

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102851663 A

(43) 申请公布日 2013. 01. 02

(21) 申请号 201210101535. 9

(22) 申请日 2012. 04. 09

(71) 申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路 92 号

(72) 发明人 王颖 王东坡 张涛 邓彩艳

程方杰

(74) 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代

理事务所 12201

代理人 王秀奎

(51) Int. Cl.

C23C 24/04 (2006. 01)

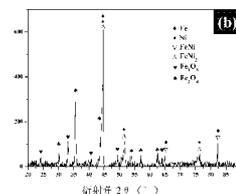
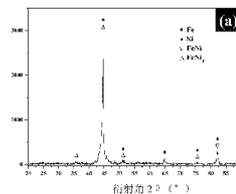
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种基于超声喷丸的金属表面合金化方法及其应用

(57) 摘要

本发明公开了一种基于超声喷丸的金属表面合金化方法及其应用,在超声冲击的过程中加入合金化粉末,经超声喷丸处理后增强了其在金属中的扩散行为,发生了非平衡态下的快速合金化过程,从而在金属表面形成了合金层,其中包括金属间化合物和固溶相的产生,然后对其进行热处理以加速其表面合金化过程,获得了致密的合金层组织。金属表面预置的合金化粉末在超声喷丸的作用下,加速了其在金属中的扩散及合金化过程,有效提高了金属表面的强度、硬度、耐腐蚀性和耐磨性。



1. 一种基于超声喷丸的金属表面合金化方法,其特征在于,在超声冲击的过程中加入合金化粉末,经超声喷丸处理后增强了其在金属中的扩散行为,发生了非平衡态下的快速合金化过程,从而在金属表面形成了合金层,其中包括金属间化合物和固溶相的产生,然后对其进行热处理以加速其表面合金化过程,获得了致密的合金层组织。

2. 根据权利要求1所述的一种基于超声喷丸的金属表面合金化方法,其特征在于,所述超声喷丸处理利用超声波发生器输出的电振荡信号转换为高频机械振动,经放大后传给振动工具头,振动工具头输出端输出振动幅值。

3. 根据权利要求1所述的一种基于超声喷丸的金属表面合金化方法,其特征在于,所述合金化方法具体按照下述步骤进行:

步骤(1),将所需的合金化粉末预置在试件表面;

步骤(2),使用超声喷丸设备进行喷丸处理;

步骤(3),去除表面残留的合金化粉末,再将合金化后的试件置于惰性气体氛围保护下进行退火。

4. 根据权利要求3所述的一种基于超声喷丸的金属表面合金化方法,其特征在于,所述步骤(2)中,所述的超声喷丸工艺参数包括喷丸功率、冲击枪的移动速度、喷丸覆盖率、合金化粉末的预置厚度,喷丸功率用电流值来表征,其取值范围为1.0-4.0A;冲击枪的移动速度用冲击枪在某一固定位置的停留时间来表征,停留时间在0.5-4s;喷丸覆盖率用喷丸次数来表征,为1-5遍;合金化粉末的预置厚度为0.5-5mm。

5. 根据权利要求3所述的一种基于超声喷丸的金属表面合金化方法,其特征在于,步骤(1)中使用的试件为低碳钢、高碳钢、合金钢、不锈钢、工具钢、铸铁或铁粉烧结件;所述合金化粉末为镍粉、碳化铬、碳化硅、锌粉、碳粉、碳化钨、二氧化锆或者铝粉。

6. 根据权利要求3所述的一种基于超声喷丸的金属表面合金化方法,其特征在于,在进行步骤(1)的预置粉末之前,可将试件表面用400粒度的砂纸反复打磨以得到新鲜的金属表面,用酒精清洗使之洁净,自然晾干。

7. 超声喷丸在金属表面合金化中的应用,其特征在于,所述超声喷丸利用超声波发生器输出的电振荡信号转换为高频机械振动,经放大后传给振动工具头,振动工具头输出端输出振动幅值对金属表面进行处理,在超声冲击的过程中加入合金化粉末,经超声喷丸处理后增强了其在金属中的扩散行为,发生了非平衡态下的快速合金化过程,从而在金属表面形成了合金层,其中包括金属间化合物和固溶相的产生,然后对其进行热处理以加速其表面合金化过程,获得了致密的合金层组织。

8. 根据权利要求7所述的超声喷丸在金属表面合金化中的应用,其特征在于,所述金属为低碳钢、高碳钢、合金钢、不锈钢、工具钢、铸铁或铁粉烧结件;所述合金化粉末为镍粉、碳化铬、碳化硅、锌粉、碳粉、碳化钨、二氧化锆或者铝粉。

## 一种基于超声喷丸的金属表面合金化方法及其应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及到金属表面合金化的方法,更具体地讲,涉及到一种基于超声喷丸的金属表面合金化方法,以提高其表面强度、硬度、耐蚀性、耐磨性。

### 背景技术

[0002] 金属材料表面是失效的频发部位,长期以来人们通过各种材料表面处理技术制造出具有表面功能的新型复合材料,以期提高其耐磨性和耐蚀性,降低生产成本。表面合金化技术是一种通过扩散改变基体金属表面层的成分和组织材料保护技术。在机械制造中主要应用的是将镍粉、碳化铬、碳化硅、锌粉、碳粉、碳化钨、二氧化锆、铝粉等合金粉末通过表面合金化技术使其在低碳钢、高碳钢、合金钢、不锈钢、工具钢、铸铁或铁粉烧结件表面形成合金层。其中包括激光表面合金化技术,等离子表面合金化技术,电子束合金化技术,机械表面研磨技术(SMAT)等,但大都操作繁琐、工艺复杂、适用面窄、能耗高,实际应用受到了一定程度的限制,因此提出一种简单易行的表面合金化方法具有很好的现实意义。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服现有技术中关于表面合金化技术的不足,提出一种基于超声喷丸的金属表面合金化方法,该方法操作简便、适应性强、重复性好。

[0004] 本发明的目的通过下述技术方案予以实现:

[0005] 一种基于超声喷丸的金属表面合金化方法,在超声冲击的过程中加入合金化粉末,经超声喷丸处理后增强了其在金属中的扩散行为,发生了非平衡态下的快速合金化过程,从而在金属表面形成了合金层,其中包括金属间化合物和固溶相的产生,然后对其进行热处理以加速其表面合金化过程,获得了致密的合金层组织。

[0006] 本发明的技术方案利用超声喷丸技术使合金化粉末在金属表面快速合金化的方法,超声喷丸(USP)是一种新型材料表面改性方法,它利用超声波发生器输出的电振荡信号转换为高频机械振动,经放大后传给振动工具头,振动工具头输出端(冲击针)输出振动幅值。金属表面经超声喷丸(USP)处理后能形成一定厚度的变形层,表层一定厚度范围内可达到纳米级晶粒尺寸,对金属表面性能有显著的影响。

[0007] 首先,将所需的合金化粉末预置在试件表面,合金化粉末的预置厚度由试件实际材料(低碳钢、高碳钢、合金钢、不锈钢、工具钢、铸铁或铁粉烧结件)及合金化粉末(镍粉、碳化铬、碳化硅、锌粉、碳粉、碳化钨、二氧化锆、铝粉)共同决定,需要考虑合金化粉末的目数、试件材料与合金化粉末之间的金属间化合物或者固溶体的形成以及试件材料表面是否存在氧化膜的情况来适当增减合金化粉末的数量。

[0008] 在预置粉末之前,可将试件表面用400粒度的砂纸反复打磨以得到新鲜的金属表面,用酒精清洗使之洁净,自然晾干。

[0009] 其次,使用超声喷丸设备并选定合适的喷丸操作参数进行喷丸处理,其实质是超声喷丸的表面强化作用及合金粉末的扩散。所述的工艺参数包括喷丸功率、冲击枪的移动

速度、喷丸覆盖率、合金化粉末的预置厚度。

[0010] 喷丸功率用电流值来表征,其取值范围为 1.0-4.0A;冲击枪的移动速度用冲击枪在某一固定位置的停留时间来表征,停留时间在 0.5-4s;喷丸覆盖率用喷丸次数来表征,为 1-5 遍;合金化粉末的预置厚度为 0.5-5mm。

[0011] 第三,用酒精清洗处理后的试件表面,去除表面残留的合金化粉末,再将合金化后的试件置于惰性气体氛围保护下进行退火,其工艺参数(包括真空度、输入气流量、退火温度及退火时间)根据具体试件的金属种类和现有技术手册以及教科书(《金属热处理标准应用手册》,全国热处理标准化技术委员会编,机械工业出版社 2005 年版;《热处理工艺学》,潘健生编,高等教育出版社 2009 年版)的记载进行确定。

[0012] 本发明的技术方案基于超声喷丸技术的金属表面合金化方法,选取参数恰当,可进行 100%金属表面合金化,经过高温退火之后使合金层固溶并有效消除内应力,合金化层与基体之间不产生界面层,进而不出现开裂和剥落等现象,合金化层金相组织致密性好,晶粒细化。合金层深度根据具体材料选用情况及工艺参数而定,表层一定厚度范围内可达到纳米级晶粒尺寸,对金属表面性能有显著的影响。喷丸设备结构紧凑,可手持操作,对金属试件的大小没有限制,实际应用适应性强,也方便结合自动化设备进行自动化操作。金属表面预置的合金化粉末在超声喷丸的作用下,加速了其在金属中的扩散及合金化过程,有效提高了金属表面的强度、硬度、耐蚀性和耐磨性。

#### 附图说明

[0013] 图 1 纯铁表面加镍粉后经 USP 处理后未退火及 600℃退火后表面放大 100 倍 SEM 图(扫描电子显微镜 S4800, Hitachi, Japan)。

[0014] 图 2 纯铁表面加镍粉后经 USP 处理后未退火及 600℃退火后表面放大 1000 倍 SEM 图(扫描电子显微镜 S4800, Hitachi, Japan)。

[0015] 图 3 纯铁表面加镍粉后经 USP 处理后未退火及 600℃退火后截面 SEM 图(扫描电子显微镜 S4800, Hitachi, Japan)。

[0016] 图 4 纯铁表面加镍粉后经 USP 处理后未退火及 600℃退火后表面 XRD 衍射图(日本理学公司生产 D/MAX-2500 型 X 射线衍射仪)。

#### 具体实施方式

[0017] 下面结合具体实施例对本发明作以详细描述。超声喷丸装置为天津天东恒科技发展有限公司生产的超声喷丸机(型号:UPM-125,相关专利为 ZL02100034.4、ZL02100033.6、ZL200610014768.X)

[0018] 实施例 1

[0019] 纯铁基板表面加镍粉经超声喷丸处理后表面合金化方法是按照以下步骤进行的:

[0020] (1) 实验材料选用工业纯铁及 Ni60 粉末,其中纯铁基板含铁量  $Fe \geq 90\%$ ,镍粉颗粒度 300-400 目。纯铁基板尺寸为  $200 \times 200 \times 4\text{mm}$ ,将纯铁基板用 400 粒度的砂纸反复打磨以得到新鲜的金属表面。用酒精清洗纯铁基板表面使之洁净,自然晾干。

[0021] (2) 将镍粉均匀铺洒在纯铁基板表面,镍粉的铺洒厚度为 1-2mm。使用超声喷丸

设备进行喷丸处理。选定喷丸操作参数：喷丸功率用电流值来表征，电流值选定为 1.8A；冲击枪的移动速度用冲击枪在某一固定位置的停留时间来表征，停留时间选定为 2s；喷丸覆盖率用喷丸次数来表征，为 2 遍。

[0022] (3) 用酒精清洗纯铁基板合金化表面，去除表面残留的镍粉。将合金化后的纯铁基板置于真空炉中在 Ar 气氛保护下进行退火，真空度  $1 \times 10^2 \text{pa}$ ，氩气输入速率  $200 \text{cm}^3/\text{min}$ ，退火温度  $600^\circ\text{C}$ ，退火时间  $30 \pm 5 \text{min}$ 。

[0023] 对纯铁基板加镍粉经超声喷丸处理后未退火及  $600^\circ\text{C}$  退火后试样进行分析对比如下：

[0024] 从图 1 可以看出，未退火试样（图 1a）表面凹凸不平， $600^\circ\text{C}$  退火处理后的试样（图 1b）层片状结构较为明显，分析知退火后表面镍斑点状逐渐变成较大的片状结构，使纯铁表面组织致密度得到提升。其中图 2 可以看出，未退火试样（图 2a）表面镍粉大致均匀分布，只存在少数裸点穿插在表面上。 $600^\circ\text{C}$  退火样品（图 2b），由于内应力的释放，镍粉团聚间隙逐渐增大。有少量胞状物产生，经 EDS 及 XRD 分析证实为铁镍金属间化合物。由图 3 可知，未退火状态下有合金层产生，退火后镍粉在纯铁基板表面进一步形成铁镍合金层。图 4a 为未退火试样表面 XRD 图，图 4b 为经过  $600^\circ\text{C}$  退火后表面 XRD 图，通过分析可知合金化及固溶衍射峰出现，证明形成了金属间化合物，经过高温退火之后使合金层固溶并有效消除内应力，合金化层与基体之间不产生界面层，进而不出现开裂和剥落等现象，合金化层金相组织致密性好，晶粒细化，由于镍的加入可提高金属的强度、耐腐蚀性和耐磨性。采用 432SVD 自动转塔数显维氏硬度计参照 GB/T4340 标准进行硬度测量，硬度值达到 162HV1，较未处理前的 111HV1 有了很大的提升。

[0025] 实施例 2 采用低碳钢和碳化钨粉末，颗粒度为 200 目，其他步骤及参数与实施例 1 一致，通过碳化钨在低碳钢表面的合金化作用，使其表面的耐磨性得到了有效的提高，摩擦磨损实验使用型号为 MMW-1 型组态控制万能摩擦磨损试验机进行，载荷为 15N 情况下，加碳化钨粉未经超声喷丸处理较未处理材料摩擦系数提高了近 10 倍；载荷为 35N 情况下，加碳化钨粉未经超声喷丸处理较未处理材料摩擦系数提高了近 2.6 倍。

[0026] 以上对本发明做了示例性的描述，应该说明的是，在不脱离本发明的核心的情况下，任何简单的变形、修改或者其他本领域技术人员能够不花费创造性劳动的等同替换均落入本发明的保护范围。

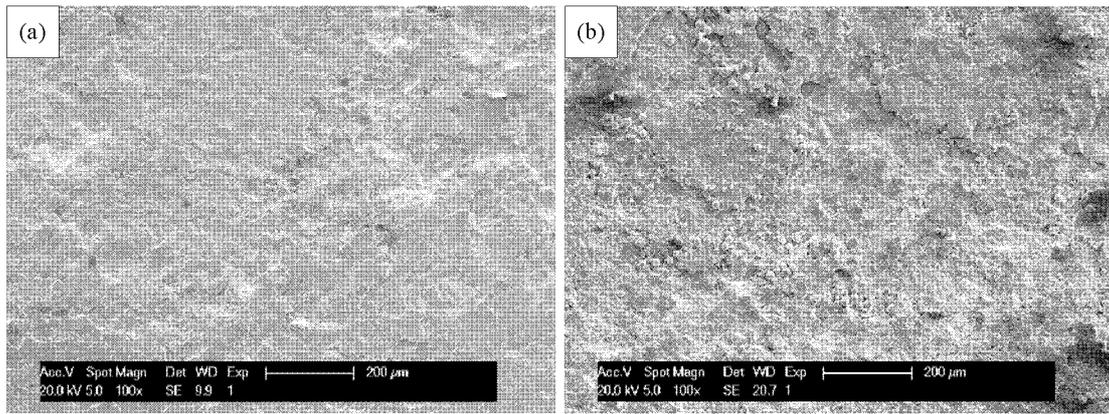


图 1

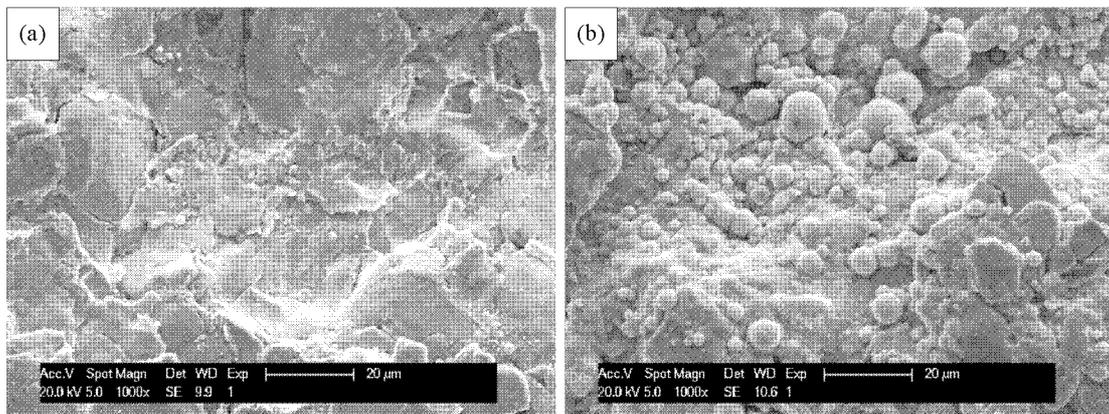


图 2

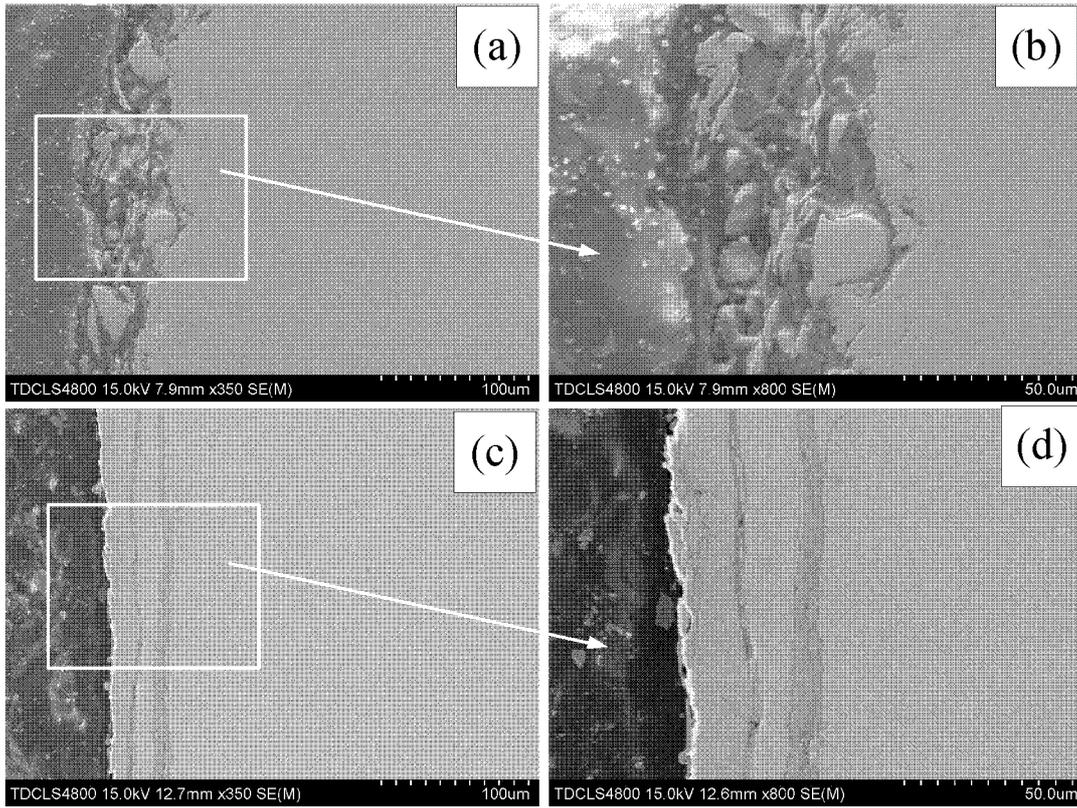
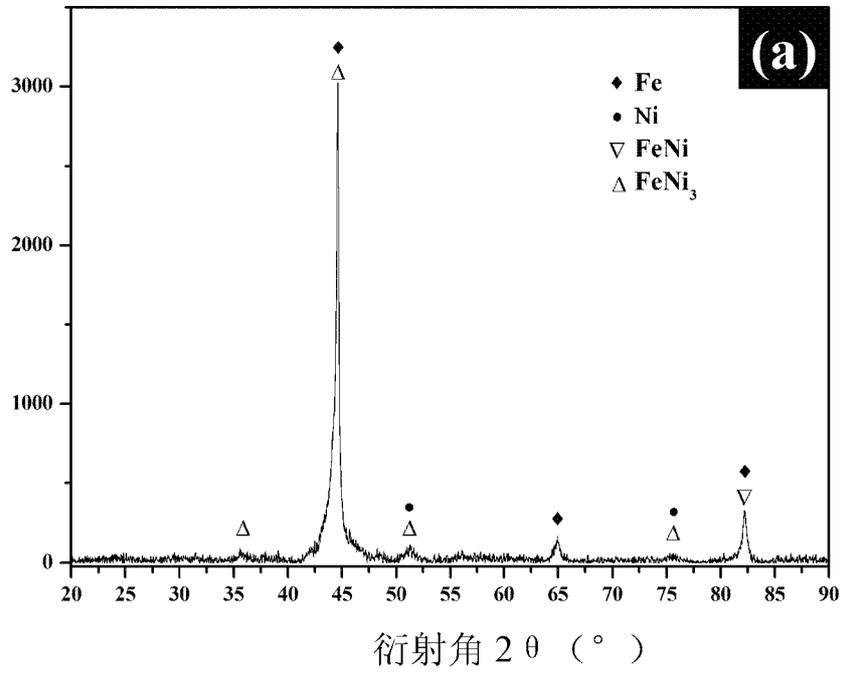


图 3



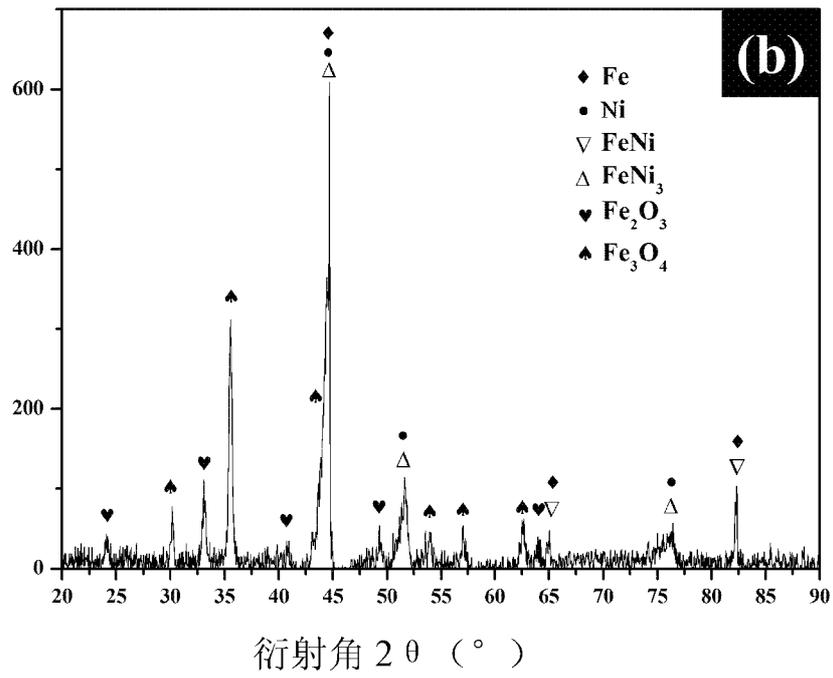


图 4