



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102636303 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 18

(21) 申请号 201210106043. 9

(22) 申请日 2012. 04. 12

(73) 专利权人 中国人民解放军装甲兵工程学院
地址 100072 北京市丰台区杜家坎 21 号

(72) 发明人 董世运 徐滨士 刘彬 潘亮

(74) 专利代理机构 中国和平利用军工技术协会
专利中心 11215

代理人 侯永帅

(51) Int. Cl.

G01L 1/25 (2006. 01)

审查员 韩龙

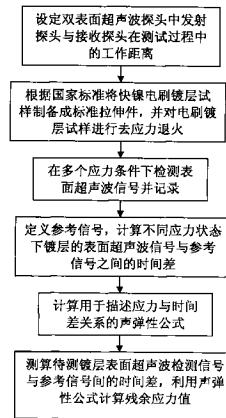
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于表面超声波测定薄镀层残余应力的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于表面超声波测定薄镀层残余应力的方法,包括:设定发射探头与接收探头的工作距离;将待测的薄镀层试样制备成标准拉伸件,并进行去应力退火;固定始波信号的显示时间,在多个应力条件下,对待测薄镀层试样进行测试,记录每个应力条件下的表面波超声信号,直至待测薄镀层出现宏观裂纹;定义参考信号,在多个应力条件下分别计算待测薄镀层的表面超声波信号与参考信号之间的时间差;根据多组应力与时间差之间的对应关系,拟合出用于描述应力与时间差关系的声弹性公式;对与待测的薄镀层试样具有相同厚度、相同类型薄镀层的待测试样测算表面超声波检测信号与参考信号间的时间差,利用声弹性公式计算出该待测试样的残余应力值。



1. 一种基于表面超声波测定薄镀层残余应力的方法,应用于至少包括超声脉冲发射接收仪(1)、数字示波器(3)以及双表面超声波探头(5)的检测装置中,该方法包括:

步骤1)、设定所述双表面超声波探头(5)中的发射探头与接收探头在测试过程中的工作距离;

步骤2)、将待测的薄镀层试样制备成标准拉伸件,并对所述待测的薄镀层试样进行去应力退火;

其特征是:该方法还包括如下步骤:

步骤3)、在步骤2)所得到的所述待测的薄镀层试样的待测薄镀层表面上根据步骤1)的结果安置所述双表面超声波探头(5),接着固定始波信号在所述数字示波器(3)中的显示时间,然后在多个应力条件下,分别采用所述双表面超声波探头(5)对所述待测的薄镀层试样进行测试,记录每个应力条件下的表面波超声信号,直至所述待测薄镀层出现宏观裂纹;

步骤4)、定义参考信号,在所述多个应力条件下分别计算所述待测的薄镀层的表面超声波信号与所述参考信号之间的时间差;

步骤5)、根据步骤4)得到的多组应力与时间差之间的对应关系,拟合出用于描述应力与时间差关系的声弹性公式;

步骤6)、对与所述待测的薄镀层试样具有相同厚度、相同类型薄镀层的待测试样测算表面超声波检测信号与参考信号间的时间差,然后利用步骤5)得到的声弹性公式计算出该待测试样的残余应力值。

2. 根据权利要求1所述的基于表面超声波测定薄镀层残余应力的方法,其特征在于,所述的步骤1)包括:

步骤1-1)、将所述双表面超声波探头(5)中的发射探头与接收探头设置在待测镀层表面,发射探头所发射的超声脉冲波在所述待测镀层中传输后由所述接收探头采集相应的回波信号,提取出回波信号的最大幅值;

步骤1-2)、改变所述发射探头与接收探头之间的相对位置以改变表面超声波在待测镀层中的传播距离,然后重新测量回波信号,提取最大幅值;

步骤1-3)、重复步骤1-2)的操作,得到多组传播距离、回波信号最大幅值的数据;

步骤1-4)、以公式 $A = a \cdot L^b$ 为基础,根据之前步骤计算得到的多组传播距离、回波信号最大幅值的数据拟合出传播距离与回波信号最大幅值的关系式;其中, A 表示回波信号最大幅值, L 表示回波信号的传播距离; a 、 b 为与镀层特性有关的两个参数;

步骤1-5)、根据步骤1-4)得到的传播距离与回波信号最大幅值间的关系式,计算信号幅值降低为最大值50%时对应的传播距离,将这一距离作为所要设定的发射探头和接收探头间的工作距离。

3. 根据权利要求1所述的基于表面超声波测定薄镀层残余应力的方法,其特征在于,在所述的步骤4)中,所述定义参考信号包括:将外界载荷为0N时,所述待测薄镀层的表面超声波信号作为参考信号。

4. 根据权利要求1所述的基于表面超声波测定薄镀层残余应力的方法,其特征在于,所述待测镀层为厚度为0.16mm的快镍电刷镀层,所述声弹性公式为 $t = 1.76 \sigma$,其中 t 为时间差, σ 为应力。

一种基于表面超声波测定薄镀层残余应力的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及测量领域,特别涉及一种基于表面超声波测定薄镀层残余应力的方法。

背景技术

[0002] 目前,我国每年都有大量的废旧钢铁零部件作为废钢铁进行材料级回收,造成资源、能源的浪费以及环境的污染。从资源、环境和社会经济可持续发展的观念出发,对废旧钢铁零部件进行回收和再制造处理,对节能节材、环境保护以及推动社会经济与环境的协调发展具有重大意义。

[0003] 在工件表面制备所需性能的镀层是提高工件性能以及延长服役寿命最为常用的方法,因而,各种制备镀层的技术也就成为废旧钢铁零部件再制造时的常用方法。

[0004] 废旧钢铁零部件在表面镀层后,镀层有效与否关系到经过再制造处理的废旧钢铁零部件能否正常工作。在实际应用中,镀层有可能会过早失效,残余应力就是导致镀层过早失效(如应力腐蚀、断裂等)的重要因素,因而检测镀层残余应力对保证镀层产品的质量就显得非常重要。

[0005] 常规的残余应力检测方法(如盲孔法、射线衍射法)虽然可实现镀层残余应力的检测,但由于它们都具有一定的局限性,如破坏性、辐射等,因此这些检测方法只适合对镀层产品进行抽样检测,无法对所有镀层产品检测残余应力,这为镀层产品的质量和安全带来隐患。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服现有镀层残余应力检测方法只适合对镀层产品进行抽样检测,无法对所有镀层产品检测残余应力的缺陷,从而提供一种对镀层产品做无损检测的方法。

[0007] 为了实现上述目的,本发明提供了一种基于表面超声波测定薄镀层残余应力的方法,应用于至少包括超声脉冲发射接收仪 1、数字示波器 3 以及双表面超声波探头 5 的检测装置中,该方法包括:

[0008] 步骤 1)、设定所述双表面超声波探头 5 中的发射探头与接收探头在测试过程中的工作距离;

[0009] 步骤 2)、将待测的薄镀层试样制备成标准拉伸件,并对所述待测的薄镀层试样进行去应力退火;

[0010] 步骤 3)、在步骤 2) 所得到的所述待测的薄镀层试样的待测薄镀层表面上根据步骤 1) 的结果安置所述双表面超声波探头 5,接着固定始波信号在所述数字示波器 3 中的显示时间,然后在多个应力条件下,分别采用所述双表面超声波探头 5 对所述待测薄镀层试样进行测试,记录每个应力条件下的表面波超声信号,直至所述待测薄镀层出现宏观裂纹;

[0011] 步骤 4)、定义参考信号,在所述多个应力条件下分别计算所述待测薄镀层的表面超声波信号与所述参考信号之间的时间差;

[0012] 步骤 5)、根据步骤 4) 得到的多组应力与时间差之间的对应关系,拟合出用于描述应力与时间差关系的声弹性公式;

[0013] 步骤 6)、对与所述待测的薄镀层试样具有相同厚度、相同类型薄镀层的待测试样测算表面超声波检测信号与参考信号间的时间差,然后利用步骤 5) 得到的声弹性公式计算出该待测试样的残余应力值。

[0014] 上述技术方案中,所述的步骤 1) 包括:

[0015] 步骤 1-1)、将所述双表面超声波探头 5 中的发射探头与接收探头设置在待测镀层表面,发射探头所发射的超声脉冲波在所述待测镀层中传输后由所述接收探头采集相应的回波信号,提取出回波信号的最大幅值;

[0016] 步骤 1-2)、改变所述发射探头与接收探头之间的相对位置以改变表面超声波在待测镀层中的传播距离,然后重新测量回波信号,提取最大幅值;

[0017] 步骤 1-3)、重复步骤 1-2) 的操作,得到多组传播距离、回波信号最大幅值的数据;

[0018] 步骤 1-4)、以公式 $A = a \cdot L^b$ 为基础,根据之前步骤计算得到的多组传播距离、回波信号最大幅值的数据拟合出传播距离与回波信号最大幅值的关系式;其中, A 表示回波信号最大幅值, L 表示回波信号的传播距离; a、b 为与镀层特性有关的两个参数;

[0019] 步骤 1-5)、根据步骤 1-4) 得到的传播距离与回波信号最大幅值间的关系式,计算信号幅值降低为最大值 50% 时对应的传播距离,将这一距离作为所要设定的发射探头和接收探头间的工作距离。

[0020] 上述技术方案中,在所述的步骤 4) 中,所述定义参考信号包括:将外界载荷为 0N 时,所述待测薄镀层的表面超声波信号作为参考信号。

[0021] 上述技术方案中,所述待测镀层为厚度为 0.16mm 的快镍电刷镀层,所述声弹性公式为 $t = 1.76 \sigma$, 其中 t 为时间差, σ 为应力。

[0022] 本发明的优点在于:

[0023] 1、本发明能够对镀层产品做无损检测,使得对所有镀层产品做残余应力检测成为可能,避免抽样检测带来的质量安全隐患,提高镀层残余应力评价结果的准确性。

[0024] 2、本发明检测速度快。

[0025] 说明书附图

[0026] 图 1 为本发明所要用的残余应力检测装置的结构示意图;

[0027] 图 2 为本发明的基于表面超声波测定薄镀层残余应力的方法的流程图;

[0028] 图 3 为在一个实施例中检测到的快镍电刷镀层中表面超声波回波信号的示意图。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做详细说明。

[0030] 镀层失效的重要原因在于表层应力引起的镀层开裂、脱层等,因而,通过检测镀层残余应力就可以对镀层的损伤程度进行评价。本发明中采用表面超声波测定应力,它是在声弹效应理论基础上对介质表层应力进行测量的方法,即通过测量声速来实现介质表层应力的评价。鉴于精确测量表面超声波在镀层中传播速度的难度较大,因而,本发明转向计算

表面超声波在镀层中通过相同距离所用的时间差,即建立不同应力状态时表面超声波通过相同传播距离所用的时间差与应力之间的关系,从而对镀层中的残余应力进行检测。

[0031] 为了便于理解,在对镀层残余应力进行检测前,首先对实施例中所采用的残余应力检测装置进行说明。

[0032] 如图 1 所示,所述的残余应力检测装置包括超声脉冲发射接收仪 1、采样系统 2、数字示波器 3、分析系统 4 以及双表面超声波探头 5;其中,所述的超声脉冲发射接收仪 1 所发射的超声脉冲波通过所述双表面超声波探头 5 中的一个探头传递到镀层中,超声脉冲波经镀层传播后由所述双表面超声波探头 5 的另一个探头接收,并返回给所述的超声脉冲发射接收仪 1;所述的采样系统 2 对超声脉冲发射接收仪 1 所接收到的超声脉冲进行采样,并将采样后的数据经由数字示波器 3 进行离散处理,最终由分析系统 4 根据本发明的方法计算镀层的残余应力。

[0033] 下面结合上述的残余应力检测装置,参考图 2,对镀层中残余应力的检测过程进行说明。

[0034] 在本发明的一个实施例中,采用电刷镀技术在一厚度为 3.0mm 的 45 钢表面制备出厚度为 0.16mm 的快镍电刷镀层。在下文中将对这一镀层中残余应力进行检测。

[0035] 步骤 1、设定双表面超声波探头中发射探头与接收探头在测试过程中的工作距离。

[0036] 在本步骤中,要设定发射探头与接收探头之间的距离,可通过以下方式实现:

[0037] 步骤 1-1、将发射探头与接收探头设置在待测的快镍电刷镀层表面,发射探头所发射的超声脉冲波在该镀层中传输后由所述接收探头采集相应的回波信号,提取出回波信号的最大幅值;

[0038] 步骤 1-2、改变所述发射探头与接收探头之间的相对位置以改变表面超声波在快镍电刷镀层中的传播距离,然后重新测量回波信号,提取最大幅值;

[0039] 步骤 1-3、重复步骤 1-2 的操作,得到多组传播距离、回波信号最大幅值的数据;

[0040] 步骤 1-4、以公式 $A = a \cdot L^b$ 为基础,根据之前步骤计算得到的多组传播距离、回波信号最大幅值的数据拟合出传播距离与回波信号最大幅值的关系;

[0041] $A = 256 \cdot L^{-0.6}$ (1)

[0042] 上述公式中,A 表示回波信号最大幅值,L 表示回波信号的传播距离;a、b 为与镀层特性有关的两个参数;

[0043] 需要说明的是,上述公式 (1) 中计算得到的参数 a、b 的大小与镀层的厚度、镀层的类型有密切的联系,若镀层厚度或镀层类型发生改变,则上述公式 (1) 的对应关系将很有可能不再适用。

[0044] 步骤 1-5、根据步骤 1-4 得到的传播距离与回波信号最大幅值间的关系式,计算信号幅值降低为最大值 50% 时对应的传播距离,将这一距离作为所要设定的发射探头和接收探头间距离。

[0045] 步骤 2、根据国家标准将快镍电刷镀层试样制备成标准拉伸件,并对电刷镀层试样进行去应力退火。

[0046] 本步骤的实现为本领域技术人员所公知,在此不再重复说明。

[0047] 步骤 3、在步骤 2 所得到的所述待测的快镍电刷镀层试样的镀层表面上根据步骤 1 的结果安置双表面超声波探头 5 的发射探头与接收探头,接着固定始波信号在数字示波器

3 中的显示时间,采用双表面超声波探头对外界载荷为零时的快镍电刷镀层试样进行检测,记录检测信号,而后增加应力,检测并记录每个应力下快镍电刷镀层的表面超声波信号,直至镀层出现宏观裂纹。

[0048] 在本实施例中,当增加应力时,每次可增加 500N 大小的应力,在其他实施例中,则不限于此。在图 3 中示出了在不同应力条件下检测得到的表面超声波信号。在本步骤中,在检测期间可采用渗透法对快镍电刷镀层表层进行观察。

[0049] 步骤 4、定义参考信号,计算不同应力状态下快镍电刷镀层的表面超声波信号与上述参考信号之间的时间差。

[0050] 由于始波信号在示波器中的时间固定不变,因此接收信号在时间位置上的差别说明了不同应力时表面超声波的传播速度,在如图 2 所示的图中,信号越靠左,表明传播速度越大。在本实施例中,可定义外界载荷为 0N 时,快镍电刷镀层表面超声波信号为参考信号,然后采用互相关函数法计算不同应力状态时快镍电刷镀层中表面超声波信号与参考信号间的时间差,将这一时间差作为评价声速的参数。

[0051] 步骤 5、在表面超声波声弹效应理论基础上,根据多组应力与时间差之间的对应关系,采用线性函数对快镍电刷镀层应力与时间差结果进行拟合,得到厚度为 0.16mm 的快镍电刷镀层的名义声弹性常数 $K = 1.76$ 和声弹性公式,从而完成厚度为 0.16mm 的快镍电刷镀层应力的标定。

[0052] 其中,所述声弹性公式如公式 (2) 所示:

$$[0053] \quad t = 1.76 \sigma \quad (2)$$

[0054] t 为时间差, σ 为应力。

[0055] 在本实施例中,所得到的名义声弹性常数 $K = 1.76$ 为厚度为 0.16mm 的快镍电刷镀层的名义声弹性系数,一旦待测镀层的厚度发生变化(如厚度变为 0.20mm)或者待测镀层的种类发生变化(如待测镀层为锌铁合金镀层),则名义声弹性常数 K 的大小将很有可能发生变化,其大小不再是所述的 1.76。

[0056] 步骤 6、标定完成后,为具有相同种类与厚度的快镍电刷镀层测量残余应力值时,先测算表面超声波检测信号与参考信号间的时间差,然后利用步骤 5 得到的声弹性公式计算出快镍电刷镀层的残余应力值。

[0057] 步骤 5 计算得到的声弹性公式仅适用于本实施例中所提到的厚度为 0.16mm 的快镍电刷镀层,一旦镀层的种类与厚度发生变化,则需参照之前的步骤 1- 步骤 5,重新计算声弹性公式,然后利用所述声弹性公式测量残余应力值。

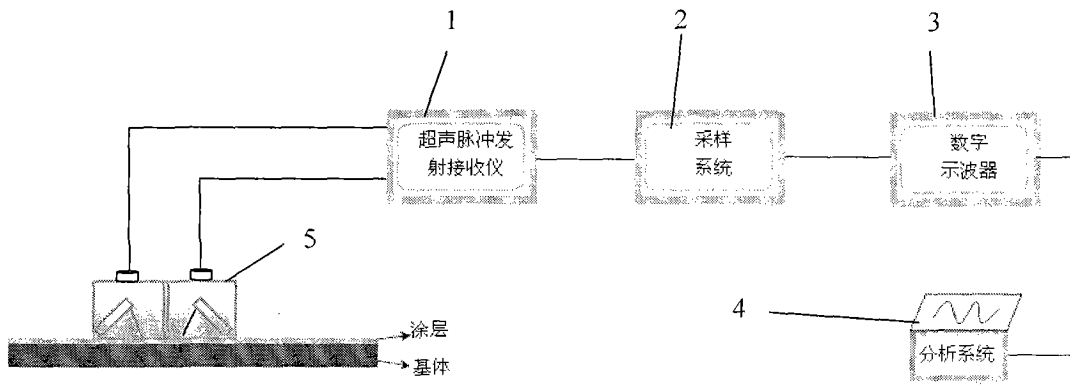


图 1

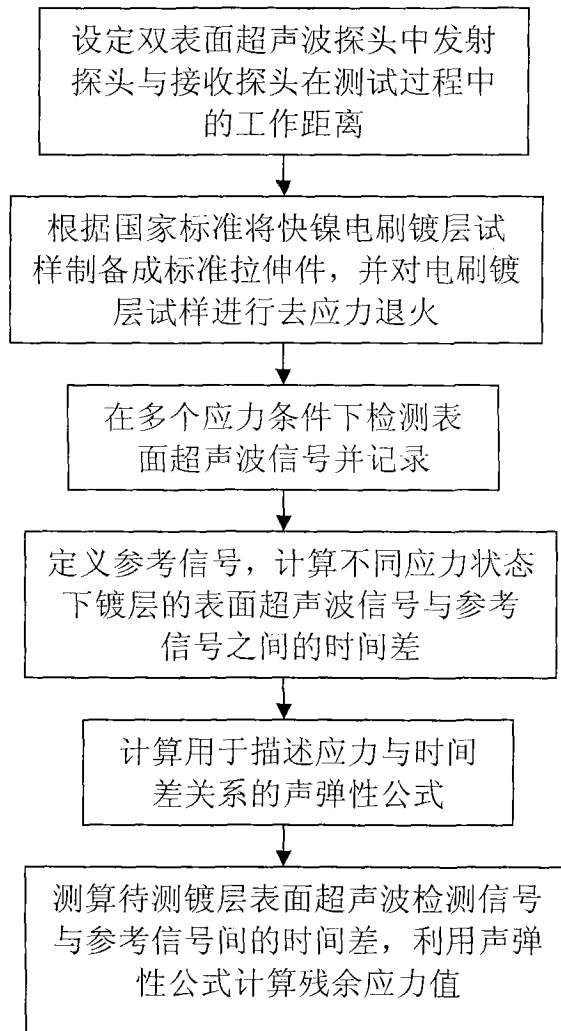


图 2

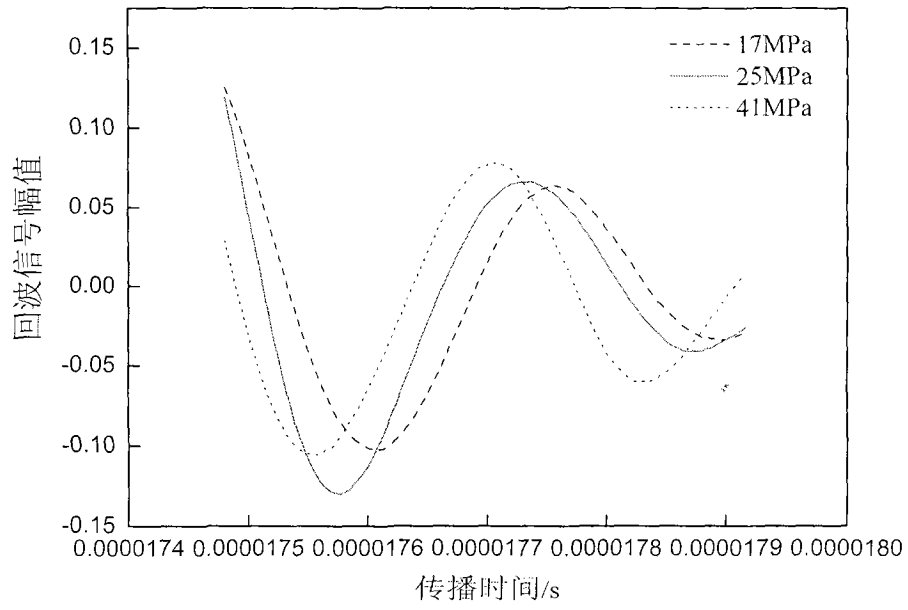


图 3