

激光焊接技术在航天产品中的应用

Application of Laser Welding Technology in Aerospace Product

首都航天机械公司 张益坤 成志富



张益坤

高级工程师。从事特种焊接设备及工艺研究,首都航天机械公司工艺研究所特种焊接工艺技术中心主任,中国机械工程学会特种焊接技术委员会和中国电工学会“电子束离子束”委员会委员。

作为高能量密度束流的一种新型光源和热源,激光广泛应用于材料加工领域,近十几年来得到了迅速发展。科技进步和市场需求使各种新型工业用激光器的光束质量不断提高,输出功率不断增加,设备成本逐渐降低,推动了激光材料加工,特别是激光焊接技术的发展。

目前,激光焊接技术几乎已涉及

激光焊接技术是集激光技术、焊接技术、自动化技术、材料技术、机械制造技术及产品设计为一体的系统工程,其应用过程中需将机理研究、焊接工艺、结构设计、设备制造有机结合起来,发挥整体功能。随着航天制造业的发展,激光焊以其高能量密度、深穿透、高精度和强适应性等优点,在航天产品生产中充分发挥了先进、快速和灵活的加工特点,使产品重量明显减轻,焊接质量显著提高。21世纪激光焊接技术在航天材料连接领域必将发挥愈来愈重要的作用。

各个工业领域。在航天业,尤其是武器装备和航天飞行器结构制造中,激光焊接方法能够显著降低成本、提高生产效率、减轻武器和飞行器的重量,成为传统焊接技术的有效补充,并显示出某些独特的优势。

激光焊接的特点

作为材料加工热源,激光束的突出优点是普通光源所无法比拟的。与传统的焊接方法相比,激光焊接具有以下特点:

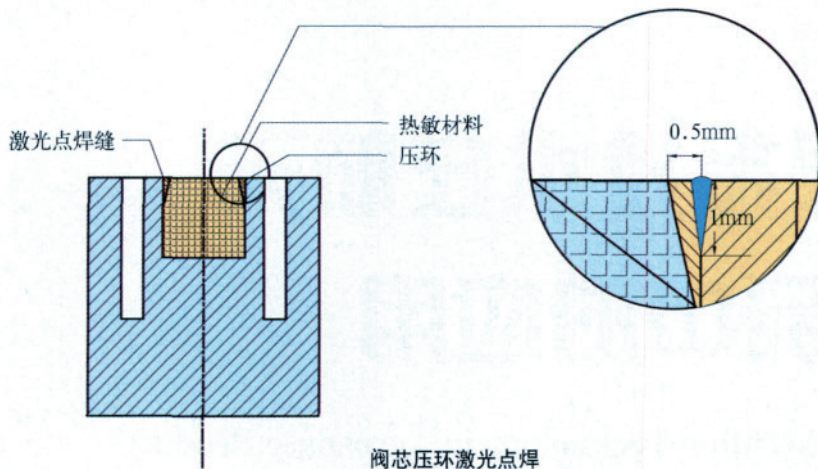
(1) 光束能量密度高,焊点极小,光束无惰性,因此加热和冷却速度极

快,热影响区和热变形极小,可避免热损伤。适用于焊接热敏元件、弹性元件和高精度零件。

(2) 可通过反射镜(棱镜)或光纤改变光路,可达性好,可在其他焊接方法难以接近的工件任意部位进行焊接,能透过透明体进行焊接。

(3) 焊接时工件不受接触力;不用电极,可焊接绝缘材料;铁磁性材料焊接后不充磁。

(4) 具有熔池净化效应,能净化焊缝金属。在焊接时,由于激光的作用,焊点的金属熔化并有一部分汽化。由于杂质吸收光能的效率高,所



阀芯压环激光点焊

以杂质首先被汽化逐出,从而使焊缝中的杂质含量减少。

(5) 易于与电弧或电阻等其他热源进行复合热源焊接。

此外,激光焊接还具有低夹具费用、高可控性、易实现自动化等优点。激光焊接没有电子束焊接那样产生X射线的危险,不受电磁场干扰,在部分领域可以代替同是高能束的真空电子束焊接。随着航天新材料、新结构的不断涌现,激光焊接的应用将越来越重要。

激光焊接在航天产品中的应用

武器装备和航天飞行器的批量化投产及产品技术指标的不断提高对产品结构性能、生产工艺和加工效率提出了更高的要求。而激光焊接技术在高质高效的加工领域所体现的优异性能使得该焊接技术成为解决某些技术难题的有效工艺手段之一。

率提出了更高的要求。而激光焊接技术在高质高效的加工领域所体现的优异性能使得该焊接技术成为解决某些技术难题的有效工艺手段之一。

1 热敏材料压环的脉冲激光点焊

阀芯的热敏材料采用0.5mm宽的压环紧固,压配合后进行点焊,熔深要求大于1mm。电阻点焊在如此窄的范围内不可能达到1mm熔深,而电子束焊接的起、收束流有热惯性,焊接过程对热敏材料有影响。采用脉冲激光点焊时,光束无惰性、深宽比大,满足要求。

2 铁磁材料上抗裂填料点焊

燃烧室外壁在电子束焊接前必须填加抗裂合金才能有效防止焊接裂纹的产生。电子束焊接过程中不能有磁性干扰,若被焊材料是铁磁性材料,采用电阻点焊抗裂合金时,焊枪与工件形成电流回路,使被焊材料具有很强的磁场,严重干扰电子束焊接。而激光点焊为非接触无电极,焊点纯净,质量高,因此采用激光点焊

有利于进行后续电子束焊接。

3 钛合金飞行舵翼激光焊

飞行舵翼是典型的轻质化、高刚度的T形接头复杂型面钛合金结构件,一般由舵芯和蒙皮组成,以钛合金材料为主,外型面为空间曲线型面,焊接要求连接强度高,焊后外形规整。对于飞行舵翼焊接来说,关键在于焊点熔池保护和焊缝轨迹的精确控制(包括焊缝盲焊对中和焊缝顺序控制),因此具有柔性、能量密度高且易于控制的激光焊接就成为优选工艺。舵翼焊接过程采用计算机编程,以实现焊接轨迹和激光焊枪姿态的精密调整,并实现焊接过程与局部保护等工艺技术的协调运动控制,保证焊接质量。

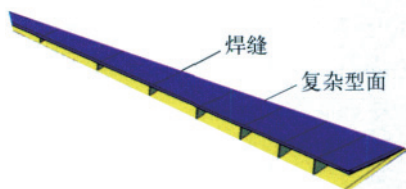
4 燃料贮箱加强筋条激光焊代铆

火箭铝合金燃料贮箱筋条与盖板的连接主要采用铆接方式,导致结构件重量增加,而且铆接部位容易腐蚀,工作量大。若采用激光焊接方法连接,则具有较高的连接强度和焊缝质量,焊接过程能量集中且易于精确控制,焊后扭曲变形小。用激光焊接技术取代传统的铆接可以改变结构设计,大大减轻构件重量,还可以提高接头强度、耐腐蚀性及生产效率,降低制造成本。

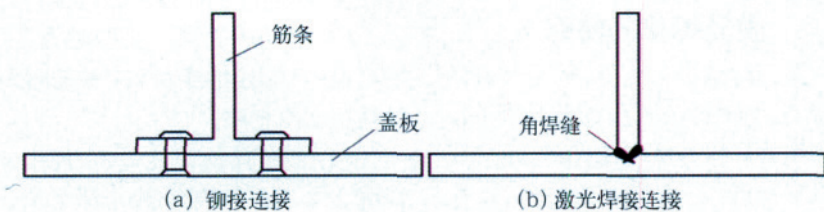
结束语

激光焊接技术是集激光技术、焊接技术、自动化技术、材料技术、机械制造技术及产品设计为一体的系统工程,其应用过程中需将机理研究、焊接工艺、结构设计、设备制造有机结合起来,发挥整体功能。随着航天制造业的发展,激光焊以其高能量密度、深穿透、高精度和强适应性等优点,在航天产品生产充分发挥了先进、快速和灵活的加工特点,使产品重量明显减轻,焊接质量显著提高。21世纪激光焊接技术在航天材料连接领域必将发挥愈来愈重要的作用。

(责编 良辰)



T形复杂型面结构件示意图



贮箱筋条连接