

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103175889 A

(43) 申请公布日 2013.06.26

(21) 申请号 201310089015.5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013.03.20

G01N 27/72(2006.01)

(66) 本国优先权数据

201210408090.9 2012.10.24 CN

(71) 申请人 中华人民共和国上海出入境检验检疫局

地址 200135 上海市浦东新区民生路 1208 号

申请人 上海大学

(72) 发明人 吴益文 汪宏斌 徐凌云 华沂

(74) 专利代理机构 上海上大专利事务所(普通合伙) 31205

代理人 何文欣

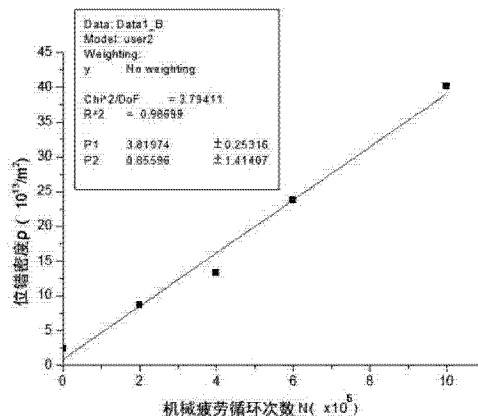
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

利用磁性能检测预估再制造坯件剩余寿命的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种利用磁性能检测预估再制造坯件剩余寿命的方法,步骤如下:①根据再制造坯件钢铁材料的类别,选择待用材料,加载应力,进行多次机械疲劳试验,制备出再制造坯件材料参考样品;②建立再制造坯件机械疲劳次数对磁性能及显微组织的影响关系;③运用金属磁记忆检测方法,进一步建立再制造坯件材料磁性能参数与磁记忆信号的关系,建立磁性能参数与疲劳次数的关系作为寿命预估的基本数据依据;④最后针对所选再制造坯件钢铁材料,通过对实际再制造坯件的磁性能的检测,经过测量再制造坯件钢铁材料的磁性能,反推再制造坯件钢铁材料使用时间,从而预估实际再制造坯件的使用寿命。本发明测试分析坯件剩余寿命的方法简便,精度高,效率高。



1. 一种利用磁性能检测预估再制造坯件剩余寿命的方法，其特征在于，包括以下步骤：

① 再制造坯件材料的参考样品制备：根据再制造坯件钢铁材料的类别，选择具有其典型成分及组织状态的待用材料，采用疲劳试验机向待用材料加载应力，进行 1000 次、1 万次、10 万次、20 万次、40 万次、80 万次和 100 万次的机械疲劳试验，制备出再制造坯件材料参考样品；

② 建立再制造坯件机械疲劳次数(N)对磁性能及显微组织的影响关系：采用磁性能测量设备精密测量在步骤①中经过不同次数机械疲劳试验后的再制造坯件材料的参考样品的金属磁性能参数，建立包括最大磁感应强度(Bmax)、剩余磁感应强度(Br)、矫顽力(Hc)至少 3 个三个金属磁性能参数与机械疲劳次数(N)之间的数学方程式，采用透射电镜观察再制造坯件材料的原始态和经过在步骤①中不同次数机械疲劳试验后的再制造坯件材料的参考样品内部的位错、内部应力、内部微裂纹和化合物形貌的微观组织变化中的任意方法，分析疲劳初期以及随着疲劳循环次数的增加，再制造坯件材料内部微观组织的演变特征，并用割线法来测量再制造坯件材料的位错密度(ρ)，建立再制造坯件材料的位错密度与机械疲劳次数之间的数学方程式，对步骤①中建立的金属磁性能参数与机械疲劳次数(N)之间的数学方程式加以佐证；

③ 运用金属磁记忆检测方法，进一步建立在步骤①中经过不同次数机械疲劳试验后的再制造坯件材料的参考样品的最大磁感应强度、剩余磁感应强度和矫顽力三个金属磁性能参数与磁记忆信号的关系，建立该再制造坯件材料的参考样品的磁性能参数与疲劳次数的关系作为寿命预估的基本数据依据。

④ 最后针对在步骤①中所选再制造坯件钢铁材料，通过对实际再制造坯件的磁性能的检测，结合在步骤②中和在步骤③中测定的再制造坯件材料的参考样品的磁性能参量与寿命的关系，即经过测量再制造坯件钢铁材料的磁性能，即反推再制造坯件钢铁材料使用时间，从而预估实际再制造坯件的使用寿命。

2. 根据权利要求 1 所述的利用磁性能检测预估再制造坯件剩余寿命的方法，其特征在于：在上述步骤②中，采用割线法来测量试样的位错密度具体过程如下：

a. 构建网格：用软件在透射电镜照片上自动画出由纵线和横线组成的网格线，并利用每张图上的标尺测出纵线和横线的长度，再找出每根网格线所与位错的相交的节点数；

b. 位错密度的计算公式为：
$$\rho = \frac{1}{t} \left(\frac{\sum n_v}{\sum L_v} + \frac{\sum n_h}{\sum L_h} \right)$$
，其中 ρ 为在步骤②中得到的位错密度，单位为 $/m^2$ ； n_v 为位错与纵线相交的节点数； n_h 为位错与横线相交的节点数； L_v 为纵线的长度； L_h 为横线的长度； t 为透镜薄膜的厚度。

利用磁性能检测预估再制造坯件剩余寿命的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种材料检测分析方法,特别是一种材料使用寿命的检测分析方法,适用于再制造坯件剩余寿命预估的技术领域。

背景技术

[0002] 再制造是以报废设备或其零部件的循环使用和反复利用为目的,将报废产品作为坯料,采用先进成形技术进行再次制造,包括高新表面工程技术、数控化改造技术、快速成形技术及其他加工技术,使得原来可能只能报废的设备或其零部件重新恢复尺寸、形状和性能,而形成一系列产品的一种全新的生产过程。再制造工程是循环经济的重要组成部分,也是再生资源利用的高级形式。目前再制造产品的范围已涵盖汽车零部件、机床、工程机械、铁路装备等多个领域。

[0003] 通过再制造技术能够充分挖掘蕴涵在废旧成形零部件中的材料、能源和加工附加值,而经过再制造的产品性能可以达到或超过新品,而成本是新品的 50%、节能 60%、节材 70%,因此再制造技术具有巨大的经济价值。目前,全球环境污染的 70%以上排放物来自制造业,每年都会产生数十亿吨废旧机械产品,而通过再制造技术可以最大限度地利用废旧产品中的零部件,尽可能地减少废旧产品对环境的危害,因此再制造是解决资源、环境和材料再利用的最佳方法和途径,是符合可持续发展战略的一项绿色系统工程。

[0004] 再制造坯件在经过前一次使用周期之后从外观上看往往还是完好的,没有明显的损伤或严重缺陷,但是这些旧零部件在原先的使用过程中,总是会受到循环载荷、温度的循环冷热变化、大气、环境等诸多因素的影响,使得材料的使用状态发生变化,内部会出现位错密度增加、应力集中和微裂纹等损伤。

[0005] 目前对材料疲劳过程的研究大多是针对疲劳微观裂纹而展开的,即较多地去研究在疲劳裂纹萌生之后,循环次数与裂纹扩展速率之间的规律。但是在实际使用过程中,等到零件内部产生了微裂纹,一般已经到了该零件整个使用寿命的中后期。而目前在零件裂纹产生前的使用过程中,有关材料内部微观组织变化的研究并不多,特别是对结构钢材料早期疲劳的研究就更少。而在再制造坯料的检验过程中,若发现坯料中有较多的裂纹一般会将其舍弃,而不会将它再次进行循环使用。

发明内容

[0006] 为了解决现有技术问题,本发明的目的在于克服已有技术存在的缺陷,提供一种利用磁性能检测预估再制造坯件剩余寿命的方法,通过磁性能参数对于再制造坯件材料使用过程中的缺陷与损伤是敏感性的测试分析,用磁性能参数将再制造坯件材料的使用状态的变化情况表征出来。针对材料疲劳初期,建立了再制造坯件的磁性能和所经过的机械疲劳次数的关系,经过测量材料的磁性能,即反推其使用时间,达到预估再制造坯件的使用寿命的目的,为再制造坯料的检验鉴别做好基础性测试分析工作。

[0007] 为达到上述发明目的,本发明采用下述技术方案:

一种利用磁性能检测预估再制造坯件剩余寿命的方法，包括以下步骤：

① 再制造坯件材料的参考样品制备：根据再制造坯件钢铁材料的类别，选择具有其典型成分及组织状态的待用材料，采用疲劳试验机向待用材料加载应力，进行 1000 次、1 万次、10 万次、20 万次、40 万次、80 万次和 100 万次的机械疲劳试验，制备出再制造坯件材料参考样品；

② 建立再制造坯件机械疲劳次数(N)对磁性能及显微组织的影响关系：采用磁性能测量设备精密测量在步骤①中经过不同次数机械疲劳试验后的再制造坯件材料的参考样品的金属磁性能参数，建立包括最大磁感应强度(B_{max})、剩余磁感应强度(B_r)、矫顽力(H_c)至少 3 个三个金属磁性能参数与机械疲劳次数(N)之间的数学方程式，采用透射电镜观察再制造坯件材料的原始态和经过在步骤①中不同次数机械疲劳试验后的再制造坯件材料的参考样品内部的位错、内部应力、内部微裂纹和化合物形貌的微观组织变化中的任意方法，分析疲劳初期以及随着疲劳循环次数的增加，再制造坯件材料内部微观组织的演变特征，并用割线法来测量再制造坯件材料的位错密度(ρ)，建立再制造坯件材料的位错密度与机械疲劳次数之间的数学方程式，对步骤①中建立的金属磁性能参数与机械疲劳次数(N)之间的数学方程式加以佐证；在上述步骤②中，采用割线法来测量试样的位错密度具体过程如下：

a. 构建网格：用软件在透射电镜照片上自动画出由纵线和横线组成的网格线，并利用每张图上的标尺测出纵线和横线的长度，再找出每根网格线所与位错的相交的节点数；

b. 位错密度的计算公式为：
$$\rho = \frac{1}{t} \left(\frac{\sum n_v}{\sum L_v} + \frac{\sum n_h}{\sum L_h} \right)$$
，其中 ρ 为在步骤②中得到的位错密度，单位为 /m²；n_v 为位错与纵线相交的节点数；n_h 为位错与横线相交的节点数；L_v 为纵线的长度；L_h 为横线的长度；t 为透镜薄膜的厚度。

[0008] ③ 运用金属磁记忆检测方法，进一步建立在步骤①中经过不同次数机械疲劳试验后的再制造坯件材料的参考样品的最大磁感应强度、剩余磁感应强度和矫顽力三个金属磁性能参数与磁记忆信号的关系，建立该再制造坯件材料的参考样品的磁性能参数与疲劳次数的关系作为寿命预估的基本数据依据；

④ 最后针对在步骤①中所选再制造坯件钢铁材料，通过对实际再制造坯件的磁性能的检测，结合在步骤②中和在步骤③中测定的再制造坯件材料的参考样品的磁性能参量与寿命的关系，即经过测量再制造坯件钢铁材料的磁性能，即反推再制造坯件钢铁材料使用时间，从而预估实际再制造坯件的使用寿命。

[0009] 本发明与现有技术相比较，具有如下显而易见的突出实质性特点和显著优点：

1. 本发明方法建立了再制造坯件的磁性能和所经过的机械疲劳次数的关系，经过测量材料的磁性能，即反推其使用时间及剩余寿命，测试分析方法简便，效率高；

2. 目前对材料疲劳过程的研究大多是研究疲劳裂纹萌生之后，本发明是针对材料疲劳初期的，可以为再制造坯料的检验鉴别做好基础性测试分析工作；

3. 本发明建立了再制造坯件材料的位错密度与机械疲劳之间的数学方程式，可以与测量再制造坯件的磁性能一起估算再制造坯件的剩余寿命，相互印证，提高再制造坯件剩余寿命预估的准确性。

附图说明

[0010] 图 1 是本发明以汽车连杆 40Cr 钢作为再制造坯料时的磁性能因子和机械疲劳次数的关系曲线图。

[0011] 图 2 是本发明以汽车连杆 40Cr 钢作为再制造坯料时的机械疲劳次数与材料内部位错密度的关系曲线图。

具体实施方式

[0012] 对本发明的优选实施例详述如下：

以汽车连杆常用材料 40Cr 钢为本实施例的测试分析对象，作为再制造坯件材料进行相应的测试分析，汽车连杆 40Cr 钢的剩余寿命的预估包括如下步骤：

① 汽车连杆 40Cr 钢的参考样品制备：根据再制造坯件钢铁材料的类别，选择具有其典型成分及组织状态的待用材料，采用疲劳试验机向待用材料加载应力，进行 1000 次、1 万次、10 万次、20 万次、40 万次、80 万次和 100 万次的机械疲劳试验，制备出汽车连杆 40Cr 钢参考样品；本实施例中所用的疲劳试验机为 Instron 8801 液压伺服疲劳试验机，最大载荷为 1000KN，试验机级别为 0.5 级，试验力测量范围为最大负荷 0.4%-100%，最高频率为 50Hz；本实施例中所用的磁性能测量设备为 NIM-2000S 软磁材料直流磁性能精密测量装置，试验机施加的最大外磁场强度共有四档：10、25、50、100A/cm；

② 建立再制造坯件机械疲劳次数(N)对磁性能及显微组织的影响关系：采用磁性能测量设备精密测量在步骤①中经过不同次数机械疲劳试验后的汽车连杆 40Cr 钢的参考样品的金属磁性能参数，建立包括最大磁感应强度(Bmax)、剩余磁感应强度(Br)、矫顽力(Hc)至少 3 个三个金属磁性能参数与机械疲劳次数(N)之间的数学方程式，图 1 是以汽车连杆 40Cr 钢作为再制造坯料时的最大磁感应强度(Bmax)、剩余磁感应强度(Br)、矫顽力(Hc)至少 3 个三个金属磁性能参数的对数值乘积和机械疲劳次数的关系曲线图，于影响材料磁性能参数检测的因素有很多，所以必须对测量磁性能参数的条件进行优化，选出最适合表征材料使用状态的测试条件和磁性能参数；在本实施例中，通过机械疲劳次数与磁性能检测结果数据的拟合，发现最大磁感应强度(Bmax)和剩余磁感应强度(Br)两个磁性能参数即可有效反映 40Cr 钢的疲劳状态，并且在 25A/cm 的检测磁场强度下，用最大磁感应强度和剩余磁感应强度表征汽车连杆 40Cr 钢材料的机械疲劳状态效果最佳；找出了机械疲劳对磁性能影响的规律；通过对再制造坯件的磁性能的检测，达到预估汽车连杆 40Cr 钢材料的使用寿命的目的；

本实施例中所用的透射电镜型号为 FEI TECNAI G2 S-TWIN 场发射透射电子显微镜，采用透射电镜观察汽车连杆 40Cr 钢的原始态和经过在步骤①中不同次数机械疲劳试验后的汽车连杆 40Cr 钢的参考样品内部的位错、内部应力、内部微裂纹和化合物形貌的微观组织变化中的任意方法，分析疲劳初期以及随着疲劳循环次数的增加，汽车连杆 40Cr 钢内部微观组织的演变特征，并用割线法来测量汽车连杆 40Cr 钢的位错密度(ρ)，建立汽车连杆 40Cr 钢的位错密度与机械疲劳次数之间的数学方程式，对步骤①中建立的金属磁性能参数与机械疲劳次数(N)之间的数学方程式加以佐证；在上述步骤②中，采用割线法来测量试样的位错密度具体过程如下：

a. 构建网格：用软件在透射电镜照片上自动画出由 5 条纵线和 5 条横线组成的网格线，

并利用每张图上的标尺测出纵线和横线的长度,再找出每根网格线所与位错的相交的节点数;

b. 位错密度的计算公式为: $\rho = \frac{1}{t} \left(\frac{\sum n_v}{\sum L_v} + \frac{\sum n_h}{\sum L_h} \right)$, 其中 ρ 为在步骤②中得到的位错密度,单位为 /m²; n_v 为位错与纵线相交的节点数; n_h 为位错与横线相交的节点数; L_v 为纵线的长度; L_h 为横线的长度; t 为透镜薄膜的厚度;

在本实施例中,图 2 是 40Cr 钢机械疲劳次数与材料内部位错密度的关系曲线,通过机械疲劳次数与汽车连杆 40Cr 钢材料的位错密度检测结果数据的拟合,找到了汽车连杆 40Cr 钢材料机械疲劳次数与显微组织之间的对应关系,建立了位错密度与机械疲劳之间的关系的函数关系曲线: $\rho = 3.8197 \times 10^8 N + 0.8560 \times 10^8$; 拟合的相关度系数 $R^2 = 0.98699$; 得出汽车连杆材料的机械疲劳次数与汽车连杆材料的显微组织之间的对应关系,也通过反推汽车连杆材料使用时间,再次预估汽车连杆材料的使用寿命;

③ 运用金属磁记忆检测方法,进一步建立在步骤①中经过不同次数机械疲劳试验后的汽车连杆 40Cr 钢的参考样品的最大磁感应强度、剩余磁感应强度和矫顽力三个金属磁性能参数与磁记忆信号的关系,建立该汽车连杆 40Cr 钢的参考样品的磁性能参数与疲劳次数的关系作为寿命预估的基本数据依据。

[0013] ④ 最后针对在步骤①中所选再制造坯件钢铁材料,通过对实际再制造坯件的磁性能的检测,结合在步骤②中和在步骤③中测定的汽车连杆 40Cr 钢的参考样品的磁性能参量与寿命的关系,即经过测量再制造坯件钢铁材料的磁性能,即反推再制造坯件钢铁材料使用时间,从而预估实际再制造坯件的使用寿命。

[0014] 上面对本发明实施例进行了说明,但本发明不限于上述实施例,还可以根据本发明的发明创造的目的做出多种变化,凡依据本发明技术方案的精神实质和原理下做的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,只要符合本发明的发明目的,只要不背离本发明利用磁性能检测预估再制造坯件剩余寿命的方法的技术原理和发明构思,都属于本发明的保护范围。

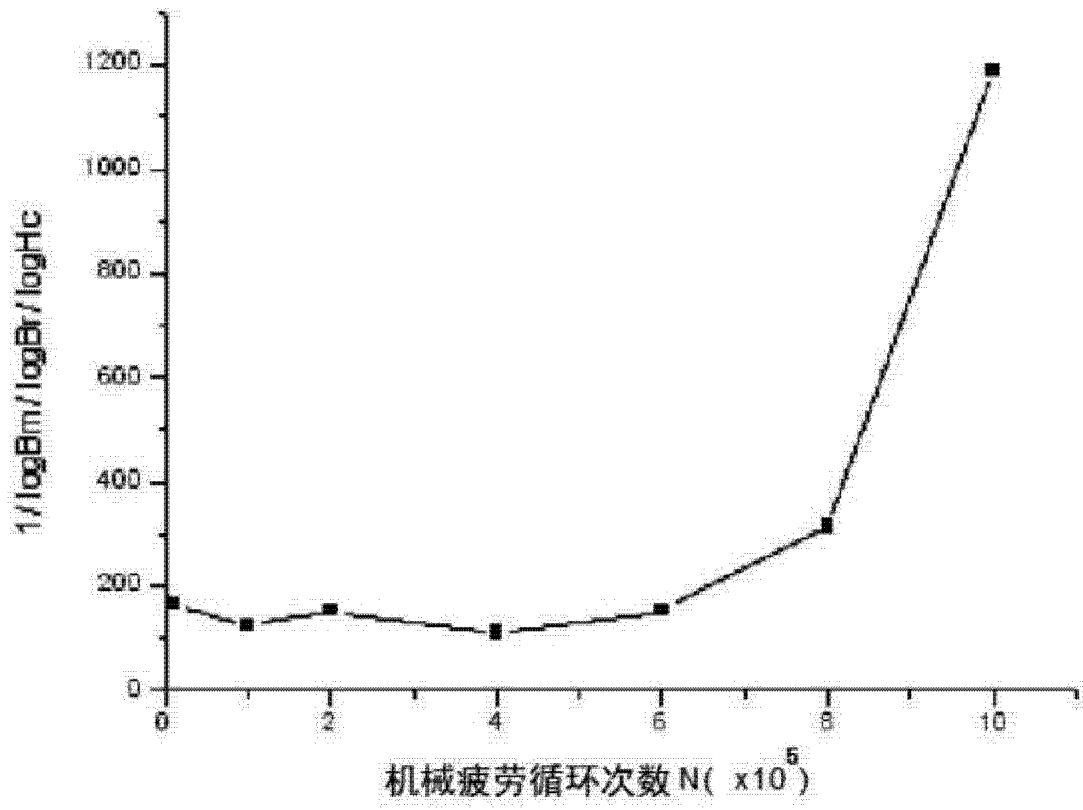


图 1

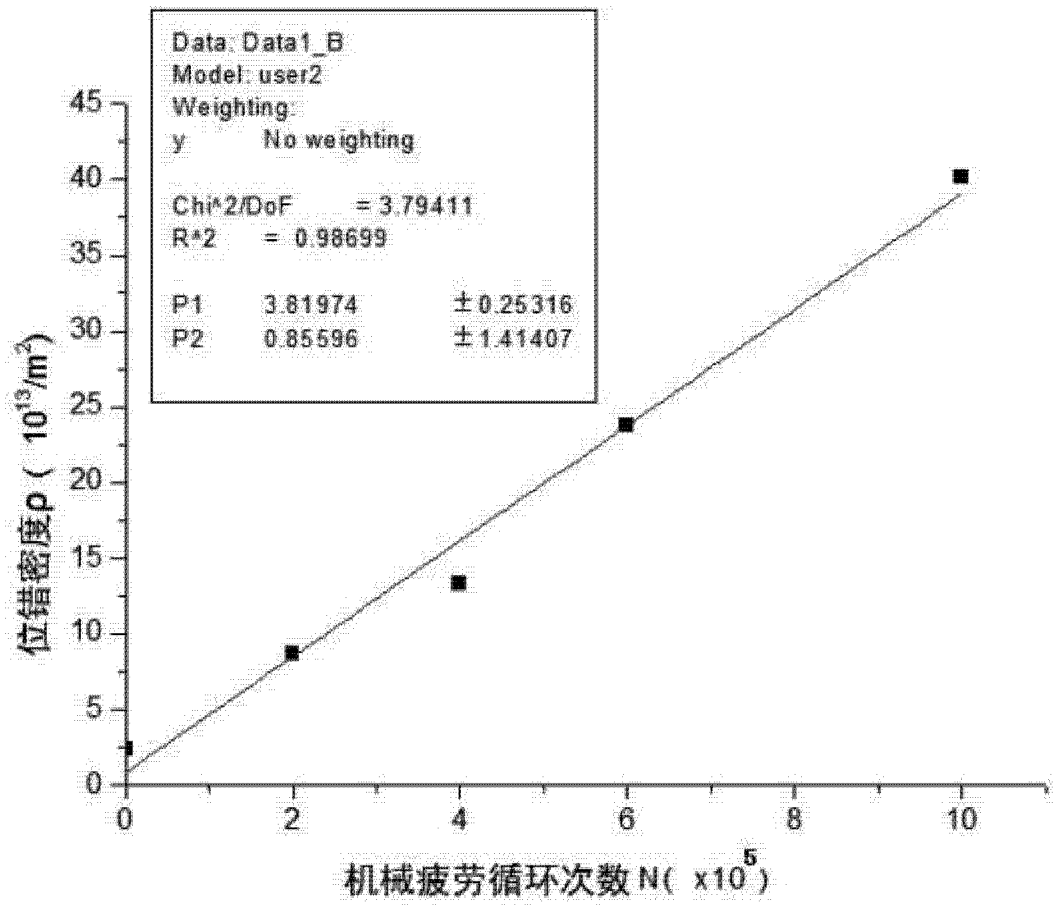


图 2