



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108627385 B

(45)授权公告日 2020.09.22

(21)申请号 201810458038.1

CN 1533500 A,2004.09.29

(22)申请日 2018.05.14

CN 103091185 A,2013.05.08

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 102455263 A,2012.05.16

申请公布号 CN 108627385 A

CN 102374953 A,2012.03.14

(43)申请公布日 2018.10.09

CN 105426595 A,2016.03.23

(73)专利权人 中车青岛四方机车车辆股份有限公司

CN 102628775 A,2012.08.08

JP 2004283047 A,2004.10.14

JP S6420258 A,1989.01.24

地址 266111 山东省青岛市城阳区锦宏东路88号

伍声宝等.球压痕法评价材料拉伸性能的有限元分析.《压力容器》.2012,第29卷(第9期),

(72)发明人 韩晓辉 齐先胜 毛镇东 刘峻亦

金桩等.微载荷连续球压痕法评价金属材料的屈服强度和应变硬化指数.《机械工程材料》

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

.2018,第41卷(第1期),

代理人 王莹 吴欢燕

R. Cao et al..Effects of microcrack-damage on fracture behavior of TiAl alloy part I displacement-controlled tensile test.《Materials Science and Engineering》

(51)Int.Cl.

G01N 3/00(2006.01)

.2008,第474卷

(56)对比文件

CN 107860671 A,2018.03.30

审查员 詹雪

权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

金属材料表面力学性能的测量方法及系统

(57)摘要

本发明实施例提供金属材料表面力学性能的测量方法及系统。其中,方法包括:获取被测金属材料表面各测量点的表观应力;将所述各测量点的表观应力分别输入至预先构建的模型,根据所述预先构建的模型的输出结果,获得被测金属材料表面的屈服强度;其中,所述预先构建的模型,用于表示测量点的表观应力和屈服强度的对应关系。本发明实施例提供的金属材料表面力学性能的测量方法及系统,能准确地测出金属材料表面及近表面的力学性能。



1. 一种金属材料表面力学性能的测量方法,其特征在于,包括:

获取被测金属材料表面各测量点的表观应力;

将所述各测量点的表观应力分别输入至预先构建的模型,根据所述预先构建的模型的输出结果,获得被测金属材料表面的屈服强度;

其中,所述预先构建的模型,用于表示测量点的表观应力和屈服强度的对应关系,其中所述预先构建的模型为:

$$\sigma_y = 0.0002693\sigma_r^2 + 0.6567\sigma_r - 66.02$$

其中, σ_y 表示测量点的屈服强度, σ_r 表示测量点的表观应力。

2. 根据权利要求1所述的金属材料表面力学性能的测量方法,其特征在于,所述获取被测金属材料表面各测量点的表观应力具体包括:

对于被测金属材料表面的每一测量点,采用球压法获得该测量点的载荷-位移曲线;

根据该测量点的载荷-位移曲线,获取该测量点的表观应力;

其中,所述球压法使用的球形压头为硬质合金制成的球形压头;所述球形压头的半径为0.25毫米。

3. 根据权利要求1或2所述的金属材料表面力学性能的测量方法,其特征在于,将所述各测量点的表观应力分别输入至预先构建的模型,根据所述预先构建的模型的输出结果获得被测金属材料表面的屈服强度的具体步骤包括:

当测量点的个数为一个时,将该测量点的表观应力输入至预先构建的模型,将所述预先构建的模型输出的该测量点屈服强度,作为被测金属材料表面的屈服强度。

4. 根据权利要求1所述的金属材料表面力学性能的测量方法,其特征在于,所述获得被测金属材料表面的屈服强度之后还包括:

根据被测金属材料表面的屈服强度,获取被测金属材料表面的除屈服强度之外的力学性能;

其中,所述除屈服强度之外的力学性能包括抗拉强度、延伸率、弹性模量和应变硬化指数中的至少一种。

5. 根据权利要求1或2所述的金属材料表面力学性能的测量方法,其特征在于,将所述各测量点的表观应力分别输入至预先构建的模型,根据所述预先构建的模型的输出结果获得被测金属材料表面的屈服强度的具体步骤包括:

当测量点的个数为多个时,将每一测量点的表观应力分别输入至预先构建的模型,获得所述预先构建的模型输出的该测量点的屈服强度;

将各测量点的屈服强度的平均值作为被测金属材料表面的屈服强度。

6. 根据权利要求5所述的金属材料表面力学性能的测量方法,其特征在于,获得所述预先构建的模型输出的该测量点的屈服强度之后还包括:

根据该测量点的屈服强度,获取该测量点的除屈服强度之外的力学性能;

将各测量点的除屈服强度之外的力学性能的平均值,作为被测金属材料表面的除屈服强度之外的力学性能;

其中,所述除屈服强度之外的力学性能包括抗拉强度、延伸率、弹性模量和应变硬化指数中的至少一种。

7. 一种金属材料表面力学性能的测量系统,其特征在于,包括:

表观应力获取模块,用于获取被测金属材料表面各测量点的表观应力;

屈服强度获取模块,用于将所述各测量点的表观应力分别输入至预先构建的模型,根据所述预先构建的模型的输出结果,获得被测金属材料表面的屈服强度;

其中,所述预先构建的模型,用于表示测量点的表观应力和屈服强度的对应关系,其中所述预先构建的模型为:

$$\sigma_y = 0.0002693\sigma_r^2 + 0.6567\sigma_r - 66.02$$

其中, σ_y 表示测量点的屈服强度, σ_r 表示测量点的表观应力。

8. 一种金属材料表面力学性能的测量设备,其特征在于,包括:

至少一个处理器;以及

与所述处理器通信连接的至少一个存储器,其中:

所述存储器存储有可被所述处理器执行的程序指令,所述处理器调用所述程序指令能够执行如权利要求1至6任一所述的方法。

9. 一种非暂态计算机可读存储介质,其特征在于,所述非暂态计算机可读存储介质存储计算机指令,所述计算机指令使所述计算机执行如权利要求1至6任一所述的方法。

金属材料表面力学性能的测量方法及系统

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及材料分析测试技术领域,尤其涉及金属材料表面力学性能的测量方法及系统。

背景技术

[0002] 清洗技术是工业生产、艺术品保护等众多领域中必不可少的一门技术。但是传统的清洗技术存在着对基体有损伤、对环境有污染和精密度不够等缺陷。绿色环保的激光清洗技术是近10年来飞速发展的新型清洗技术,它以自身的许多优点在许多领域中逐步取代传统清洗工艺,展示了广阔的发展前景。我国激光清洗技术起步晚,大部分还处于实验阶段,为了更好的实现工业化,就要对激光清洗后基体材料的性能进行研究。

[0003] 激光清洗机理主要是基体表面污染物吸收激光能量后,或汽化挥发,或瞬间受热膨胀而克服表面对粒子的吸附力,使其脱离物体表面,进而达到清洗的目的。但是在激光清洗的同时会有部分激光透过污染物与金属基体相互作用或直接与金属基体作用。

[0004] 在对激光清洗后金属基体材料性能的研究中,力学性能的特征是必不可少的。由于激光清洗对母材表面性能影响的深度较小,需要测量激光清洗的表面的力学性能(强度性能)。

[0005] 传统的拉伸试验,由于制样的限制,只能对基体材料整体的力学性能进行评价,不能很好的表征出金属材料表面及近表面的力学性能(强度性能)。现有技术表征金属材料基体的力学性能还包括压痕法。压痕法监测在材料表面施加压痕过程中的载荷和位移值变化,获得被测材料的载荷-位移曲线(P-h曲线),通过特殊算法,得到被测材料的弹性模量、屈服强度、抗拉强度、应变硬化指数以及延伸率等多种力学性能参数,能较好得表征金属材料基体的力学性能(强度性能),但不能很好的表征出金属材料表面及近表面的力学性能(强度性能)。

[0006] 现有技术通过特殊算法,得到被测材料的弹性模量、屈服强度、抗拉强度、应变硬化指数以及延伸率等多种力学性能参数时,需要构造多个无量纲函数,无量纲函数用于描述各力学性能参数以及应力、应变等参数之间的关系。因此,这类算法较为复杂,速度较慢。

发明内容

[0007] 针对现有技术存在不能测量金属材料表面的力学性能的问题,本发明实施例提供金属材料表面力学性能的测量装置、方法及系统。

[0008] 根据本发明的第一方面,本发明实施例提供一种金属材料表面力学性能的测量方法,包括:

[0009] 获取被测金属材料表面各测量点的表观应力;

[0010] 将所述各测量点的表观应力分别输入至预先构建的模型,根据所述预先构建的模型的输出结果,获得被测金属材料表面的屈服强度;

[0011] 其中,所述预先构建的模型,用于表示测量点的表观应力和屈服强度的对应关系。

[0012] 根据本发明的第二方面,本发明实施例提供一种金属材料表面力学性能的测量系统,包括:

[0013] 表观应力获取模块,用于获取被测金属材料表面各测量点的表观应力;

[0014] 屈服强度获取模块,用于将所述各测量点的表观应力分别输入至预先构建的模型,根据所述预先构建的模型的输出结果,获得被测金属材料表面的屈服强度;

[0015] 其中,所述预先构建的模型,用于表示测量点的表观应力和屈服强度的对应关系。

[0016] 根据本发明的第三方面,本发明实施例提供一种金属材料表面力学性能的测量设备,包括:

[0017] 至少一个处理器;以及

[0018] 与所述处理器通信连接的至少一个存储器,其中:

[0019] 所述存储器存储有可被所述处理器执行的程序指令,所述处理器调用所述程序指令能够执行上述金属材料表面力学性能的测量方法。

[0020] 本发明实施例提供金属材料表面力学性能的测量方法及系统,通过表观应力获取屈服强度,使用的算法与应变硬化指数无关,步骤简单、方便,能准确地测出金属材料表面及近表面的力学性能,很好地表征金属材料表面及近表面的力学性能。

附图说明

[0021] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0022] 图1为本发明实施例一种金属材料表面力学性能的测量装置的结构图;

[0023] 图2为本发明实施例一种金属材料表面力学性能的测量方法的流程图;

[0024] 图3为本发明实施例一种金属材料表面力学性能的测量系统的功能框图;

[0025] 图4为本发明实施例一种金属材料表面力学性能的测量设备的结构框图。

具体实施方式

[0026] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0027] 需要说明的是,本发明实施例提供的金属材料表面力学性能的测量方法,基于金属材料表面力学性能的测量装置实现。

[0028] 图1为本发明实施例一种金属材料表面力学性能的测量装置的结构图。如图1所示,金属材料表面力学性能的测量装置包括从上至下依次连接的伺服直线电机104、中间连接板112、接头107、载荷传感器102、支撑板111、压头柄110和球形压头101。

[0029] 载荷传感器102,用于测量施加于球形压头的载荷。

[0030] 中间连接板112通过多个支柱108与下底板109连接。

[0031] 伺服直线电机104也称电动缸。伺服直线电机104的一侧设置有直线导向单元105。

直线导向单元105与导向机构106连接。

[0032] 伺服直线电机104的另一侧设置有固定板115、滑块114。滑块114与位移传感器103连接。位移传感器103,用于测量球形压头压入被测金属材料表面的位移。

[0033] 导杆113的一端与滑块114连接,另一端穿过中间连接板112,与支撑板111连接,使得滑块114随着球形压头101的上下移动而上下滑动。

[0034] 进行金属材料表面力学性能的测量时,将被测金属材料表面上,使被测金属材料置于下底板109上;通过伺服直线电机104使球形压头101向下运动,将球形压头101入被测金属材料表面,在被测金属材料表面产生压痕,并通过载荷传感器102和位移传感器103分别测量施加于球形压头101的载荷、球形压头101压入被测金属材料表面的位移;根据球形压头101的载荷和位移数据,获取被测金属材料表面的力学性能。

[0035] 图2为本发明实施例一种金属材料表面力学性能的测量方法的流程图。如图2所示,一种的金属材料表面力学性能的测量方法包括:步骤S201、获取被测金属材料表面各测量点的表观应力。

[0036] 需要说明的是,本发明提供的金属材料表面力学性能的测量方法基于压痕试验方法。

[0037] 被测金属材料可以为合金钢、铝合金、钛合金等合金材料,但不限于此,本发明实施例对被测金属材料的类型不作限定。

[0038] 具体地,对于被测金属材料,从被测金属材料表面中心位置选取若干个测量点,基于压痕试验方法,获取各测量点的表观应力。若干个指一个或多个。

[0039] 压痕试验方法的具体步骤,按照《金属材料硬度和材料参数的仪器化压痕试验》(GB/T 21838-2008)的规定执行。

[0040] 优选地,被测金属材料的厚度大于或等于2毫米。

[0041] 优选地,被测金属材料的上下表面平行,且均为平整的表面。

[0042] 步骤S202、将各测量点的表观应力分别输入至预先构建的模型,根据预先构建的模型的输出结果,获得被测金属材料表面的屈服强度;其中,预先构建的模型,用于表示测量点的表观应力和屈服强度的对应关系。

[0043] 对于每一测量点,将该测量点的表观应力输入至预先构建的模型。

[0044] 预先构建的模型,用于表示测量点的表观应力和屈服强度的对应关系。因此,对于每一测量点,根据输入至预先构建的模型的该测量点的表观应力,预先构建的模型输出该的测量点的屈服强度。

[0045] 获取每一测量点的屈服强度后,对各测量点的屈服强度进行数据处理,从而根据各测量点的屈服强度,获得被测金属材料表面的屈服强度。

[0046] 预先构建的模型,基于Z算法构建。Z算法的核心计算公式中,屈服强度 σ_y 与应变硬化指数 n 无关,仅通过表观应力 σ_r 就能获取屈服强度 σ_y ,步骤简单、方便。

[0047] 本发明实施例通过表观应力获取屈服强度,使用的算法与应变硬化指数无关,步骤简单、方便,能快速、准确地测出金属材料表面及近表面的力学性能,很好地表征金属材料表面及近表面(100 μm 范围内)的力学性能。

[0048] 基于上述实施例,获取被测金属材料表面各测量点的表观应力具体包括:步骤S2011、对于被测金属材料表面的每一测量点,采用球压法获得该测量点的载荷-位移曲线;

其中,球压法使用的球形压头为硬质合金制成的球形压头;球形压头的半径为0.25毫米。

[0049] 具体地,压痕试验方法采用球压法。对于被测金属材料表面的每一测量点,采用球压法获得该测量点的载荷-位移曲线。

[0050] 球压法使用的球形压头为硬质合金制成的球形压头。

[0051] 硬质合金是由难熔金属的硬质化合物和粘结金属通过粉末冶金工艺制成的一种合金材料。硬质合金具有硬度高、耐磨、强度和韧性较好、耐热、耐腐蚀等一系列优良性能,特别是它的高硬度和耐磨性,即使在500℃的温度下也基本保持不变,在1000℃时仍有很高的硬度。硬质合金广泛用作刀具材料,如车刀、铣刀、刨刀、钻头、镗刀等,用于切削铸铁、有色金属、塑料、化纤、石墨、玻璃、石材和普通钢材,也可以用来切削耐热钢、不锈钢、高锰钢、工具钢等难加工的材料。

[0052] 采用硬质合金制造的压头,硬度高,能在被测金属表面产生压痕,但不损伤被测金属表面;硬质合金制造的压头,耐磨、韧性较好,使用寿命长。

[0053] 球形压头101的半径为0.25毫米,半径的误差不大于2 μm 。

[0054] 球形压头的半径为0.25毫米,能兼顾测量精度和球形压头的使用寿命。

[0055] 步骤S2012、根据该测量点的载荷-位移曲线,获取该测量点的表观应力。

[0056] 对于每一测量点,根据该测量点的载荷-位移曲线,可以获取该测量点的表观应力。

[0057] 基于上述实施例,预先构建的模型为

$$[0058] \quad \sigma_y = 0.0002693\sigma_r^2 + 0.6567\sigma_r - 66.02$$

[0059] 其中, σ_y 表示测量点的屈服强度, σ_r 表示测量点的表观应力。

[0060] 具体地,由于载荷-位移曲线与压头的形状、材料、尺寸有关,当球形压头为硬质合金制成的半径为0.25毫米的球形压头时,预先构建的模型为

$$[0061] \quad \sigma_y = 0.0002693\sigma_r^2 + 0.6567\sigma_r - 66.02。$$

[0062] 基于上述实施例,作为一个可选实施例,将各测量点的表观应力分别输入至预先构建的模型,根据预先构建的模型的输出结果获得被测金属材料表面的屈服强度的具体步骤包括:当测量点的个数为一个时,将该测量点的表观应力输入至预先构建的模型,将预先构建的模型输出的该测量点屈服强度,作为被测金属材料表面的屈服强度。

[0063] 具体地,当被测金属材料表面的面积较小时,可以只从被测金属材料表面中心位置选取一个测量点。

[0064] 当从被测金属材料表面中心位置选取的测量点为一个时,将该测量点的表观应力输入至预先构建的模型,预先构建的模型输出该测量点屈服强度。

[0065] 此时,由于测量点仅有一个,将该测量点屈服强度,作为被测金属材料表面的屈服强度。

[0066] 基于上述实施例,作为一个可选实施例,获得被测金属材料表面的屈服强度之后还包括:根据被测金属材料表面的屈服强度,获取被测金属材料表面的除屈服强度之外的力学性能;其中,除屈服强度之外的力学性能包括抗拉强度、延伸率、弹性模量和应变硬化指数中的至少一种。

[0067] 具体地,当测量点为一个时,对于该测量点,获取该测量点的屈服强度后,还可以

根据该测量点的屈服强度,获取该测量点的除屈服强度之外的力学性能。

[0068] 获取该测量点的除屈服强度之外的力学性能后,将该测量点的除屈服强度之外的力学性能,作为被测金属材料表面的除屈服强度之外的力学性能。

[0069] 屈服强度之外的力学性能至少包括:抗拉强度、延伸率、弹性模量和应变硬化指数中的一种,但不限于此。

[0070] 基于上述实施例,作为一个可选实施例,将各测量点的表观应力分别输入至预先构建的模型,根据预先构建的模型的输出结果获得被测金属材料表面的屈服强度的具体步骤包括:当测量点的个数为多个时,将每一测量点的表观应力分别输入至预先构建的模型,获得预先构建的模型输出的该测量点的屈服强度;将各测量点的屈服强度的平均值作为被测金属材料表面的屈服强度。

[0071] 当被测金属材料表面的面积较大时,可以从被测金属材料表面中心位置选取多个测量点。

[0072] 获取多个测量点的表观应力后,将上述多个测量点的表观应力分别输入至预先构建的模型,预先构建的模型输出每一测量点的屈服强度。

[0073] 获取多个测量点的屈服强度后,将上述多个测量点的屈服强度的平均值作为被测金属材料表面的屈服强度。

[0074] 本发明实施例通过将多个测量点的屈服强度的平均值作为被测金属材料表面的屈服强度,提高了测量金属材料表面的屈服强度的准确性。

[0075] 基于上述实施例,作为一个可选实施例,获得预先构建的模型输出的该测量点的屈服强度之后还包括:根据该测量点的屈服强度,获取该测量点的除屈服强度之外的力学性能;将各测量点的除屈服强度之外的力学性能的平均值,作为被测金属材料表面的除屈服强度之外的力学性能;其中,除屈服强度之外的力学性能包括抗拉强度、延伸率、弹性模量和应变硬化指数中的至少一种。

[0076] 具体地,当测量点为多个时,对于每一测量点,获得该测量点的屈服强度之后,根据该测量点的屈服强度,获取该测量点的除屈服强度之外的力学性能。

[0077] 除屈服强度之外的力学性能包括抗拉强度、延伸率、弹性模量和应变硬化指数中的至少一种。

[0078] 将各测量点的除屈服强度之外的力学性能的平均值,作为被测金属材料表面的除屈服强度之外的力学性能。

[0079] 获取各测量点的除屈服强度之外的力学性能之后,获取各测量点的除屈服强度之外的力学性能的平均值,将各测量点的除屈服强度之外的力学性能的平均值,作为被测金属材料表面的除屈服强度之外的力学性能。

[0080] 例如,当测量点为4个时,获取对于每一测量点,获得该测量点的屈服强度之后,根据该测量点的屈服强度,获取该测量点的抗拉强度和延伸率;获取上述4个测量点的抗拉强度和延伸率后,将上述4个测量点的抗拉强度的平均值作为被测金属材料表面的抗拉强度,将上述4个测量点的延伸率的平均值作为被测金属材料表面的延伸率。

[0081] 基于上述实施例,对被测金属材料表面中心位置的若干个测量点分别进行压痕实验之前还包括:根据被测金属材料表面的材料类型,确定位移的极限值。

[0082] 具体地,对被测金属材料表面中心位置的若干个测量点分别进行压痕实验之前,

根据被测金属材料表面的材料类型,确定位移的极限值。

[0083] 从被测金属材料表面中心位置选取若干个测量点后,对金属材料表面力学性能的测量装置采用位移的极限值控制方法,将各测量点对应位移曲线中位移的最大值控制为不超过上述位移的极限值,并获取每一测量点对应的载荷-位移曲线。

[0084] 下面通过一个实例说明本发明提供的金属材料表面力学性能的测量方法。

[0085] 被测金属材料为25#钢,采用IBIS (Instrumented Ball Indentation System) 球压法力学性能快速检测装置分别在对被测金属材料进行激光清洗前后,对被测金属材料的力学性能进行测量。

[0086] 由于被测金属材料为25#钢,25#钢为合金钢,将位移的极限值确定为120 μ m。

[0087] 在保持原始表面的前提下,利用线切割制备成大小为55mm \times 25mm、厚度为5mm的试样并用酒精对试样表面进行清洁处理。

[0088] 将试样放置于金属材料表面力学性能的测量装置的下底板上,获取试样表面中心位置不同的三个点对应的载荷-位移曲线,并获取上述三个点的力学性能。

[0089] 将上述三个点的力学性能的平均值作为试样表面在激光清洗前的力学性能。获得试样表面的力学性能为:屈服强度为332MPa、抗拉强度为557MPa、延伸率为26.7%、应变硬化指数为0.154、弹性模量为210000MPa。

[0090] 选用激光功率为10W,激光重复频率为50KHZ,激光扫描速度为0.7m/s的激光清洗参数,对表面有锈的25#钢进行激光清洗。

[0091] 对激光清洗后的25#钢,在不破坏激光清洗面的前提下,利用线切割制备成大小为55mm \times 25mm,厚度为5mm的试样并用酒精对试样表面清洁处理。

[0092] 将试样放置于金属材料表面力学性能的测量装置的下底板上,获取试样表面中心位置不同的三个点对应的载荷-位移曲线,并获取上述三个点的力学性能。

[0093] 将上述三个点的力学性能的平均值作为试样表面在激光清洗前的力学性能。获得试样表面的力学性能为:屈服强度为285MPa,抗拉强度为557MPa,延伸率为27.5%、应变硬化指数为0.219、弹性模量为210000MPa。

[0094] 由此可知,激光清洗使金属材料表面的屈服强度明显降低,应变硬化指数明显增加,而对于其他力学性能的影响不明显。

[0095] 图3为本发明实施例一种金属材料表面力学性能的测量系统的功能框图。如图3所示,一种金属材料表面力学性能的测量系统包括:表观应力获取模块301,用于获取被测金属材料表面各测量点的表观应力;屈服强度获取模块302,用于将各测量点的表观应力分别输入至预先构建的模型,根据预先构建的模型的输出结果,获得被测金属材料表面的屈服强度;其中,预先构建的模型,用于表示测量点的表观应力和屈服强度的对应关系。

[0096] 本发明提供的金属材料表面力学性能的测量系统用于执行本发明提供的金属材料表面力学性能的测量方法,金属材料表面力学性能的测量系统包括的各模块实现相应功能的具体方法和流程详见上述金属材料表面力学性能的测量方法的实施例,此处不再赘述。

[0097] 图4为本发明实施例一种金属材料表面力学性能的测量设备的结构框图。基于上述实施例,如图4所示,神经网络的计算设备包括:处理器(processor) 401、存储器(memory) 402和总线403;其中,处理器401和存储器402通过总线403完成相互间的通信;处理器401用

于调用存储器402中的程序指令,以执行上述各方法实施例所提供的方法,例如包括:获取测量点的载荷-位移曲线方法;根据测量点的载荷-位移曲线,获取测量点的表观应力的方法;根据测量点的表观应力,获取测量点的屈服强度的方法;根据各测量点的屈服强度,获取被测金属材料表面的屈服强度的方法;根据测量点的屈服强度,获取测量点的除屈服强度之外的力学性能的方法;根据各测量点的除屈服强度之外的力学性能,获取被测金属材料表面的除屈服强度之外的力学性能的方法。

[0098] 本发明另一实施例公开一种计算机程序产品,计算机程序产品包括存储在非暂态计算机可读存储介质上的计算机程序,计算机程序包括程序指令,当程序指令被计算机执行时,计算机能够执行上述各方法实施例所提供的方法,例如包括:获取测量点的载荷-位移曲线方法;根据测量点载荷-位移曲线,获取测量点的表观应力的方法;根据测量点的表观应力,获取测量点的屈服强度的方法;根据各测量点的屈服强度,获取被测金属材料表面的屈服强度的方法;根据测量点的屈服强度,获取测量点的除屈服强度之外的力学性能的方法;根据各测量点的除屈服强度之外的力学性能,获取被测金属材料表面的除屈服强度之外的力学性能的方法。

[0099] 本发明另一实施例提供一种非暂态计算机可读存储介质,非暂态计算机可读存储介质存储计算机指令,计算机指令使计算机执行上述各方法实施例所提供的方法,例如包括:获取测量点的载荷-位移曲线方法;根据测量点载荷-位移曲线,获取测量点的表观应力的方法;根据测量点的表观应力,获取测量点的屈服强度的方法;根据各测量点的屈服强度,获取被测金属材料表面的屈服强度的方法;根据测量点的屈服强度,获取测量点的除屈服强度之外的力学性能的方法;根据各测量点的除屈服强度之外的力学性能,获取被测金属材料表面的除屈服强度之外的力学性能的方法。

[0100] 以上所描述的系统实施例仅仅是示意性的,其中作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性的劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0101] 通过以上的实施方式的描述,本领域的技术人员可以清楚地了解到各实施方式可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现,当然也可以通过硬件。基于这样的理解,上述技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品可以存储在计算机可读存储介质中,如ROM/RAM、磁碟、光盘等,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行上述各个实施例或者实施例的某些部分的方法。

[0102] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

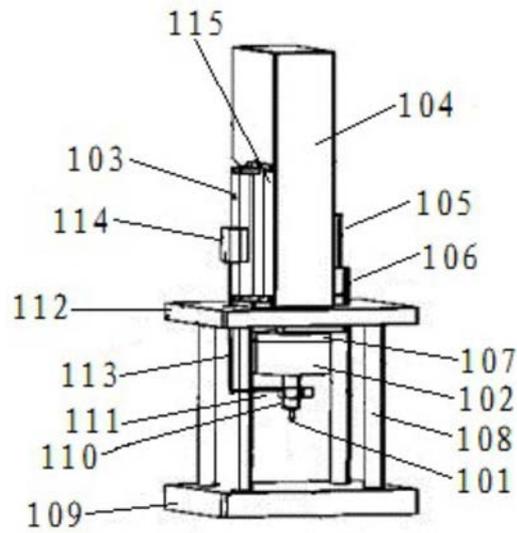


图1

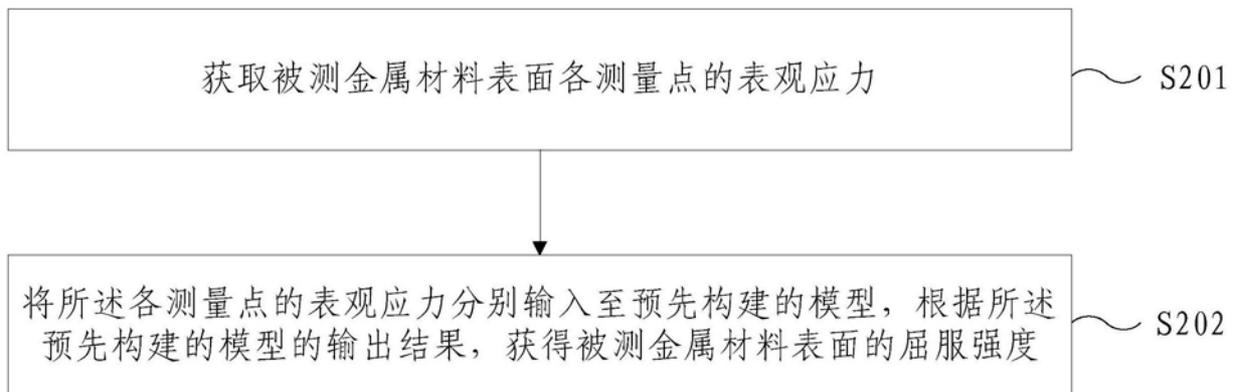


图2

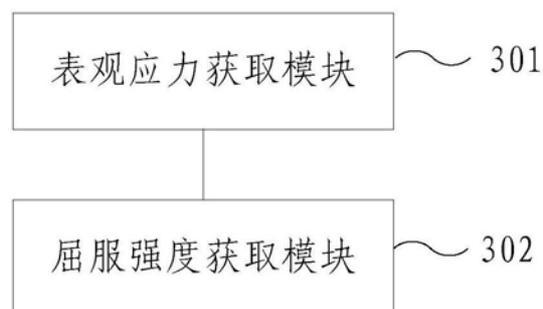


图3

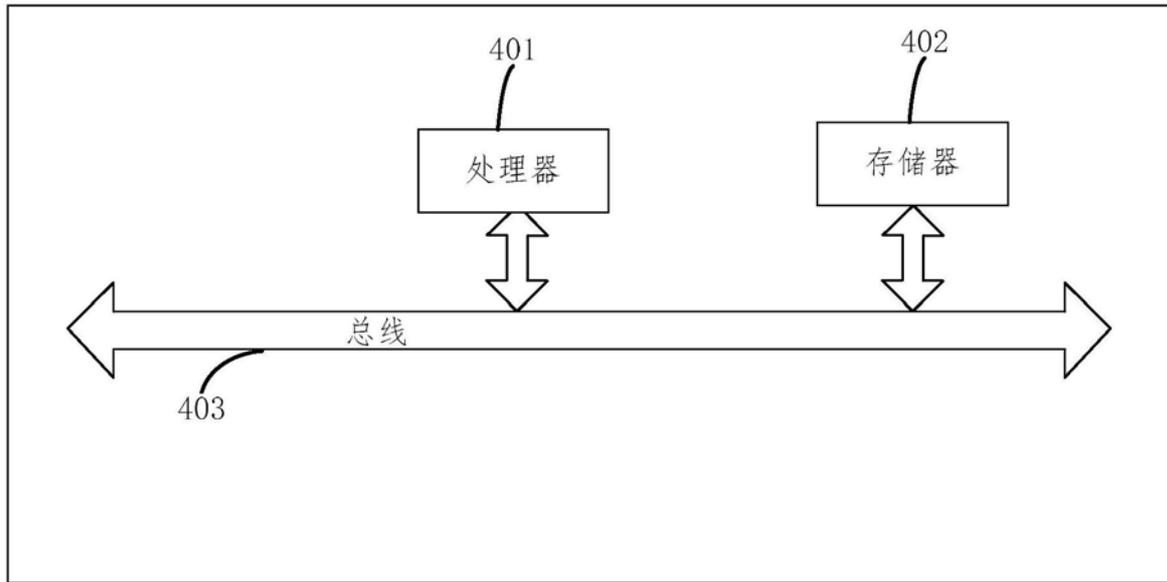


图4