



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104619879 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 13

(21) 申请号 201380034533. 5 (51) Int. Cl.
(22) 申请日 2013. 06. 26 *G22C 38/20*(2006. 01)
(30) 优先权数据 *G22C 38/22*(2006. 01)
20120215 2012. 06. 26 FI *G22C 38/26*(2006. 01)
(85) PCT国际申请进入国家阶段日 *G22C 38/28*(2006. 01)
2014. 12. 26 *G22C 38/32*(2006. 01)
(86) PCT国际申请的申请数据 *G22C 38/34*(2006. 01)
PCT/FI2013/050708 2013. 06. 26 *G22C 38/38*(2006. 01)
(87) PCT国际申请的公布数据
W02014/001644 EN 2014. 01. 03
(71) 申请人 奥托库姆普联合股份公司
地址 芬兰埃斯波
(72) 发明人 B·埃瓦逊 M·库占苏 刘慧萍
F·奥尔森 R·彼得逊
P·S·梵歌利
(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038
代理人 王海宁

权利要求书1页 说明书7页

(54) 发明名称
铁素体不锈钢

(57) 摘要

本发明涉及一种具有增强的高温强度并且具有良好的抗高周疲劳性、抗蠕变性以及抗氧化性的铁素体不锈钢,其用于高温应用,用于例如汽车排气歧管的部件。该不锈钢以重量百分比计含有小于0.03%的碳,0.05-2%的硅,0.5-2%的锰,17-20%的铬,0.5-2%的钼,小于0.2%的钛,0.3-1%的铌,1-2%的铜,小于0.03%的氮,0.001-0.005%的硼,化学组成的余量为铁和不锈钢中不可避免的杂质。

1. 铁素体不锈钢, 其具有增强的高温强度和良好的抗高周疲劳性、抗蠕变性和抗氧化性, 其用于高温应用, 用于例如汽车排气歧管的部件, 其特征在于, 所述钢以重量百分比计含有小于 0.03% 的碳, 0.05-2% 的硅, 0.5-2% 的锰, 17-20% 的铬, 0.5-2% 的钼, 小于 0.2% 的钛, 0.3-1% 的铌, 1-2% 的铜, 小于 0.03% 的氮, 0.001-0.005% 的硼, 化学组成的余量为铁和不锈钢中出现的不可避免的杂质, 并且保证强度 $R_{p0.2}$ 为 450-550MPa。

2. 如权利要求 1 所述的铁素体不锈钢, 其特征在于, 所述不锈钢任选地含有小于 0.3 重量% 的铝, 小于 0.5 重量% 的钒, 小于 0.5 重量% 的锆, 小于 4 重量% 的钨, 小于 1 重量% 的钴, 小于 1 重量% 的镍, 和小于 0.01 重量% 的 REM。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的铁素体不锈钢, 其特征在于, 拉伸强度 R_m 是约 570-650MPa。

4. 如权利要求 1、2 或 3 所述的铁素体不锈钢, 其特征在于, 在 25°C 的温度在 1M 氯化钠 (NaCl) 中的点蚀电位 (E_{pt}) 是约 300-450mV_{SCE}。

5. 如前述权利要求任一项所述的铁素体不锈钢, 其特征在于, 在 30°C 的温度在 0.5% 硫酸 (H_2SO_4) 中的过钝化电位 (E_{tr}) 是约 900-1000mV_{SCE}。

6. 如前述权利要求任一项所述的铁素体不锈钢, 其特征在于, 所述铁素体不锈钢含有小于 0.025 重量% 的碳。

7. 如权利要求 6 所述的铁素体不锈钢, 其特征在于, 所述铁素体不锈钢含有小于 0.02 重量% 的碳。

8. 如前述权利要求任一项所述的铁素体不锈钢, 其特征在于, 所述铁素体不锈钢含有 18-19 重量% 的铬。

9. 如前述权利要求任一项所述的铁素体不锈钢, 其特征在于, 所述铁素体不锈钢含有 1.2-1.8 重量% 的铜。

10. 如前述权利要求任一项所述的铁素体不锈钢, 其特征在于, 所述铁素体不锈钢含有小于 0.025 重量% 的氮。

11. 如权利要求 9 所述的铁素体不锈钢, 其特征在于, 所述铁素体不锈钢含有小于 0.02 重量% 的氮。

12. 如前述权利要求任一项所述的铁素体不锈钢, 其特征在于, 所述铁素体不锈钢含有 0.7-1.8 重量% 的钼。

铁素体不锈钢

[0001] 本发明涉及一种具有增强的高温强度和良好的抗高周疲劳性、抗蠕变性以及抗氧化性以及耐腐蚀性的铁素体不锈钢,其用于高温应用,用于例如汽车排气歧管的部件。

[0002] 标准的铁素体不锈钢 EN 1.4509 含有小于 0.03 重量%的碳,17.5-18.5 重量%的铬,0.1-0.6 重量%的钛,小于 1 重量%的硅,小于 1 重量%的锰,和 $(3 \times C + 0.30)$ 至 1.0 重量%的铌含量,其中 C 为碳的重量百分比含量,该铁素体不锈钢 EN 1.4509 通常用于汽车工业中的管状产品以及工艺设备例如热交换器。在高温(高达 850°C)下的高机械强度使得该铁素体不锈钢材料适用于排气系统的前端(接近发动机)。此外,添加铬赋予其相当好的腐蚀性能,这使得该钢 EN1.4509 也适用于汽车排气系统中的消音器。保证强度 $R_{p0.2}$ 是约 300-350MPa 并且拉伸强度 R_m 是约 430-630MPa。

[0003] 日本专利申请 JP2001-316773 涉及一种用于催化剂载体的耐热铁素体不锈钢,其组成以重量百分比计含有 0.003-0.02%的 C,小于 0.02%的 N,0.1-2%的 Si,小于 3%的 Mn,小于 0.04%的 P,小于 0.02%的 S,10-25%的 Cr,1-2.5%的 Al, $Ti : 3 \times (C+N)$ 至 $20 \times (C+N)$ %,且 $Al + 0.5 \times Si : 1.5-2.8$ %,以及余量为 Fe 和不可避免的杂质。此外,添加选自 0.1-2.5%的 Mo,0.1-2.5%的 Cu,0.1-2.5%的 Ni,0.01-0.5%的 Nb,0.05-0.5%的 V,0.0005-0.005%的 B,0.0005-0.005%的 Mg,0.0005-0.005%的 Ca 和 0.001-0.01%的稀土金属中的一种或多种元素,以及在表面使用加工硬化层,是优选的。

[0004] 日本专利申请 JP2008-285693 描述了一种具有良好耐热疲劳性能的用于汽车排气系统部件的铁素体不锈钢,其可被置于约 950°C 温度下持续长时间。该钢按重量百分比计含有 0.02%或更少的 C,1.5%或更少的 Si,1.5%或更少的 Mn,0.04%或更少的 P,0.03%或更少的 S,0.2-2.5%的 Al,0.02%或更少的 N,13-25%的 Cr,0.5%或更少的 Ni,0.5%或更少的 V,大于 0.5 至 1.0%的 Nb, $3 \times (C+N)$ 至 0.25%的 Ti,以及余量为 Fe 和不可避免的杂质。该钢板可以进一步含有(按 wt%计)0.0003-0.0050%的 B,0.3-2.5%的 Mo 和 0.1-2.0%的 Cu。

[0005] 日本专利申请 JP2001-316773 和 JP2008-285693 中的铁素体不锈钢含有铝,其不仅作为脱氧元素,而且作为固溶强化元素,并且增加钢表面上的保护氧化膜的形成。然而,过多的铝含量会降低钢的可加工性,从而使得钢难以制造并增加制造成本。

[0006] 日本公开 JP2009-197307 描述了一种铁素体不锈钢,其含有(以重量%计) < 0.015 %的 C, < 0.1 %的 Si, < 2.0 %的 Mn,14-20%的 Cr, < 1.0 %的 Ni,0.8-3.0%的 Mo,1.0-2.5%的 Cu, < 0.015 %的 N,0.3-1.0%的 Nb,0.01-0.3%的 Al,1.0-5.0%的 W,W 与 Mo 的总含量使得 (Mo+W) 总和为 3.0-5.8%,任选的 < 0.25 %的 Ti,0.0005-0.003%的 B, < 0.5 %的 V, < 0.5 %的 Zr, < 0.08 %的 REM(稀土金属),以及 < 0.5 %的 Co。在该不锈钢中,硅含量非常低。此外,钼和钨的含量总和为 3.0-5.8 重量%。该钼和钨含量总和不只是任选的。钼和钨被认为是昂贵的元素,并且大量添加它们(例如 3%或更多)将使得制造成本非常高。

[0007] JP2009-235572 公开文本涉及一种铁素体不锈钢,其化学组成为(以重量%计) < 0.015 %的 C, < 0.2 %的 Si, < 0.2 %的 Mn,16-20%的 Cr, < 0.1 %的 Mo,1.0-1.8%的

Cu, < 0.015% 的 N, < 0.15% 的 Ti, 0.3-0.55% 的 Nb, 0.2-0.6% 的 Al, 任选的 < 0.5% 的 Ni, < 0.003% 的 B, < 0.5% 的 V, < 0.5% 的 Zr, < 0.1% 的 W, < 0.08% 的 REM (稀土金属) 和 < 0.5% 的 Co。在该日本公开文本中也使用铝作为一种合金化成分, 该成分使得这种不锈钢的制造工艺较为复杂且较为昂贵, 因为由于铝应通过特殊制造该不锈钢。该钢还具有极低的硅含量, 并且据称其改善循环氧化耐受性, 但未提及关于恒温氧化耐受性变化的任何内容, 硅被认为对于恒温氧化耐受性是非常有益的。

[0008] 韩国公开文本 KR2012-64330 描述了一种铁素体不锈钢, 其化学组成为 (以重量% 计) < 0.05% 的 C, < 1.0% 的 Si, < 1.0% 的 Mn, 15-25% 的 Cr, < 2.0% 的 Ni, < 1.0% 的 Mo, < 1.0% 的 Cu, < 0.05% 的 N, 0.1-0.5% 的 Nb, 0.001-0.01% 的 B, < 0.1% 的 Al, 0.01-0.3% 的 V, 0.01-0.3 的 Zr。该韩国公开文本提到汽车排气歧管零件作为该铁素体不锈钢应用之一。然而, 该韩国公开文本 KR2012-64330 并未提及关于高周疲劳的任何内容, 该高周疲劳是汽车排气系统中的非常重要的性能。这是基于铜含量非常低, 铜含量对于抗高周疲劳性非常重要。

[0009] 本发明的目的是消除现有技术的一些缺陷并且获得一种新型且改进的铁素体不锈钢, 从而用于部件 (例如汽车排气歧管) 需要增强的高温强度以及良好的对高周疲劳、蠕变和氧化的耐受生的条件, 并且该铁素体不锈钢的制造成本低廉。本发明的基本特征在所附权利要求书中列出。

[0010] 根据本发明, 所述铁素体不锈钢的化学组成以重量百分比计为: 小于 0.03% 的碳, 0.05-2% 的硅, 0.5-2% 的锰, 17-20% 的铬, 0.5-2% 的钼, 小于 0.2% 的钛, 0.3-1% 的铌, 1-2% 的铜, 小于 0.03% 的氮, 0.001-0.005% 的硼, 该化学组成的余量为铁和不锈钢中出现的不可避免的杂质。

[0011] 任选地, 可在本发明的铁素体不锈钢中添加铝、钒、锆、钨、钴和镍中的一种或多种合金化元素以及一种或多种稀土金属 (REM)。

[0012] 在根据本发明的铁素体不锈钢中, 保证强度 $R_{p0.2}$ 是约 450-550MPa 以及拉伸强度 R_m 是约 570-650MPa。

[0013] 根据本发明的铁素体不锈钢在周期性条件下具有良好的高温腐蚀耐受性, 良好的高温强度, 以及良好的抗高周疲劳性。所述抗高周疲劳性相比于标准的 EN 1.4509 铁素体不锈钢得到改善, 使得当在 700°C 下暴露于振幅为 60MPa 的 60MPa 平均应力时, 本发明铁素体不锈钢的寿命大体上至少加倍。相比于现有技术的钢, 本发明的铁素体不锈钢以更薄的材料实现了载荷承受能力。相比于标准的 EN 1.4509 铁素体不锈钢, 通过添加钼、铜和硼以及使用铌和钛含量的受控稳定化实现了本发明铁素体不锈钢的这些性能。

[0014] 根据本发明的铁素体不锈钢在含氯化物和硫的环境中都具有良好的耐腐蚀性。在 25°C 温度下的 1M 氯化钠 (NaCl) 中的点蚀电位 (E_{pt}) 是约 300-450mV_{SCE}, 在相同条件下的再钝化 (repassivation) 电位 (E_{rp}) 为 -80mV_{SCE}。在 30°C 温度下的 0.5% 硫酸 (H₂SO₄) 中的临界电流密度 (i_c) 是约 0.8mA/cm², 在相同条件下的过钝化电位 (E_{tr}) 是约 900-1000mV_{SCE}。本发明的铁素体不锈钢的这些性能使通过添加钼和铜获得的, 并且相比于标准的 EN1.4509 铁素体不锈钢产生改善的耐腐蚀性。

[0015] 根据本发明的铁素体不锈钢中每种元素的作用和含量在下面进行描述, 含量为重量百分比。

[0016] 碳 (C) 是维持机械强度的重要元素。然而,如果添加大量的碳,碳化物析出从而降低耐腐蚀性。因此,在本发明中将碳含量限制为小于 0.03%,优选小于 0.025%,且更优选小于 0.02%。

[0017] 硅 (Si) 是铁素体稳定剂并且提高抗氧化性,因此适用于耐热不锈钢中。硅还具有脱氧的作用并且可用于精练,因此 0.05% 或更多的硅是不可避免的。然而,如果硅含量超过 2%,那么加工性下降。因此,在本发明中硅含量设定为 0.05-2%,优选 0.8-1%。

[0018] 锰 (Mn) 被有意地加入碳钢中以减轻硫导致的热脆性 (hot shortness),并且其通常存在于不锈钢中。如果存在过高含量的锰,那么钢变得硬且脆,以及加工性显著降低。此外,锰为奥氏体稳定剂,如果大量添加,其会促进马氏体相的产生,从而降低加工性。因此,在本发明的钢中设定锰含量为 0.5-2.0%。

[0019] 铬 (Cr) 为主要添加元素用以确保抗氧化性,水蒸气腐蚀耐受性,以及在废气中的耐腐蚀性。铬还能稳定铁素体相。为了改善在高温下的热腐蚀耐受性和抗氧化性,铬含量需要大于 17%。然而,过量的铬会易于形成不希望金属间化合物例如 σ 相,因此铬被限制于 20%。因此,设定铬含量为 17-20%,优选 18-19%。

[0020] 钼 (Mo) 是重要的元素,同铬一样,用于维持钢的耐腐蚀性。钼还稳定铁素体相并通过固溶硬化增加高温强度。为了获得这种效果,需要 0.5% 的最小量。然而,大量的钼会生成金属间化合物例如 σ 相和 χ 相并且损害韧性、强度和延展性,因此钼被限制于 2%。因此,设定钼含量为 0.5-2%,优选 0.7-1.8%。

[0021] 铜 (Cu) 引起替位式固溶硬化效果,从而改善 500-850°C 温度范围内的拉伸强度、保证强度和蠕变强度以及抗高周疲劳性,这是基于产生细分散的析出硬化。为了获得这种效果,1% 的铜含量是需要的。然而,过多的铜降低加工性,低温韧性和可焊性,从而设定铜的上限为 2%。因此,设定铜含量为 1-2% 且优选为 1.2-1.8%。

[0022] 添加氮 (N) 以通过高温下的碳氮化物来确保析出强化。然而,当过量添加时,氮会加工性、低温韧性和可焊性劣化。在本发明中,氮含量限制为小于 0.03%,优选小于 0.025%,且更优选小于 0.02%。

[0023] 少量添加硼 (B) 能够改善热加工性和蠕变强度。优选的硼含量为 0.001-0.005%。

[0024] 硫 (S) 能够形成硫化物夹杂物,其对耐点蚀性具有负面影响。因此硫含量应被限制到小于 0.005%。

[0025] 磷 (P) 不利于热加工性并且能够形成磷化物颗粒或膜,所述磷化物颗粒或膜对耐腐蚀性具有负面影响。因此磷含量应被限制到小于 0.05%,优选小于 0.04%。

[0026] 氧 (O) 通过改变熔池的表面能量而改善熔透性 (weld penetration),但可对韧性和热延展性具有不利影响。对于本发明,合适的最大氧含量小于 0.01%。

[0027] 可向所述不锈钢中引入钙 (Ca) 与添加元素或稀土金属结合,但应限制到 0.003%。

[0028] “微合金化”元素钛 (Ti) 和铌 (Nb) 属于一组添加物,如此命名是因为它们在低浓度下显著改变钢的性能。很多效果依赖于它们与碳和氮的强烈亲和力。铌有利于通过固溶硬化增加高温强度并且还能够退火和 / 或焊接期间抑制铁素体晶粒粗化。它还能通过形成细分散的 Laves 相 Fe_2Nb 来改善抗蠕变性。在本发明中,铌被限制为 0.3-1% 的范围,而钛被限制为小于 0.2%。

[0029] 在钢制造中使用铝 (Al) 作为脱氧剂并且其能改善高温氧化。然而, 过量添加会使加工性、可焊性和低温韧性变差。因此, 铝被限制为小于 0.2%。

[0030] 钒 (V) 有助于高温强度。然而, 过量使用钒损害加工性和低温韧性。因此, 钒含量应低于 0.5%。

[0031] 锆 (Zr) 有助于改善高温强度和抗氧化性。然而, 过量添加损害韧性, 从而应限制为小于 0.5%。

[0032] 钨 (W) 具有与钼相似的性质, 并且有时能替代钼。然而, 钨能促进金属间相例如 σ 相和 χ 相的形成, 从而应限制为小于 3%。当钨替代钼时, (Mo+W) 总量应限制为 3%。

[0033] 可添加钴 (Co) 和镍 (Ni) 以便有助于低温韧性。它们抑制高温下的晶粒生长并且显著改善硬度和热强度的保持能力。然而, 它们的过量添加会降低冷延伸率, 因此每种元素应限制为小于 1%。

[0034] 可在该铁素体不锈钢中少量添加稀土金属 (REM), 例如铈 (Ce) 和钇 (Y), 以便改善高温氧化抵抗性。然而, 其过量添加会使其他性能劣化。每种 REM 的优选含量小于 0.01%。

[0035] 以两种实验室熔炼料 (heats) (A, B) 对本发明的铁素体不锈钢进行测试, 这些试样已被制造成冷轧的 1.5mm 厚片材。作为对比, 也对 1.4509 铁素体不锈钢的两种实验室熔炼料 (C, D) 进行测试。在一些测试中, 也使用来自全规模生产 (1.4509) 的 1.4509 铁素体不锈钢的数值作为对比。所测试的实验室熔炼料的化学组成在表 1 中列出。

[0036] 表 1

[0037]

熔炼料	含量, 重量%						
A	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
	0.007	0.26	0.79	0.007	0.005	18.5	<0.1
	Mo	Ti	Nb	Cu	N	B	O
	0.97	0.12	0.56	1.52	0.0098	0.0042	0.0091
B	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
	0.008	0.25	0.78	0.007	0.005	18.4	<0.1
	Mo	Ti	Nb	Cu	N	B	O
	0.98	0.11	0.55	1.53	0.004	0.004	0.0058
C*	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
	0.021	0.32	0.67	0.007	0.005	17.8	<0.1
	Mo	Ti	Nb	Cu	N	B	O
	0.01	0.44	0.56	0.01	0.0141	0.0005	0.0047
D*	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
	0.022	0.31	0.6	0.007	0.004	17.7	<0.1
	Mo	Ti	Nb	Cu	N	B	O
	0.01	0.41	0.56	0.01	0.0133	<0.0005	0.0055

[0038] * 本发明之外的合金

[0039] 对比熔炼料 (C 和 D) 与本发明的熔炼料 (A 和 B) 在比较时至少在钼、铜和钛的含量彼此不同。

[0040] 对于所测试的材料确定保证强度 $R_{p0.2}$ 、 $R_{p1.0}$ 和拉伸强度 R_m 以及延伸率, 测试结果在

表 2 中说明。

[0041] 表 2

[0042]

熔炼料	$R_{p0.2}$ (MPa)	$R_{p1.0}$ (MPa)	R_m (MPa)	A_g (%)	A_{50} (%)
1. 4509	369	390	490		31
A	524	536	647	12	19
B	511	525	633	12	21
C	295	317	459	12	14
D	290	312	460	18	29

[0043] 根据本发明的实验室熔炼料 A 和 B 的保证强度 $R_{p0.2}$ 和 $R_{p1.0}$ 值以及拉伸强度 R_m 值优于 1. 4509 实验室熔炼料 C 和 D 以及全规模生产 1. 4509 铁素体不锈钢。

[0044] 在高周疲劳 (HCF) 试验中对本发明铁素体不锈钢的抗疲劳性进行测试。在该试验中, 使钢在 700℃ 的温度下经受应力比 R 为 0. 01 的脉冲载荷。这意味着应力保持在 60 MPa, 振幅为 60MPa。关于 HCF 试验的试验结果示于表 3 中。

[0045] 表 3

[0046]

熔炼料	疲劳 (周期)
A 试样 1	1417200
A 试样 2	814000
1. 4509 试样 1	204800
1. 4509 试样 2	208000

[0047] 在不同条件下在炉子和微量热天平中测试本发明铁素体不锈钢的抗氧化性, 并且结果汇总在表 4-7 中。测试材料为熔炼料 A、C (1. 4509 的实验室熔炼料) 以及 1. 4509 的全规模生产熔炼料。

[0048] 表 4 示出了对于 48 小时的测试时间在不同温度下的氧化质量增长变化的结果。

[0049] 表 4

[0050]

熔炼料	750℃ (mg/cm ²)	800℃ (mg/cm ²)	850℃ (mg/cm ²)	900℃ (mg/cm ²)	950℃ (mg/cm ²)	1000℃ (mg/cm ²)
A	0. 1	0. 2	0. 4	1. 1	1. 5	3. 2
C	0. 2	0. 4	0. 7	1. 3	2. 1	3. 0
1. 4509	0. 1	0. 1	0. 4	0. 6	1. 2	1. 9

[0051] 表 5 中示出了在 900℃ 的温度下利用总共 3000 小时的测试时间的长时期氧化质量增长变化的结果,以及在 100 小时和 300 小时的中间评价。

[0052] 表 5

[0053]

熔炼料	100h (mg/cm ²)	300h (mg/cm ²)	3000h (mg/cm ²)
A	0.7	0.2	2.7
C	0.9	1.4	3.9
1.4509	0.6	1.1	2.7

[0054] 表 6 中示出了在 900℃ 温度下的循环氧化质量增长变化测试的结果。总测试时间为 300 小时,且在每个周期中在 900℃ 下 1 小时以及在室温下 15 分钟。在 100 小时和 200 小时之后进行中间评价。

[0055] 表 6

[0056]

熔炼料	100h (mg/cm ²)	200h (mg/cm ²)	300h (mg/cm ²)
A	0.6	0.8	0.9
C	0.6	0.9	1.0
1.4509	0.3	0.5	0.7

[0057] 表 7 示出了在 900℃ 温度下在 35% 湿度下的潮湿氧化质量增长变化的结果,且总测试时间为 168 小时并且在 50 小时和 100 小时进行中间评价。

[0058] 表 7

[0059]

熔炼料	50h (mg/cm ²)	100h (mg/cm ²)	168h (mg/cm ²)
A	0.3	0.4	0.6
C	0.9	1.3	1.5
1.4509	0.8	0.9	1.1

[0060] 根据本发明的实验室熔炼料 (A) 的氧化测试结果在大多数情况下相似于或优于 1.4509 的实验室材料 (C) 和全规模生产的 1.4509 铁素体不锈钢。

[0061] 通过如下方式评价本发明铁素体不锈钢的腐蚀性能:使用动电位极化测量来确定在氯化钠 (NaCl) 溶液中的点蚀电位以及纪录在硫酸中的阳极极化曲线。在 25℃ 的测试温度下使用熔炼料 A 和 1.4509 的试样在 1M 的 NaCl 中评估点蚀电位 (E_{pt}),在测试之前将所述试样湿研磨至 320 粒度 (grit),然后在空气中放置至少 18 小时。阳极极化以 20mV/min 的扫描速率开始于 $-300mV_{SCE}$,并且以 $100 \mu A/cm^2$ 的电流密度评价点蚀电位和再钝化电位 (E_{rp})。对于每个钢种测量三个试样,并且暴露表面积为 $1cm^2$ 。表 8 示出了熔炼料 A 和 1.4509 在

25℃下在 1M 的 NaCl 中的点蚀电位 (E_{pt}) 和再钝化电位 (E_{rp})。

[0062] 表 8

[0063]

熔炼料	E_{pt} [mV _{SCE}]	E_{rp} [mV _{SCE}]
A	377 ± 46	-76 ± 8
1. 4509	254 ± 25	-139 ± 46

[0064] 利用熔炼料 A 和 1. 4509 的试样在 30℃ 温度的 5% 硫酸 (H_2SO_4) 中记录阳极极化曲线, 在测量之前将所述试样湿研磨至 320 粒度 (grit)。在 10min 的保持时间之后, 在 $-750mV_{SCE}$ 开始以 20mV/min 的扫描速率进行阳极极化。为了达到钝化区域, 必须超过临界电流密度 (i_c)。临界电流密度越低, 最大腐蚀速率越低。以 $100 \mu A/cm^2$ 的电流密度评价过钝化电位 (E_{tr})。对每个钢种测试两个试样, 并且暴露表面积为 $1cm^2$ 。表 9 示出了熔炼料 A 和 1. 4509 在 30℃ 温度在 0. 5% 硫酸 (H_2SO_4) 中的临界电流密度 (i_c) 和过钝化电位 (E_{tr})。

[0065] 表 9

[0066]

熔炼料	i_c [mA/cm ²]	E_{tr} [mV _{SCE}]
A	0. 8	962
1. 4509	4. 4	787

[0067] 导致本发明的研究工作得到欧洲煤和钢共同研究基金 (RFCS) 的资助, 拨款协议为 No. RFSR-CT-2009-00018。