

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810042817.X

[51] Int. Cl.

C22C 38/58 (2006.01)

C22B 9/18 (2006.01)

C21D 8/12 (2006.01)

[43] 公开日 2009年3月18日

[11] 公开号 CN 101386962A

[22] 申请日 2008.9.11

[21] 申请号 200810042817.X

[71] 申请人 上海材料研究所

地址 200437 上海市虹口区邯郸路99号

[72] 发明人 高余顺 薛春 黄春波

[74] 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司

代理人 赵志远

权利要求书1页 说明书6页

[54] 发明名称

一种无磁高强度不锈钢及其制造方法

[57] 摘要

本发明涉及一种无磁高强度不锈钢及其制造方法，其特征在于，按重量百分比该不锈钢的化学元素为：C 0.05~0.20%，Si \leq 1.0%，Mn 11~15%，S \leq 0.03%，P \leq 0.035%，Cr 15~20%，Ni \leq 5.0%，Mo 0.5~1.0%，N 0.2~0.4%，微量元素 \leq 0.50%，余量为Fe。与现有技术相比，本发明具有磁性低、高强度、优良的综合力学性能，加工和焊接性能好，且耐海水腐蚀性能优异，适用于特种舰船用船体材料及潜艇外壳等优点。

1、一种无磁高强度不锈钢，特征在于，该不锈钢含有以下化学元素（wt%）：C 0.05~0.20%，Si≤1.0%，Mn 11~15%，S≤0.03%，P≤0.035%，Cr 15~20%，Ni≤5.0%，Mo 0.5~1.0%，N 0.2~0.4%，微量元素≤0.50%，余量为Fe。

2、根据权利要求1所述的一种无磁高强度不锈钢，其特征在于，所述的微量元素选自Ti、Nb或V中的一种或几种。

3、根据权利要求1所述的一种无磁高强度不锈钢，其特征在于，所述的不锈钢具有以下力学性能：抗拉强度≥700MPa，屈服强度≥380MPa，伸长率≥35%，V型冲击≥200J；所述的不锈钢具有以下磁性能：相对磁导率≤1.010。

4、一种权利要求1所述的无磁高强度不锈钢的制造方法，其特征在于，将炉料按要求配比的数量，在非真空感应炉中按工艺要求进行熔炼，熔化温度范围为1400℃~1480℃；再经电渣重熔精炼后，通过热加工工序成型，热加工温度范围为1180℃~850℃；并经热处理加工工序后得到无磁高强度不锈钢，该无磁高强度不锈钢含有以下化学元素（wt%）：C 0.05~0.20%，Si≤1.0%，Mn 11~15%，S≤0.03%，P≤0.035%，Cr 15~20%，Ni≤5.0%，Mo 0.5~1.0%，N 0.2~0.4%，微量元素≤0.50%，余量为Fe。

5、根据权利要求4所述的一种无磁高强度不锈钢的制造方法，其特征在于，所述的炉料包括纯铁、金属镍、钼或钼铁、锰、铬铁、钒铁以及氮化铬铁。

6、根据权利要求4所述的一种无磁高强度不锈钢的制造方法，其特征在于，所述的热加工工序包括锻造和轧制加工。

7、根据权利要求4所述的一种无磁高强度不锈钢的制造方法，其特征在于，所述的热处理加工工序为将不锈钢加热至1000℃~1100℃，保温1~2小时，水冷至室温。

8、根据权利要求4所述的一种无磁高强度不锈钢的制造方法，其特征在于，所述的微量元素选自Ti、Nb或V中的一种或几种。

9、根据权利要求4所述的一种无磁高强度不锈钢的制造方法，其特征在于，所述的不锈钢具有以下力学性能：抗拉强度≥700MPa，屈服强度≥380MPa，伸长率≥35%，V型冲击≥200J；所述的不锈钢具有以下磁性能：相对磁导率≤1.010。

一种无磁高强度不锈钢及其制造方法

技术领域

本发明涉及金属材料，具体地说涉及一种无磁高强度不锈钢及其制造方法。

背景技术

造船工业是国家重点支柱产业之一，而特种船舶（如扫雷艇、潜艇、反水雷舰艇等）的建造需要的低磁钢船体材料。对于特种舰船，磁性防护是其战术性能的重要指标之一，采用低磁钢建造的船体磁性可降到相当于普通钢船体原始磁场的 1/100。因此，研究开发新型高强度低磁船体材料是一项十分迫切的课题。

玻璃钢和低磁钢是建造现代反水雷舰艇的主要船体材料。低磁钢，从机械性能上看，有许多优点：可以满足大吨位的反水雷舰艇的技术要求，其抗冲击特性比玻璃钢优良，无脆性转变温度，不会产生脆性断裂；另一个特点是高温强度高，在 800℃ 时还有相当高的强度，这对战斗舰艇很重要。它不会象玻璃钢和木材那样在高温下熔化和燃烧。

国外大多采用玻璃钢或高强度低磁钢来制造船体，但对我国进行技术封锁，无法获得相关的技术资料和产品。我国长期以来一直采用上世纪六十年代从苏联引进的 917 钢（45Mn17Al3）。虽然该钢合金含量低，价格低，但其综合性能欠佳，机加工困难，特别是焊接工艺性能差、易产生焊接裂缝且会有大量的有害气体逸出，既危害人体健康又污染环境。而且 917 钢在海水中的耐蚀性较差。

国外低磁钢基本性能

钢种	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	延伸率%	磁导率	焊接性能
45Mn17Al3	~290	~580	>25	<1.2	焊接工艺较

(917 钢)

差，易产生气
孔

近年来，为替代 917 钢，国内曾有单位开展过这方面的研究，但至今仅用于反水雷舰艇的铸、锻件中。为了加快海军的现代化，海军要大力发展反水雷舰艇。因此，低磁结构材料也是近年来国内外发展的热点之一。如新型船体材料研究成功并投产，则后续的反水雷舰艇都可采用，可见市场需求有相当大的规模。另外，新型船体材料还可以推广应用到潜艇壳体制造上。

发明内容

本发明的目的在于提供一种具有磁性低、高强度、耐海水腐蚀性能好的无磁高强度不锈钢及其制造方法。

本发明的目的可以通过以下技术方案来实现：

一种无磁高强度不锈钢，特征在于，该不锈钢含有以下化学元素（wt%）：C 0.05~0.20%，Si≤1.0%，Mn 11~15%，S≤0.03%，P≤0.035%，Cr 15~20%，Ni≤5.0%，Mo 0.5~1.0%，N 0.2~0.4%，微量元素≤0.50%，余量为 Fe。

所述的微量元素选自 Ti、Nb 或 V 中的一种或几种。

所述的不锈钢具有以下力学性能：抗拉强度≥700MPa，屈服强度≥380MPa，伸长率≥35%，V 型冲击≥200J；所述的不锈钢具有以下磁性能：相对磁导率≤1.010。

一种无磁高强度不锈钢的制造方法，其特征在于，将炉料按要求配比的数量，在非真空感应炉中按工艺要求进行熔炼，熔化温度范围为 1400℃~1480℃；再经电渣重熔精炼后，通过热加工工序成型，热加工温度范围为 1180℃~850℃；并经热处理加工工序后得到无磁高强度不锈钢，该无磁高强度不锈钢含有以下化学元素（wt%）：C 0.05~0.20%，Si≤1.0%，Mn 11~15%，S≤0.03%，P≤0.035%，Cr 15~20%，Ni≤5.0%，Mo 0.5~1.0%，N 0.2~0.4%，微量元素≤0.50%，余量为 Fe。

所述的炉料包括纯铁、金属镍、钼或钼铁、锰、铬铁、钒铁以及氮化铬铁。

所述的热加工工序包括锻造和轧制加工。

所述的热处理加工工序为将不锈钢加热至 1000℃~1100℃，保温 1~2 小时，

水冷至室温。

所述的微量元素选自 Ti、Nb 或 V 中的一种或几种。

所述的不锈钢具有以下力学性能：抗拉强度 $\geq 700\text{MPa}$ ，屈服强度 $\geq 380\text{MPa}$ ，伸长率 $\geq 35\%$ ，V 型冲击 $\geq 200\text{J}$ ；所述的不锈钢具有以下磁性能：相对磁导率 ≤ 1.010 。

与现有技术相比，本发明无磁高强度不锈钢用作新型特种舰船船体材料，该钢具有磁性低、高强度、优良的综合力学性能，加工和焊接性能好，且耐海水腐蚀性能优异，适用于特种舰船用船体材料及潜艇外壳等。

具体实施方式

以下结合具体实施例来说明本发明所涉及的不锈钢及其制备工艺。

本发明新型无磁高强度不锈钢的主要特点是低磁、高强度，耐海水腐蚀性能好。而这个特点的关键技术是在于化学成分的设计和热处理工艺的配合，为了说明这个关键技术，现把上述主要化学元素的作用解释如下：

本发明不锈钢为奥氏体不锈钢，为此钢中要含有一定量的奥氏体形成元素。本发明钢中是通过 C、Cr、Mn、N、Ni 等元素来形成低磁性奥氏体组织的。具体组成元素如下：C 0.05~0.20，Si ≤ 1.0 ，Mn 11~15，S ≤ 0.03 ，P ≤ 0.035 ，Cr 15~20，Ni ≤ 5.0 ，Mo 0.5~1.0，N 0.2~0.4，微量元素（Ti、Nb 或 V） ≤ 0.50 ，其余为 Fe。

C：C 是形成奥氏体的能力最强有效元素之一，同时也是提高强度的有效元素，但要控制适当，太高了，易生成过量的碳化物，对耐蚀性和力学性能均产生不利影响；太低了，钢的强度达不到要求。本发明钢控制在 0.05~0.20 为宜。

N：和 C 一样，N 也是形成奥氏体的最强有效元素之一，还可以提高钢的耐蚀性能，并能起到固溶强化的作用，提高钢的强度。但也会使炼钢中熔炼、浇铸工艺复杂，产生气孔、冒涨等缺陷。本发明钢 N 宜控制在 0.20~0.40 之间。

Ni：Ni 是形成奥氏体和稳定奥氏体的最佳元素。Ni 对提高钢的耐蚀性能、力学性能和热加工性能均有积极的作用，所以 Ni 是不锈钢中主要元素之一，但 Ni 资源短缺，价格较贵，应尽量节约使用，经试验确定本发明钢可控制在

≤5.0。

Mn: 是形成奥氏体的能力最强有效元素之一, 由于该种钢 Ni 含量少, 因而用 C-Mn-N 形成奥氏体。Mn 控制在 11~15。

本发明钢中还含有 Cr、Mo 等元素, 这两元素是提高钢耐蚀性的主要元素, 同时也是铁素体形成元素。它和奥氏体形成元素相结合, 便于产生平衡组织。通过调节铁素体形成元素和奥氏体形成元素含量来控制钢的组织 and 性能, 最终要得到均匀的低磁性奥氏体组织。

Cr: 不锈钢中都含有 Cr, Cr 和氧化性介质作用, 在钢表面形成一层钝化膜, 起到了保护作用, 从而提高了耐蚀性能。不锈钢 Cr 含量一般均在 13% 以上, 低了达不到不锈的目的。本发明钢中铬含量宜控制在: 15~20 之间。

Mo: Mo 是提高不锈钢耐蚀性的有效元素。试验证明: 在不锈钢中同时加入 Cr、Mo、N 元素, 形成的钝化膜耐蚀性能明显提高, 尤其是耐点腐蚀性能, 更为明显。但 Mo 加多了, 和 Cr 一样, 易出现 δ 铁素体, 使钢磁性增加。本发明钢中宜控制 0.5~1.0 之间。

微量元素 (Ti、Nb、V) ≤0.50. 微量元素的加入可改善优化钢的组织及晶粒度。

实施例 1

一种无磁高强度不锈钢, 按重量百分比该不锈钢的化学元素为: C 0.065%, Si1.0%, Mn 11.5%, S0.08%, P0.025%, Cr 15.0%, Ni5.0%, Mo 0.5%, N 0.26%, 微量元素 Ti0.50%, 余量为 Fe。

上述无磁高强度不锈钢的制造方法如下: 将包含上述成分的炉料经过非真空感应炉进行熔炼, 熔炼温度为 1450℃, 再进行电渣重熔, 然后在 1150℃锻造成型, 再经 1050℃保温 1 小时, 水冷至室温, 得到的无磁高强度不锈钢。将得到的无磁高强度不锈钢加工成所需的另部件, 满足了产品设计和使用要求。

实施例 2

一种无磁高强度不锈钢, 按重量百分比该不锈钢的化学元素为: C 0.15%, Si0.5%, Mn 14%, S0.01%, P0.015%, Cr19.2%, Ni2.0%, Mo1.0%, N 0.35%, 微量元素 Nb0.40%, 余量为 Fe。

上述无磁高强度不锈钢的制造方法如下: 将纯铁、金属镍、钼和锰、铬铁、

钒铁、氮化铬铁等各类炉料按上述要求配比的数量配比，经过非真空感应炉进行熔炼，熔炼温度为 1480℃，再进行电渣重熔，然后在 1100℃锻造成型，再经 1000℃保温 1.5 小时，水冷至室温，得到的无磁高强度不锈钢。将得到的无磁高强度不锈钢加工成所需的另部件，满足了产品设计和使用要求。

实施例 3

一种无磁高强度不锈钢，特征在于，按重量百分比该不锈钢的化学元素为：C 0.10%，Si 0.1%，Mn 12%，S 0.01%，P 0.015%，Cr 18%，Ni 1.0%，Mo 0.8%，N 0.28%，微量元素 V 0.50%，余量为 Fe。

上述无磁高强度不锈钢的制造方法如下：将纯铁、金属镍、钼和锰、铬铁、钒铁、氮化铬铁等各类炉料按上述要求配比的数量配比，经过非真空感应炉进行熔炼，熔炼温度为 1400℃，再进行电渣重熔，然后在 1130℃轧制成型，再经 1100℃保温 1 小时，水冷至室温，得到的无磁高强度不锈钢。将得到的无磁高强度不锈钢加工成所需的另部件，满足了产品设计和使用要求。

本发明新型无磁高强度不锈钢按照不同的热处理工艺进行试验，所得力学性能测试结果列于表一。

表一、新型无磁高强度不锈钢力学性能

固溶温度/℃	抗拉强度 Rm/MPa	屈服强度 Rp _{0.2} /MPa	延伸率 A%	收缩率 Z%	冲击功 A _{KV} /J
1000	838	488	47.3	67.8	246
1050	823	473	46.3	69.0	248
1100	828	485	47.8	68.8	267

由表一可见，新型无磁高强度不锈钢在 1000~1100℃温度范围内固溶处理，其力学性能都符合设计要求，实际操作选取 1050℃为固溶处理温度。

以下所述新型无磁高强度不锈钢的各种测试性能都是经 1050℃为固溶处理后得到的。

所述的新型无磁高强度不锈钢的物理性能和弹性性能见表二，

表二、新型无磁高强度不锈钢物理性能和弹性性能

温度/℃	30-100	30-200	30-300	30-400	30-500	30-600	30-100
热膨胀系	16.8	17.9	18.7	19.4	20	20.5	16.8

数 $\times 10^{-6}K^{-1}$							
弹性模量/ GPa	剪切模量/ GPa		泊松比				
200	78		0.30				

在 1050℃ 温度固溶处理后，新型无磁高强度不锈钢的金相组织为奥氏体组织，奥氏体晶粒度为 9~10 级。

新型无磁高强度不锈钢的磁导率 μ 1.0012~1.0018，满足设计的要求。

对新型无磁高强度不锈钢耐蚀性、加工和焊接性能试验是对比材料 917 钢一起进行的，试验结果表明：

耐蚀性按国标 GB/T101125-1997 盐雾试验方法进行，试样在 5% NaCl 水溶液中，进行 48 小时连续喷雾试验，新型无磁高强度不锈钢试样表面无变化，无锈点；而 917 钢经 24 小时连续喷雾试验后就发生表面全面腐蚀。

在温度 $35 \pm 2^\circ C$ 的东海海水中，连续浸泡 60 天，新型无磁高强度不锈钢试样表面无变化，无锈点；而 917 钢发生表面全面腐蚀。

加工试验结果表明，在板材坡口加工和试样制取时使用刨床和车床加工，新型无磁高强度不锈钢比 917 钢相比，刀具磨损较小，试样表面较光顺，节约了加工时间。

常规焊接试验结果表明：新型无磁高强度不锈钢与 TS-307HM 焊条符合低磁钢焊接技术标准的要求。与 917 钢相比，新型无磁高强度不锈钢焊接接头的常规力学性能基本相当，焊接接头热影响区 $-40^\circ C$ V 型缺口冲击性能的裕度更大，增幅达到 38%；新型无磁高强度不锈钢母材与焊接接头的电极电位差很小，有利于降低焊接接头的电化腐蚀。从焊接过程和 X 射线检测结果看，新型无磁高强度不锈钢气孔敏感性比 917 钢小。