

激光焊接中的双焦点技术

夏彩云,汪 苏,李晓辉

(北京航空航天大学 机械工程及自动化学院,北京 100083)

摘要:在激光焊接中,激光束通过聚焦头聚焦到工件表面,良好的激光聚焦性能是获得高质量焊缝的关键。传统的聚焦头只是对激光进行单焦点聚焦。通过分析双焦点聚焦特性对激光焊接质量的影响,论证了双焦点激光焊接技术的特点。

关键词:激光焊接;双焦点;聚焦特性

中图分类号: TG456.7

文献标识码: A

文章编号: 1001-2303(2007)03-0034-03

Study on the twin-focus technique in laser welding

XIA Cai-yun, WANG Su, LI Xiao-hui

(School of Mechanical Engineering and Automation, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract: In laser welding, laser beam was focused on the workpiece through laser head. Well focused laser beam was the key to get high quality welding seam. Conventional laser head was used only for single-spot focusing. In this paper, analysis the influence of the focusing characteristics for the quality of the laser welding, demonstrate the characteristics of twin-focus welding technique.

Key words: laser welding; twin-focus technique; focusing characteristic

0 前言

激光焊接是利用高能量密度的激光束作为热源的一种高效精密焊接方法^[1]。激光焊接时,激光通过聚焦元件被聚焦于工件表面,而激光的聚焦特性直接影响到激光焊接的效果^[2]。本研究通过分析双焦点的产生、性能和对比双焦点激光焊接和单焦点激光焊接的技术性能,论证了双焦点激光焊接的优越特点。

1 双焦点产生技术

双焦点可以通过把一个光束分成两个相同的光束来产生,或是通过把几个单独的光束耦合在一起产生两束光束,如图1所示。一般情况下,由于CO₂激光器的功率比较大,CO₂激光焊接采用分光技术来获得双焦点,从而得到等量的两束激光。而在Nd:YAG激光焊中,由于光纤传输的激光功率比较小(一般为4 kW左右),多采用光束耦合技术来实现双焦点技术,特点是两个焦点可以分别调节。在此

研究的是CO₂激光焊接,因此只讨论通过分光技术产生的双焦点技术。

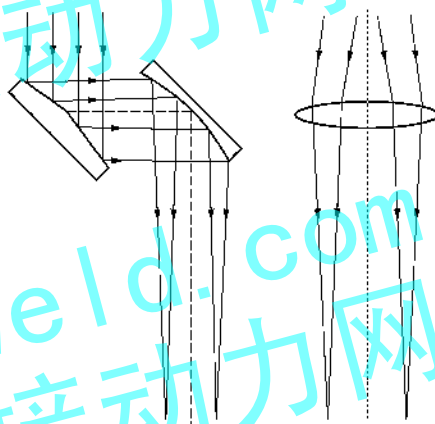


图1 两种典型的双焦点产生方式

Fig.1 Two typical modes of producing a twin-focus

2 双焦点的分布形式

通过选用不同的分束镜,可以灵活地调节安排两个临近焦点的分布方式。两个焦点可以跨接在焊缝上,也可以沿着焊缝间隙,或者与焊缝成一定角度排列,如图2所示。通常让两个焦点跨接在焊缝的

收稿日期: 2006-11-23

作者简介: 夏彩云(1981—),女,湖北人,在读硕士,主要从事激光焊接、激光—电弧复合焊接方面的研究工作。



两侧,从而增大熔宽,降低装卡要求。

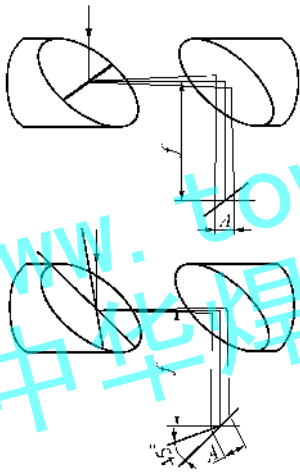


图2 产生不同焦点布局示意

Fig.2 Scheme of producing different foci position

3 双焦点技术

激光束经过聚焦后,激光焦点直径非常小,必须有精密的夹紧装置保持焊缝间隙在很小的范围内,否则可能会出现激光直接透过焊缝或者激光偏离焊缝的现象,影响焊接质量^[3]。另外,热影响区的温度梯度非常大,对工件性能产生不好的影响,容易产生咬边等焊接缺陷。双焦点技术能有效防止上述缺陷的发生。

3.1 双焦点的两个重要参数

双焦点激光焊接中,除了与传统单焦点焊接相同的焊接参数(激光功率、焊接速度、光斑直径、离焦量等)外,还有两个参数——两个焦点之间的距离、两个焦点沿焊缝的分布,并且这两个参数对双焦点焊接特性都有重要的影响。激光焊接的焦点直径一般为 0.3 mm 左右。两个焦点可以沿焊缝分布(沿向分布),可以跨接在焊缝两侧分布(跨向分布),也可以与焊缝成任意角度,一般取沿向分布和跨向分布两种情况进行分析。参数如图 3 所示^[4]。

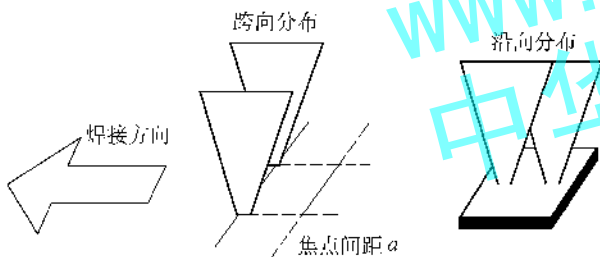
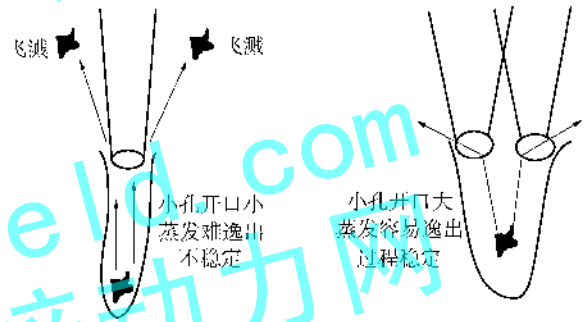


图3 双焦点分布

Fig.3 Twin-focus distribution

3.2 双焦点激光焊接的理论依据^[5-6]

双焦点激光焊接时,在工件上形成两个小孔,这两个小孔跨接在间隙两侧,能得到较宽的焊缝。两个焦点沿着焊缝分布时,前面一个焦点起到预热的作用,后面的焦点进行焊接,使得融合区的温度梯度不大,有利于获得较好的焊缝结晶组织。但是,两个焦点之间的距离要能有效跨接两个小孔的熔合区,距离太长也不利于获得高质量的焊缝^[7]。激光深熔焊铝时,发现焊缝中气孔比较多,飞溅较严重,而利用双焦点焊接技术焊铝,则能在很大程度上减少焊缝中的气孔。焊接过程中金属的蒸发过程如图 4 所示。图 4a 是单焦点焊接或双焦点之间距离小时的焊接情况,图 4b 是两个焦点间距离较大时的焊接情况。在图 4a 情况下,飞溅严重,焊缝中有大气孔,主要原因是小孔开口太小,焊接过程中,低熔点合金元素蒸气很难溢出熔池。两个焦点距离较大时,金属蒸气有较大的溢出开口,容易溢出^[8]。



a 单焦点或两个焦点间的距离较短 b 两个焦点之间的距离较长

图4 焊接过程不稳定示意

Fig.4 Scheme of welding process instability

通常在激光焊接中,增大熔宽的方法是降低焊接速度或加大激光束的离焦量。双焦点技术能有效地增大熔宽。焊接过程中,小孔的扩张决定最终焊缝截面的形状,小孔的膨胀在冷却时会引起收缩应力。通过改变小孔几何形状,可以改善焊缝的应力状况。当以单焦点焊接或双焦点沿着焊缝焊接时,熔池形状是狭长的三角形状。当双焦点跨接在焊缝两侧时,熔池形状是半椭圆形,这样熔池中晶粒的形成速度和晶体结构都会有很大的改进。双焦点焊接时,由于熔宽较大,焊接过程对毛细管现象不敏感,工件表面有两个小孔开口,使得蒸发的金属和小孔中的气体等均能顺利地溢出熔池,大大减少了气泡和气孔的数量。

3.3 双焦点技术的试验依据^[9-10]

总功率 5 kW、焊接速度 4.0 m/min 时,利用双焦点

专题讨论——高能束流焊接技术

技术焊铝得到的焊缝端面如图 5 所示^[10]。当 $d_b=0.36\text{ mm}$ 时,熔池中熔滴过渡熔化,对于跨向分布情况,发现较大的切边;对于焦点沿向分布的情况,焊滴表面隆起,焊接过程不稳定。在低速焊接时,上述两种焦点分布情况下都有明显的切边缺陷出现;高速焊接时,两种焦点布局情况下的焊缝表面都比较粗糙。当 $d_b=0.60\text{ mm}$ 时,没有发现大的切边和熔滴不稳定现象。当焦点间距离为 1.0 mm 时,熔深变得非常小。在其他参数相同的情况下,双焦点沿焊缝分布时的熔深较双焦点跨向分布时的熔深小。当两焦点间的距离为 0.60 mm 时,焊缝表面较为美观,未发现明显的切边现象。两焦点间距离为 1.0 mm 时,焊缝形状美观,未发现任何缺陷,不过熔深太小。

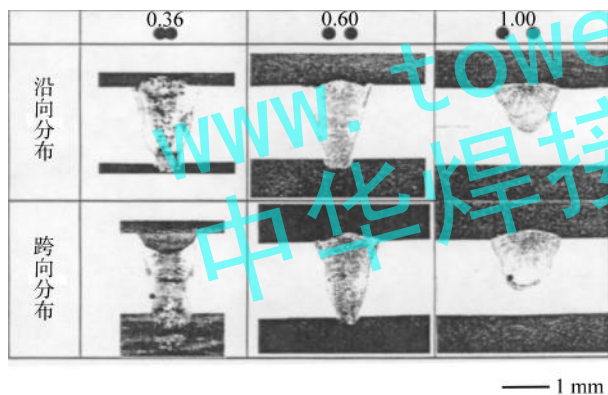


图 5 焊缝截面形状

Fig.5 Cross section of welds

结果表明,焦点之间的距离对焊接稳定性有很大的影响。当 d_b 较小时,焊缝表面粗糙,飞溅比较严重。 d_b 较大时,焊缝表面光滑美观。双焦点跨向分布和沿着焊缝分布时,焊缝表面差别不大,因此认为,两个焦点沿焊缝的布局方式不如焦点之间的距离对焊接稳定性的影响大。

双焦点对熔深和熔宽的影响的研究表明,无论双焦点是沿向分布还是跨向分布,在 $d_b=0.36\text{ mm}$ 和 $d_b=0.60\text{ mm}$ 时,熔深的差别很小, $d_b=1.00\text{ mm}$ 时与其他两种情况差别较大,熔深很小,尤其当两个焦点沿着焊缝分布时。 $d_b=0.36\text{ mm}$ 与 $d_b=1.00\text{ mm}$ 时,熔宽差别在两个焦点沿着焊缝分布时比两个焦点跨在焊缝两边时大。 $d_b=1.00\text{ mm}$ 且沿焊缝分布时的熔宽很窄。

4 双焦点技术的优点

(1)双焦点激光焊接有利于提高焊接能量,同时激光能量的利用率也得以提高。实验证明,通过叠加

激光功率,能明显提高激光焊接的速度。

(2)提高焊接过程的稳定性,改善焊接质量。通过改变焦点间的距离和焦点的分布,灵活调节焊缝上的能量分布。

(3)在激光焊接时,一般要求两个焦点分布在焊缝两侧,这样能有效增大熔宽。实验证明,两个焦点分布在焊缝两侧时,所能跨越的焊缝间隙约为焦点分布在焊缝上时的两倍。另外,使用双焦点技术后,能改变小孔形状,有效改善了小孔塌陷,在很大程度上减少焊缝中气孔的形成。

5 结论

(1)采用双焦点激光焊接,提高了激光的利用率,成本大幅下降。

(2)采用双焦点激光焊接技术,有利于解决焊接过程出现的问题,提高焊接质量。

(3)双焦点激光焊接有利于增大焊接熔宽。

(4)双焦点技术降低了焊接工件装卡的精度要求。

参考文献:

- [1] 王家金.激光加工技术[M].北京:中国计量出版社,1992.
- [2] Schubert E,Klassen M.Light weight Structures Produced by Laser Beam Joining for Future Application in Automobile and Aerospace Industry[J].Journal of Materials Processing Technology, 2001, 115(1): 2-8.
- [3] Helmut Hugel.Potential of modern CO₂ lasers for industrial applications[J].Infrared Physics.1995, 36(1): 145-157.
- [4] Hsu C R, Fries E de.CO₂ Laser Welding Using Adjustable Twin-spot Optics[M].Center for Laser Technology, Proc.A-ICALEO 1999: 87-95.
- [5] Hugel H.New solid state lasers and their application potentials[J].Optics and Lasers in Engineering, 2000(34): 213-229.
- [6] Beck th, Reng N, Weber H, Optical fibres for material processing lasers[J].Optics and Lasers in Engineering.2000, 34(255): 272.
- [7] Sutliff D R.A Laser Welding Nozzle for Beam Delivery Optics Protection[J].Welding Research Supplement, 1992(6): 219-224.
- [8] Li Z.Laser Welding for Light weight Structures[J].Journal of Materials Processing Technology, 1997, 70(1): 137-144.
- [9] Takakuni I, Hiroki S.Dual focus technique for high-power Nd:YAG laser welding of aluminium alloys[R].Proceedings of SPIE vol.3888(2000).
- [10] Hohenberger.Laser Welding with Nd:YAG-Multi-Beam Technique[R].Proceedings of ICALOE '93, Laser Institute of America 1999, 167-176.