

车桥桥壳中段与成品轴头 摩擦焊工艺

近年来由于我国工业的高速发展,摩擦焊接以其优质、高效、节能和无污染的技术特色,开始广泛应用到汽车、航空航天和工程机械等领域。摩擦焊相比传统熔焊最大的不同点在于,整个焊接过程中,待焊金属获得能量升高达到的温度并没有达到其熔点,即金属是在热塑性状态下实现的类锻态固相连接。摩擦焊使焊缝强度与基体材料等强度,具有焊接效率高、质量稳定、一致性好和可实现异种材料焊接等特点。汽车车桥最重要的焊接部位是桥壳总成与轴头之间的焊接,该部位的焊接质量直接决定着车桥的质量。

桥壳中段和成品轴头焊接工艺对比

传统桥壳中段及轴头焊接工艺多采用开坡口手工焊接轴头和电子束焊焊接轴头工艺。其中,桥壳中段和轴头焊接端面开坡口手工焊焊接,焊缝处易产生裂纹、气孔、夹渣、咬边、焊瘤、弧坑、焊缝外形尺寸和形状不符合要求等焊接缺陷,焊接时环境污染大。采用电子束焊接方式虽然具有焊接速度快、热影响区小和焊接变形小等优点,但是焊接前对工件焊接端面加工及装配要求严格,且焊接后需100%探伤检验焊缝,生产效率低。

摩擦焊工作原理是以机械能为能源的固相焊接,焊接过程中,工件在压力的作用下发生机械接触,由于工件间的转动或相对运动会产生摩擦热的产生和摩擦面原子发生塑性位移,在压力和摩擦热的共同作用下,焊件摩擦面附近的原子被激活,使之达到塑性状态,然后顶锻进而发生迁移形成连接的焊接方法。桥壳总成的摩擦焊工艺方法为:将桥壳中段与两侧轴头

装夹于专用的连续驱动摩擦焊焊接设备,桥壳中段固定不动,两侧轴头高速回转并施加轴向压力,通过待焊界面的摩擦生热和压力,实现界面上的扩散和再结晶冶金反应,最终使桥壳中段与两侧轴头焊接成一体。此种焊接工艺特点为焊接工艺简单,控制精确,桥壳焊后长度公差为 $\pm 0.2\text{mm}$,偏心度为 0.2mm 。焊缝质量稳定可靠,焊缝不存在熔化焊缝气孔、夹渣及热裂纹缺陷,焊缝组织小,焊缝强度高于母材,焊接效率高。成品轴头摩擦焊焊接工艺的研究对提高焊接质量、降低成本、减少污染,实现绿色焊接具有一定的意义。

摩擦焊技术方案

以我公司重型汽车车桥桥壳中段与轴头的摩擦焊焊接工艺为例,采用的焊接设备为M125型双头摩擦焊机,顶锻压力为 $1\ 200\text{kN}$ 。该摩擦焊机主要由主轴系统、加压系统、床身装夹系统和电器控制系统等组成。该摩擦焊机系统占地面积约为 $15\text{m} \times 5\text{m}$,生产节拍约为 3min 。

其工艺过程可分为以下几个步骤:

1) 按工艺设计要求车削加工车桥桥壳中段两侧的焊接结合面,加工两侧轴头的焊接结合面。

2) 将中段和两侧的轴头分别装夹于专用焊接设备,启动设备,使两端轴头高速旋转并施加轴向压力进行分阶段的摩擦焊接,采用恒定收缩量控制模式。

3) 一次摩擦阶段:修正桥壳中段及轴头的两端面垂直度,对焊接端面进行预热,此时无焊接收缩量,轴头旋转速度 $460 \sim 520\text{r/min}$,一次摩擦压力 $160 \sim$

220kN，摩擦时间18~22s。

4) 二次摩擦阶段：轴向压力增大，变形层在力的作用下，不断从摩擦表面挤出，摩擦收缩量不断变大，飞边也增大，与此同时，又被附近高温区的桥壳中段和轴头的材料所填充而处于动态平衡之中。轴头旋转速度400~460r/min，二次摩擦压力400~460kN，摩擦时间为20~24s。

5) 制动阶段：伴随桥壳中段和轴头相对运动的减慢和停止，摩擦转矩增大，界面附近的高温材料被大量挤出，收缩量亦随之增大。设定制动的时间参数为0.5~1.5s。

6) 顶锻阶段：主轴转速立即为零，轴向压力进一步加大，变形层和焊接高温区的中段及轴头的金属被不断地挤出，焊缝金属产生变形、扩散以及再结晶，最终形成了结合牢固的焊缝接头。顶锻压力860~900kN，顶锻时间18~24s。

摩擦焊工装组成

为降低桥壳加工生产成本，轴头在焊接前加工成成品，轴头与桥壳中段焊接后无需对轴头再加工，为保证焊接后尺寸及焊接要求，需对工装进行优化设计。轴头定位卡盘工装，因为是成品轴头，根据轴头外径大小调整卡盘内轴头外径尺寸，为保护成品轴头小端螺纹，需根据轴头小端内径大小设计一个凸台顶块，以防止轴头底部受力过大螺纹变形。桥壳中段端头夹紧及中心孔定位胀芯工装。

试验验证

本工艺采用恒定收缩量控制模式的摩擦焊焊接，其设定的焊接转速、摩擦压力、摩擦时间、恒定收

缩量 and 顶锻压力参数决定了焊接质量的好坏。通过多组参数试焊，优化的摩擦焊焊接工艺参数如下：桥壳中段及轴头厚度为20mm，桥壳总成的恒定收缩量为34mm，一次摩擦压力180kN，二次摩擦压力440kN，顶锻压力880kN，一次摩擦转速498r/min，二次摩擦转速430r/min，一次摩擦时间20s，二次摩擦时间22s，不同温度下桥壳焊缝冲击功和桥壳中段冲击功见表1，垂直弯曲疲劳和刚度检验结果分别见表2和表3。根据试验结果看，优化的此套摩擦焊焊接工艺参数满足桥壳焊接后垂直弯曲疲劳寿命要求和垂直弯曲刚度要求。

表1 不同温度下桥壳焊缝和中段冲击功 (单位: J)

温度	焊缝界面	桥壳中段母材
室温	14.0~15.0	21.5
-20°	8.0~9.0	10.0

表2 垂直弯曲疲劳检验结果 (单位: 万次)

标准 条目号	标准要求		检验结果		符合性判定
	最低寿命	中值寿命	最低寿命	中值寿命	
1~2	50	80	85.05	86.34	符合

表3 垂直弯曲刚度检验结果 (单位: mm)

样品编号	标准要求	检验结果	符合性判定
	每米轮距变形量	每米轮距变形量	
1#	≤1.5	0.77	符合
2#		0.79	

结语

桥壳中段和成品轴头的摩擦焊焊接工艺，焊接部位质量要求高，焊接过程由机器人控制，参数设定后容易监控，重复性好，尺寸精度高，不依赖于操作人员的技术水平和工作态度。焊接过程不发生熔化，属固相热压焊，焊合区金属为锻造组织，因此焊缝不会产生与熔化和凝固相关的如气孔、偏析和夹杂、裂纹等铸造组织的结晶缺陷，焊接接头强度远大于熔焊、钎焊的强度，达到甚至超过焊接件自身的强度。焊接效率高，对焊件准备通常要求不高，焊接设备容易自动化，可在流水线上生产。节能、节材和低耗，所需功率仅及传统焊接工艺的1/5~1/15，不需焊条、焊剂、钎料和保护气体，不需添加金属，也不需消耗电极。摩擦焊设备操作简单，焊接时不产生烟雾、弧光及有害气体等，操作环境清洁。桥壳中段和成品轴头采用摩擦焊焊接工艺保证了桥壳质量的同时，降低了生产成本，提高了生产效率。

关键词：

摩擦焊 焊接 桥壳中段 成品轴头

(收稿日期20140114)