40平台的40下侵蚀
10	0.0152*	~0.048"*	在40平台的40下侵蚀
11	0.0089*	~0.041"*	在40平台的23下侵蚀
12	0.0115*	~0.034"*	在40平台的38下侵蚀
13	0.0045*	~0.045"*	在40平台的11下侵蚀
14	0.0058*	~0.058"*	在40平台的18下侵蚀
15	0.0077*	~0.032"*	在40平台的23下侵蚀
16	0.0087*	~0.045"*	在40平台的23下侵蚀
17	0.0274*	~0.047"*	在40平台的36下侵蚀
18	0.0172*	~0.043"*	在40平台的40下侵蚀

*表示腐蚀破坏

图 1d

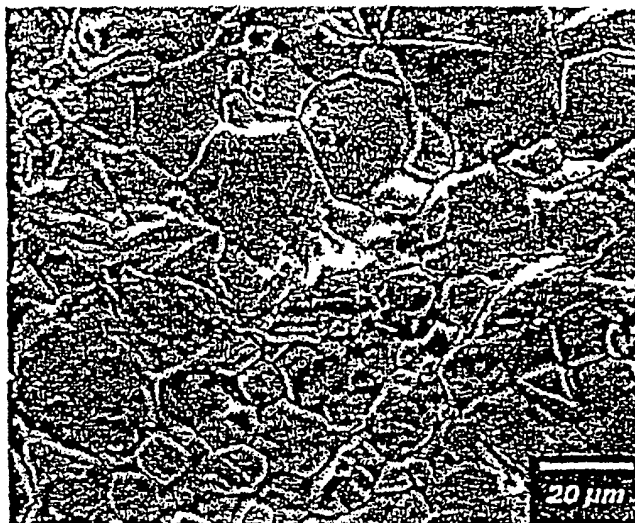


图 2

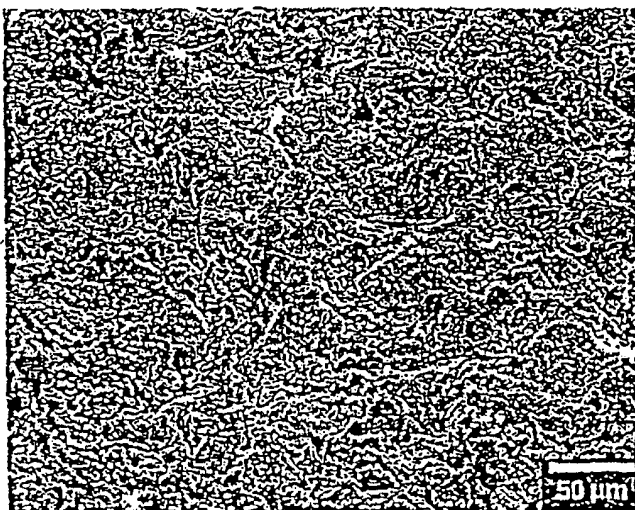


图 4

测试温度= 38°C (100°F)			
样品	重量损失 (g/cm ²)	最深的缝隙	注
1	0.0000	--	在无明显侵蚀
2	0.0000	稍侵蚀	在40平台的1下侵蚀
3	0.0000	--	无明显侵蚀
4	0.0000	--	无明显侵蚀
5	0.0000	--	无明显侵蚀
6	0.0000	--	无明显侵蚀
7	0.0000	--	无明显侵蚀
8	0.0000	--	无明显侵蚀
9	0.0000	稍侵蚀	在40平台的1下侵蚀
10	0.0000	--	无明显侵蚀
11	0.0000	--	无明显侵蚀
12	0.0000	--	无明显侵蚀
13	0.0000	--	无明显侵蚀
14	0.0000	--	无明显侵蚀
15	0.0000	--	无明显侵蚀
16	0.0000	--	无明显侵蚀
17	0.0000	--	无明显侵蚀
18	0.0000	--	无明显侵蚀

*表示腐蚀破坏

图 3a

测试温度= 43°C (110°F)

样品	重量损失 (g/cm ²)	最深的缝隙	注
1	0.0000	--	无明显侵蚀
2	0.0000	--	无明显侵蚀
3	0.0000	--	无明显侵蚀
4	0.0000	--	无明显侵蚀
5	0.0000	--	无明显侵蚀
6	0.0000	--	无明显侵蚀
7	0.0000	--	无明显侵蚀
8	0.0000	--	无明显侵蚀
9	0.0000	--	无明显侵蚀
10	0.0000	--	无明显侵蚀
11	0.0000	--	无明显侵蚀
12	0.0000	-	无明显侵蚀
13	0.0000	--	无明显侵蚀
14	0.0000	--	无明显侵蚀
15	0.0000	--	无明显侵蚀
16	0.0000	--	无明显侵蚀
17	0.0000	--	无明显侵蚀
18	0.0000	--	无明显侵蚀

*表示腐蚀破坏

图 3b

测试温度= 46°C (115°F)			
样品	重量损失 (g/cm ²)	最深的缝隙	注
1	0.0000	--	无明显侵蚀
2	0.0000	--	无明显侵蚀
3	0.0000	--	无明显侵蚀
4	0.0000	--	无明显侵蚀
5	0.0000	--	无明显侵蚀
6	0.0000	--	无明显侵蚀
7	0.0000	--	无明显侵蚀
8	0.0000	--	无明显侵蚀
9	0.0000	--	无明显侵蚀
10	0.0000	--	无明显侵蚀
11	0.0000	--	无明显侵蚀
12	0.0000	--	无明显侵蚀
13	0.0000	--	无明显侵蚀
14	0.0000	--	无明显侵蚀
15	0.0000	--	无明显侵蚀
16	0.0000	--	无明显侵蚀
17	0.0000	--	无明显侵蚀
18	0.0000	--	无明显侵蚀

*表示腐蚀破坏

图 3c

测试温度= 48.8°C (120°F)			
样品	重量损失 (g/cm ²)	最深的缝隙	注
1	0.0000	--	无明显侵蚀
2	0.0000	--	无明显侵蚀
3	0.0000	--	无明显侵蚀
4	0.0000	--	无明显侵蚀
5	0.0000	--	无明显侵蚀
6	0.0000	--	无明显侵蚀
7	0.0000	--	无明显侵蚀
8	0.0000	--	无明显侵蚀
9	0.0000	--	无明显侵蚀
10	0.0000	--	无明显侵蚀
11	0.0000	--	无明显侵蚀
12	0.0000	--	无明显侵蚀
13	0.0000	--	无明显侵蚀
14	0.0000	--	无明显侵蚀
15	0.0000	--	无明显侵蚀
16	0.0000	--	无明显侵蚀
17	0.0000	--	无明显侵蚀
18	0.0000	--	无明显侵蚀

*表示腐蚀破坏

图 3d

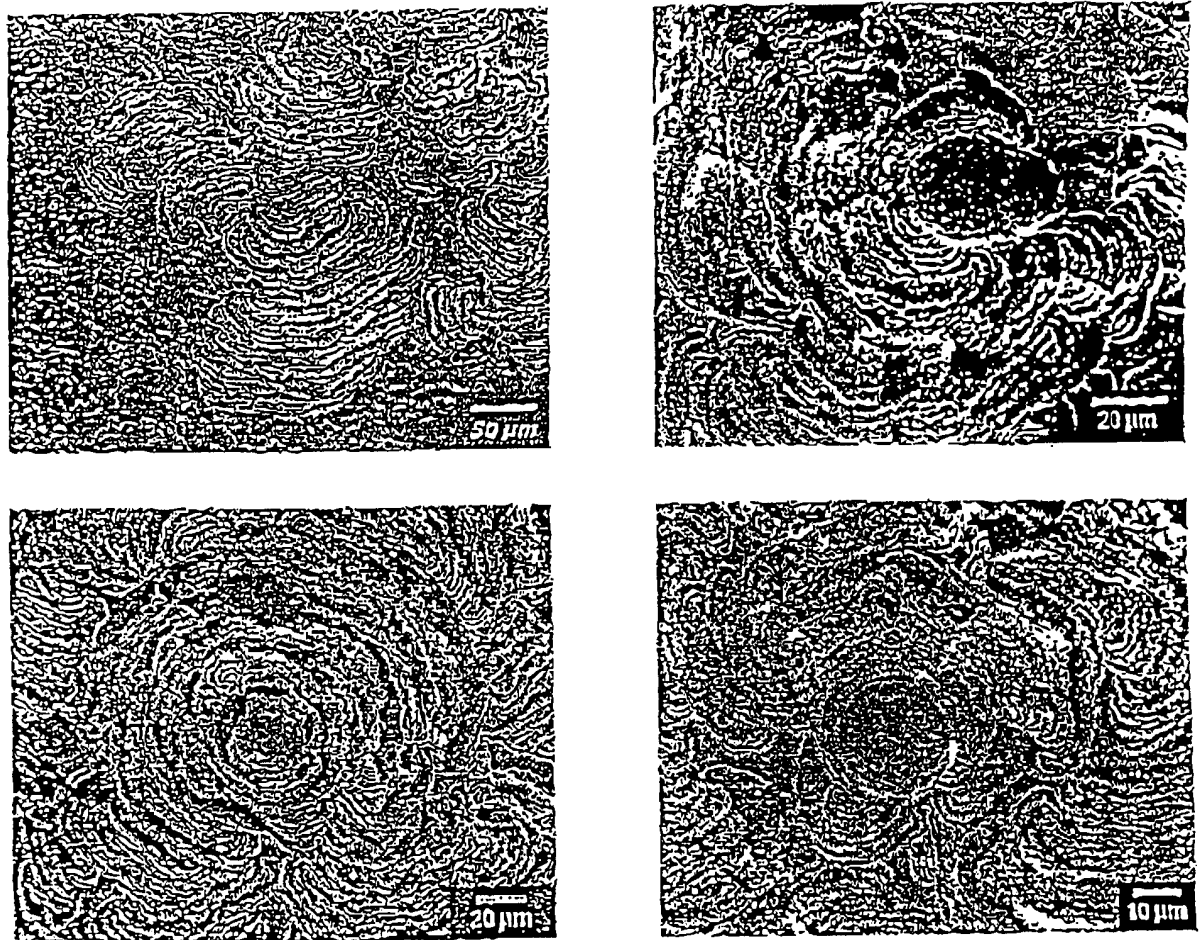


图 5

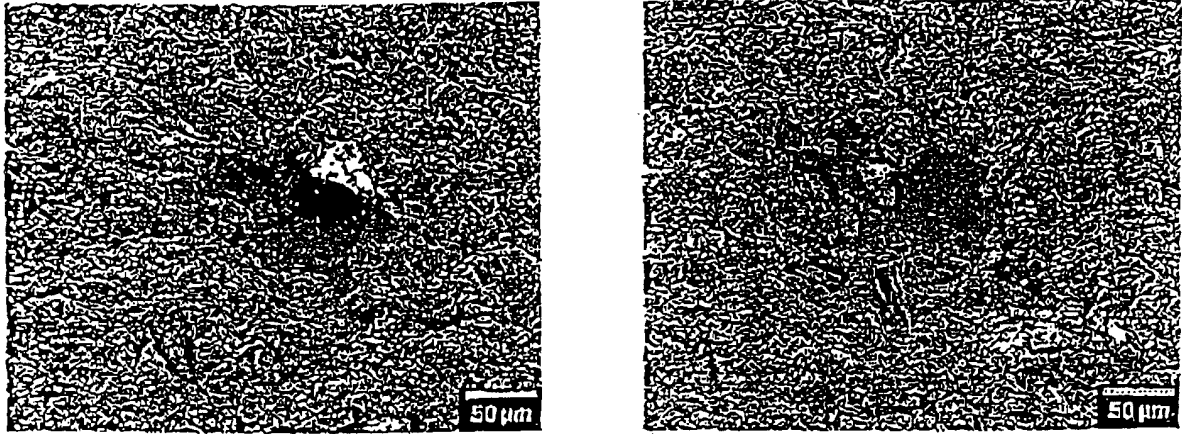


图 6

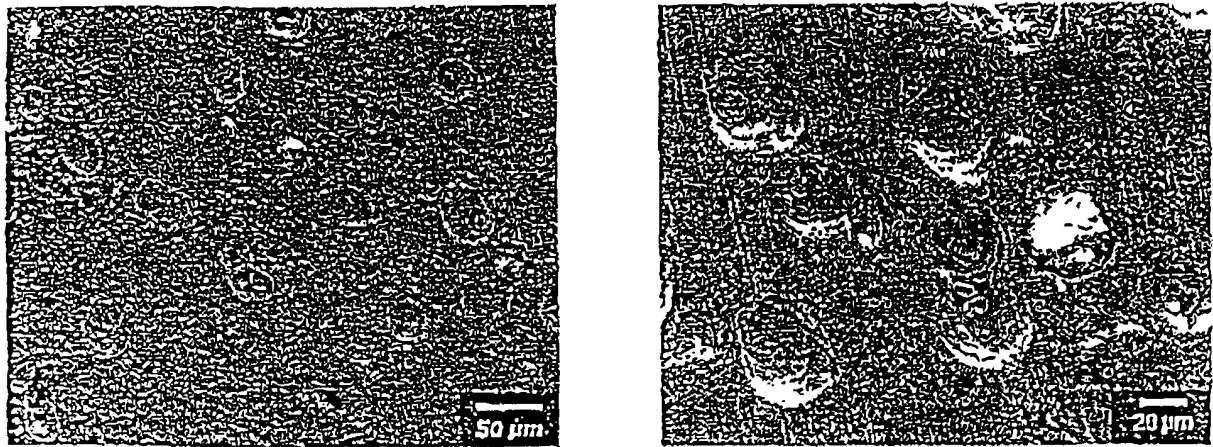


图 7

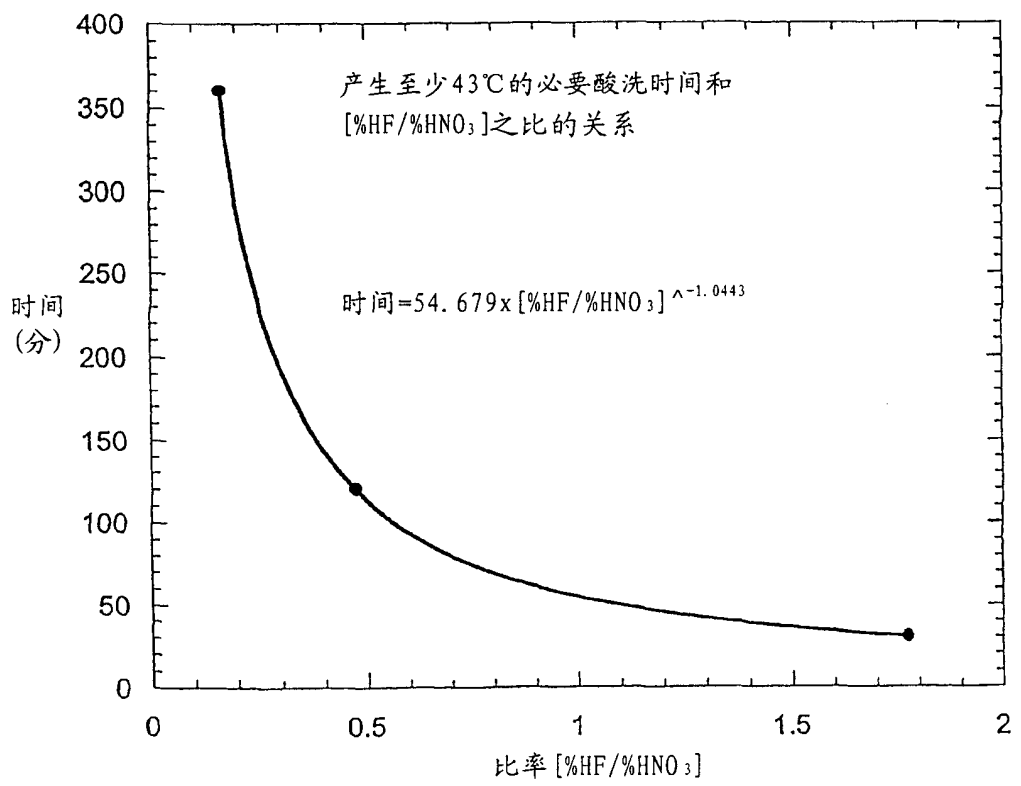


图 8