

激光技术在称重传感器智能制造过程中的应用

□宁波柯力传感科技股份有限公司 林德法 胡文辉 梁苗燕

【摘要】本文介绍了激光技术在称重传感器智能制造过程中的几种应用方法，重点介绍了激光淬火、激光打磨、激光焊接、激光打标等激光技术的应用原理、方法，与传统工艺进行优势比对。

【关键词】称重传感器；智能制造；激光淬火；激光打磨；激光焊接；激光打标

文献标识码：B 文章编号：1003-1870（2023）06-0029-04

引言

称重传感器是知识密集型、技术密集型和技巧密集型的高技术产品，具有多样性、边缘性、综合性和技艺性等特点，是支持工艺、基础工艺、核心工艺和特殊工艺的合理应用与集成。通过应用激光技术，在弹性体加工、贴片区打磨、密封、标识信息化管理等制造工艺环节，提升智能制造水平和工艺性能。

1 激光淬火技术

称重传感器的弹性体是承受外载荷的受力单元。为了使弹性体具有良好的刚性和韧性，通常采用整体热处理工艺将硬度调至HRC43~47左右。但弹性体为了加力线的同轴性，经常会设计成点或面

接触，比如桥式和柱式称重传感器，这样局部受力点还是会因承受很大的压强而产生不可逆的塑性变形，影响产品性能。通过激光淬火技术可以使弹性体局部硬化，硬度可达HRC55~65，硬化深度可达2mm，保证产品受力区域不容易变形。

激光淬火技术是利用激光束将基材表面瞬间加热到熔化温度以上后自然冷却。由于基材内部导热冷却而使熔化层表面快速冷却并凝固结晶的工艺过程，其加热冷却速度很高，工艺周期短，不需要外部淬火介质，具有工件变形小，工作环境洁净，处理后不需要精加工，且产品尺寸不受热处理设备尺寸的限制等独特优点。激光淬火示意图如图1所示。

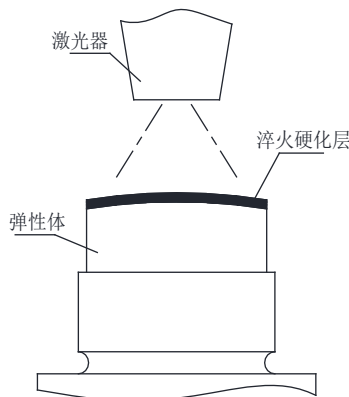


图1 激光淬火示意图

称重传感器的弹性体通过整体中硬度的热处理和局部高硬度的激光淬火工艺相结合，在保证关键应变区良好韧性的同时，又可提高加载点的刚性，从而提升使用寿命和长期性能稳定性。

2 激光打磨技术

称重传感器贴片前需要对粘贴面进行打磨处理，以除去弹性元件贴片表面的氧化层，净化表面，活化表面分子，从而增大有效粘贴面积，提高黏合强度。传统的贴片面打磨有手工打磨和喷砂打磨。手工打磨平整度和一致性差，效率低；喷砂打磨

区域面过大，粉尘大，消耗砂粒。

激光打磨原理是激光束通过聚焦后，在焦点处可产生瞬间高温，打磨掉约3丝左右镀层或氧化层，并粗化表面。激光打磨优点是贴片区洁净度比较高，对壁厚控制、粗糙度控制一致性比较好，打磨工效高，适合打造自动化控制流水线。

激光打磨工艺方法：绘制打磨区域，应至少大于实际应变计尺寸的1.2倍，并绘制划线线条，划线长度为3~5mm；打磨横向线、纵向线、划线分别用不同的笔号区分，打磨划线如图2所示。

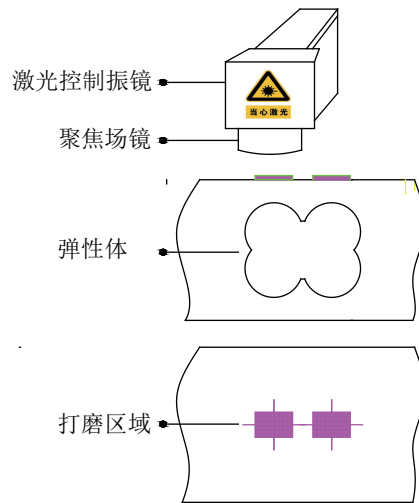


图2 打磨划线图示例

通过激光打磨工艺，我们可以让称重传感器批量生产获得更加一致的初测灵敏度和蠕变数据见表1。

表1 初测灵敏度和蠕变数据

| 序号 | 打磨方式 | 测试件钢印号 | 初测灵敏度(mV/V) | 蠕变(uV/10V.30min) |
|----|--------|---------|-------------|------------------|
| 1 | 激光打磨工艺 | 8Y08687 | 3.1000 | 1.1 |
| 2 | | 8Y70414 | 3.1154 | 1 |
| 3 | | 8Y75437 | 3.1120 | 1.1 |
| 4 | | 8Y75477 | 3.1044 | -0.4 |
| 5 | | 8Y75507 | 3.1058 | 1.0 |
| 6 | | 8Y08509 | 3.1111 | 0.6 |
| 7 | | 8Y70221 | 3.1164 | 0.8 |
| 8 | | 8Y75332 | 3.1125 | 0.4 |
| 9 | | 51A3252 | 3.1140 | -0.2 |
| 10 | | 51A3282 | 3.1078 | -0.5 |
| 11 | 传统打磨工艺 | A0Q0462 | 3.2026 | -0.7 |
| 12 | | A0Q0507 | 3.1560 | 4.1 |
| 13 | | A0S8452 | 3.4876 | 2.4 |
| 14 | | A0S8477 | 3.5320 | 1.0 |
| 15 | | A0S9208 | 3.3412 | 2.4 |
| 16 | | 81A9387 | 3.6732 | -0.9 |
| 17 | | 81A9394 | 3.2481 | 3.4 |
| 18 | | 81A9424 | 3.2610 | 2.0 |
| 19 | | 81A9604 | 3.1834 | -0.6 |
| 20 | | 81A9605 | 3.2562 | 0.5 |

从上表可以看出，采用激光打磨工艺，同一批次初测灵敏离散性为0.0160 mV/V，蠕变离散性控制在2uV/10V.30min，而采用传统打磨工艺，同一批次初测灵敏离散性为0.5172mV/V，蠕变离散性控制在5uV/10V.30min，很明显采用激光打磨工艺初测灵敏度和蠕变数据一致性优于采用传统的打磨工艺。

3 激光焊接技术

良好的密封工艺对称重传感器的长期使用寿命至关重要。常见的密封工艺有胶带密封、胶水密封和激光焊接密封，相比于胶带和胶水密封耐候不稳定性、固化流转低效率性和挥发气体不友好性，激光焊接工艺能做到长期防水、防潮，焊后快速流转、工作环境无气味等优点。

激光焊接工艺是通过激光器产生激光，将其聚

焦后射向弹性体和金属密封器件的对接面上，让对接面吸收光能，在局部产生高热，从而使金属密封件与弹性体被焊接处熔化成为一体；金属密封件通常会采用不锈钢片，焊接后的密闭空腔可与外界空气几乎完全隔离，焊接过程中还可配合抽真空或充惰性气体的工艺，让空腔内的电子器件能够远离水气及氧气，延长使用寿命。

弹性体的激光焊接结构可分为“平面搭接焊”、“平面对接焊”和“尖脚对接焊”三种。从效果上来说，“平面搭接焊”对加工和焊接技巧最简单，批量作业方便。“尖脚对接焊”加工配合要求高，焊接一次性要求高，但其焊接能量集中，两个焊接件的熔深更牢靠，焊后密封效果更加优秀，其焊接结构图如3所示。

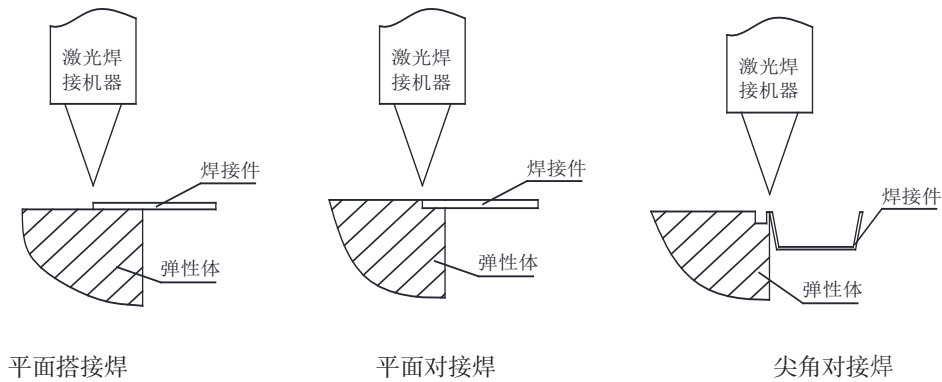


图3 焊接结构图

激光焊接设备又可分为激光断点脉冲焊和激光连续脉冲焊接。焊接效果的好坏通常是以氦质谱检漏仪的漏率标准进行评价，其焊接检漏结果见表2。

表2 焊接检漏率

| 焊接方式 | 漏率 (pa.m3/s) |
|----------|-----------------------|
| 激光断点脉冲焊接 | 4.2×10^{-7} |
| 激光连续脉冲焊接 | 9.7×10^{-11} |

对采用激光断点脉冲焊接和激光连续脉冲焊接的样件分别进行检漏，采用激光脉冲焊接的样件漏率为 4.2×10^{-7} pa.m3/s，而采用激光连续脉冲焊接的样件漏率为 9.7×10^{-11} pa.m3/s，采用激光连续脉冲焊接优

点是焊缝的质量明显优于激光脉冲焊接，激光连续脉冲焊接已逐步取代激光断点脉冲焊接工艺。

4 激光打标技术

智能制造环节中产品上的标识、流程码与生产系统的对接，对生产进度、质量管控、出货溯源都有非常好的帮助和用户体验。传统的方式是用贴纸标签，纸制标签存在标识内容不灵活、容易破损脱落、信息量少等问题。如采用激光技术在产品表面形成信息标签，甚至做成二维码形式，可以用移动设备进行现场扫码，提高制造效率和信息查询效率。

激光打标是由激光发生器生成高能量的连续激光光束，聚焦后的激光作用于弹性体表面，使表面

材料瞬间熔融，甚至气化，通过控制激光在弹性体表面的路径，从而形成需要的图文标记，见图4。

激光打标为非接触式处理，不产生机械挤压或机械应力，不会损坏弹性体表面，热影响小，保证了称重传感器原有的精度；图文标记耐久性非常好，可以防伪和追溯；打标内容不受限制，用软件设计图样和文字，高效便捷。



图4 打标图样示例

5 结语

激光技术在称重传感器制造各个过程中的应用也逐步广泛，对提高产品质量、生产效率、自动化、信息化、无污染、减少材料消耗等方面发挥愈来愈重要的作用。

参考文献

刘九卿，电阻应变式称重传感器. 中国衡器协会专业技术培训教材，2007年.

刘九卿，应变式称重传感器的环境适应性. 衡器，2023(1):9-12.

刘九卿，称重传感器装配调试工. 中国劳动社会保障出版社，2010年4月.

作者简介

林德法，西北工业大学高分子材料科学与工程工学学士。宁波柯力传感科技有限公司副总裁。全国衡器计量技术专委会委员，中国计量测试学会质量专委会委员。