

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C25D 3/12 (2006.01)
H01F 1/057 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710068652.9

[43] 公开日 2008年6月25日

[11] 公开号 CN 101205623A

[22] 申请日 2007.5.18

[21] 申请号 200710068652.9

[71] 申请人 横店集团东磁有限公司

地址 322118 浙江省东阳县横店工业区东磁
股份有限公司

[72] 发明人 徐卫红 朱旭霞

[74] 专利代理机构 杭州杭诚专利事务所有限公司
代理人 尉伟敏

权利要求书 2 页 说明书 11 页

[54] 发明名称

一种用于钹铁硼铁氧体防腐的纳米复合电镀
新方法

[57] 摘要

本发明涉及一种用于钹铁硼铁氧体防腐的纳米复合电镀新方法，该方法包括以下步骤：A. 前处理；B. 纳米复合电镀；本发明的用于钹铁硼铁氧体防腐的纳米复合电镀新方法不仅可充分满足钹铁硼铁氧体的防腐和装饰性要求，还充分改善了钹铁硼铁氧体的表面整平效果，缩短了整个工艺流程，节约了昂贵的金属原料，并有助于减少对环境的污染。

1、一种用于钹铁硼铁氧体防腐的纳米复合镀新方法，该方法包括以下步骤：

A、前处理：将钹铁硼铁氧体进行除油、出光、漂洗、活化、再次漂洗处理后放入纳米复合电镀槽中；

B、纳米复合电镀：将上述前处理后的钹铁硼铁氧体在纳米复合电镀槽在搅拌中进行含有纳米添加剂的纳米复合电镀镍或纳米复合电镀镍合金或纳米复合电镀锌；其中电镀的条件为：阳极：含镍或锌金属板；阴极：钹铁硼铁氧体；PH值：4.0~6.0；电流密度：1~6A/dm²；温度：10℃~70℃。

2、根据权利要求1所述的一种用于钹铁硼铁氧体防腐的纳米复合镀新方法，其特征在于：步骤A中所述的出光处理是采用浓度为3%~10%的稀硝酸处理50~200秒。

3、根据权利要求1或2所述的一种用于钹铁硼铁氧体防腐的纳米复合镀新方法，其特征在于：步骤A中所述的活化处理是采用浓度为2%~10%的稀硫酸活化处理10~50秒。

4、根据权利要求1所述的一种用于钹铁硼铁氧体防腐的纳米复合镀新方法，其特征在于：步骤B中纳米复合电镀槽中所用的水为电导率小于10us/cm的纯水。

5、根据权利要求1所述的一种用于钹铁硼铁氧体防腐的纳米复合镀新方法，其特征在于：步骤B中搅拌过程采用空气搅拌或空气搅拌和滚筒滚动搅拌。

6、根据权利要求1或4或5所述的一种用于钹铁硼铁氧体防腐的纳米复合镀新方法，其特征在于：步骤B中纳米复合电镀镍工艺是先进行纳米复合

电镀半光亮镍工艺再进行电镀光亮镍或纳米复合电镀光亮镍；其中所述的纳米复合电镀半光亮镍镀液由： $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$:200~400g/L； $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: 35-80 g/L； H_3BO_3 : 30-55g/L；纳米添加剂：5-25mL/L；半光亮镍添加剂：5-15mL/L所组成；所述的纳米复合电镀光亮镍镀液由 $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$:200~400g/L； $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: 35-80 g/L； H_3BO_3 :30-55g/L；纳米添加剂：5-25mL/L；光亮镍添加剂：5-10mL/L所组成。

7、根据权利要求1或4或5所述的一种用于钹铁硼铁氧体防腐的纳米复合镀新方法，其特征在于：步骤B中纳米复合电镀镍合金为纳米复合电镀镍钴合金，其中所述的纳米复合电镀镍钴合金镀液由： $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$:150-250g/L； NaCl :10-15 g/L； $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 5-10g/L； H_3BO_3 : 25-40g/L； $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 25-30g/L；纳米添加剂：5-25mL/L所组成。

8、根据权利要求1或4或5所述的一种用于钹铁硼铁氧体防腐的纳米复合镀新方法，其特征在于：步骤B中纳米复合电镀锌工艺是先进行纳米复合电镀锌处理再进行锌钝化处理，其中所述的纳米复合电镀锌镀液由 ZnCl_2 :50-100 g/L； KCl :150-250g/L； H_3BO_3 :25-40g/L；镀锌光亮剂 5-10mL/L；纳米添加剂 5-25mL/L所组成。

一种用于钕铁硼铁氧体防腐的纳米复合电镀新方法

技术领域

本发明涉及一种用于钕铁硼铁氧体防腐的表面电镀方法，尤其涉及一种用于钕铁硼铁氧体防腐的纳米复合电镀新方法；属于磁性材料表面处理技术领域。

背景技术

钕铁硼铁氧体作为第三代稀土永磁材料，具有优异的磁性能、良好的机械加工特性和相对低廉的价格，在自动化、计算机、家电、通讯等诸多领域得到广泛的应用。但钕铁硼材料化学稳定性差，在使用环境中容易发生氧化，而且在湿热条件下发生严重的电化学腐蚀，恶化了磁性能，大大影响了其使用寿命。

目前，解决钕铁硼永磁体腐蚀问题的主要方法是在磁体表面沉积一层防腐层，主要有电镀、化学镀等表面处理工艺；由于化学镀存在着使用周期短、价格昂贵及大量的污水处理导致环境的恶化等缺陷；因此从结合力、耐腐蚀性、综合成本以及环境污染等方面考虑，通常采用电镀工艺。同时由于绝大多数钕铁硼产品是小工件，因此普遍采用电镀镍铜镍组合工艺或电镀锌等工艺。在钕铁硼磁体上电镀存在的主要问题是：钕铁硼磁体表面粗糙且存在大量孔隙，在电镀过程中会渗入酸、碱和电镀液，造成基体和镀层的腐蚀；磁体表面组织不均匀，使电镀时镀层孔隙率增加，降低了镀层的防护性；为了达到一定的防腐能力，必须增加镀层厚度，但是镀层厚度到了一定的程度会引起磁体性能的恶化，并且极易出现公差问题导致无法安装。

与此同时改变材料表面是提高钕铁硼铁氧体材料表面性能的重要手段，是表面工程发展的新趋势。改变材料表面的手段主要采用表面涂层或沉积，对于制备含有特殊性能颗粒的金属基表面复合材料，复合电镀是一种最简单、成本最低廉的理想的方法。如中国专利申请（02108634.6）钕铁硼（NdFeB）永磁材料表面防护技术，该技术在预处理工艺中采用材料表面封空技术；在电镀工艺中采用中性镀液施镀20~30分钟后立即在酸性镀液中施镀1~3小时的复合电镀技术，采用该技术在钕铁硼铁氧体表面形成的复合电镀层不仅可以有效解决材料的防腐问题，而且可以大幅降低镀层厚度，基本上满足安装公差要求；但是该复合电镀工艺由于采用了微米颗粒，在复合电镀时必然引起镀层粗糙、起沙的缺陷，因此只能适用于挂镀工艺，无法在滚镀工艺中采用。

发明内容

本发明针对现有钕铁硼铁氧体电镀防腐技术造成基体和镀层的腐蚀，降低镀层防护性以及造成钕铁硼铁氧体性能恶化和安装公差的缺陷，提供一种用于钕铁硼铁氧体防腐的纳米复合电镀新方法，该方法增大了镀层的防护性能，满足了钕铁硼铁氧体防腐和装饰性的要求；

本发明还针对现有钕铁硼铁氧体复合电镀工艺由于采用了微米颗粒，造成镀层粗糙、起沙的缺陷，提供一种用于钕铁硼铁氧体防腐的纳米复合电镀新方法，该方法充分改善了钕铁硼铁氧体镀层的表面整平效果，缩短了工艺流程。

本发明的上述技术问题是通过下述技术方案得以实施的：一种用于钕铁硼铁氧体防腐的纳米复合电镀新方法，该方法包括以下步骤：

A、前处理：将钕铁硼铁氧体进行除油、出光、漂洗、活化、再次漂洗处理后放入纳米复合电镀槽中；

B、纳米复合电镀：将上述前处理后的钕铁硼铁氧体在纳米复合电镀槽在

搅拌中进行含有纳米添加剂纳米复合电镀镍或纳米复合电镀镍合金或纳米复合电镀锌；其中电镀的条件为：阳极：含镍或锌金属板；阴极：钽铁硼铁氧体；PH值：4.0~6.0；电流密度：1~6A/dm²；温度：10℃~70℃。

本发明的用于钽铁硼铁氧体防腐的纳米复合镀新方法是在传统的复合电镀基础上发展起来的，它用纳米颗粒代替了传统复合电镀中使用的微米颗粒，从而解决了镀层粗糙、起沙的缺陷；本发明的用于钽铁硼铁氧体防腐的纳米复合电镀新方法，在保证防腐性能的前提下，还可获得耐磨、减摩、耐高温等不同优异性能的纳米复合镀层，为进一步提高钽铁硼磁性材料的各种表面性能创造了条件；此外采用本发明的复合电镀新方法得到的复合电镀层的基质金属与不溶性固体微粒之间的相界面基本上是清晰的，几乎不发生相互扩散现象，却具备基质金属与不溶固体微粒的综合性能。

在上述的用于钽铁硼铁氧体防腐的纳米复合镀新方法，步骤 A 中所述的出光处理是采用浓度为 3%~10%的稀硝酸处理 50~200 秒。由于 c 铁氧体极易氧化，所以镀前需出光处理去除氧化层，而 3%~10%的稀硝酸处理 50~200 秒就可以使钽铁硼铁氧体表面洁净。

在上述的用于钽铁硼铁氧体防腐的纳米复合镀新方法，步骤 A 中所述的活化处理是采用浓度为 2%~10%的稀硫酸活化处理 10~50 秒。为了除去步骤 A 中所述的活化处理是采用浓度为 2%~10%的稀硫酸活化处理 10~50 秒。铁氧体表面上的极薄氧化膜，并在其表面形成均匀的核活性中心，本发明采用浓度为 2%~10%的稀硫酸作为活化液在室温下处理 10~50 秒。

在上述的用于钽铁硼铁氧体防腐的纳米复合镀新方法，步骤 B 中纳米复合电镀槽中所用的水为电导率小于 10us/cm 的纯水。

在上述的用于钽铁硼铁氧体防腐的纳米复合镀新方法，步骤 B 中搅拌过

程采用空气搅拌或空气搅拌和滚筒滚动搅拌。现有技术认为当固体颗粒小于100nm以下时，颗粒在镀液中极易团聚，其在镀层中反而以大团聚颗粒形式存在，本发明通过采用空气搅拌或空气搅拌和滚筒滚动搅拌，不仅保证了纳米颗粒在镀液中的均匀分散，而且也保证了在镀层中的均匀沉积。

在上述的用于钹铁硼铁氧体防腐的纳米复合镀新方法，步骤 B 中纳米复合电镀镍工艺是先进行纳米复合电镀半光亮镍工艺再进行电镀光亮镍或纳米复合电镀光亮镍；其中所述的纳米复合电镀半光亮镍镀液由： $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$:200~400g/L； $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: 35-80 g/L； H_3BO_3 : 30-55g/L；纳米添加剂：5-25mL/L；半光亮镍添加剂：5-15mL/L 所组成；所述的纳米复合电镀光亮镍镀液由 $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$:200~400g/L； $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: 35-80 g/L； H_3BO_3 :30-55g/L；纳米添加剂：5-25mL/L；光亮镍添加剂：5-10mL/L 所组成。本发明中采用的纳米添加剂为 SN-1 纳米浆料，主要由三氧化二铝、二氧化钛、二氧化锆等金属氧化物中的一种或几种的纳米粉末制成，其粒度小于 100nm；采用的半光亮镍添加剂由 SBN-301 柔软剂、SBN-302 填平剂、SBN-304 电位差剂、N-17 润湿剂等所组成，采用的光亮镍添加剂由 BN-100 主光剂、BN-101 柔软剂、N-17 润湿剂等所组成，这些物质都可以从市场购买得到或采用其它的市售镀镍添加剂按市售说明书配入所组成。

在上述的用于钹铁硼铁氧体防腐的纳米复合镀新方法，步骤 B 中纳米复合电镀镍合金为纳米复合电镀镍钴合金，其中所述的纳米复合电镀镍钴合金镀液由： $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$:150-250g/L； NaCl :10-15 g/L； $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 5-10g/L； H_3BO_3 : 25-40g/L； $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$: 25-30g/L；纳米添加剂：5-25mL/L 所组成。采用的纳米添加剂为 SN-1 纳米浆料，主要由三氧化二铝、二氧化钛、二氧化锆等金属氧化物中的一种或几种的纳米粉末制成，其粒度小于 100nm。

在上述的用于钕铁硼铁氧体防腐的纳米复合镀新方法，步骤 B 中纳米复合电镀锌工艺是先进行纳米复合电镀锌处理再进行锌钝化处理，其中所述的纳米复合电镀锌镀液由 ZnCl_2 :50-100 g/L; KCl :150-250g/L; H_3BO_3 :25-40g/L; 镀锌光亮剂: 5-10mL/L; 纳米添加剂 5-25mL/L 所组成。采用的纳米添加剂为 SN-1 纳米浆料，主要由三氧化二铝、二氧化钛、二氧化锆等金属氧化物中的一种或几种的纳米粉末制成，其粒度小于 100nm；采用镀锌光亮剂可以从市场上直接购买得到也可以按市售说明书配入进行添加。

本发明的复合电镀液中采用了纳米添加剂，将纳米添加剂加入电镀溶液中与金属共沉积，得到了纳米金属复合镀层。此复合镀层工艺用于钕铁硼材料的防腐，不仅解决了溶液在磁体表面的渗透，而且由于形成了细晶结构降低了镀层孔隙率，在大幅降低镀层厚度的情况下还可大幅提高磁体防腐性能，缩短整个工艺时间可至原来的一半。采用镀镍工艺时，整个工艺流程可节约 1/3 的镍金属，并无需施镀铜层，可大幅降低工人的操作强度，且有效降低了对环境的污染；本发明还将不溶性的纳米固体颗粒分散成纳米浆料，然后加入镀液中，通过电层积的方法，均匀地夹杂到金属镀层中形成纳米复合镀层，从而突破了传统观点认为当固体粒度小至 100nm 以下时，颗粒在镀液中极易团聚，其在镀层中反而以大团聚颗粒形式存在的缺陷所获得的纳米复合镀层不仅可充分满足钕铁硼的防腐和装饰性要求，还大幅缩短了整个工艺流程，降低了工人操作强度，并节约了昂贵的金属原料，同时基本消除了重金属对环境的污染，达到清洁生产的目的。此外在电镀前或者开始电镀的过程中，由于纳米添加剂本身所具有的性能，纳米颗粒会优先并自动进入钕铁硼铁氧体表面的疏孔内，一方面可以驱除疏孔内存在的溶液，防止溶液在基体内的腐蚀；另一方面由于填充了空袭，使得镀层具有极其优良的整平效果，进一步延长了钕铁硼铁氧体

的防护性能。

综上所述，本发明具有以下优点：

1、本发明的用于钹铁硼铁氧体防腐的纳米复合电镀新方法在钹铁硼表面形成的纳米镀层防腐性能极其优异，在达到相同的防腐效果下，纳米镀层的厚度只需要传统多层镍总厚度（或铜/镍组合镀层总厚度）的60~70%，从而在提高产品品质的前提下，不仅节约了昂贵的金属镍或铜；而且缩短了工艺流程，减少了电镀时间，提高了生产效率。

2、本发明的用于钹铁硼铁氧体防腐的纳米复合电镀新方法传统的镀铜/镍工艺比较，可以减少镀铜工序，从而减少操作工序，节约电镀用水量及减少污水处理成本。

3、本发明的用于钹铁硼铁氧体防腐的纳米复合电镀新方法在钹铁硼表面形成的纳米镀层填平性能优良，微小的纳米颗粒在电镀时不仅参与了宏观填平，增加了基体表面的平整度，而且自动渗入多孔结构的内部，填充疏松部位，减少镀液残留，从而减少镀层起泡的机会，延长了工件的耐盐雾效果。

由此可见，本发明的用于钹铁硼铁氧体防腐的纳米复合电镀新方法不仅可以充分满足钹铁硼铁氧体的防腐和装饰性要求，还充分改善了钹铁硼铁氧体的表面整平效果，缩短了整个工艺流程，节约了昂贵的金属原料，并有助于减少对环境的污染。

具体实施方式

下面通过实施例，对本发明的技术方案作进一步具体的说明；但本发明并不限于这些实施例。

实施例 1

(1) 前处理：选取钹铁硼铁氧体工件，采用 200℃、45 分钟真空热处理，

去除钹铁硼铁氧体工件表面的油污，然后采用浓度为 3% 的稀硝酸出光处理 200 秒；用电导率小于 10us/cm 的纯水漂洗 2~3 遍后，放入浓度为 10% 的稀硫酸中活化处理 10 秒，再用电导率小于 10us/cm 的纯水漂洗 2~3 遍后，漂洗后的钹铁硼铁氧体工件放入纳米复合电镀镍槽中；

(2) 纳米复合电镀半光亮镍：将上述前处理后的钹铁硼铁氧体工件在纳米复合电镀镍槽先进行纳米复合电镀半光亮镍，纳米复合电镀半光亮镍镀液的配方如下：

NiSO ₄ · 6H ₂ O	200g/L
NiCl ₂ · 6H ₂ O	80g/L
H ₃ BO ₃	45g/L
SBN—301 柔软剂	8mL/L
SBN—302 填平剂	0.2mL/L
SBN—304 电位差剂	1mL/L
N—17 润湿剂	3mL/L

SN—1 纳米浆料： 15mL/L；其中上述配方都是用电导率小于 10us/cm 的纯水配制。

纳米复合电镀半光亮镍工艺参数：阳极：镍饼；阴极：钹铁硼铁氧体工件； 搅拌：空气搅拌； pH: 4.0-5.0； 阴极电流密度：2-5A/dm²； 温度：50-65℃； 电镀时间： 0.5-1 小时。

(3) 纳米复合电镀光亮镍：将上述经过纳米复合电镀半光亮镍的钹铁硼铁氧体工件在纳米复合电镀镍槽再进行纳米复合电镀光亮镍，纳米复合电镀光亮镍镀液的配方如下：

NiSO ₄ · 6H ₂ O	300g/L
---------------------------------------	--------

NiCl ₂ · 6H ₂ O	60g/L
H ₃ BO ₃	55g/L
BN—100 主光剂	0.8mL/L
BN—101 柔软剂	4mL/L
N—17 润湿剂	2mL/L
SN—1 纳米浆料	20mL/L; 其中上述配方都是用电导率小于 10us/cm

的纯水配制。

纳米复合电镀光亮镍工艺参数：阳极：镍饼；阴极：钹铁硼铁氧体工件；搅拌：空气搅拌； pH：4.0-5.0；阴极电流密度：3—6A/dm²；温度：60—70℃；电镀时间：0.5-1 小时。

结果：在钹铁硼铁氧体工件上施镀的纳米复合半光亮镍镀层和纳米复合光亮镍层，具有优良的整平效果和装饰性，用 GB/T10125-1997 标准进行腐蚀性试验，耐中性盐雾至少可达 240 小时以上。结合力及致密性试验采用行业默认标准，压力 0.15MPa，T=125℃，t=100h，镀层不起泡、不暴皮及无锈蚀点。或热冲击试验：T=250℃，t=15 分，然后迅速放入 0℃冰水，t=15 分，5 个循环，试验后表面状态：镀层不起泡、无剥落、无锈蚀点。

实施例 2

(1) 前处理：选取钹铁硼铁氧体工件，采用 200℃、45 分钟真空热处理，去除钹铁硼铁氧体工件表面的油污，然后采用浓度为 8% 的稀硝酸出光处理 100 秒；用电导率小于 10us/cm 的纯水漂洗 2~3 遍后，放入浓度为 5% 的稀硫酸中活化处理 30 秒，再用电导率小于 10us/cm 的纯水漂洗 2~3 遍后，漂洗后的钹铁硼铁氧体工件放入纳米复合电镀镍钴合金槽中；

(2) 纳米复合电镀镍钴合金：将上述前处理后的钹铁硼铁氧体工件在纳

米复合电镀镍钴合金槽先进行纳米复合电镀镍钴合金，纳米复合电镀镍钴合金镀液的配方如下：

$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 200g/L

NaCl 11 g/L

$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 8g/L

H_3BO_3 30g/L

$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 27g/L

SN—1 纳米浆料： 15mL/L；其中上述配方都是用电导率小于 10us/cm 的纯水配制。

纳米复合电镀镍钴合金工艺参数：阳极：含硫镍板；阴极：钹铁硼铁氧体工件； 搅拌：空气和滚筒滚动搅拌； pH： 5.0—6.0； 阴极电流密度： 0.5—1.5A/dm²； 温度： 35—40℃； 电镀时间： 0.5—1 小时。

(3) 纳米复合电镀光亮镍：将上述经过纳米复合电镀镍钴合金的钹铁硼铁氧体工件在纳米复合电镀镍槽再进行纳米复合电镀光亮镍，纳米复合电镀光亮镍镀液的配方如下：

$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 350g/L

$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 50g/L

H_3BO_3 45g/L

BN—100 主光剂 0.5mL/L

BN—101 柔软剂 2mL/L

N—17 润湿剂 1mL/L

SN—1 纳米浆料 15mL/L；其中上述配方都是用电导率小于 10us/cm 的纯水配制。

纳米复合电镀光亮镍工艺参数：阳极：镍饼；阴极：钹铁硼铁氧体工件；搅拌：空气搅拌； pH：4.0-5.0；阴极电流密度：2—5A/dm²；温度：40—60℃；电镀时间：0.5-1 小时。

结果：在钹铁硼铁氧体表面工件上施镀的纳米复合镍钴合金镀层和纳米复合光亮镍层，其外观色泽完全和普通装饰镍层相同，但其耐蚀性更加优良，按国家标准检测同样可至少达到中性盐雾 240 小时以上。

实施例 3

(1) 前处理：选取钹铁硼铁氧体工件，采用 200℃、45 分钟真空热处理，去除钹铁硼铁氧体工件表面的油污，然后采用浓度为 10% 的稀硝酸出光处理 50 秒；用电导率小于 10us/cm 的纯水漂洗 2~3 遍后，放入浓度为 2% 的稀硫酸中活化处理 50 秒，再用电导率小于 10us/cm 的纯水漂洗 2~3 遍后，漂洗后的钹铁硼铁氧体工件放入纳米复合电镀槽中；

(2) 纳米复合电镀锌：将上述前处理后的钹铁硼铁氧体工件在纳米复合电镀槽先进行纳米复合电镀锌，纳米复合电镀锌镀液的配方如下：

ZnCl ₂	70 g/L
KCl	200g/L
H ₃ BO ₃	30g/L
市售的镀锌光亮剂	8mL/L
SN—1 纳米浆料	10ml/L；其中上述配方都是用电导率小于

10us/cm 的纯水配制。

纳米复合电镀锌工艺参数：阳极：纯锌板；阴极：钹铁硼铁氧体工件；搅拌：空气搅拌； pH：4.5-6.0；阴极电流密度：1—4A/dm²；温度：10—40℃；电镀时间：0.5-1 小时。

(3) 锌钝化处理：采用现有普通的三价铬钝化工艺。

结果：在钹铁硼铁氧体表面工件上施镀的纳米复合锌层，其外观色泽基本和普通镀锌层一致，结合力良好，耐蚀性更好。

本发明中所描述的具体实施例仅仅是对本发明精神作举例说明。本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代，但并不会偏离本发明的精神或者超越所附权利要求书所定义的范围。

尽管对本发明已作出了详细的说明并引证了一些具体实例，但是对本领域熟练技术人员来说，只要不离开本发明的精神和范围可作各种变化或修正是显然的。