(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110197479 B
(45)授权公告日 2021.03.23

(21)申请号 201910433418.4
(22)申请日 2019.05.23
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110197479 A
(43)申请公布日 2019.09.03
(73)专利权人 中国科学院力学研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号
(72)发明人 虞钢 田崇鑫 李少霞 何秀丽 郑彩云 宁伟健
(74)专利代理机构 北京和信华成知识产权代理事务所(普通合伙) 11390
代理人 胡剑辉
(51)Int.Cl.
G06T 7/00(2017.01)
G06T 7/194(2017.01)
G06K 9/62(2006.01)
G06T 7/187(2017.01)
G06T 7/41(2017.01)
(56)对比文件
CN 102646195 A,2012.08.22
审查员 刘志军

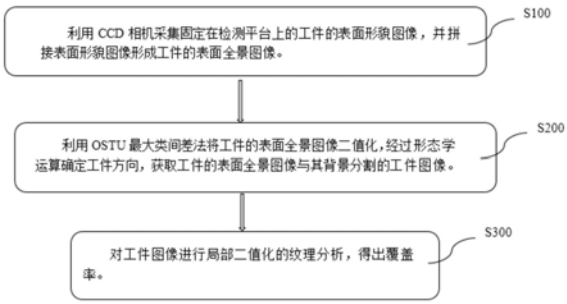
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种表面改性质量检测方法

(57)摘要

本发明实施例公开了一种表面改性质量检测方法，利用CCD相机采集工件表面形貌全景图像，二值化图像后进行形态学先闭后开运算，提取最大连通域进行欧氏距离变换，利用Hough变换确定工件方向，以标准工件图片按所得中心点与方向裁剪全景图像，从背景分割出工件图像，再将工件图像局部二值化，以最小分比率划分子图像，对每个子图进行连通域的纹理分析，统计图像内连通域个数、二阶、三阶、四阶中心矩，经统计学分析映射为图像相似度，统计结果得出覆盖率，本发明可依托绝大多数实验室现有设备，并且检测速度较快，检测精度较高，避免了改性前后工件出现灰度共生矩阵计算结果相似的情况，更准确的判断工件表面的改性情况。



CN 110197479 B

1.一种表面改性质量检测方法，其特征在于：包括步骤：

S100、利用CCD相机采集固定在检测平台上的工件的表面形貌图像，并拼接表面形貌图像形成工件的表面全景图像；

S200、利用OSTU最大类间差法将工件的表面全景图像二值化，经过形态学运算确定工件方向，获取工件的表面全景图像与其背景分割的工件图像；

S300、对工件图像进行局部二值化的纹理分析，得出覆盖率；

其中，对工件图像的纹理分析需将从背景分割出的工件图像进行局部二值化，然后消除提取出的表面全景图像中除背景外最大连通域中的微小连通域，随后将二值图分为$N_x \times N_y$个子图，进而对每个子图做纹理分析；

对于每个子图的纹理分析包括确定子图内连通域个数以及各连通域面积以及二阶、三阶和四阶中心距，并计算各连通域面积、二阶、三阶、四阶中心矩的均值及方差，并同样由标准改性后工件表面图像经过相同上述工件图像纹理分析，得出9个参考的标准参数值，分析确定待检测工件表面改性质量与标准工件表面改性质量的相似度；

对于每个子图的纹理分析，以P表征表示被测工件子图像与标准工件子图像的相似度，且P表征的计算公式：

Pi＝abs(Ri-Qi)/(Ri+Qi)(i＝1～9)；

$$P = \left(P1 * \prod_{i=1}^{9} Pi\right)^{(1/5)};$$

其中，

P2×P6代表面积分布相似度，二阶矩表示连通域形状；

P3×P7代表形状分布形似度；

P4×P8代表连通域对称性分布相似度；

P5×P9代表中心区域聚集分布相似度；

P1×P1与上述四项取相同量纲，代表连通域个数相似度；

五项指标的几何平均数即为图片相似度度量P，P取值范围为0～1；

R表示标准工件改性参数值，Q表示待测工件改性参数值；

P小于等于0.5时，被测子图区域没有覆盖，记P＝0，P>0.5时，被测子图区域被覆盖，记P＝1，统计结果得出覆盖：C＝ΣP*S，S为每一子图对应试样面积所占试样总面积的比例。

2.根据权利要求1所述的一种表面改性质量检测方法，其特征在于，在S100采集图片时，用LED光源垂直照射在工件表面，调整检测平台使得工件表面几何中心处于CCD相机焦点，以步进方式移动检测平台，并拍摄工件的表面形貌图像。

3.根据权利要求2所述的一种表面改性质量检测方法，其特征在于，由CCD相机的屏幕分辨率、放大倍数以及工件尺寸确定检测平台的步进长度和步进次数，并拼接CCD相机每次步进拍摄的图像形成工件表面全景图像。

4.根据权利要求1所述的一种表面改性质量检测方法，其特征在于，在S200，工件的表面全景图像与其背景分隔的具体步骤包括：

S201、用最大类间差法将工件的表面全景图像二值化；

S202、对二值化后的表面全景图像进行形态学先闭后开运算，形态学算子为圆盘形算子，半径选择连通域平均半径；

S203、提取出表面全景图像除背景外最大连通域，反相后进行欧氏距离变换，并由Hough变换确定最终的工件方向；

S204、通过将标准工件二值图矩阵按所得方向平移旋转裁剪后与表面全景图像二值图矩阵的哈达玛积，即为从背景分割出的工件图像。

5.根据权利要求1所述的一种表面改性质量检测方法，其特征在于，对表面全景图像反相后进行欧氏距离变换得到灰度图像，取灰度图像的视觉上最亮点即为欧氏距离最大点为工件中心点，视觉上表现为明亮的棱边代表初步工件方向。

一种表面改性质量检测方法

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及表面改性技术领域，具体涉及一种表面改性质量检测方法。

背景技术

[0002] 表面改性就是指在保持材料或制品原性能的前提下，赋予其表面新的性能，如亲水性、生物相容性、抗静电性能、染色性能等。表面改性的方法有很多报道，大体上可以归结为:表面化学反应法、表面接枝法、表面复合化法等。

[0003] 表面改性技术则是采用化学的、物理的方法改变材料或工件表面的化学成分或组织结构以提高机器零件或材料性能的一类热处理技术。它包括化学热处理，包括渗氮、渗碳、渗金属等；表面涂层，包括低压等离子喷涂、低压电弧喷涂、激光重熔复合等薄膜镀层、物理气相沉积、化学气相沉积等以及非金属涂层技术等。这些用以强化零件或材料表面的技术，赋予零件耐高温、防腐蚀、耐磨损、抗疲劳、防辐射、导电、导磁等各种新的特性。

[0004] 而在对于现有的表面改性质量的分析上还处于相对空白的状态，通过纹理分析工件表面改性，图像表面噪声污染以及背景干涉影响着最终的改性情况的判断效果，同时也无法解决在传统视觉分析上改性前后的工件会出现灰度共生矩阵的计算结果相同的问题。

发明内容

[0005] 为此，本发明实施例提供一种表面改性质量检测方法，通过对工件图像的背景分割以及二值化后的子图的纹理分析，以解决现有技术中的问题。

[0006] 为了实现上述目的，本发明的实施方式提供如下技术方案：

[0007] 一种表面改性质量检测方法，包括步骤：

[0008] S100、利用CCD相机采集固定在检测平台上的工件的表面形貌图像，并拼接表面形貌图像形成工件的表面全景图像；

[0009] S200、利用OSTU最大类间差法将工件的表面全景图像二值化，经过形态学运算确定工件方向，获取工件的表面全景图像与其背景分割的工件图像；

[0010] S300、对工件图像进行局部二值化的纹理分析，得出覆盖率。

[0011] 作为本发明的一种优选方案，在S100采集图片时，用LED光源垂直照射在工件表面，调整检测平台使得工件表面几何中心处于CCD相机焦点，以步进方式移动检测平台，并拍摄工件的表面形貌图像。

[0012] 作为本发明的一种优选方案，是由CCD相机的屏幕分辨率、放大倍数以及工件尺寸确定检测平台的步进长度和步进次数。

[0013] 作为本发明的一种优选方案，在S200，工件的表面全景图像与其背景分隔的具体步骤包括：

[0014] S201、用最大类间差法将工件的表面全景图像二值化；

[0015] S202、对二值化后的表面全景图像进行形态学先闭后开运算，形态学算子为圆盘形算子，半径选择为连通域平均半径；

[0016] S203、提取出表面全景图像除背景外最大连通域，反相后进行欧氏距离变换，并由Hough变换确定最终的工件方向；

[0017] S204、通过将标准工件二值图矩阵按所得方向平移旋转裁剪后与表面全景图像二值图矩阵的哈达玛积，即为从背景分割出的工件图像。

[0018] 作为本发明的一种优选方案，对表面全景图像反相后进行欧氏距离变换得到灰度图像，取灰度图像的视觉上最亮点即为欧氏距离最大点为工件中心点，视觉上较亮的棱边代表初步工件方向，。

[0019] 作为本发明的一种优选方案，对工件图像的纹理分析需将从背景分割出的工件图像进行局部二值化，后消除提取出表面全景图像除背景外最大连通域中的微小连通域，随后将二值图分为$N_x \times N_y$个子图，进而对每个子图做纹理分析。

[0020] 作为本发明的一种优选方案，对于每个子图的纹理分析包括确定子图内连通域个数以及各连通域面积以及二阶、三阶和四阶中心距，并计算各连通域面积、二阶、三阶、四阶中心矩的均值及方差，并同由标准改性后工件表面图像经过相同上述步骤后得出9个参考的标准参数值，分析确定待检测工件表面改性质量与标准工件表面改性质量的相似度。

[0021] 作为本发明的一种优选方案，对于每个子图的纹理分析，以P表征表示被测工件子图像与标准工件子图像的相似度，且P表征的计算公式：

[0022] Pi＝abs(Ri-Qi)/(Ri+Qi) (i＝1-9)；

[0023] $$P = \left(P1 * \prod_{i=1}^{9} Pi\right)^{(1/5)};$$

[0024] 其中，P2×P6代表面积分布相似度，二阶矩表示连通域形状，P3×P7代表形状分布形似度，P4×P8代表连通域对称性分布相似度，P5×P9代表中心区域聚集分布相似度，P1×P1与上述四项取相同量纲，代表连通域个数相似度，五项指标的几何平均数即为图片相似度度量P，P取值范围为0-1。

[0025] 作为本发明的一种优选方案，P小于等于0.5时，被测子图区域没有覆盖，记P＝0，P>0.5时，被测子图区域被覆盖，记P＝1，统计结果得出覆盖：C＝ΣP*S，S为每一子图对应试样面积所占试样总面积的比例。

[0026] 本发明的实施方式具有如下优点：

[0027] 本发明利用CCD相机采集工件表面形貌全景图像，采用OSTU方法将全景图像二值化，又形态学先闭后开运算，提取最大连通域进行欧氏距离变换，以及利用Hough变换实现对工件的初步和最终工件方向的确定，提高工件计算中的精准度。

[0028] 以标准工件图片按所得中心点与方向裁剪全景图像，从背景分割出工件图像，实现更精准的分割。

[0029] 本发明将工件图像局部二值化，以最小分比率划分为Nx×Ny个子图像，对每个子图进行连通域纹理分析，统计图像内连通域个数、二阶、三阶、四阶中心矩，经统计学分析映射为图像相似度，进行纹理对比分析，可以更准确的判断工件表面的改性情况，避免了技术中因视觉上的不同造成改性前与改性后工件会出现灰度共生矩阵计算结果相似的情况。

[0030] 本发明可依托绝大多数实验室现有设备，并且检测速度较快，检测精度较高。

附图说明

[0031] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案，下面将对实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。显而易见地，下面描述中的附图仅仅是示例性的，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，还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0032] 本说明书所绘示的结构、比例、大小等，均仅用以配合说明书所揭示的内容，以供熟悉此技术的人士了解与阅读，并非用以限定本发明可实施的限定条件，故不具技术上的实质意义，任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整，在不影响本发明所能产生的功效及所能达成的目的下，均应仍落在本发明所揭示的技术内容得能涵盖的范围内。

[0033] 图1为本发明实施例中一种表面改性质量检测方法流程图；

[0034] 图2为本发明实施例中一种表面改性质量检测方法的工件部分采样结构图；

[0035] 图3为本发明实施例中一种表面改性质量检测方法的工件背景分割后结构图；

[0036] 图4为本发明实施例中一种表面改性质量检测方法对工件欧氏距离变换后的结构图；

[0037] 图5为本发明实施例中一种表面改性质量检测方法的工件全貌图像的子图分割结构图；

[0038] 图6为本发明实施例中一种表面改性质量检测方法未改性区域对比图及计算结果对比图；

[0039] 图7为本发明实施例中一种表面改性质量检测方法改性区域对比及计算结构对比图。

具体实施方式

[0040] 以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式，熟悉此技术的人士可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效，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做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。

[0041] 如图1所示，本实施例提供了一种表面改性质量检测方法，其特征在于：包括步骤：

[0042] S100、利用CCD相机采集固定在检测平台上的工件的表面形貌图像，并拼接表面形貌图像形成工件的表面全景图像；

[0043] S200、利用OSTU最大类间差法将工件的表面全景图像二值化，经过形态学运算确定工件方向，获取工件的表面全景图像与其背景分割的工件图像；

[0044] S300、对工件图像进行局部二值化的纹理分析，得出覆盖率。

[0045] 在S100采集图片时，用LED光源垂直照射在工件表面，调整检测平台使得工件表面几何中心处于CCD相机焦点，以步进方式移动检测平台，并拍摄工件的表面形貌图像。

[0046] 是由CCD相机的屏幕分辨率、放大倍数以及工件尺寸确定检测平台的步进长度和步进次数。

[0047] 在S200，工件的表面全景图像与其背景分隔的具体步骤包括：

[0048] S201、用最大类间差法将工件的表面全景图像二值化；

[0049] S202、对二值化后的表面全景图像进行形态学先闭后开运算，形态学算子为圆盘

形算子，半径选择为连通域平均半径；

[0050] S203、提取出表面全景图像除背景外最大连通域，反相后进行欧氏距离变换，并由Hough变换确定最终的工件方向；

[0051] S204、通过将标准工件二值图矩阵按所得方向平移旋转裁剪后与表面全景图像二值图矩阵的哈达玛积，即为从背景分割出的工件图像。

[0052] 对表面全景图像反相后进行欧氏距离变换得到灰度图像，取灰度图像的视觉上最亮点即为欧氏距离最大点为工件中心点，视觉上较亮的棱边代表初步工件方向，随后从通过数模方式的Hough变换提取较亮的工件的图像棱边，进一步精准的提取图像。

[0053] 对工件图像的纹理分析需将从背景分割出的工件图像进行局部二值化，后消除提取出表面全景图像除背景外最大连通域中的微小连通域，随后将二值图分为$N_x \times N_y$个子图，进而对每个子图做纹理分析。

[0054] 通过取出微小连通域可加快运算速度，通过消除微小连通域的噪声误差，提高精准度。

[0055] 对于每个子图的纹理分析包括确定子图内连通域个数以及各连通域面积以及二阶、三阶和四阶中心距，并计算各连通域面积、二阶、三阶、四阶中心矩的均值及方差，并同由标准改性后工件表面图像经过相同上述步骤后得出9个参考的标准参数值，分析确定待检测工件表面改性质量与标准工件表面改性质量的相似度；

[0056] 9个标准工件改性后参数R值包括：

[0057] R1连通域密度、R2面积均值、R3二阶矩均值、R4方向均值、R5四阶矩均值、R6面积方差、R7二阶矩方差、R8三阶矩方差和R9方向方差。

[0058] 并用Q代表待测工件改性后的参数值，Q与R的对比得出相似度P，判断是否改性。

[0059] 对于每个子图的纹理分析，以P表征表示被测工件子图像与标准工件子图像的相似度，且P表征的计算公式：

[0060] $$Pi = \frac{|Ri - Qi|}{Ri + Qi}, \quad P = \sqrt[5]{P1 * \prod_{i=1}^{9}(Pi)} \quad (i = 1 - 9);$$

[0061] 其中，

[0062] P2×P6代表面积分布相似度，二阶矩表示连通域形状；

[0063] P3×P7代表形状分布形似度，三阶矩表示对称性；

[0064] P4×P8代表连通域对称性分布相似度；

[0065] P5×P9代表中心区域聚集分布相似度；

[0066] P1×P1与上述四项取相同量纲，代表子图连通域个数相似度；

[0067] 上述五项指标的几何平均数即为图片相似度度量P，P取值范围为0-1。

[0068] 在对连通域的阶矩的计算的纹理分析方式包括：c行r列的二值图像I可以表示为I＝I(i，j)，其中i，j为整数，且1≤i≤c，1≤j≤r，I取值为0和1。

[0069] 二值图像的p+q阶矩定义为

[0070] $$M_{pq} = \sum_i \sum_j x^p y^q I(i,j)$$

[0071] 二值图像的p+q阶中心矩定义为

[0072] $\mu_{pq}=\sum_i\sum_j(x-\overline{x})^p(y-\overline{y})^qI(i,j)$

[0073] 其中，$\overline{x}=\frac{M_{10}}{M_{00}},\overline{y}=\frac{M_{01}}{M_{00}}$。设f为包含I中任一连通域的最小矩形，则单个连通域的4个参数定义如下：

[0074] 面积，连通域包含像素个数

[0075] $s=\sum_i\sum_j f(i,j)$

[0076] 方向，

[0077] $\theta=\frac{1}{2}\tan^{-1}\left(\frac{2\mu'_{11}}{\mu'_{20}-\mu'_{02}}\right)$

[0078] 其中，$\mu'_{20}=\frac{\mu_{20}}{\mu_{00}}=\frac{M_{20}}{M_{00}}-\overline{x}^2,\mu'_{02}=\frac{\mu_{02}}{\mu_{00}}=\frac{M_{02}}{M_{00}}-\overline{y}^2,\mu'_{11}=\frac{\mu_{11}}{\mu_{00}}=\frac{M_{11}}{M_{00}}-\overline{xy}$ 相同面积下，圆的二阶中心矩最小，以二阶中心矩表征连通域的扁平程度，椭圆扁率取值范围为0-1，不能很好的区分条纹状连通域。

[0079] $o=\sqrt{\left(\frac{u_{02}}{u_{00}}+\frac{u_{20}}{u_{00}}\right)}$

[0080] 中心对称的图形的三阶中心矩为零，以三阶中心矩的绝对值表征连通域的对称性。

[0081] $p=\sqrt[3]{\left|\frac{u_{03}}{u_{00}}+\frac{u_{30}}{u_{00}}\right|}$

[0082] 记图像内连通域个数为N，定义单个像素连通域个数为连通域分布密度

[0083] $n=\frac{N}{c\times r}$

[0084] 设t为连通域纹理任一特征参数，t_i(1≤i≤N)为集合t的元素，则t的均值t_m及标准差t_s计算公式为：

[0085] $t_m=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}t_i,t_s=\sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(t_i-t_m)^2}$

[0086] P小于等于0.5时，被测子图区域没有覆盖，记P＝0，P>0.5时，被测子图区域被覆盖，记P＝1；Pj表征每一子图是否改性，取值为0，1。Sj为每一子图对应试样面积所占试样总面积的比例，j取值范围为1:Nx×Ny，Nx×Ny为子图个数。

[0087] 统计结果得出覆盖：

[0088] C＝ΣP*S，

[0089] S为每一子图对应试样面积所占试样总面积的比例，

[0090] 通过该比例确定表面改性材料要求规定区域表面全覆盖的情况，如果有较大区域没有覆盖，则表面改性不合格。

[0091] 本发明利用CCD相机采集工件表面形貌全景图像，采用OSTU方法将全景图像二值化，又形态学先闭后开运算，提取最大连通域进行欧氏距离变换，以及利用Hough变换实现对工件的初步和最终工件方向的确定，提高工件计算中的精准度。

[0092] 以标准工件图片按所得中心点与方向裁剪全景图像，从背景分割出工件图像，实现更精准的分割。

[0093] 本发明将工件图像局部二值化，以最小分比率划分为Nx×Ny个子图像，对每个子图进行连通域纹理分析，统计图像内连通域个数、二阶、三阶、四阶中心矩，经统计学分析映射为图像相似度，进行纹理对比分析，可以更准确的判断工件表面的改性情况，避免了技术中因视觉上的不同造成改性前与改性后工件会出现灰度共生矩阵计算结果相似的情况。

[0094] 本发明可依托绝大多数实验室现有设备，并且检测速度较快，检测精度较高。

[0095] 虽然，上文中已经用一般性说明及具体实施例对本发明作了详尽的描述，但在本发明基础上，可以对之作一些修改或改进，这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此，在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进，均属于本发明要求保护的范围。

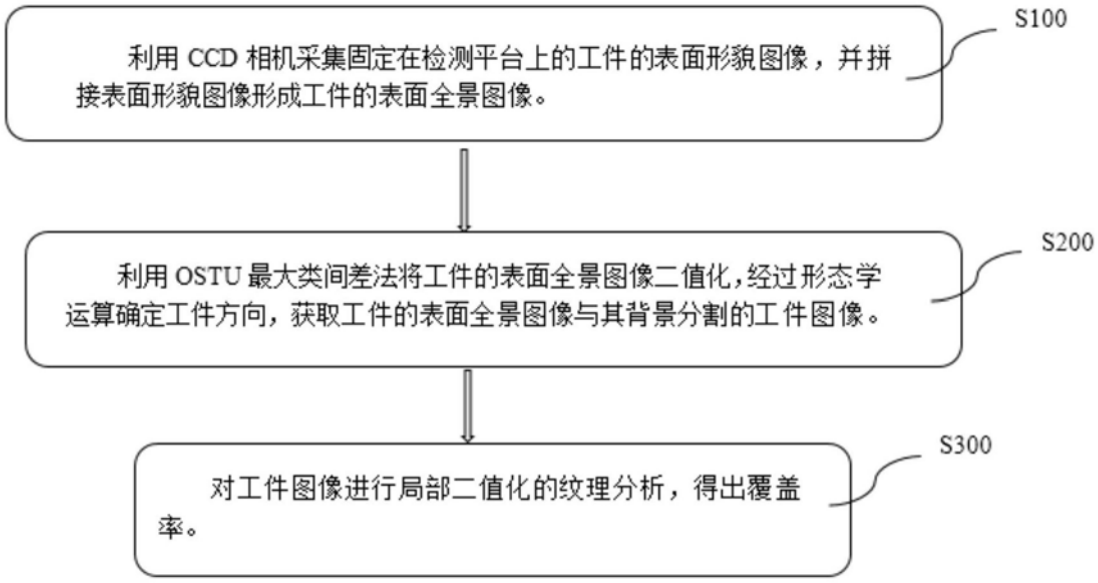

S100
利用 CCD 相机采集固定在检测平台上的工件的表面形貌图像，并拼接表面形貌图像形成工件的表面全景图像。
S200
利用 OSTU 最大类间差法将工件的表面全景图像二值化，经过形态学运算确定工件方向，获取工件的表面全景图像与其背景分割的工件图像。
S300
对工件图像进行局部二值化的纹理分析，得出覆盖率。

图1

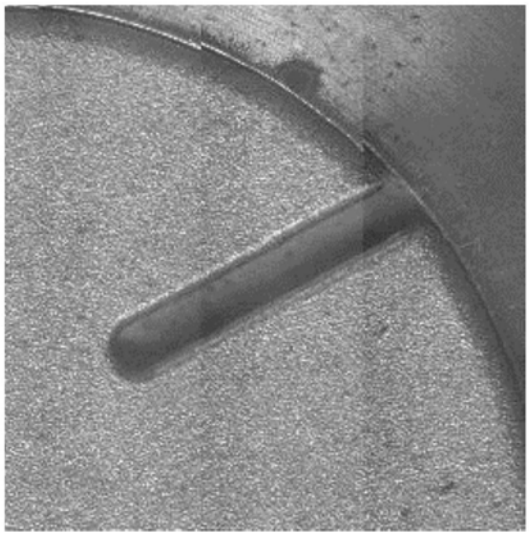


图2

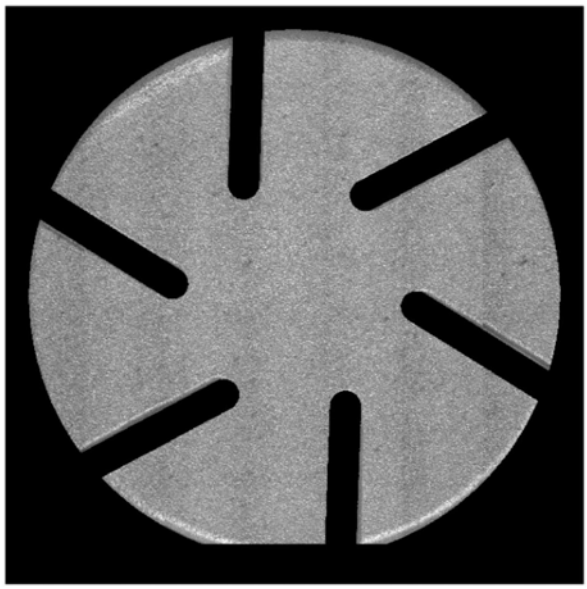


图3

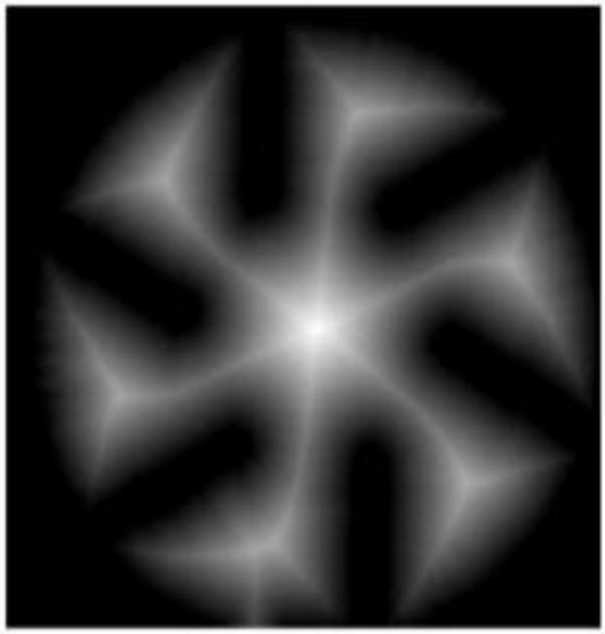


图4

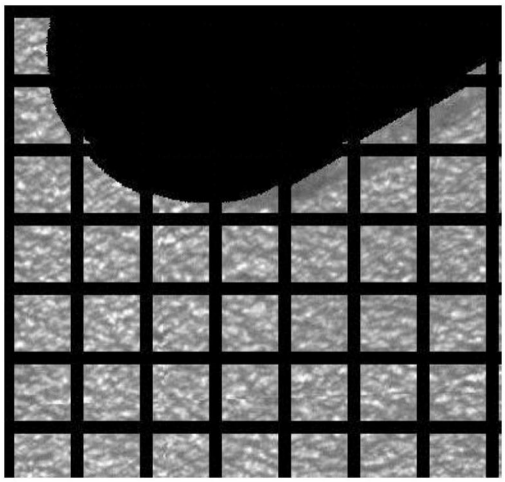


图5

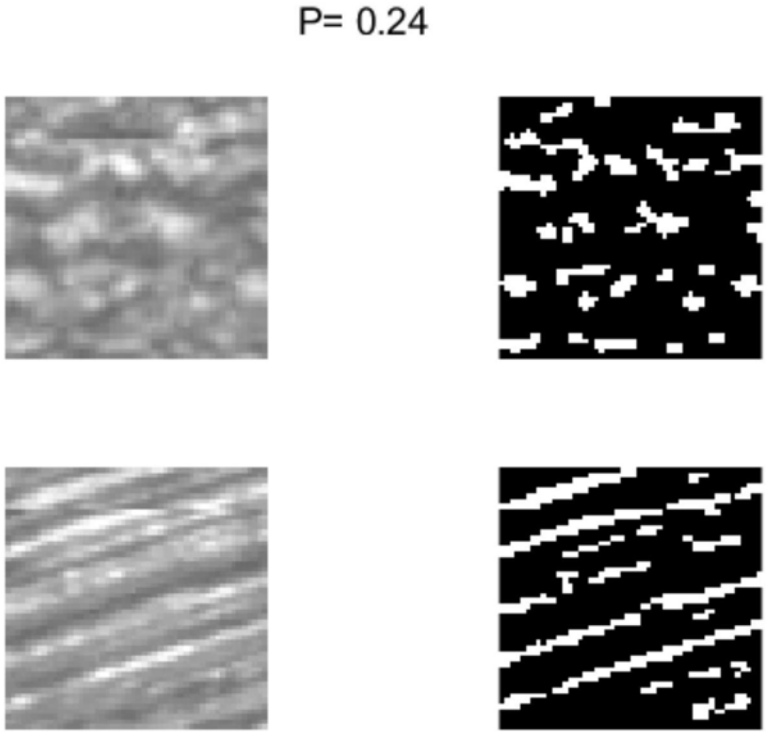


图6

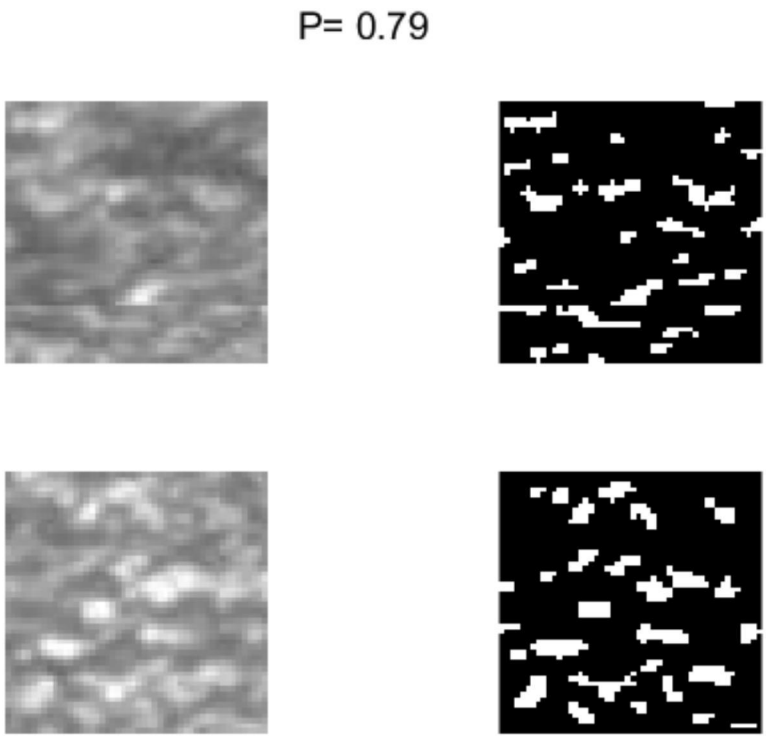


图7