

激光焊接在汽车变速箱齿轮中的应用

格特拉克（江西）传动系统有限公司 （南昌 330013） 王陆军

【摘要】 结合DCT双离合器变速箱齿轮激光焊接设备选型，设备调试及工艺试验，谈谈激光焊接在汽车变速箱齿轮上的运用。

1. 激光焊接的实践应用

齿轮组件由于机床加工技术的局限性，所以形状复杂、结构复杂的齿轮组件很难（成本上不划算）甚至无法（技术上做不到）整体加工成单件。加工技术方案的选择，通常是加工成两个或两个以

上的单件再经焊接工艺组合成一个组件，齿轮焊接通常采用电子束焊及激光焊接技术。

电子束焊技术是将高能电子束作为加工热源，用高能量密度的电子束轰击焊件接头处的金属，使其快速熔融，然后迅速冷却，来达到焊接的目的。

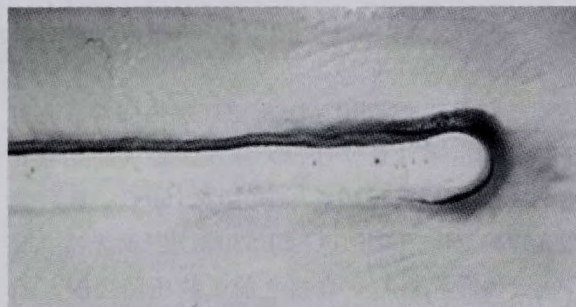


图4 焊前在试板上热枪产生的起弧端气孔（渗透检测后）

每道焊缝焊接前都需进行“焊前热枪”，为了平衡管路气体压力“焊前热枪”时间应不少于15s；工作现场湿度大时，为了彻底清除软管内的空气和冷凝水，“热枪”时间不少于30s；为了缩短停弧时间，“焊前热枪”操作与工件焊接应连续进行，例如厚板焊接需在预热完成后进行“焊前热枪”。

通过焊接试验验证，焊前采用“焊前热枪”的方法能够有效降低气孔产生几率，通过对后续车钩

梁10mm熔深的V形坡口焊缝的统计，首次射线检测合格率提升至100%。

5. 结语

（1）链状气孔是车钩梁组成10mm熔深的V形坡口焊缝主要的焊接缺陷，通过对焊前准备过程及焊机结构进行分析及验证，得出结论：MIG焊接停弧时间较长后再进行焊接，导致焊接初始阶段气体流量较大且很不稳定，容易形成一种接近于紊流的较薄层流，把外界空气卷入气体保护区内，从而破坏了保护气体的保护作用，并且起弧时焊枪内残余空气和冷凝水未排尽，这是产生链状气孔的主要原因。

（2）通过采用“焊前热枪”的方法进行焊接，能够从根本上解决链状气孔的问题，焊接件首次射线检测合格率由64%提升至100%。目前此方法在铝合金车体生产中已广泛推广应用，并收到良好效果。MW (20120910)

激光焊接以激光束为能源,冲击在焊件接头上,属于熔融焊接,作业过程不需加压,但需使用惰性气体以防熔池氧化,填料金属偶有使用,激光焊接属非接触式焊接。

2. 激光焊接特点

激光焊接以其能量密度高,加热范围小,焊接及热影响区域窄,焊接速度快,深宽比大,焊接变形小等诸多优点,在汽车工业生产中得到广泛应用。当然,焊件需使用夹具时,必须确保焊件的最终位置与激光束将冲击的焊点对准;另外设备昂贵也制约了激光焊接的实际应用。激光焊接根据激光发生器,可分为CO₂气体激光发生器和固体光纤激光发生器两类。固体光纤发生器激光焊接因其动态功率范围大,焊接速度快,焊接深宽比更优,激光器功耗小,无工作介质消耗,体积小、结构紧凑,易于扩展升级,工作环境高容忍度,免维护,使用寿命长等优点是今后的发展趋势。

3. 激光焊接机基本原理与结构

激光焊接主要分为压装、预热(可选项)、焊接3个工序,其中压装、焊接是必须工序,是否需要预热应根据材料,加工状态而定。压装即是把两个零件通过压机紧密装配在一起,压装后通常要进行机械尺寸的测量,以检查组件最终尺寸是否符合工艺要求,零件跳动是否符合工艺要求,装配位置是否正确。为了避免产生焊接裂纹,根据零件材料及加工状态,有时需要在焊接前进行预热,特别是对含碳量高或经过热处理渗碳淬火后的零件。焊接即是通过激光能量的熔融作用使零件牢固连接在一起。另外有些激光焊接还配有在线检测装置,以区分合格零件或不合适零件。焊接裂纹检测一般采用超声波探伤或磁粉探伤方法,线外独立进行。如图1~图3所示为激光焊接机的布局与结构示意图。

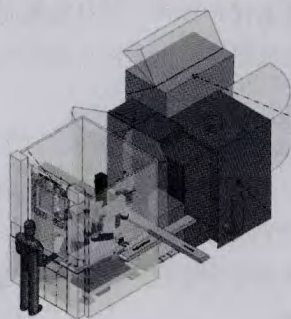


图1 激光焊接整体布局(以菲索玛特Felsomat为例)

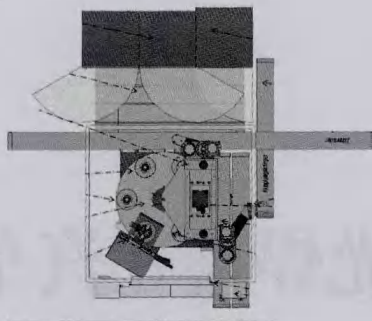


图2 激光焊接单元布局

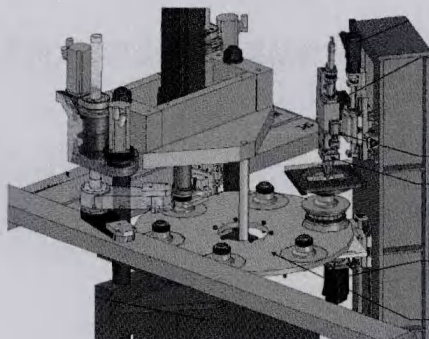


图3 激光焊接工位局部视图

4. 激光焊接工艺及主要检测质量指标

焊接清洗:一般安排在焊接的前一道工序完成。以Arnold阿诺德激光焊接机为例,压装是通过压机把要焊接的两个零件压配后紧密结合在一起,工装底座放置零件,固定零件位置,压头往下压配,压装力一般15kN左右,设备可采用带压力位移传感器的60kN伺服电动机。预热则是把零件加热到一定温度,采用UMH磁感应加热技术,适用于热处理后零件及厚度较大零件,要求加热温度均匀,加热时间5~10s,加热温度160℃。最后是激光焊接工序,采用IPG YLS3000光纤激光器(或CO₂气体激光器),焊接之前工装压紧齿圈,控制变形,焊接工艺采用预焊一圈+深熔焊一圈。预焊功率为1500W,速度为8000mm/min,深熔焊功率为1900W,速度为2000mm/min,焊接深度达到3.4mm,焊宽1.6mm。

焊接位置:焊接部分严格来说即是两个零件相结合的地方,不可有焊缝偏移,为此焊接机传动系统,旋转系统的精密性、准确性及工装夹具的精确度至关重要,是决定焊接位置准确度的关键因素。

焊深和焊宽:与激光功率、零件距离激光源位置、离焦量及工艺时间等因素相关。焊缝偏移,有效焊缝深度、焊缝余高、焊缝宽度都通过体视显微

镜或熔深显微镜来检查。

焊后质量：超声波探伤检测或磁粉渗透探伤无微裂纹；剖面无微裂纹；无咬边；最大气孔0.35mm，符合要求；目视检查要求焊接飞溅较少，工作面基本无飞溅。

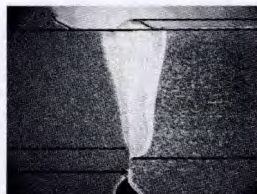


图 4

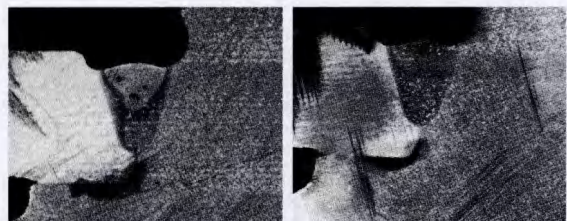
根据GETRAG FORD S3S7R-7M161-AA 焊接标准，焊接质量图样上如果没有其他规定，允许焊接最大余高为0.5mm，如果图样未标示可焊接到齿轮的熔合要求，相应齿轮允许的最大熔合深度（树状晶组织）0.2mm。裂纹按照ISO6520-1标准不允许或只允许在规定限度内（如果有）。气孔按照ISO13919标准质量等级C评定。焊接咬边最大允许0.2mm。焊缝受检长度内的塌陷深度按照质量等级C评定。如果图样上没有规定焊缝偏移量最大允许值，那么熔合线到接缝处的最大偏移量为0.2mm。通常采用体视显微镜或熔深显微镜来测量尺寸。裂纹采用超声波或磁粉检测。

齿轮与齿圈焊接360°四个方向要检测焊接质量的均匀性（见图5）



(a) 0° 位置检测

(b) 90° 位置检测



(c) 180° 位置检测

(d) 270° 位置检测

图 5

5. 激光焊接技术在汽车变速箱齿轮中的运用

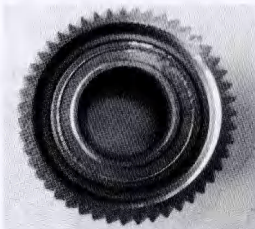
在DCT双离合器变速箱中，一档从动齿轮组件，二档从动齿轮组件，四档从动齿轮组件，倒档

从动齿轮组件是热前焊接，即零件进行热处理渗碳淬火回火处理后再激光焊接，焊接前零件状态是正火组织。五档从动齿轮组件，六档从动齿轮组件是热后焊接，即零件经过热处理之后已经渗碳淬火回火后再进行激光焊接，焊接前零件状态是淬火回火马氏体组织，要把焊接对应部位的渗碳层切除，零件焊接前要进行预加热处理，以减少或避免焊接裂纹的产生。

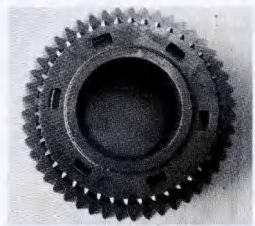
一档从动齿轮组件，四档从动齿轮组件，倒档从动齿轮组件，五档从动齿轮组件，六档从动齿轮组件都是一个齿轮与一个齿圈焊接，是两个零件焊接在一起。二档从动齿轮焊接是先两个齿轮焊接，再与齿圈焊接，是三个零件焊接在一起，如图6所示。



(a) 一档从动齿轮组件焊接（齿圈与一档齿轮焊接）



(b) 二档从动齿轮组件焊接（二档齿轮与双联齿轮焊接）



(c) 二档从动齿轮组件焊接（齿圈与二档齿轮焊接）

图 6

6. 结语

激光焊接特别是固体光纤激光发生器的激光焊接因其技术优势，是未来的激光焊接发展趋势。目前国外激光焊接机Arnold、Felsomat、EMAG等纷纷涌进中国并占据着大部分市场。民族工业南方大族激光，北方沈阳新松在这一领域已经起步，要与国外品牌平分秋色恐怕还有很长的路要走。MW

(20120913)