

DOI: 10.7512/j.issn.1001-2303.2024.S1.11

# 激光焊工艺及人员的国际认证

冯宽, 杨桂茹, 邓义刚

机械工业哈尔滨焊接技术培训中心, 黑龙江 哈尔滨 150046

**摘要:** 探讨了激光焊接工艺及其人员的国际认证流程,旨在确保焊接质量和企业满足国际质量标准体系的要求。首先介绍了激光焊接技术的基本原理和分类,详细阐述激光焊接工艺评定的流程,包括焊接接头设计、制定预备工艺规程(pWPS)、焊后检验(无损检测和破坏性检测)以及认可范围。随后,分析了激光焊焊工和操作工人的国际认证流程,包括考试要素、认可范围、检验方法和证书有效期等。结果表明,激光焊接技术在汽车制造、机械制造、金属制品等行业中应用广泛,并具有高效、环保和高精度等优势。通过国际认证,可以有效保障焊接质量,并提升企业参与国际市场竞争的能力。随着激光技术的不断发展和应用领域的扩大,激光焊接技术将发挥更大的作用,并得到进一步提升。企业应重视激光焊接工艺和人员的国际认证,以适应未来制造业的发展趋势。

**关键词:** 激光焊; 焊接工艺评定; 人员认证; 国际标准; 质量保证

中图分类号: TG456.7 文献标识码: A 文章编号: 1001-2303(2024)S1-0060-05

## International Certification of Laser Welding Process and Personnel

FENG Kuan, YANG Guiru, DENG Yigang

Harbin Welding Training Institute, Harbin 150046, China

**Abstract:** Discusses the laser welding process and its personnel international certification process, aiming to ensure welding quality and meet the requirements of the international quality standard system. It first introduces the basic principles and classification of laser welding technology, and elaborates on the process of laser welding procedure qualification, including welding joint design, preparation of preliminary welding procedure specifications (pWPS), post-weld inspection (non-destructive testing and destructive testing), and approval scope. Then, it analyzes the international certification process for laser welding welders and operators, including examination elements, approval scope, inspection methods, and certificate validity. The results show that laser welding technology is widely used in industries such as automobile manufacturing, machinery manufacturing, and metal products, and has advantages such as high efficiency, environmental protection, and high precision. International certification can effectively ensure welding quality and enhance the ability of enterprises to participate in international market competition. With the continuous development of laser technology and the expansion of application fields, laser welding technology will play a greater role and be further improved. Enterprises should pay attention to the international certification of laser welding processes and personnel to adapt to the development trends of the future manufacturing industry.

**Keywords:** laser welding; welding procedure qualification; personnel certification; international standards; quality assurance

引用格式: 冯宽, 杨桂茹, 邓义刚. 激光焊工艺及人员的国际认证[J]. 电焊机, 2024, 54(S1): 60-64.

Citation: FENG Kuan, YANG Guiru, DENG Yigang. International Certification of Laser Welding Process and Personnel[J]. Electric Welding Machine, 2024, 54(S1): 60-64.

## 0 引言

激光焊接是一种利用高能量密度激光束作为

热源的高效精密焊接方法<sup>[1]</sup>,已成为现代制造业中不可或缺的重要工艺之一。焊根据激光器的工作方式,激光焊接可分为连续激光焊和脉冲激光焊,

收稿日期: 2024-07-15

作者简介: 冯宽(1989—), 学士, 主要从事焊接工艺评定和焊工考试检验、焊接质检人员、国际焊接工程师、ISO9712无损检测人员培训授课工作。  
E-mail: fengkuan@wtiharbin.com。

连续激光焊适用于焊接薄板或大厚板,脉冲激光焊则主要用于微型、精密元件和一些微电子元件。根据焊接时激光束的功率密度,激光焊接又可分为熔入型激光焊和穿孔型激光焊,当激光束功率密度小于  $10^5 \text{ W/cm}^2$  时,焊接过程与熔化极电弧焊相似,称为熔入型激光焊;当激光束功率密度大于  $10^5 \text{ W/cm}^2$  时,激光束可以深入到材料内部加热,称为穿孔型激光焊。激光焊接技术在汽车制造、机械制造、金属制品等行业中应用广泛。随着激光技术的不断提升,激光焊接技术也将逐步创新发展。激光焊接技术有望在激光技术持续发展和应用领域扩大的推动下,在更多领域能够发挥作用并得到提升。为了更好地将激光焊融入焊接生产,对激光焊的工艺和人员的国际认证是必要的。这不仅为产品质量保证提供了保障,而且为企业在认证国际化质量标准体系上提供了基础。在近年来国际焊接质量体系相关标准变化更新更注重健康和安全的状况下<sup>[2]</sup>,激光焊作为一种相比传统熔化焊更为环保的焊接方法无疑具有一定的优势。本文以激光焊接工艺和人员在国际认证所需掌握的国际标准为研究方向,总结了激光焊方法的工艺评定和焊工考试相关国际标准的应用。

## 1 激光焊工艺评定国际认证

### 1.1 焊接工艺评定流程

不同的生产制造单位因其质量管理方式的各异,工艺评定流程会有所差异,一般的流程如图 1 所示。

经过审批后的焊接工艺评定报告,一般要求复印两份,一份文件交付给质量管理部门,目的是供

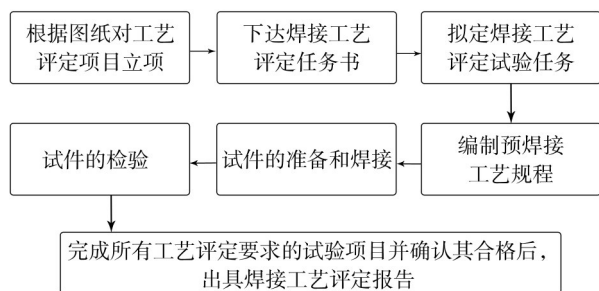


图 1 工艺评定流程

Fig. 1 Process of WQPR

第三方认证机构或用户进行核查,一份文件要交付给焊接工艺部门,目的是为了制作焊接工艺规程(WPS)。焊接工艺评定原件存企业档案部门保管<sup>[3]</sup>。

### 1.2 焊接接头的设计

焊接接头设计在焊接工艺中占据核心地位,它的合理规划对提升焊接接头的强度、稳定性和使用期限具有重要作用。在设计焊接接头时,应根据设计图纸,设计与实际生产相符合的接头形式。焊接工程师需选定若干具有代表性的焊接接头进行焊接工艺评估,在满足设计图纸要求的同时尽量考虑焊接接头的最大覆盖范围,提高焊接工艺评定的使用价值。ISO15614-11《金属材料焊接程序的规范和鉴定 焊接程序试验 第 11 部分:电子和激光束焊接》<sup>[3]</sup>中规定了多种标准接头类型:(1)板对接焊缝;(2)管对接焊缝(a.管子径向对接焊缝,b.管子(或管板)轴向对接焊缝);(3)T型接头(a.单面焊T型对接焊缝,b.双面焊T型对接焊缝,c.单面或双面焊角焊缝(不完全熔透),d.T型熔透焊缝);(4)搭接焊缝。在实际应用中,可根据产品需求来选择合适的焊接接头类型。

### 1.3 制定pWPS

预备工艺规程(pWPS)是焊接工艺评定中关键的焊接工艺文件,其主要目的是为焊工在焊接评定试件时的操作提供指导。pWPS中的焊接工艺参数是通过大量试验或经验确定,与技术相对成熟的熔化焊不同,激光焊作为相对新型的焊接方法,在制定pWPS时需要通过大量试验来优化确定焊接工艺参数。激光焊的预备工艺规程(pWPS)应遵循《ISO 15609-4:金属材料的焊接程序规范和鉴定 焊接程序规范 第 4 部分:激光束焊接》的标准来编制。该规程应详细描述对激光焊的制造商、设备信息、母材、接头设计、接头和表面准备、工装、夹具和工具、焊接位置、背面保护、焊接操作、焊接参数、预热和热处理以及焊后处理等方面的内容。

### 1.4 焊后检验

钢、铝及铝合金电子束及激光焊接质量缺欠的评定可分别按照 ISO 13919-1《电子束焊和激光焊接接头缺欠质量分级-钢、镍、钛及其合金》和 ISO 13919-2《电子束和激光焊接接头缺欠质量分级第二

部分:铝、镁及其合金和纯铜》的规定。为了适应不同产品的使用性能要求,标准中给出了B,C或者D三个等级。对于焊后的检验,依据等级的不同试验也略有不同,B级为最严格级。

#### 1.4.1 无损检测

激光焊的无损检测主要方法包括:目视检测(VT)、表面裂纹检测(渗透检测(PT)或者磁粉检测(MT))以及射线检测(RT)或者超声波检测(UT)。所有的试验应在完成pWPS中要求的热处理之后进行,标准中对不同的接头形式、材料及不同等级的焊缝有不同的无损检测方法要求;对于检测结果的质量等级要求,根据材料的不同应分别满足ISO 13919-1和ISO 13919-2。

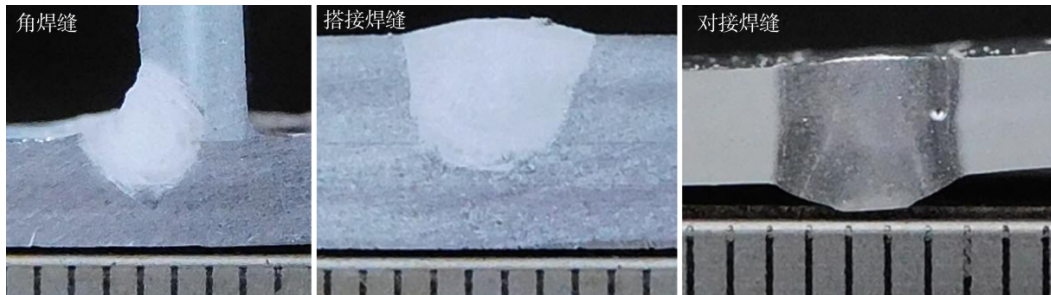


图2 典型的焊接接头的宏观金相照片

Fig. 2 Macroscopic metallographic photograph of the typical welded joint

缺欠的合格等级应根据不同的材料选择,具体的等级要求应参照技术条件确定。

如果试样由于某个符合要求的缺欠造成试验不合格,可再取一个新的试样,该试样可以取自原试件也可取自相同试验条件下焊制的备件。如果附加的试验试样仍然不合格,则说明该焊接工艺不合格。

#### 1.5 认可范围

所有必要的试验完成并且合格后,可以出具工艺评定报告。在工艺评定的使用过程中,如果改变pWPS中所涉及到的一些细节则需要重新进行焊接工艺评定,例如:更换原制造商的技术和质量控制条件下的车间、更换焊接设备、更换评定时所使用的夹具或者固定装置及工具、更换焊接材料、更换母材级别、改变接头形式、增加或者取消衬垫、接头的熔透情况(完全熔透或者部分熔透)、焊接位置、焊接参数、预热情况(取消预热或者预热温度超出规定的范围)、焊后热处理(取消焊后热处理或者焊

#### 1.4.2 破坏性检测

破坏性检测是一种通过对焊接试件取样或者对产品整体进行破坏性试验来检验其力学性能和金相组织等的试验方法。这种方法是确认焊接接头是否满足生产制造要求的重要手段。焊接完成后的工艺评定试件通常需要进行一系列的破坏性检测,包括横向拉伸试验、弯曲试验、韧性试验、硬度试验以及金相试验。ISO15614-11标准中对接头按照B级和C级要求需要进行横向拉伸试验、弯曲试验和金相试验,硬度试验和韧性试验视情况而定,D级则只要求进行金相试验,金相试验的取样数量根据不同的等级要求有所不同。部分典型焊接接头的宏观金相照片如图2所示。

后热处理参数超过规定的范围)和焊道的数量等。

但是对于试件的尺寸的认可范围(包括试件厚度认可的范围和直径的认可范围)可根据熔深的大小和试件的直径给出认可范围。试件厚度的认可范围根据熔深的大小和焊缝的等级(B级、C级和D级)给出了不同的范围,具体范围见表1,直径的认可范围见表2。

表1 厚度的认可范围(mm)

Table 1 Range of qualification for thickness

熔深	B级	C级	D级
$s < 5$	$t \pm 20\%$	$t \pm 25\%$	$t \pm 30\%$
$5 \leq s \leq 25$	$t \pm 15\%$	$t \pm 20\%$	$t \pm 25\%$
$s > 25$	$t \pm 10\%$	$t \pm 15\%$	$t \pm 20\%$

注: $t$ 为试件的厚度; $s$ 为熔深。有衬垫时, $s$ 可能大于 $t$ ;有封底焊缝(或密封焊缝)时, $s$ 也可能小于 $t$ 。

表2 直径的认可范围

Table 2 Acceptable range of diameter

试件直径	认可范围/mm
$D$	$\geq 0.75D$

## 2 激光焊焊工及操作工国际认证

由于激光焊没有专门的焊工考试标准,激光焊焊工的考试通常根据激光焊工艺的机械化程度和被焊接材料的种类来选择相应的标准进行。对于激光焊焊工手持激光焊枪进行焊接操作的情况,由于属于手工焊范畴,应根据被焊材料具体种类按 ISO 9606 相应标准进行焊工考试,如手持激光焊焊钢,就按 ISO 9606-1《金属材料熔化焊焊工考试标准—钢》<sup>[5]</sup>进行考试,手持激光焊焊铝就按 ISO 9606-2《金属材料熔化焊焊工考试标准—铝》进行考试。而对于操作机械化或自动化激光焊接设备的操作工,其考试依据则是 ISO 14732《金属材料焊接操作工考试》<sup>[6]</sup>。

同样,激光焊试件的外观及内部缺陷的评判也需根据待焊材料选择相应的标准。例如,激光焊焊钢,按 ISO 13919-1《电子束焊和激光焊接头缺欠质量分级—钢、镍、钛及其合金》进行;激光焊焊铝,按 ISO 13919-2《电子束和激光焊接头缺欠质量分级第二部分:铝、镁及其合金和纯铜》进行。

### 2.1 焊工考试流程

结合本中心的关于焊工考试的工作,焊工考试流程如图 3 所示。

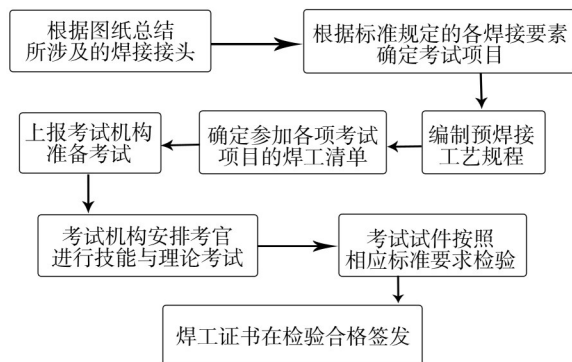


图 3 焊工考试的流程

Fig. 3 Procedure of welder examination

据中心近年来考试颁发的激光焊焊工证书数据统计显示,手持激光焊证书占颁发的激光焊证书总量的 87%,其中手持激光焊焊钢证书达到激光焊证书总量的 73%。各类激光焊证书占比如图 4 所示。从数据中也可以看出,企业从经济性、焊接效率、焊接效果、环保、人员流动性等多重角度考虑,

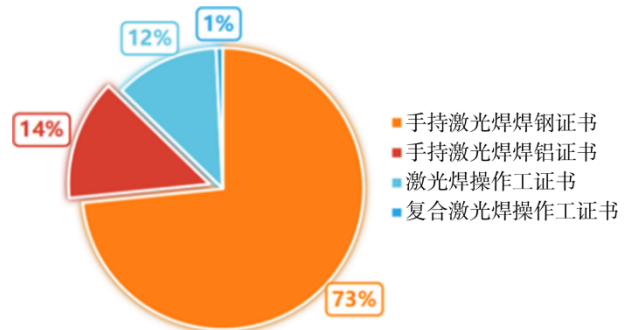


图 4 各类激光焊证书占比

Fig. 4 Proportion of various laser welding certificates

开始选择手持激光焊焊接工艺进行生产。

### 2.2 激光焊焊工的认证

举例来说,用手持激光焊接方法对钢进行焊接,激光焊焊工的认证遵循 ISO 9606-1《金属材料熔化焊焊工考试标准—钢》等国际标准进行。这些标准涵盖了考试的各个要素、认可范围、检验方法和证书有效期的规定。

#### 2.2.1 考试要素与认可范围

根据中心颁发的焊工证书数据显示,手持激光焊考试试件类型主要为试板(P),接头种类角接居多,厚度以薄板为主,主要集中在 0.6~4 mm 范围内。

平焊(PA)、平角焊(PB)是常见的焊接位置,其他焊接位置可以通过翻转转化成平焊(PA)、平角焊(PB)位置。如果其他位置生产时不方便翻转,应根据实际焊接位置进行考试。据统计,中心颁发的证书中平角焊(PB)位置占 60%,平焊(PA)位置占 20%,立向下焊(PG)位置占 13%。

对于对接焊缝来说,产品在 0.6~4 mm 这个范围内,选择考试项目尺寸时,根据对接焊缝熔敷厚度的认可范围,可以选取要求的小于 3 mm 的最小熔深值(即 0.6 mm)和大于等于 3 mm 的一个厚度进行考试。统计数据显示,颁发的对接证书中单面焊双面成形(ss nb)占 32%,单面焊背面气体保护(ss gb)占 61%,双面焊(bs)占 7%。

对于角接焊缝来说,产品在 0.6~4 mm 范围内,选择考试项目尺寸时根据角焊缝材料厚度的认可范围,选取小于 3 mm 的最小试件尺寸(即 0.6 mm)和大于等于 3 mm 的一个厚度进行考试。同时根据产品要求的 a 值编写相应的焊接工艺文件,进行单层焊接或是多层焊接。考试完成后考官将根据 a 值

对角接试件外观进行相应的评判。统计数据显示,颁发的角接证书中单层占73%。

### 2.2.2 检验方法

焊接完成后,角接试件采用外观检验+宏观检验,对接试件外观合格后,可以选取射线检验或弯曲检验。发现的缺陷按ISO 13919-1或ISO 13919-2来评判。

### 2.2.3 证书有效期

ISO9606-1标准中焊工资质的有效时间被界定为两年或三年,两年期的资质证书临近有效期结束的6个月里必须进行资格的延期审查,三年到期后要求重新进行考试取证,企业可根据焊工的流动性及产品生产周期等选择两年或三年。同时标准中也明确指出:在证书有效期内,焊接主管或考官/考试机构每六个月确认焊工在证书认可范围内从事焊接作业,否则证书失效。

## 2.3 激光焊操作工的国际认证

### 2.3.1 认证方式

激光焊操作工按ISO 14732《金属材料焊接操作工考试》进行考试认证有4种方式:(1)基于ISO 15614焊接工艺评定的方式;(2)基于ISO 15613工作试件的方式;(3)基于ISO 9606标准试件的方式;(4)基于产品或生产抽样的方式。具体使用哪种评定方式,由工程师根据企业实际状况拟定。如企业正在进行工艺评定且操作人员较少,可采取工艺评定的方式进行。

### 2.3.2 认可范围

激光焊按照焊接自动化程度不同分为机械化焊接与自动化焊接,操作工证书的认可范围依据机械化焊接与自动化焊接各自的焊接要素给予相应的认可范围。机械化激光焊与自动化激光焊进行考试的要素见表3。

表3 机械化激光焊与自动化激光焊进行考试的要素

Table 3 Examination elements of mechanized laser welding and automated laser welding

序号	机械化激光焊	自动化激光焊
1	外观控制方式的变更,要求重新进行考试,如直接外观控制变更为遥控外观控制,或反之,均要求重新进行考试。	带电弧传感器或接头传感器变更为不带电弧传感器或接头传感器的焊接,要求重新进行考试,反之不用。
2	移除自动弧长控制装置,要求重新进行考试。	单侧单层焊接变更为单侧多层焊接,要求重新进行考试,反之不用。
3	移除自动焊缝跟踪装置,要求重新进行考试。	改变焊接单元,包括机械人控制系统的更改,要求重新进行考试。
4	增加ISO 9606-1认可的焊接位置以外的焊接位置,要求重新进行考试。	
5	单侧单层焊接变更为单侧多层焊接,要求重新进行考试,反之不用。	
6	移除衬垫,要求重新进行考试。	
7	移除熔化预置件即“嵌条”,要求重新进行考试。	

为了取得较大的认可范围,在考试时可尽量选择不带跟踪系统、单侧多层的焊工考试项目。

### 2.3.3 检验方法

焊接完成后,首先进行外观检验,外观检验合格后根据试件接头类型(对接或角接)按ISO 9606标准选择相应的检验方法,如对接选取射线检验,角接选取宏观检验。对于发现的缺陷,按ISO 13919-1或ISO 13919-2来评判。

### 2.3.4 证书有效期

ISO 14732标准规定了焊工资质证书的有效期限从焊接当日起开始,为三年或六年,同样标准也对证书有效期内的每六个月确认进行了规定。企业根据自己的实际需求选择三年或六年有效期,并在有效期对证书进行合理管理,保证焊工持证上岗。

## 3 结论

激光焊接技术的快速发展,为工业生产带来了革命性的变革。其高效、环保、高精度的特性使其在众多领域得到广泛应用。然而,激光焊接技术的复杂性也要求对焊接工艺和人员进行严格的国际认证,以确保产品质量和安全生产。焊接工艺及人员的国际认证是焊接产品质量保证的基础,未来功率更大,功能更多的激光器的研发仍将继续,而激光焊接工艺的研究也必将激发出激光焊接技术更强大的应用潜力,更应加大对对其工艺和人员的国际认证的推广,为我国焊接生产企业的壮大发展以及产品迈向国际市场的质量保证将会得到更稳固的支撑。