

基于小波变换的熔滴过渡图像的边缘检测

杨 倩, 王广伟, 华学明, 吴毅雄

(上海交通大学 材料科学与工程学院 激光制造及材料改性重点实验室, 上海 200030)



杨 倩

摘 要: 利用小波变换和改进的 Prewitt 算子对 GMAW 短路过程的熔滴过渡图像进行边缘检测。用中值滤波对采集到的图像做平滑预处理后, 使用小波变换将图像分解到各个层次并提取各层的近似系数和细节系数, 将各层的对角细节系数加强适当的倍数后重构图像, 使用改进的 Prewitt 算法对重构图像进行边缘检测。结果表明, 此方法可以有效地提取真实熔滴轮廓和熔池边缘, 小波分解的层数和加强倍数的大小是影响图像边缘提取效果的重要因素, 层数和倍数应根据拍摄到的图像的实际情况确定。

关键词: 小波变换; 改进的 Prewitt 算子; 熔滴过渡; 图像处理; 边缘检测

中图分类号: TG409 文献标识码: A 文章编号: 0253-360X(2007)04-038-03

0 序 言

熔化极气体保护焊具有高效节能、便于实现自动化等优点, 得到了广泛的应用。国内外学者从气体保护焊的短路过渡过程、熔滴过渡机理、电弧稳定性以及其控制方式及信号的采集、处理分析的方法等几个方面进行了大量的研究和试验, 认识到熔滴的形成、尺寸、熔滴的过渡模式和熔滴行为等是影响焊接工艺性能、焊缝成形和焊接质量的重要因素。研究熔滴过渡的机理并对之加以检测、控制, 对稳定焊接过程、改善焊缝成形、减少飞溅等方面均将起到很大的作用。为了达到此目的, 需要获得熔滴形状尺寸和熔池边缘的准确信息, 在 CO₂ 气体保护焊接过程中, 熔池周围不可避免存在大量声、光、电、热、磁和烟尘杂物等诸多的干扰因素, 使图像边缘变得模糊, 为后续的理论研究带来了很大的困难。作者针对这一问题, 运用小波理论进行边缘检测。

像的主要轮廓, 细致的分辨率则对应于某些具体的形态。与傅立叶 (Fourier) 变换、窗口傅立叶变换 (Gabor) 相比, 时间和频率的局部变换的小波变换能有效地从信号中提取信息。

根据 Mallat 的金字塔式分解算法, 利用双正交滤波器, 实现二维正交小波快速分解。将图像信号先后在水平和垂直方向作低通和高通滤波, 分解的结果为: 在水平方向和竖直方向作低通滤波得到近似系数 CA_j , 水平方向作低通滤波、竖直方向做高通滤波得到水平细节系数 CH_j , 水平方向作高通滤波、竖直方向作低通滤波得到垂直细节系数 CV_j , 水平方向和竖直方向都作高通滤波得到对角细节系数 CD_j 。对近似系数又可以再进行小波分解, 理论上可无限进行。同样可以利用二维离散小波, 将分解的结果在不同尺度上重构图像。3 层分解后的小波图像具有图 1 所示的数据结构: CA_3 为 3 层近似系

1 基本原理

1.1 小波变换应用于图像的基本原理

小波变换^[1]就是将二维图像在不同尺度上进行分解, 分解的层数数目可以根据需要选择, 每一层分别对应于不同的频段和分辨率, 分解层次越多, 尺度越小, 空间分辨率越高。粗略的分辨率对应的是图

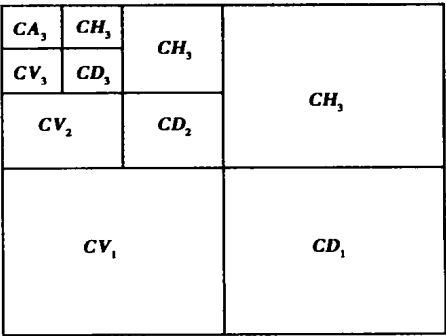


图 1 三层小波分解图像结构

Fig. 1 Three levels wavelet decomposition structure

收稿日期: 2006-05-09
基金项目: 上海市科学技术委员会科研计划资助项目 (036105001);
国际科技合作重点资助项目: 船舶大功率激光建造技术
资助项目 (2004DFA02400)

数, CH_3 , CV_3 , CD_3 分别是 3 层水平、垂直、对角细节系数, CA_2 为 2 层为近似系数, CH_2 , CV_2 , CD_2 分别是 2 层水平、垂直、对角细节系数, CA_1 为 1 层近似系数, CH_1 , CV_1 , CD_1 是 1 层水平、垂直、对角细节系数。

1.2 利用小波变换和改进得 Prewitt 算子进行边缘检测

理想的边缘检测应当解决边缘的有无、真假。熔滴图像受弧光和试验条件等因素的影响, 使实际图像中的边缘常常发生在不同尺度范围上, 且易存在于较小尺度上, 而传统的边缘检测算法都是基于某单一固定尺度来提取边缘, 很难达到要求。

利用小波变换提取边缘是获得理想边缘的一个有效途径。使用小波把图像分解成不同尺度的近似系数与细节系数, 调整系数, 在较小的尺度强化出细节信号, 通过和大尺度系数的有效的组合一层一层重构, 然后利用边缘提取算子提取图像的边缘。

边缘提取采用了改进的 Prewitt 算法^[3], 该算法应用在某图像连续处理系统中, 图像处理效果保持不变, 较好的平滑了噪声, 且目标物体的边缘检测轮廓清晰和经典 Prewitt 算子比较, 改进后的算子处理时间显著缩短。

2 图像处理结果及分析

2.1 试验条件

采用的保护气体为 CO_2/Ar 混合气体, 气体流量为 $15 L/min$, 焊接参数为电压 $20 V$, 电流 $110 A$, 用微距高速摄影技术在拍摄速度为 $2000 幅/s$ 的条件下采集图像。

2.2 预处理

理论上预处理包括对比度增强, 直方图改善的图像增强、平滑、锐化等处理, 作者根据所拍摄到的原始图像特征, 只对图像采用了平滑处理。

平滑图像的作用在于抑制噪声及干扰。文中使用平滑方法是中值滤波^[3], 这是一种非线性处理技术, 可以在保护图像边缘的同时取出噪声。由图 2 可见, 原图经平滑后, 很好地消除了噪音颗粒。

2.3 小波变换和边缘检测

作者用小波函数 $db1$ ^[1] 对原始图像做 3 层小波分解, 分别提取出 1, 2, 3 层的近似系数 (CA_1 , CA_2 , CA_3) 和水平、垂直、对角系数 (CH_1 , CV_1 , CD_1 , CH_2 , CV_2 , CD_2 , CH_3 , CV_3 , CD_3)。

第一组将 CD_3 和 CD_2 加强 5 倍, CD_1 加强 10 倍, 经过以后处理得到三幅图像: (1)加强 CD_1 后重构图像(可看作重构回 0 层小波空间); (2)加强 CD_2

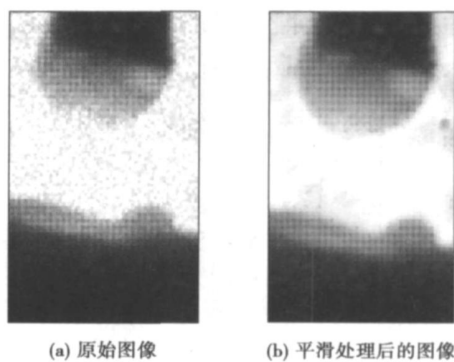


图 2 平滑处理的图像

Fig. 2 Image of smooth processing

后重构到 1 层小波空间, 然后与加强了的 CD_1 重构回 0 层小波空间得到的图像; (3)加强 CD_3 后重构到 2 层小波空间, 然后与加强的 CD_2 重构到 1 层小波空间, 再与加强的 CD_1 重构回 0 层小波空间得到图像。

第二组将 CD_1 分别加强 10 倍和 20 倍, 经过以后处理得到两幅图像: (1)将加强了 10 倍的 CD_1 重构回 0 层小波空间得到的图像(即第一组中的(1)); (2)将加强了 5 倍的 CD_1 重构回 0 层小波空间得到的图像。

用改进的 Prewitt 算法对以上图像做边缘检测, 结果如图 3, 图 4 所示。

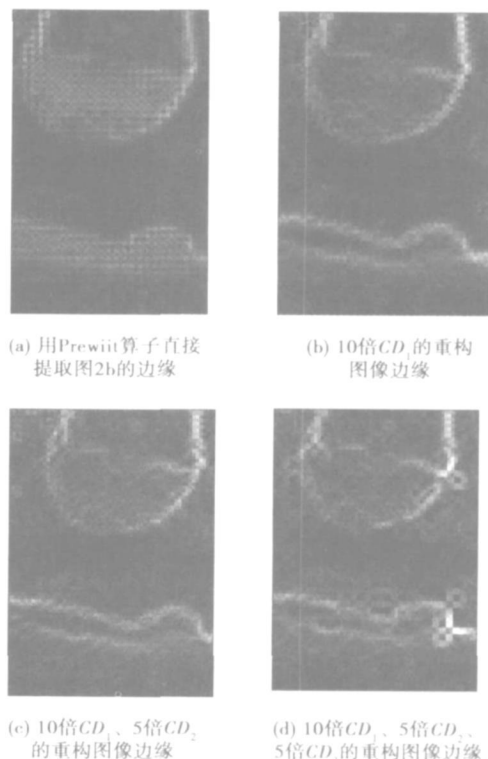


图 3 边缘提取后的图片(I)

Fig. 3 Edge detection results(I)

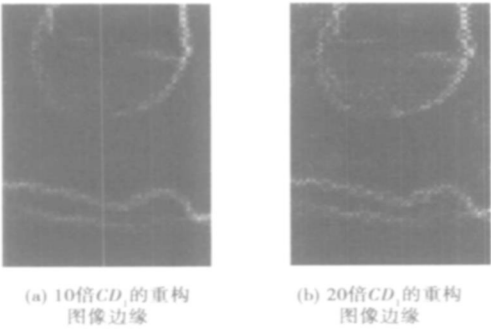


图 4 边缘提取后的图片(Ⅱ)
Fig.4 Edge detection results(Ⅱ)

2.4 试验结果分析

由图 3 可以看到, 相比较于传统的单一使用边缘提取算子 Prewitt 提取图像边缘方法, 经小波变换增强细节信号再提取图像边缘的处理方法是有效可行的。图 3a 的边缘轮廓模糊且不连贯, 图 3b, c 效果较好, 但是图 3d 已经出现了很多伪边缘。这是因为边缘信号和噪声都存在较细的尺度, 但是相比较而言, 噪声存在于更宽更细尺度上, 如果在更细尺度上加强对角系数, 虽然边缘信息越来越明显, 也大大加强了噪声信号, 不利于真实边界的提取。

加强第 1 层对角信号后的重构图像边缘, 见图 4。可以看到, 加强倍数为 10 的优于 20。这是因为加强了某层对角系数就是加强了处于这层细节信号(处在某频域范围的信号)的强度, 就是相对减小了其它层细节信号的强度。如果处于不同层次即处于不同频域范围的信号比例的不合适, 在做边缘检测的时候处于某些加强倍数相对较小层次的边缘信号可能就会被判断为非边缘点, 而处于某加强倍数

相对较大层次噪声信号被判断为边缘点而留下来, 在图上就出现伪边缘。

3 结 论

(1) 提出的基于小波变换和改进 Prewitt 算法的图像边缘检测, 由于边缘信号存在于较细尺度上, 可以加强小尺度上的对角细节系数来加强边缘信号, 试验结果表明, 此方法能够较准确地提取熔滴轮廓和焊缝边缘。

(2) 分解的层数和加强倍数的大小是影响图像边缘提取效果的重要因素。如果分解层数太多且加强倍数不合适, 处在高频的噪声干扰信号会影响熔池真实轮廓和熔滴真实边缘的检测, 如果分解层数太少, 存在于细尺度上的边缘信息会被忽视掉。小波分解的层数和倍数应根据实际情况确定, 试验所拍摄到的图像分解层数为 1 或者 2, 第 1 层和第 2 层对角系数加强倍数分别为 10 和 5, 所得到图像的边缘效果最好。

参考文献:

[1] 徐长发, 李国宽. 实用小波方法(第二版)[M] . 武汉: 华中科技大学出版社, 2004.

[2] 樊 娜, 李晋惠. 图像边缘检测的 Prewitt 算子的改进算法[J] . 西安工业学院学报, 2005, 25(1): 37—39.

[3] 徐建华. 图像处理与分析[M] . 北京: 科学出版社, 1992.

作者简介: 杨 倩, 女, 1982 年出生, 工学硕士。主要从事焊接图像处理方面的研究, 发表论文 1 篇。

Email: cdy @sjtu. edu. cn

result of wear-resisting test shows that the wear-resisting volume of the coating is less than that of the base metal by 15—20 times.

Key words: tungsten inert-gas welding; coating; TiC particle; microstructure; wear-resisting property

Edge detection of metal transfer image based on wavelet transform

YANG Qian, WANG Guangwei, HUA Xueming, WU Yixiong (Material Science and Technology Department, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China). p38—40

Abstract: Wavelet transform and improved Prewitt operator were used to detect the edge of the droplet image in GMAW. After preprocessing, wavelet transform was used to perform decomposition to different detailed levels, and enhance diagonal detail coefficients by multiplying it with the proper parameters, then reconstruct image. Improved Prewitt operation was used to detect the edge of reconstructed image. The experiment results demonstrate that the method is effective to detect the real outline of droplet and real edge of weld pool, and the levels of decomposition and the multiples are vital factors, which depends on the real image.

Key words: wavelet transform; improved Prewitt operator; metal transfer; image processing; edge detection

Electron beam welding of dissimilar metal between Ti—43Al—9V—0.3Y and TC4

ZHANG Binggang, CHEN Guoqing, HE Jingshan, FENG Jicai (National Key Laboratory of Advanced Welding Production Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China). p41—44

Abstract: The morphology of welded joint between Ti—43Al—9V—0.3Y and TC4, the phase composition and the effect of the welding parameters on the tensile strength are analysed. The weld zone is mainly composed of the coarse columnar crystals, and its phase composition includes Ti_3Al , $TiAl$, B2 and YAl_2 . The columnar crystals in the weld near TC4 are grown up from the grains of the base metal, and the equiaxed grains in the heat-affected zone are coarse $\alpha+\beta$ structure, and the sizes of the two kinds of grains are distinct. The weld near $TiAl$ is a corrosion resisting bleached zone, and it is composed of single B2 phase. The effect of the welding parameters on the tensile strength of the joint was analyzed. The results shows the welding speed has little influence on the tensile strength, a peak of the tensile strength appears with the change of seam current, the maximum of the tensile strength of the weld is 209.8 MPa in the tested range.

Key words: TiAl-based alloy; TC4 alloy; electron beam welding

Effect of welding parameters on microstructure and mechanical properties of welded joint in PAW of SiCp/6061Al

LEI Yucheng, ZHU Fei, YUAN Weijin, CHENG Xiaonong (School of Material Science and Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang

212013, Jiangsu, China). p45—48

Abstract: The weldability of SiCp/6061Al MMCs was studied with plasma arc welding. The effect of welding parameters (welding current, welding speed) on the microstructure and mechanical properties of welded joint with and without filler Ti was investigated. The results showed: Without the filler Ti, the welding parameters can only change the dimension and quantities of Al_4C_3 , which is the harmful particles but not restrain its generation; with the filler Ti, types and distribution of reinforcement phase are the main factors to affect the mechanical properties of welded joint. Adjusting the welding parameters properly is beneficial to form a completely new in-situ section with the TiC, TiN and AlN as the reinforced particles can be formed at the weld center. Meanwhile the width of the old and new reinforced phases coexistence is reduced and the segregation of reinforced SiC particles is eliminated, thereby the mechanical properties of welded joints is enhanced.

Key words: plasma arc welding; metal matrix composites; welding parameters; microstructure; mechanical properties

Low power laser welding of magnesium alloy with activating flux

SUN Hao, ZHANG Zhaodong, LIU Liming (State Key Laboratory of Materials Modification & School of Materials Science and Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China). p49—52, 57

Abstract: The behavior of the laser welding of magnesium alloy with several activating fluxes was studied under the same experimental condition. The results show that the addition of oxide and chloride activating fluxes can increase weld penetration and D/W (depth/width) ratio in the condition of low power laser welding. The flux SiO_2 can make the penetration increased as much as 220%. It is proved that the activating flux can be used to increase weld penetration and decrease the cost of laser welding of magnesium alloy thin plate. It is found that the heat input has a large influence on the increment of the weld penetration. The main reason for the increment of laser absorptivity is that fluxes absorb more laser energy and transmit it to the specimen during the early period of laser action.

Key words: magnesium alloy; laser beam welding; activating flux; oxide

Processing technology of process data based on WCAPP

QIAN Xiaojun¹, SHEN Chunlong¹, WANG Kehong² (1. Department of Computer, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China; 2. Department of materials, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China). p53—57

Abstract: On the base of analyzing process data representing and operation properties, the structure of welding structure product hierarchy information Model/View/Control was built. The expression and operation of model was described. Parameter data of welded joint, master parameters and information of welded joint were inte-