



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115880280 A

(43) 申请公布日 2023. 03. 31

(21) 申请号 202310048715.3

G06V 10/30 (2022.01)

(22) 申请日 2023.02.01

G06V 10/28 (2022.01)

(71) 申请人 山东建筑大学鉴定检测中心有限公司

地址 250000 山东省济南市历下区历山路
96号山东建筑大学和平校区图书馆
一、二层

(72) 发明人 刘明宝 马萍 李咀安

(74) 专利代理机构 郑州知倍通知识产权代理事
务所(普通合伙) 41191

专利代理师 卞广伟

(51) Int. Cl.

G06T 7/00 (2017.01)

G06T 7/60 (2017.01)

G06V 10/26 (2022.01)

权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种钢结构焊缝质量的检测方法

(57) 摘要

本发明涉及图形数据读取技术领域,具体涉及一种钢结构焊缝质量的检测方法;该方法通过提取焊缝区域对应的灰度图像中的各缺陷区域;计算各缺陷区域的圆度与饱和程度;根据所述饱和程度与圆度,计算各缺陷区域对应的粗糙指标;根据粗糙指标对各缺陷区域进行灰度变换拉伸,计算灰度变换拉伸后的缺陷区域对应的饱和程度;根据缺陷区域进行灰度变换拉伸前后对应的饱和程度,计算各缺陷区域对应的判定值;根据判定值判定各缺陷区域为缩孔缺陷还是气孔缺陷。本发明能够准确判定各缺陷区域对应的缺陷类型为缩孔缺陷还是气孔缺陷,进而精准实现对焊缝质量的检测。



1. 一种钢结构焊缝质量的检测方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

获取钢材完成焊接时对应的图像信息,对图像信息进行预处理得到焊缝区域对应的灰度图像,并提取灰度图像中的各缺陷区域;

获取各缺陷区域对应的最大内接矩形,将最大内接矩形的对角线交点作为各缺陷区域的虚拟圆心,根据缺陷区域的外轮廓边缘点到对应虚拟圆心的距离计算虚拟半径;基于虚拟半径计算各缺陷区域的圆度;

根据各缺陷区域中不同灰度值出现的频率,计算各缺陷区域的饱和程度;

根据所述饱和程度与圆度,计算各缺陷区域对应的粗糙指标;根据粗糙指标对各缺陷区域进行灰度变换拉伸,计算灰度变换拉伸后的缺陷区域对应的饱和程度;根据缺陷区域进行灰度变换拉伸前后对应的饱和程度,计算各缺陷区域对应的判定值;

比较判定值与设定阈值的大小,当判定值小于等于设定阈值时,判定对应的缺陷区域为气孔缺陷,当判定值大于设定阈值时,判定对应的缺陷区域为缩孔缺陷。

2. 根据权利要求1所述的一种钢结构焊缝质量的检测方法,其特征在于,所述根据缺陷区域的外轮廓边缘点到虚拟圆心的距离计算虚拟半径的方法为:将所有外轮廓边缘点到虚拟圆心的距离的均值作为虚拟半径。

3. 根据权利要求1所述的一种钢结构焊缝质量的检测方法,其特征在于,所述基于虚拟半径计算各缺陷区域的圆度的方法为:计算缺陷区域的各外轮廓边缘点到虚拟圆心的距离与虚拟半径的差值,根据差值确定圆度。

4. 根据权利要求1所述的一种钢结构焊缝质量的检测方法,其特征在于,所述根据各缺陷区域中不同灰度值出现的频率,计算各缺陷区域的饱和程度的方法为:获取缺陷区域对应的灰度直方图,根据灰度直方图获取不同灰度值出现的频率,统计频率大于0对应的灰度值的数量,根据所述数量确定各缺陷区域的饱和程度。

5. 根据权利要求1所述的一种钢结构焊缝质量的检测方法,其特征在于,所述根据所述饱和程度与圆度,计算各缺陷区域对应的粗糙指标的方法为:计算各缺陷区域对应的饱和程度与圆度两者的差值,基于差值确定粗糙指标。

6. 根据权利要求1所述的一种钢结构焊缝质量的检测方法,其特征在于,所述根据粗糙指标对各缺陷区域进行灰度变换拉伸具体为:将粗糙指标作为缺陷区域进行灰度变换拉伸时的变换系数,采用线性变化的方式对各缺陷区域进行灰度变换拉伸。

7. 根据权利要求1所述的一种钢结构焊缝质量的检测方法,其特征在于,所述根据缺陷区域进行灰度变换拉伸前后对应的饱和程度,计算各缺陷区域对应的判定值的方法为:计算缺陷区域进行灰度变换拉伸前后对应的饱和程度的差值,基于差值确定判定值。

8. 根据权利要求1所述的一种钢结构焊缝质量的检测方法,其特征在于,所述提取灰度图像中的各缺陷区域的方法为:

首先对灰度图像进行闭运算,将闭运算后的灰度图像与灰度图像作差,得到差值图像,对差值图像进行二值化操作,得到二值图像,将二值图像作为掩膜图像与灰度图像相乘,得到灰度图像中的各缺陷区域。

一种钢结构焊缝质量的检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及图形数据读取技术领域,具体涉及一种钢结构焊缝质量的检测方法。

背景技术

[0002] 目前对于钢结构的质量检测十分重视,钢材需要很强的承重能力,由于缺陷会影响钢材的承重能力,所以钢材表面应该尽可能的不出现缺陷,但是,由于钢材在组建过程中一定会用到焊接技术,并且焊接技术存在一定的质量缺陷,例如缩孔、夹渣以及气孔等缺陷,这些缺陷会影响钢材的承重能力,故对钢材结构的焊缝的质量检测十分重要。

[0003] 现有技术常用气孔和缩孔的灰度值差异进行语义分割来区分气孔与缩孔,但是气孔与缩孔的灰度值非常相近,传统语义分割依靠人工对图像进行标注,而人工标注过程中由于视觉疲劳或焊缝反射光线等情况造成人工标注过程中容易出现错误标注,一旦产生错误标注,后续的语义分割则会识别错误,导致无法精准区分气孔与缩孔,进而得不到准确的质量检测结果。

发明内容

[0004] 为了解决上述技术问题,本发明的目的在于提供一种钢结构焊缝质量的检测方法,所采用的技术方案具体如下:

获取钢材完成焊接时对应的图像信息,对图像信息进行预处理得到焊缝区域对应的灰度图像,并提取灰度图像中的各缺陷区域;

获取各缺陷区域对应的最大内接矩形,将最大内接矩形的对角线交点作为各缺陷区域的虚拟圆心,根据缺陷区域的外轮廓边缘点到对应虚拟圆心的距离计算虚拟半径;基于虚拟半径计算各缺陷区域的圆度;

根据各缺陷区域中不同灰度值出现的频率,计算各缺陷区域的饱和程度;

根据所述饱和程度与圆度,计算各缺陷区域对应的粗糙指标;根据粗糙指标对各缺陷区域进行灰度变换拉伸,计算灰度变换拉伸后的缺陷区域对应的饱和程度;根据缺陷区域进行灰度变换拉伸前后对应的饱和程度,计算各缺陷区域对应的判定值;

比较判定值与设定阈值的大小,当判定值小于等于设定阈值时,判定对应的缺陷区域为气孔缺陷,当判定值大于设定阈值时,判定对应的缺陷区域为缩孔缺陷。

[0005] 优选的,所述根据缺陷区域的外轮廓边缘点到虚拟圆心的距离计算虚拟半径的方法为:将所有外轮廓边缘点到虚拟圆心的距离的均值作为虚拟半径。

[0006] 优选的,所述基于虚拟半径计算各缺陷区域的圆度的方法为:计算缺陷区域的各外轮廓边缘点到虚拟圆心的距离与虚拟半径的差值,根据差值确定圆度。

[0007] 优选的,所述根据各缺陷区域中不同灰度值出现的频率,计算各缺陷区域的饱和程度的方法为:获取缺陷区域对应的灰度直方图,根据灰度直方图获取不同灰度值出现的频率,统计频率大于0的对应灰度值的数量,根据所述数量确定各缺陷区域的饱和程度。

[0008] 优选的,所述根据所述饱和程度与圆度,计算各缺陷区域对应的粗糙指标的方法

为:计算各缺陷区域对应的饱和程度与圆度两者的差值,基于差值确定粗糙指标。

[0009] 优选的,所述根据粗糙指标对各缺陷区域进行灰度变换拉伸具体为:将粗糙指标作为缺陷区域进行灰度变换拉伸时的变换系数,采用线性变化的方式对各缺陷区域进行灰度变换拉伸。

[0010] 优选的,所述根据缺陷区域进行灰度变换拉伸前后对应的饱和程度,计算各缺陷区域对应的判定值的方法为:计算缺陷区域进行灰度变换拉伸前后对应的饱和程度的差值,基于差值确定判定值。

[0011] 优选的,所述提取灰度图像中的各缺陷区域的方法为:

首先对灰度图像进行闭运算,将闭运算后的灰度图像与灰度图像作差,得到差值图像,对差值图像进行二值化操作,得到二值图像,将二值图像作为掩膜图像与灰度图像相乘,得到灰度图像中的各缺陷区域。

[0012] 本发明实施例至少具有如下有益效果:

本发明涉及图形数据读取技术领域,具体涉及一种钢结构焊缝质量的检测方法,本发明通过提取焊缝区域对应的灰度图像中的各缺陷区域;计算各缺陷区域的圆度与饱和程度;根据所述饱和程度与圆度,计算各缺陷区域对应的粗糙指标;粗糙指标能够反映出缺陷区域的特征,该特征结合了形状特征指标圆度与内部光滑程度特征指标饱和程度,避免了利用单一特征指标进行判定的局限性,提高了后续缺陷类别识别的准确性,进而能够精准判定各缺陷区域对应的缺陷类别为气孔缺陷还是缩孔缺陷。同时,本发明根据粗糙指标对各缺陷区域进行灰度变换拉伸,计算灰度变换拉伸后的缺陷区域对应的饱和程度;根据缺陷区域进行灰度变换拉伸前后对应的饱和程度,计算各缺陷区域对应的判定值;根据判定值判定各缺陷区域为缩孔缺陷还是气孔缺陷。其中,判定值表征的是缺陷区域灰度变换拉伸前后的饱和程度的变化,该变化能够验证粗糙指标的准确性,保证了对缺陷区域对应的缺陷类别的判定精度;进而得到准确的质量检测结果。

附图说明

[0013] 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和优点,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单的介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅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它附图。

[0014] 图1为本发明的一种钢结构焊缝质量的检测方法实施例的步骤流程图;

图2为气孔缺陷示意图;

图3为缩孔缺陷示意图。

具体实施方式

[0015] 为了更进一步阐述本发明为达成预定发明目的所采取的技术手段及功效,以下结合附图及较佳实施例,对依据本发明提出的方案,其具体实施方式、结构、特征及其功效,详细说明如下。在下述说明中,不同的“一个实施例”或“另一个实施例”指的不一定是同一实施例。此外,一或多个实施例中的特定特征、结构或特点可由任何合适形式组合。

[0016] 除非另有定义,本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的

技术人员通常理解的含义相同。

[0017] 本发明的主要目的是：对钢材完成焊接时对应的图像信息进行分析处理，得到各个缺陷区域，计算各缺陷区域对应的判定值，基于判定值判定对应的缺陷区域为气孔缺陷还是缩孔缺陷，为工作人员评判焊缝质量提供基础，同时有利于工作人员快速对于不同的缺陷提供不同的解决措施，达到对症下药的目的，避免后续焊接过程中对应缺陷的重复出现。

[0018] 请参阅图1，其示出了本发明一个实施例提供的一种钢结构焊缝质量的检测方法的步骤流程图，该方法包括以下步骤：

步骤1，获取钢材完成焊接时对应的图像信息，对图像信息进行预处理得到焊缝区域对应的灰度图像，并提取灰度图像中的各缺陷区域。

[0019] 钢材焊接完成后，待焊缝冷却结束后，在钢材上方放置专业CCD相机，垂直向下采集钢材完成焊接时对应的图像信息，对采集到的图像信息使用训练好的语义分割网络模型进行语义分割，语义分割的结果保留了焊缝区域，去除了背景区域，避免了背景区域的干扰，其中，语义分割网络模型具有多种，实施者可选取任意一种语义分割网络模型进行语义分割，本发明不再赘述，同时，语义分割网络模型的具体训练过程为公知技术，不在本发明的保护范围内，因此不再赘述。

[0020] 进一步地，图像信息在的采集与传输过程中极易受到各种噪声的影响，故对语义分割后的图像信息进行高斯滤波降噪处理，去除噪声的干扰，使得后续的结果更加准确，之后再降降噪处理后的图像信息进行灰度化处理，得到焊缝区域对应的灰度图像。其中灰度化处理的方式有多种，实施者任意选取其中一种对其进行灰度化处理即可，例如采取加权平均值算法对其进行灰度化处理，其中，采取加权平均值算法进行灰度化处理的具体过程以及高斯滤波均为公知技术，不再赘述。

[0021] 然后提取灰度图像中的各缺陷区域，由于焊缝区域大部分为高亮区域，如图2和图3所示，图2为气孔缺陷示意图，图3为缩孔缺陷示意图；图2中的亮白色矩形对应焊缝区域，图3中的亮白色矩形对应焊缝区域，所以焊缝区域大部分为高亮区域，而高亮区域极易产生反光影响，使用常规的otsu阈值分割会受到反光的影响，从而造成部分反光区域中的缺陷区域提取不完整。因此本实施例选用形态学技术提取缺陷区域，能够在一定程度上减弱反光影响。

[0022] 具体地，首先对灰度图像进行闭运算，闭运算为公知技术，具体过程不再赘述。将闭运算后的灰度图像与灰度图像作差，得到差值图像，即 $B_{\text{hat}}(f) = (f \cdot b) - f$ ，式中， $B_{\text{hat}}(f)$ 表示差值图像， $(f \cdot b)$ 表示闭运算后的灰度图像， b 表示闭运算操作； f 表示灰度图像。然后对差值图像进行二值化操作，得到二值图像，将二值图像作为掩膜图像与灰度图像相乘，得到灰度图像中的各缺陷区域；即 $B(f) = B_{\text{hat}}(f)' * f$ ，其中， $B(f)$ 表示灰度图像中的各缺陷区域， $B_{\text{hat}}(f)'$ 表示二值图像，也即掩膜图像，像素值只有0和1，且缺陷区域对应的像素值为1，除缺陷区域之外的其他焊缝区域对应的像素值为0； f 表示灰度图像。

[0023] 至此，得到了灰度图像中的各缺陷区域。

[0024] 需要说明的是,由于在灰度图像中除缺陷区域以外的其余区域是由于反光呈现出偏亮的状态,灰度值较大;而缺陷区域的灰度值较小,颜色偏暗;将缺陷区域看作为需要提取的目标区域,将除缺陷区域以外的其余区域看作背景区域,对于这种背景区域偏亮,目标区域偏暗的情况,使用闭运算能够取得更好的分割效果,所以本实施例对灰度图像进行闭运算操作,进而提取灰度图像中的目标区域。

[0025] 步骤2,获取各缺陷区域对应的最大内接矩形,将最大内接矩形的对角线交点作为各缺陷区域的虚拟圆心,根据缺陷区域的外轮廓边缘点到对应虚拟圆心的距离计算虚拟半径;基于虚拟半径,计算各缺陷区域的圆度。

[0026] 根据图2和图3可以得知,气孔缺陷与缩孔缺陷具有不同的特征,气孔缺陷对应的区域形状规则,孔壁光滑;缩孔缺陷对应的区域形状不规则且孔壁粗糙;并且对于同一个缺陷区域,形状规则程度与孔壁的粗糙程度存在一定的关联关系,因此,对各缺陷区域的形状规则程度与孔壁的粗糙程度进行分析。

[0027] 具体地,以其中一个缺陷区域为例,对其形状规则程度的分析过程进行说明,具体过程为:获取缺陷区域对应的最大内接矩形,将最大内接矩形的对角线交点作为缺陷区域的虚拟圆心,根据缺陷区域的外轮廓边缘点到对应虚拟圆心的距离计算虚拟半径;基于虚拟半径,计算各缺陷区域的圆度。最大内接矩形的获取方法为公知技术,不再赘述。

[0028] 本实施例中将所有外轮廓边缘点到虚拟圆心的距离的均值作为虚拟半径,作为其他实施方式,也可将所有外轮廓边缘点到虚拟圆心的距离的最大值或者最小值作为虚拟半径,实施者根据具体情况调整虚拟半径的取值,保证虚拟半径的取值在距离的最大值和最小值之间即可。

[0029] 本实施例中的虚拟半径用公式表示为: $r = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$, r 为虚拟半径, d_i 为第*i*个外轮廓边缘点到虚拟圆心的距离, n 为外轮廓边缘点的总数量。其中,外轮廓边缘点通过对缺陷区域进行边缘检测获取,例如,通过canny算子对缺陷区域进行边缘检测,获取缺陷区域对应的外轮廓边缘点;边缘检测为公知技术,不再赘述。

[0030] 上述中圆度的获取方法为:计算缺陷区域的各外轮廓边缘点到虚拟圆心的距离与虚拟半径的差值,根据差值确定圆度,其用公式表示为:

$$Mo = \exp\left(-\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (d_i - r)^2}}\right)$$

其中, Mo 为圆度, d_i 为第*i*个外轮廓边缘点到虚拟圆心的距离; r 为虚拟半径, n 为外轮廓边缘点的总数量; $\exp()$ 为以自然常数e为底的指数函数。

[0031] 由于本实施例中所有外轮廓边缘点到虚拟圆心的距离的均值为虚拟半径,则

$\sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (d_i - r)^2}$ 表征的是虚拟圆心到各外轮廓边缘点的距离对应的标准差,标准差越小,说明距离的离散程度越小,距离分布越均匀;即虚拟圆心到各外轮廓边缘点的距离越接

近于虚拟半径,即缺陷区域越接近于圆,对应圆度的取值越大,即圆度的取值与标准差呈现负相关的关系,所以利用 $\exp()$ 对标准差进行处理,得到圆度,以满足这种负相关的关系。

[0032] Mo 的取值越大,代表缺陷区域对应的外轮廓边缘点到虚拟圆心的距离分布越集中,即缺陷区域对应的外轮廓边缘点到虚拟圆心的距离越接近于虚拟半径,说明缺陷区域的形状越接近于圆,缺陷区域的形状规则程度越高,缺陷区域为气孔缺陷的可能性也越大,通过缺陷区域对应的圆度表征缺陷区域对应的形状规则程度;反之, Mo 的取值越小,说明缺陷区域为气孔缺陷的可能性越小,为缩孔缺陷的可能性越大。

[0033] 步骤3,根据各缺陷区域中不同灰度值出现的频率,计算各缺陷区域的饱和程度。

[0034] 上述得到了每个缺陷区域的圆度,该圆度便代表缺陷区域为气孔缺陷的可能性;但不能简单的根据缺陷区域的圆度来确定该缺陷区域对应的缺陷类别为气孔缺陷还是缩孔缺陷,若仅仅通过圆度这一个指标确定缺陷区域对应的缺陷类别会存在误差,例如,部分圆度稍微较差的缺陷区域不一定是气孔缺陷,同样的,一些圆度较好的缺陷区域也有可能是缩孔缺陷,因此需要进一步分析缺陷区域的孔壁的粗糙程度。

[0035] 气孔缺陷的孔壁光滑,当有自然光照射时孔壁会反射出光线,孔底会发白,其余区域主要为黑色,所以气孔缺陷区域的灰度值比较单一,只有较白和较黑两种颜色;而缩孔区域的孔壁粗糙,有黑白灰多种颜色散乱分布;因此,气孔缺陷对应的缺陷区域的灰度直方图中频率大于0对应的灰度值较少,而缩孔区域对应的缺陷区域的灰度直方图中频率大于0对应的灰度值较多,基于此,根据各缺陷区域中不同灰度值出现的频率,计算各缺陷区域的饱和程度,用于反映缺陷区域的孔壁的粗糙程度。

[0036] 饱和程度的获取方法为:获取缺陷区域对应的灰度直方图,灰度直方图的x轴为不同的灰度值,y为对应灰度值出现的频率,所以根据灰度直方图能够获取不同灰度值出现的频率,统计频率大于0的对应灰度值的数量,根据所述数量确定各缺陷区域的饱和程度,其

用公式表示为: $Ha = \exp\left(-\frac{256}{t}\right)$, Ha 为饱和程度, t 为频率大于0的对应灰度值的数量。由

公知常识得知,灰度值的取值在0-255之间,具有256个不同的灰度值,当频率大于0时,说明该缺陷区域中存在频率大于0对应的灰度值;反之,说明该缺陷区域中不存在频率大于0对应的灰度值;因此 t 的取值越大,说明该缺陷区域中灰度值的分布越广泛;即该缺陷区域中有黑白灰多种颜色散乱分布,表征该缺陷区域越有可能为缩孔缺陷,反之,表征该缺陷区域越可能为气孔缺陷。

[0037] 步骤4,根据所述饱和程度与圆度,计算各缺陷区域对应的粗糙指标;根据粗糙指标对各缺陷区域进行灰度变换拉伸,计算灰度变换拉伸后的缺陷区域对应的饱和程度;根据缺陷区域进行灰度变换拉伸前后对应的饱和程度,计算各缺陷区域对应的判定值。

[0038] 由于存在一些缺陷区域,对应的圆度较大但是其内壁光滑程度较差,此时无法根据圆度与饱和程度直接判断其为缩孔缺陷还是气孔缺陷,故为了提高缺陷类别识别的准确性,本发明通过将饱和程度与圆度进行结合,得到各缺陷区域对应的粗糙指标,通过粗糙指标来综合评判对应的缺陷区域为气孔缺陷还是缩孔缺陷。

[0039] 首先获取各缺陷区域对应的面积,根据不同的面积及其对应的缺陷区域的数量,获得统计直方图,统计直方图中,x轴为不同的面积,y轴为不同面积对应的缺陷区域的数

量;根据统计直方图利用大津阈值法对各缺陷区域进行分组,得到至少两个组;每一个组中的各缺陷区域对应的面积极为相似。其中,大津阈值法为公知技术,不再赘述。

[0040] 然后以组为单位,计算组内各缺陷区域对应的粗糙指标,具体地,计算各缺陷区域对应的饱和程度与圆度两者的差值,基于所述差值确定粗糙指标,用公式表示为:

$Pa = e^{-(Mo-Ha)}$,其中, Pa 为任意一组内其中一个缺陷区域对应的粗糙指标; Mo 为该缺陷区域的圆度; Ha 为该缺陷区域的饱和程度; e 为自然常数。

[0041] $Mo - Ha$ 为同一缺陷区域的圆度与饱和程度的差值, $e^{-(Mo-Ha)}$ 是对差值进行归一化处理,便于后续操作。

[0042] 气孔缺陷的圆度较大,圆度较大的气孔边缘区域受到的光照以及反射的光照是均匀的,所以边缘像素点的灰度值是相近的,进而气孔缺陷对应的饱和程度是较小的,基于此,气孔缺陷的圆度与饱和程度的差值大于0,则粗糙指标的取值小于1;缩孔缺陷的圆度较小且对应得饱和程度较大,此时缩孔缺陷的圆度与饱和程度的差值小于0,则粗糙指标的取值大于1。

[0043] 通过上述分析可知,当 $Pa > 1$ 时,则对应的缺陷区域为缩孔缺陷的可能性较大;当 $Pa < 1$ 时,则对应的缺陷区域为气孔缺陷的可能性较大。至此,对于每个缺陷区域均获得了其对应的 Pa 。需要说明的是,上述中以任意一组内其中一个缺陷区域为例,对粗糙指标的计算方法进行了说明,该组中剩余其他缺陷区域均通过上述方法计算出同一组内所有缺陷区域的粗糙指标。只有控制缺陷区域对应的面积相似时,使用粗糙指标区分气孔缺陷与缩孔缺陷的准确度越高。

[0044] 需要说明的是,对缺陷区域进行面积分组的原因是,缺陷区域的面积不同时,缺陷区域的内壁光滑程度有较大差异,例如面积越大的气孔缺陷区域边缘和底部存在较为明显的反光情况,进而使得其灰度直方图的饱和程度越大,此时,气孔缺陷与缩孔缺陷的区分度越小;而面积较小的气孔缺陷区域反光情况弱,其灰度直方图的饱和程度较小,此时,气孔缺陷与缩孔区分度较大;因此面积的取值对于区分两种不同的缺陷类型有一定影响,因此本实施例通过面积将缺陷区域进行分组,提高了区分气孔缺陷与缩孔缺陷的准确度。

[0045] 为了进一步验证粗糙指标的准确性,根据粗糙指标对缺陷区域进行灰度变换拉伸,即将粗糙指标作为对应的缺陷区域进行灰度变换拉伸时的变换系数,其中采用线性变化的方式对各缺陷区域进行灰度变换拉伸;线性灰度变换公式为: $y = Pa * G + b$,式中, G 为粗糙指标为 Pa 的缺陷区域内各像素点的灰度值; Pa 为粗糙指标, y 表示对缺陷区域进行灰度变换拉伸后的灰度值, b 表示像素点的灰度值的加减变化情况,本实施例中为了方便计算,将 b 的取值设置为0,实施者可根据实际情况调整 b 的取值。

[0046] 使用上述线性灰度变换公式对每个缺陷区域均进行灰度变换拉伸,得到的效果为:如果缺陷区域为缩孔缺陷的可能性较大时,则灰度变换拉伸后相对于灰度拉伸变换前缺陷区域的对比度增强;而如果缺陷区域为气孔缺陷的可能性较大时,则灰度变换拉伸后相对于灰度拉伸变换前缺陷区域的对比度减小。

[0047] 由于上述根据粗糙指标对每个缺陷区域的像素点的灰度值进行了线性灰度变换，粗糙指标大于1的缺陷区域的对比度被增强，粗糙指标小于1的缺陷区域的对比度被减小；缺陷区域对比度的变化会在缺陷区域的灰度直方图的饱和程度上反映出来，如果缺陷区域对比度被增强，则灰度变换拉伸后的缺陷区域的灰度直方图的饱和程度也会增大；反之，如果缺陷区域对比度被减小，则灰度变换拉伸后的缺陷区域的灰度直方图的饱和程度也会减小。

[0048] 基于此，根据缺陷区域进行灰度变换拉伸前后对应的饱和程度，计算各缺陷区域对应的判定值，具体地，计算缺陷区域进行灰度变换拉伸前后对应的饱和程度的差值，基于差值确定判定值，其用公式表示为：

$$Sa = \text{relu}\{ha - ha_2\}$$

式中， Sa 为缺陷区域对应的判定值， ha 为缺陷区域灰度变换拉伸前对应的饱和程度； ha_2 为缺陷区域灰度变换拉伸后对应的饱和程度； $\text{relu}\{\}$ 为线性整流函数，用于对差值进行归一化处理，使得判定值的取值在0-1之间，方便后续判定缺陷区域为何种缺陷类型。

[0049] $ha - ha_2$ 表征缺陷区域进行灰度变换拉伸前后对应的饱和程度的变化，该变化能够体现出对应的缺陷区域在灰度变换拉伸后对应的饱和程度是增大了还是减小了，当变化为减小时，则对应的缺陷区域为气孔缺陷，当变化为增大时，则对应的缺陷区域为缩孔缺陷。

[0050] 步骤5，比较判定值与设定阈值的大小，当判定值小于等于设定阈值时，判定对应的缺陷区域为气孔缺陷，当判定值大于设定阈值时，判定对应的缺陷区域为缩孔缺陷。

[0051] 本实施例中，设定阈值的取值为0，即当 $Sa > 0$ 时，说明缺陷区域的饱和程度在拉伸前后有所增大，而基于粗糙指标对灰度直方图的修正期望来看，缩孔区域的灰度直方图的饱和程度在灰度变换拉伸后会增大，故当 $Sa > 0$ 时，认为对应的缺陷区域为缩孔缺陷；反之，当 $Sa \leq 0$ 时，说明缺陷区域的饱和程度在拉伸前后有所减小，而基于粗糙指标对灰度直方图的修正期望来看，气孔区域的灰度直方图的饱和程度在灰度变换拉伸后会减小，故当 $Sa \leq 0$ 时，认为对应的缺陷区域为气孔缺陷。

[0052] 进一步地，在获取气孔缺陷与缩孔缺陷之后，对气孔缺陷与缩孔缺陷进行语义标注，即将缩孔缺陷标注为1，气孔缺陷标注为0，训练语义分割网络模型，得到训练好的语义分割网络模型，利用训练好的语义分割网络模型进行后续对气孔缺陷与缩孔缺陷的精确定义与分割。提高了本发明的适用性；其中，语义分割网络模型在训练时对应的损失函数为交叉熵损失函数；语义分割网络模型的具体训练过程为公知技术，不再赘述。

[0053] 以上所述实施例仅用以说明本申请的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明，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申请各实施例技术方案的范围，均应包含在本申请的保护范围之内。



图1

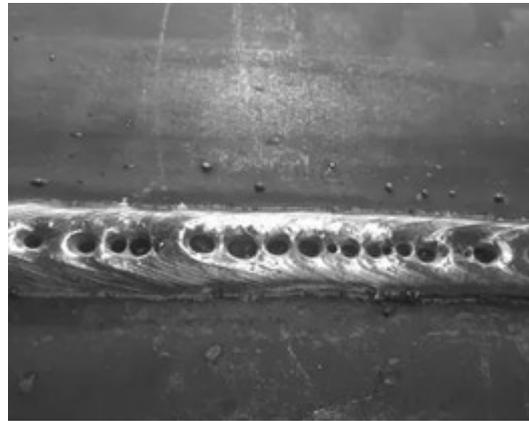


图2

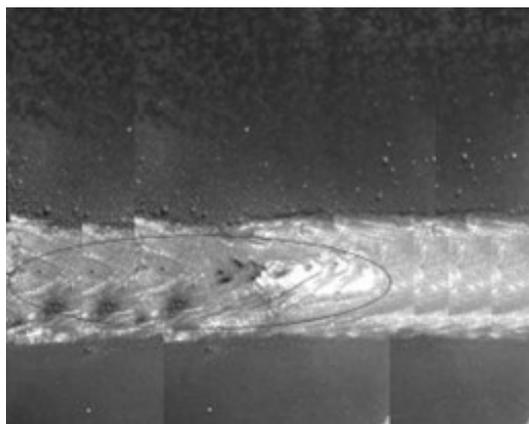


图3