



中华人民共和国国家标准

GB/T 19867.4—2008/ISO 15609-4:2004

激光焊接工艺规程

Welding procedure specification for laser beam welding

(ISO 15609-4:2004, Specification and qualification of welding procedures
for metallic materials—Welding procedure specification—
Part 4: Laser beam welding, IDT)

2008-03-31 发布

2008-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

GB/T 19867 分为如下五部分：

- 第 1 部分：电弧焊焊接工艺规程；
- 第 2 部分：气焊焊接工艺规程；
- 第 3 部分：电子束焊接工艺规程；
- 第 4 部分：激光焊接工艺规程；
- 第 5 部分：电阻焊焊接工艺规程。

本部分为 GB/T 19867 的第 4 部分。

本部分等同采用 ISO 15609-4:2004《金属材料焊接工艺规程及评定 焊接工艺规程 第 4 部分：激光焊》(英文版)。

本部分等同翻译 ISO 15609-4:2004。为了便于使用，本部分做了下列编辑性改动：

- 删除了国际标准的前言；
- 将标准名称改为“激光焊接工艺规程”；
- 对 ISO 15609-4:2004 中引用的其他国际标准，有被等同采用为我国标准的用我国标准代替对应的国际标准，未被等同采用为我国标准的直接引用国际标准；
- 规范性引用文件中增加了 GB/T 3375《焊接术语》；
- 增加了附录 B，用于说明有关材料的类组划分。

本部分的附录 A、附录 B 为资料性附录。

本标准由全国焊接标准化技术委员会提出并归口。

本标准负责起草单位：哈尔滨焊接研究所、中国船级社上海规范研究所、北京电力建设公司。

本标准主要起草人：朴东光、沈传钊、任永宁、王旭友、王威。

激光焊接工艺规程

1 范围

GB/T 19867 的本部分规定了激光焊的工艺规程内容要求。本部分适用于激光焊接方法。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 19867 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 3375 焊接术语

GB/T 5185 焊接及相关工艺方法代号 (GB/T 5185—2005, ISO 4063:1998, IDT)

GB/T 16672 焊缝 工作位置 倾角和转角的定义 (GB/T 16672—1996, idt ISO 6947: 1993)

GB/T 19866 焊接工艺规程及评定的一般原则 (GB/T 19866—2005, ISO 15607: 2003, IDT)

ISO/TR 15608 焊接 金属材料分类指南

3 术语和定义

本部分采用 GB/T 3375 与 GB/T 19866 规定的术语和下列定义。

3.1

上升 slope up

焊接开始时,束流功率有节制性的增加。

3.2

下降 slope down

焊接结束时,束流功率有节制性的减少。束流功率下降的区域就是工件上有束流减少现象发生的区域。该区域在不同焊接状态下,可能由一或两部分组成。

——全熔透焊接:全焊透的区域;熔深达到某一部分或者减少的区域。

——部分熔透的焊接:熔深持续减少的区域。

3.3

工作距离 working distance

工件表面与设备标准基准点(该点相对实际聚焦镜或反射镜中点而言)之间的距离。

注:这仅是实际参照距离。

3.4

定位焊道 tacking pass

为将被焊部件固定在合适位置,而在正式焊接之前焊制的焊道。

注:定位焊道可能是连续或断续的不完全熔透焊道。

3.5

一般焊道 welding pass

熔深达到规定深度的焊道。

3.6

修饰焊道 cosmetic pass

为了改善焊缝外观,在焊缝表面重新熔合的焊道。

3.7

搭接 overlap

在束流下降之前,焊道重新熔合的部分。

3.8

背面或正面支撑垫 back or front support

为了托住熔化的焊缝金属,在接头的背面或正面紧贴工件放置的垫板。

3.9

焦距 focal length

在透镜或透镜系统中,基准面至焦点的距离。该基准面为入射线与反射线相交的平面。

注:在厚镜或透镜系统中,该基准面经常处于透镜内。为了安装,操作人员经常采用“背焦距”,所谓的“背焦距”是指聚焦镜面或透镜系统正面至焦点的距离。

3.10

焦点 focal spot

在聚焦系统以外,光束横截面最小的部分。

4 焊接工艺规程(WPS)的技术内容

4.1 一般原则

焊接工艺规程(WPS)应当包含执行焊接操作的必要信息。一般焊接工艺规程的内容见4.2~4.15,具体应用时,可以根据实际情况做增减处理。

附录A给出了WPS格式的示例。

4.2 焊接方法

按照GB/T 5185的规定,激光焊方法的分类代号为52(其中固体激光焊为521;气体激光焊为522)。

4.3 有关制造商的内容

- 制造商名称。
- WPS的名称及编号。
- 焊接工艺评定报告(或其他所需文件)的编号。

4.4 使用的设备

4.4.1 一般原则

激光焊接工艺规程应包含所用设备必要的信息标识。

4.4.2 激光焊接设备

- 种类(如固体或气体)、型号、牌号;
- 额定功率;
- 连续波形或脉冲波形;
- 组合的激光器数量;
- 制造商提供的参数(或者是实测的数值):
 - 1) 光束模式;
 - 2) 光束分散角;
 - 3) 波长;
 - 4) 光束偏振及方向。

4.4.3 光束传播和聚焦系统

- 传播方式(光纤、束镜,包括所用的对中装置在内);
- 光源至聚焦系统的距离,必要时;
- 聚焦系统入口处的光束直径;
- 焦距;
- 额定的焦点尺寸及测试方法(有要求时);
- 光束通道保护系统。

4.4.4 等离子抑制气体及保护气体系统

应明确地表示设计、喷嘴相对接头的位置、焊接方向及焊接部位。

4.4.5 填充材料供给系统

应明确地表示设计、填充材料供给系统相对接头的位置、焊接方向及焊接部位。

4.5 有关母材的内容

4.5.1 母材种类/等级

- 所使用的材料、衬垫或支撑垫的型号及相关标准;
 - 母材类型(如锻件、铸件、轧制件、热压成形件)及型号。
- 一个 WPS 可能包含一组材料。

4.5.2 材料尺寸

- 接头的厚度范围;
- 圆形工件的管子外径范围。

4.6 填充材料或其他附加材料

- 在接头上所使用的填充材料或附加材料的型号及相关标准;
- 在接头上所使用的填充材料或附加材料规格;
- 在接头上所使用的填充材料或附加材料的特殊保管要求。

如果填充材料或附加材料在使用前需要清理,应做规定。

4.7 接头设计

显示接头设计/形状、尺寸、公差(包括表面加工要求)的图样,或者是提供这类信息的其他标准的编号。

4.8 接头制备

- 接头制备方法,清理及脱脂等;
- 必要时,接头制备的防护措施;
- 已制备接头的防护措施。

4.9 夹具、卡具及辅助工具

固定工件所采用的方法(包括手工定位焊、背面保护气体的布置)。

4.10 焊接位置

焊接位置应按 GB/T 16672 的规定表示。

4.11 衬垫

4.11.1 背面支撑垫

明确类型及尺寸。

4.11.2 背面气体

- 气体种类;
- 气体流量。

4.12 焊接操作说明

应采用示意图说明所有焊道(定位焊道、焊接焊道、修饰焊道)的细节内容。

4.13 焊接参数

4.13.1 光束参数

- 焊接部位的激光束功率；
- 二氧化碳激光器的 F 数(额定焦距/光束直径)；
- 使用的脉冲参数：
 - 1) 功率峰值；
 - 2) 脉冲能量；
 - 3) 脉冲频率；
 - 4) 脉冲持续时间；
 - 5) 脉冲波形。
- 功率变化情况(包括下降或上升过程)；
- 定位焊道细节；
- 振荡模式、幅度、频率和持续时间；
- 激光束的方向、偏振及相对接头和焊接方向的位置：
 - 1) (两个方向的)角度；
 - 2) 横向位置。

4.13.2 机械参数

- 移动速度；
- 移动速度的变化要求；
- 送丝速度、方向、位置及角度。

4.13.3 等离子抑制气体、保护气体及背面气体的参数

- 种类；
- 气体流量；
- 气体纯度；
- 净化程序。

4.13.4 其他参数

- 工作距离(mm)；
- 保护气喷嘴相对工件的位置及方向。

4.14 焊前及焊后加热

要求预热、后热、焊后热处理时, WPS 应规定相应的温度、保温时间及其他操作的指令。采用激光束进行预热或后热时, WPS 应记录相关的参数。

4.15 焊后的操作

所有机械加工、化学处理和热处理。

附 录 A
(资料性附录)

激光焊工艺规程(WPS)示例

WPS 编号:

WPQR 编号:

设备标识:

- 激光焊机:
- 光束偏振:
- 光束传输系统:
- 光束聚焦系统:
- 等离子抑制气体系统:
- 等离子保护气体系统:
- 填充材料供给系统:

母材型号: 1

2

材料厚度(mm): 1

2

——外径(mm):

填充材料或附加材料:

——型号:

——尺寸:

——保管:

接头种类:

——薄板或板材:

——圆柱形:

——轴向:

——径向:

——其他:

接头设计	焊接操作

夹具、卡具及辅助工具: 是 ☐

否 ☐

——机械固定:

——定位焊方法:

背面支撑: 是 ☐

否 ☐

背面气体:

准备			
规范参数			
	定位焊道	焊接焊道	修饰焊道
焊接位置			
焊接技能			
工件处的光束功率 ——连续 ——二氧化碳激光器的 F 数 功率峰值 脉冲能量 脉冲频率 脉冲持续时间 波形			
功率变化情况 ——上升 ——搭接 ——下降 ——变化波形			
振荡 ——模式 ——幅度 ——频率 ——持续时间			
激光束方位角度 ——纵向 ——横向 ——(位置)			
移动速度			
移动速度变化情况			
送丝速率			
工作气体 ——型号和种类 ——流量			
保护气体 ——型号和种类 ——流量 ——净化程序			
工作距离			
保护气体喷嘴 ——位置 ——方向			
——预热 ^a ——后热 ^a			
焊后操作 ^a			
^a 有要求时。			

制造商(名称、签字及日期):

附录 B
(资料性附录)
钢材分类指南

根据 ISO/TR 15608 的钢材分类见表 B.1。

表 B.1 钢材类组 成分用%表示

类 别	组 别	钢 种
1		屈服极限 $R_{eH} \leq 460 \text{ N/mm}^2$, 且成分如下: $C \leq 0.25, Si \leq 0.60, Mn \leq 1.70, Mo \leq 0.70^a, S \leq 0.045, P \leq 0.045, Cu \leq 0.40^a, Ni \leq 0.5^a,$ $Cr \leq 0.3(0.4 \text{ 铸钢}), Nb \leq 0.05, V \leq 0.12^a, Ti \leq 0.05$
	1.1	屈服极限 $R_{eH} \leq 275 \text{ N/mm}^2$ 的钢
	1.2	屈服极限 $275 \text{ N/mm}^2 < R_{eH} \leq 360 \text{ N/mm}^2$ 的钢
	1.3	屈服极限 $R_{eH} > 360 \text{ N/mm}^2$ 的细晶粒正火钢
	1.4	改进型耐候钢(某一种元素允许超标)
2		屈服极限 $R_{eH} > 360 \text{ N/mm}^2$ 的热控轧处理的细晶粒钢和铸钢
	2.1	屈服极限 $360 \text{ N/mm}^2 < R_{eH} \leq 460 \text{ N/mm}^2$ 的热控轧处理的细晶粒钢和铸钢
	2.2	屈服极限 $R_{eH} > 460 \text{ N/mm}^2$ 的热控轧处理的细晶粒钢和铸钢
3		屈服极限 $R_{eH} > 360 \text{ N/mm}^2$ 的调质钢和沉淀硬化钢(不锈钢除外)
	3.1	屈服极限 $360 \text{ N/mm}^2 < R_{eH} \leq 690 \text{ N/mm}^2$ 的调质钢
	3.2	屈服极限 $R_{eH} > 690 \text{ N/mm}^2$ 的调质钢
	3.3	沉淀硬化钢(不锈钢除外)
4		$Mo \leq 0.7$ 且 $V \leq 0.1$ 的低钒 CrMo(Ni)钢
	4.1	$Cr \leq 0.3$ 且 $Ni \leq 0.7$ 的钢
	4.2	$Cr \leq 0.7$ 且 $Ni \leq 1.5$ 的钢
5		$Cr \leq 0.35$ 的无钒 CrMo 钢 ^b
	5.1	$0.75 \leq Cr \leq 1.5$ 且 $Mo \leq 0.7$ 的钢
	5.2	$1.5 < Cr \leq 3.5$ 且 $0.7 < Mo \leq 1.2$ 的钢
	5.3	$3.5 < Cr \leq 7.0$ 且 $0.4 < Mo \leq 0.7$ 的钢
	5.4	$7.0 < Cr \leq 10.5$ 且 $0.7 < Mo \leq 1.2$ 的钢
6		高钒 CrMo(Ni)合金钢
	6.1	$0.3 \leq Cr \leq 0.75, Mo \leq 0.7, V \leq 0.35$ 的钢
	6.2	$0.75 < Cr \leq 3.5, 0.7 < Mo \leq 1.2, V \leq 0.35$ 的钢
	6.3	$3.5 < Cr \leq 7.0, Mo \leq 0.7, 0.45 \leq V \leq 0.55$ 的钢
	6.4	$7.0 < Cr \leq 12.5, 0.7 < Mo \leq 1.2, V \leq 0.35$ 的钢
7		$C \leq 0.35, 10.5 \leq Cr \leq 30$ 的铁素体钢、马氏体钢或沉淀硬化不锈钢
	7.1	铁素体不锈钢
	7.2	马氏体不锈钢
	7.3	沉淀硬化不锈钢

表 B.1 (续) 成分用%表示

类 别	组 别	钢 种
8		奥氏体不锈钢
	8.1	$\text{Cr} \leq 19$ 的奥氏体不锈钢
	8.2	$\text{Cr} > 19$ 的奥氏体不锈钢
	8.3	$4.0 < \text{Mn} \leq 12$ 的含锰奥氏体不锈钢
9		$\text{Ni} \leq 10$ 的镍合金钢
	9.1	$\text{Ni} \leq 3.0$ 的镍合金钢
	9.2	$3.0 < \text{Ni} \leq 8.0$ 的镍合金钢
	9.3	$8.0 < \text{Ni} \leq 10$ 的镍合金钢
10		奥氏体-铁素体双相不锈钢
	10.1	$\text{Cr} \leq 24$ 的奥氏体-铁素体不锈钢
	10.2	$\text{Cr} > 24$ 的奥氏体-铁素体不锈钢
11		除 $0.25 < \text{C} \leq 0.5$ 外,其余成分与 1 类钢相同的钢 ^c
	11.1	$0.25 < \text{C} \leq 0.35$,其余成分与 1 类钢相同的钢
	11.2	$0.35 < \text{C} \leq 0.5$,其余成分与 1 类钢相同的钢
注: 按照钢的产品标准,R_{eH}可用 $R_{\text{p0.2}}$或 $R_{\text{w.5}}$代替。 ^a 当 $\text{Cr} + \text{Mo} + \text{Ni} + \text{Cu} + \text{V} \leq 0.75$ 时,更高的值也可接受。 ^b “无钒”表示没特意添加该元素。 ^c 当 $\text{Cr} + \text{Mo} + \text{Ni} + \text{Cu} + \text{V} \leq 1$ 时,更高的值也可接受。		
