(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109030498 A
(43)申请公布日 2018.12.18

(21)申请号 201810776923.4

(22)申请日 2018.07.13

(71)申请人 华中科技大学
地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路1037号

(72)发明人 赵欢 陈茜 李昊 丁汉

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心 42201
代理人 孔娜 曹葆青

(51)Int.Cl.
G01N 21/88(2006.01)

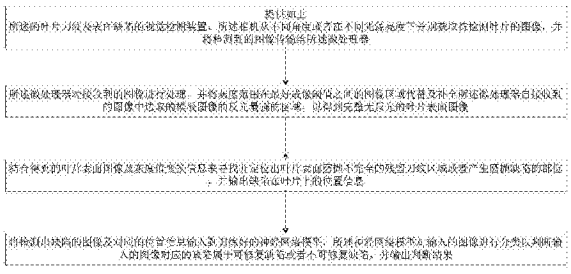
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置及方法

(57)摘要

本发明属于智能检测相关技术领域，其公开了一种叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置及方法，该方法包括以下步骤：(1)提供视觉检测装置，相机从不同角度或者在不同光源亮度下分别获取待检测叶片的图像，并将检测到的图像传输给微处理器；(2)微处理器对接收到的图像进行处理，并将灰度范围在最好成像阈值之间的图像区域代替及补全微处理器自接收到的图像中选取的模板图像的反光最强的区域；(3)寻找并定位出叶片表面磨抛不完全的残留刀纹区域或者产生磨抛缺陷的部位；(4)神经网络模型对检测出缺陷的图像进行分类以判断输入的图像对应的缺陷是否可修复。本发明提高了检测效率及和准确性，自动化程度较高，且降低了成本。



CN 109030498 A

1.一种叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置，其特征在于：

所述视觉检测装置包括台架、设置在所述台架上的横梁、相机、多个光源、触发机构及微处理器，所述相机与多个所述光源分别间隔设置在所述横梁上；所述触发机构设置在所述台架的底部，其与所述相机相连接；所述微处理器电性连接于所述相机，所述相机及所述光源位于所述触发机构的上方；

所述触发机构用于承载待检测的叶片及触发所述相机开始工作，且其位于所述相机的拍摄范围内；所述相机用于从不同角度或者在不同的光源亮暗度下对所述叶片进行拍摄取像，并将获得的图像传输给所述微处理器；所述微处理器对接收到的图像进行处理，并用灰度范围在最好成像阈值之间的图像区域代替及补全所述微处理器自接收到的图像中选取的模板图像的反光最强的区域，以得到完整无反光的叶片表面图像，进而根据灰度值变换信息寻找并定位出叶片磨抛不完全的残留刀纹区域或者产生磨抛缺陷的部位。

2.如权利要求1所述的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置，其特征在于：所述视觉检测装置还包括光源控制器，所述光源控制器连接于所述光源，其用于控制所述光源的开关及亮度。

3.如权利要求1所述的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置，其特征在于：所述视觉检测装置还包括偏振片，所述偏振片连接于所述相机，且覆盖所述相机的镜头，所述偏振片位于所述镜头朝向所述叶片的一侧，以用于过滤掉垂直于所述叶片的刀纹方向的光，减少所述叶片的表面反光。

4.如权利要求1-3任一项所述的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置，其特征在于：所述视觉检测装置还包括多个云台，多个所述云台间隔设置在所述横梁上，所述相机及多个所述光源分别设置在所述云台上；所述云台通过自身的旋转轴来实现方向角度的调整。

5.如权利要求4所述的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置，其特征在于：所述云台为球形云台，其通过旋转来调整所述光源的位姿，使得所述光源以不同的角度打光在所述叶片上；同时，所述相机的位姿也是通过对应的所述云台的旋转来实现调整的。

6.如权利要求1-3任一项所述的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置，其特征在于：所述视觉检测装置还包括遮光罩，所述遮光罩设置在所述台架上，其用于遮挡环境光，以避免环境光对所述相机的成像效果的影响。

7.一种叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测方法，其特征在于，该方法包括以下步骤：

(1)提供权利要求1-6任一项所述的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置，所述相机从不同角度或者在不同光源亮度下分别获取待检测叶片的图像，并将检测到的图像传输给所述微处理器；

(2)所述微处理器对接收到的图像进行处理，并将灰度范围在最好成像阈值之间的图像区域代替及补全所述微处理器自接收到的图像中选取的模板图像的反光最强的区域，以得到完整无反光的叶片表面图像；

(3)结合得到的叶片表面图像及灰度值变换信息来寻找并定位出叶片表面磨抛不完全的残留刀纹区域或者产生磨抛缺陷的部位，并输出缺陷在叶片上的位置信息；

(4)将检测出缺陷的图像及对应的位置信息输入到训练好的神经网络模型，所述神经网络模型对输入的图像进行分类以判断输入的图像对应的缺陷属于可修复缺陷或者不可修复缺陷，并输出判断结果。

8.如权利要求7所述的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测方法，其特征在于：所述微处理器从接收到的图像中选取一张作为模板图像，并通过灰度值强度分析来检测到所述模板图像中反光最强的区域并予以切除，同时所述微处理器检测所述模板图像以外的图像对应反光最强的区域，并根据灰度值统计法选取灰度范围在最好成像阈值之间的区域来代替及补全所述模板图像的切除区域，从而得到完整无反光的叶片表面图像。

9.如权利要求7所述的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测方法，其特征在于：步骤(3)中，采用高频滤波的方法对得到的叶片表面图像进行图像增强处理后，再根据灰度值变换信息寻找并定位出叶片表面磨抛不完全的残留刀纹区域或者产生磨抛缺陷的部位。

10.如权利要求7所述的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测方法，其特征在于：步骤(4)前还包括采用监督学习方法提前收集及标记刀纹或者缺陷的图像，并使用标记好的图像训练神经网络模型的步骤。

一种叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于智能检测相关技术领域，更具体地，涉及一种叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置及方法。

背景技术

[0002] 叶片在发动机、压气机、燃气轮机等设备中直接参与能量转换，关系到整体设备的使用性能和寿命。为保障气体导流顺畅，叶片表面多为自由曲面，这使得叶片的加工和检测较为困难。此外，叶片作为关键零部件，叶片表面的加工质量要求很高。目前，叶片的磨抛过程大多是人工完成，劳动强度较大，粉尘污染严重，磨抛设备转速高容易发生事故，并且对工人师傅的经验要求较高，所以本领域亟需开发自动的磨抛方法，作为智能制造过程，叶片磨抛质量的检测与反馈不可或缺。

[0003] 叶片磨抛加工去除表面的铣削纹路，使得金属叶片表面成像时，反光强烈，激光、结构光等方式成像效果都比较差，无法获得表面纹理或缺陷信息；而普通CCD相机成像测验中发现获得的图像中总存在强反光区域，影响检测。相应地，本领域存在着发展一种准确性较好的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置及方法的技术需求。

发明内容

[0004] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求，本发明提供了一种叶片表面及表面缺陷的视觉检测装置及方法，其基于叶片磨抛质量的检测方法，研究及设计了一种准确性较好的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置及方法。所述视觉检测装置模拟了人工打磨时查看叶片表面铣削刀纹打磨情况的过程，针对金属叶片反光严重人工查看时会多角度进行查看，且使用多个光源交替亮暗模拟该过程，有效地解决了金属叶片成像中强反光的影响，取代了人工作业，降低了成本，提高了准确性，且能够为自动化加工提供了检测数据。

[0005] 为实现上述目的，按照本发明的一个方面，提供了一种叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置，所述视觉检测装置包括台架、设置在所述台架上的横梁、相机、多个光源、触发机构及微处理器，所述相机与多个所述光源分别间隔设置在所述横梁上；所述触发机构设置在所述台架的底部，其与所述相机相连接；所述微处理器电性连接于所述相机，所述相机及所述光源位于所述触发机构的上方；

[0006] 所述触发机构用于承载待检测的叶片及触发所述相机开始工作，且其位于所述相机的拍摄范围内；所述相机用于从不同角度或者在不同的光源亮暗度下对所述叶片进行拍摄取像，并将获得的图像传输给所述微处理器；所述微处理器对接收到的图像进行处理，并用灰度范围在最好成像阈值之间的图像区域代替及补全所述微处理器自接收到的图像中选取的模板图像的反光最强的区域，以得到完整无反光的叶片表面图像，进而根据灰度值变换信息寻找并定位出叶片磨抛不完全的残留刀纹区域或者产生磨抛缺陷的部位。

[0007] 进一步地，所述视觉检测装置还包括光源控制器，所述光源控制器连接于所述光源，其用于控制所述光源的开关及亮度。

[0008] 进一步地，所述视觉检测装置还包括偏振片，所述偏振片连接于所述相机，且覆盖所述相机的镜头，所述偏振片位于所述镜头朝向所述叶片的一侧，以用于过滤掉垂直于所述叶片的刀纹方向的光，减少所述叶片的表面反光。

[0009] 进一步地，所述视觉检测装置还包括多个云台，多个所述云台间隔设置在所述横梁上，所述相机及多个所述光源分别设置在所述云台上；所述云台通过自身的旋转轴来实现方向角度的调整。

[0010] 进一步地，所述云台为球形云台，其通过旋转来调整所述光源的位姿，使得所述光源以不同的角度打光在所述叶片上；同时，所述相机的位姿也是通过对应的所述云台的旋转来实现调整的。

[0011] 进一步地，所述视觉检测装置还包括遮光罩，所述遮光罩设置在所述台架上，其用于遮挡环境光，以避免环境光对所述相机的成像效果的影响。

[0012] 按照本发明的另一个方面，提供了一种叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测方法，该方法包括以下步骤：

[0013] (1)提供如上所述的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置，所述相机从不同角度或者在不同光源亮度下分别获取待检测叶片的图像，并将检测到的图像传输给所述微处理器；

[0014] (2)所述微处理器对接收到的图像进行处理，并将灰度范围在最好成像阈值之间的图像区域代替及补全所述微处理器自接收到的图像中选取的模板图像的反光最强的区域，以得到完整无反光的叶片表面图像；

[0015] (3)结合得到的叶片表面图像及灰度值变换信息来寻找并定位出叶片表面磨抛不完全的残留刀纹区域或者产生磨抛缺陷的部位，并输出缺陷在叶片上的位置信息；

[0016] (4)将检测出缺陷的图像及对应的位置信息输入到训练好的神经网络模型，所述神经网络模型对输入的图像进行分类以判断输入的图像对应的缺陷属于可修复缺陷或者不可修复缺陷，并输出判断结果。

[0017] 进一步地，所述微处理器从接收到的图像中选取一张作为模板图像，并通过灰度值强度分析来检测到所述模板图像中反光最强的区域并予以切除，同时所述微处理器检测所述模板图像以外的图像对应反光最强的区域，并根据灰度值统计法选取灰度范围在最好成像阈值之间的区域来代替及补全所述模板图像的切除区域，从而得到完整无反光的叶片表面图像。

[0018] 进一步地，步骤(3)中，采用高频滤波的方法对得到的叶片表面图像进行图像增强处理后，再根据灰度值变换信息寻找并定位出叶片表面磨抛不完全的残留刀纹区域或者产生磨抛缺陷的部位。

[0019] 进一步地，步骤(4)前还包括采用监督学习方法提前收集及标记刀纹或者缺陷的图像，并使用标记好的图像训练神经网络模型的步骤。

[0020] 总体而言，通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比，本发明提供的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置及方法主要具有以下有益效果：

[0021] 1.所述相机用于从不同角度或者在不同的光源亮暗度下对所述叶片进行拍摄取像，并将获得的图像传输给所述微处理器；所述微处理器对接收到的图像进行处理，并用灰度范围在最好成像阈值之间的图像区域代替及补全所述微处理器自接收到的图像中选取

的模板图像的反光最强的区域，以得到完整无反光的叶片表面图像，进而根据灰度值变换信息寻找并定位出叶片磨抛不完全的残留刀纹区域或者产生磨抛缺陷的部位，提高了检测准确性及效率，降低了检测成本，解决了磨抛后的光滑叶片强反光造成的成像不完整问题。

[0022] 2.所述触发机构用于承载待检测的叶片及触发所述相机开始工作，如此提高了叶片检测的效率及自动化程度，灵活性较好。

[0023] 3.所述神经网络模型对输入的图像进行分类以判断输入的图像对应的缺陷属于可修复缺陷或者不可修复缺陷，完善了功能，为加工提供了指导数据，有利于叶片缺陷的快速修复，提高了叶片的修复效率。

[0024] 4.采用高频滤波的方法对得到的叶片表面图像进行图像增强处理，从而突出叶片表面细节信息，使得叶片图像表面的纹理或者细微缺陷与周围灰度对比更加明显，有利于缺陷的检测。

[0025] 5.所述偏振片位于所述镜头朝向所述叶片的一侧，其用于过滤掉垂直于所述叶片的刀纹方向的光，以减少所述叶片的表面反光，进而降低表面反光对所述叶片的铣削纹路检测的影响。

[0026] 6.所述光源控制器能够控制两个所述光源或者两个所述光源中的任一个以不同光强度对待检测的叶片进行打光，使得所述相机能够从多角度拍摄所述叶片。

附图说明

[0027] 图1是本发明提供的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测方法的流程示意图。

[0028] 图2是本发明提供的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置的示意图。

[0029] 在所有附图中，相同的附图标记用来表示相同的元件或结构，其中：1-台架，2-横梁，3-云台，4-光源，5-光源控制器，6-相机，7-偏振片，8-触发机构，9-遮光罩，10-微处理器。

具体实施方式

[0030] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。此外，下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0031] 请参阅图1及图2，本发明提供的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置，所述视觉检测装置包括台架1、横梁2、多个云台3、多个光源4、光源控制器5、相机6、偏振片7、触发机构8、遮光罩9及微处理器10。所述横梁2的两端分别连接于所述台架1上，多个所述云台3间隔设置在所述横梁2上。多个所述光源4及所述相机6分别设置在多个所述云台3上。所述光源控制器5电性连接于所述光源4；所述偏振片7连接于所述相机6，且其覆盖所述相机6的镜头。所述微处理器10电性连接于所述相机6，所述触发机构8设置在所述台架1的底部，其位于所述横梁2的下方。

[0032] 所述台架1基本呈矩形，其包括框架，所述框架间隔设置有两个承载杆，所述承载杆用于承载所述横梁2，使得所述横梁2位于所述框架内。所述台架1还包括承载台，所述框架设置在所述承载台上，所述承载台位于所述横梁2的下方，其用于承载所述触发机构8。

[0033] 所述云台3为球形云台，其通过自身的各旋转轴来实现方向角度的调整。本实施方式中，所述云台3的数量为三个，三个所述云台3间隔设置在所述横梁2上；所述光源4的数量为两个，两个所述光源4分别设置在两个所述云台3上；可以理解，在其他实施方式中，所述云台3的数量及所述光源4的数量均可以根据实际需要增加或者减少。所述云台3通过旋转来调整所述光源4的位姿，使得所述光源4能够以不同的角度打光在放置叶片的区域，继而使得所述相机6能够拍摄完整的叶片图像；所述相机6设置在所述云台3上，且所述相机6位于两个所述光源4之间，所述相机6的位姿也是通过所述云台3的旋转来实现的。

[0034] 所述光源控制器5用于控制所述光源4的开关及亮度，在所述相机6对所述叶片进行拍摄取像时，所述光源控制器5能够控制两个所述光源4或者两个所述光源4中的任一个以不同光强度对待检测的叶片进行打光，使得所述相机6能够从多角度拍摄所述叶片。本实施方式中，所述相机6为CCD相机；可以理解，在其他实施方式中，所述相机6还可以为其他型号的相机。

[0035] 所述偏振片7位于所述镜头朝向所述叶片的一侧，其用于过滤掉垂直于所述叶片的刀纹方向的光，以减少所述叶片的表面反光，进而降低表面反光对所述叶片的铣削纹路检测的影响。

[0036] 所述触发机构8设置在所述承载台上，其用于承载待检测的叶片及触发所述相机6开始工作。所述触发机构8连接于所述相机6，且其位于所述相机6的下方。

[0037] 所述遮光罩9设置在所述框架上，其用于遮挡环境光，以避免环境光对成像效果的影响，确保只有所述光源4发出的光线给所述叶片打光。所述微处理器10用于为所述相机6供电，同时接收所述相机6拍摄的图像并对接收到的图像进行处理。所述微处理器10将接收到的图像中的一张作为模板，并检测到模板图像中反光最强的区域并予以切除，同时检测模板图像以外的其他图像中与切除区域对应的区域的灰度，并用灰度范围在最好成像阈值之间的区域代替及补全所述模板图像上的切除区域从而得到完整无反光的叶片表面图像。进而，所述微处理器10对补充完整的图像进行图像增强，以使得叶片纹理或者细微缺陷与周围灰度对比更加明显，突出了叶片表面细节信息。

[0038] 本发明还提供了一种叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测方法，所述视觉检测方法包括以下步骤：

[0039] 步骤一，提供如上所述的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置，所述相机从不同角度或者在不同光源亮度下分别获取待检测叶片的图像，并将检测到的图像传输给所述微处理器。

[0040] 具体地，提供如上所述的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置，所述视觉检测装置开始工作之前，先调整所述光源和所述相机的相对位置，以使得所述相机处于适宜成像的位姿。当待检测的叶片被放置在所述触发机构上时，所述触发结构触发所述相机开始工作，所述视觉检测装置开始工作。

[0041] 接着，调整所述光源的位姿及亮度，并使各个所述光源交替亮暗，同时所述相机从不同角度或者在不同光源亮度下拍摄所述叶片以分别获得图像，并保存为一组检测图像。此外，所述相机将检测到的图像传输给所述微处理器。

[0042] 步骤二，所述微处理器对接收到的图像进行处理，并将灰度范围在最好成像阈值之间的图像区域代替及补全所述微处理器自接收到图像中选取的模板图像的反光最强的

区域，以得到完整无反光的叶片表面图像。

[0043] 具体地，所述微处理器从接受到的一组图像中选取一张图像作为模板图像，并通过灰度值强度分析来检测到所述模板图像上灰度值高的强反光区域并予以去除强反光区域，同时所述微处理器检测所述模板图像以外的图像对应强反光区域的区域，并根据灰度值统计法选取灰度范围在最好成像阈值之间的区域来代替及补全所述模板图像的切除区域，从而得到完整无反光的叶片表面图像。

[0044] 步骤三，结合得到的叶片表面图像及灰度值变换信息来寻找并定位出叶片表面磨抛不完全的残留刀纹区域或者产生磨抛缺陷的部位，并输出缺陷在叶片上的位置信息。

[0045] 具体地，使用高频滤波的方法对得到的叶片表面图像进行图像增强处理，从而突出叶片表面细节信息，使得叶片图像表面的纹理或者细微缺陷与周围灰度对比更加明显。

[0046] 接着，根据灰度值信息，寻找并定位出叶片表面磨抛不完全的残留刀纹区域或者产生磨抛缺陷的部位，并输出缺陷在叶片上的相对位置信息。

[0047] 步骤四，将检测出缺陷的图像及对应的位置信息输入到训练好的神经网络模型，所述神经网络模型对输入的图像进行分类以判断输入的图像对应的缺陷属于可修复缺陷或者不可修复缺陷，并输出判断结果。

[0048] 具体地，使用监督学习方法提前收集及标记刀纹或者缺陷图像，即对每张图像标记0为可修复缺陷，标记1为不可修复缺陷，使用标记好的图像训练神经网络模型以得到各网络层中的相关参数值，继而实现缺陷是否可修复的区分。实际运行时，每个检测出来缺陷的图像作为输入，并使用训练好的神经网络模型对输入的图像进行分类，以判断输入图像对应的缺陷是属于可修复缺陷或者不可修复缺陷，并输出结果。

[0049] 本发明提供的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置及方法，本发明模拟人在磨抛时的视觉反馈机制，采用视觉多角度检测的方法，有效地解决了金属叶片成像中强反光的影响，取代了人工作业，降低了成本，提高了检测准确性，且使用图像处理技术及机器学习方法实现了自动精准定位缺陷位置及分类缺陷能否修复，自动化程度高，且提高了检测效率。

[0050] 本领域的技术人员容易理解，以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

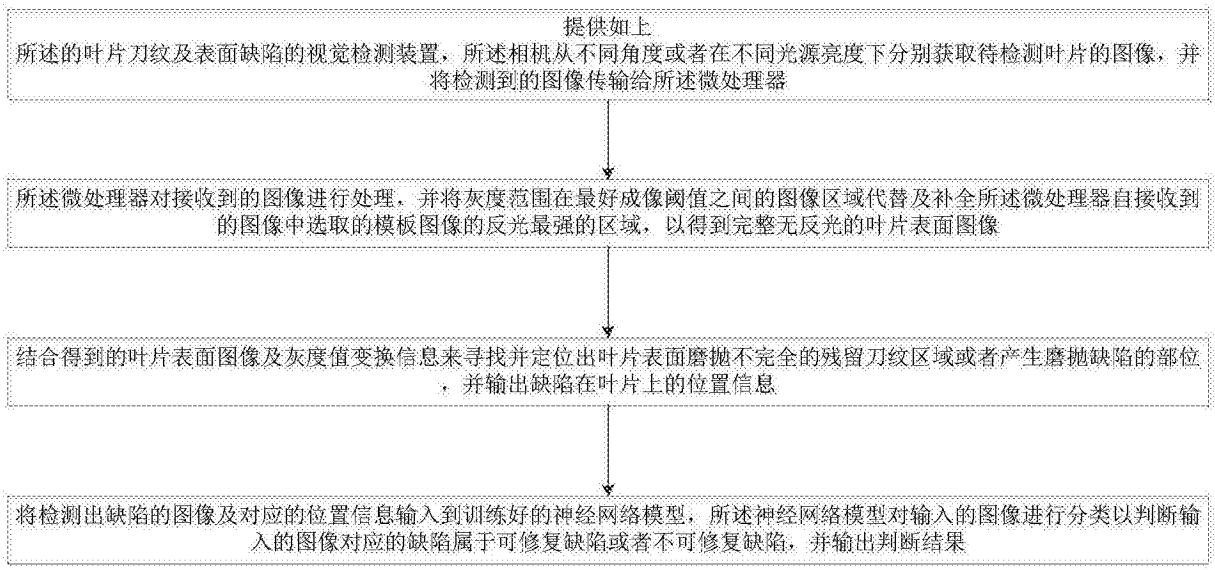

提供如上
所述的叶片刀纹及表面缺陷的视觉检测装置，所述相机从不同角度或者在不同光源亮度下分别获取待检测叶片的图像，并将检测到的图像传输给所述微处理器
所述微处理器对接收到的图像进行处理，并将灰度范围在最好成像阈值之间的图像区域代替及补全所述微处理器自接收到的图像中选取的模板图像的反光最强的区域，以得到完整无反光的叶片表面图像
结合得到的叶片表面图像及灰度值变换信息来寻找并定位出叶片表面磨抛不完全的残留刀纹区域或者产生磨抛缺陷的部位，并输出缺陷在叶片上的位置信息
将检测出缺陷的图像及对应的位置信息输入到训练好的神经网络模型，所述神经网络模型对输入的图像进行分类以判断输入的图像对应的缺陷属于可修复缺陷或者不可修复缺陷，并输出判断结果

图1

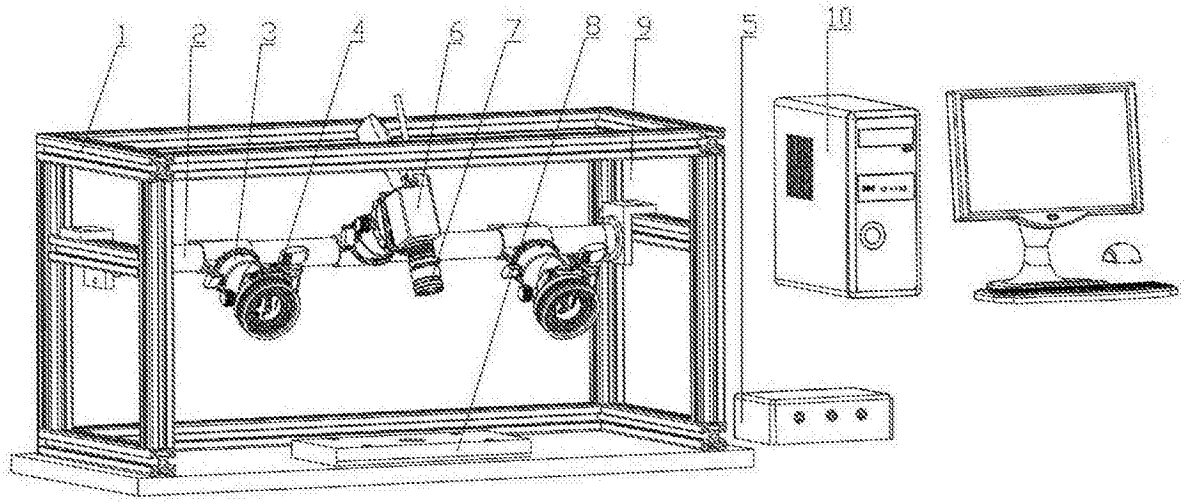

1
2
3
4
6
7
8
9
5
10

图2