

备案号: J2405—2017

中华人民共和国化工行业标准



HG/T 20222—2017

代替 HGJ 222—1992

铝及铝合金焊接技术规程

Specification for welding technique of aluminium
and aluminium alloy

2017-07-07 发布

2018-01-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

中华人民共和国化工行业标准

铝及铝合金焊接技术规程

**Specification for welding technique of aluminium
and aluminium alloy**

HG/T 20222—2017

主编单位：中国化学工程集团公司
中国化学工程第十三建设有限公司
全国化工施工标准化管理中心站
批准部门：中华人民共和国工业和信息化部
实施日期：2018 年 1 月 1 日

中华人民共和国工业和信息化部

公 告

2017 年 第 32 号

工业和信息化部批准《塑料经编遮阳网》等 238 项行业标准（标准编号、名称、主要内容及实施日期见附件），其中轻工行业标准 49 项、化工行业标准 30 项、石化行业标准 44 项、冶金行业标准 57 项、有色金属行业标准 34 项、稀土行业标准 10 项、黄金行业标准 6 项、航空行业标准 1 项、建材行业标准 2 项、汽车行业标准 2 项、通信行业标准 3 项；批准《家用和类似用途电器的溶出物限值和试验方法》1 项轻工行业标准修改单，现予公布。行业标准修改单自发布之日起实施。

附件：8 项化工行业工程建设标准编号、标准名称和实施日期

中华人民共和国工业和信息化部

二〇一七年七月七日

附件：

8 项化工行业工程建设标准编号、标准名称和实施日期

序号	标准编号	标准名称	被代替标准编号	实施日期
70	HG/T 20222—2017	铝及铝合金焊接技术规程	HGJ 222—1992	2018-01-01
71	HG/T 20223—2017	铜及铜合金焊接及钎焊技术规程	HGJ 223—1992	2018-01-01
72	HG/T 20203—2017	化工机器安装工程施工及验收规范（通用规定）	HG 20203—2000	2018-01-01
73	HG/T 20275—2017	化工设备工程施工及验收规范		2018-01-01
74	HG/T 20691—2017	高压喷射注浆施工技术规范	HG/T 20691—2006	2018-01-01
75	HG/T 20709—2017	复合桩基础设计规范		2018-01-01
76	HG/T 20710—2017	刚度可控式桩筏基础设计规范		2018-01-01
77	HG/T 20638—2017	化工装置自控工程设计文件深度规范	HG/T 20638—1998	2018-01-01

前 言

本标准是根据工业和信息化部（工信厅科〔2009〕104号文）《关于印发2009年第一批工业行业标准制修订计划的通知》，由中国石油和化工勘察设计协会组织中国化学工程集团公司、中国化学工程第十三建设公司、全国化工施工标准化管理中心站、中石化工程建设有限公司，在《铝及铝合金焊接技术规程》HGJ 222—1992的基础上修订完成。

本标准自实施之日起代替《铝及铝合金焊接技术规程》HGJ 222—1992。

本标准在修订过程中，修编组经调查研究，总结实践经验，同时参考了国内外铝及铝合金焊接工程技术应用方面的大量资料，并广泛征求意见，最后修订了本标准。

本标准主要包括总则、术语和符号、材料、焊接施工与焊接检验等。

本标准与HGJ 222—1992相比，主要变化如下：

1. 删除了部分术语；
2. 删除了常用材料表格；
3. 删除了整个焊接工艺评定和焊工考试章节，改为直接引用专业技术标准；
4. 删除了射线探伤章节，改为直接引用专业技术标准；
5. 修订了与相关标准不相符合的部分条款。

本标准由中国石油和化工勘察设计协会提出并归口。

本标准由中国化学工程第十三建设有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见和建议，请与中国化学工程第十三建设有限公司联系（联系地址：河北省沧州市永济东路79号，邮编：061000，电话：0317-3590320）。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主 编 单 位：中国化学工程集团公司

中国化学工程第十三建设有限公司

全国化工施工标准化管理中心站

参 编 单 位：中石化工程建设有限公司

主要起草人：张利军 苏言诚 周胜平 孙国恩

主要审查人：夏节文 李青文 潘兰兰 孙 逊 崔定龙

孙智刚 郑 钧 袁转东 董安霞

目 次

1	总则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(2)
3	材料	(3)
3.1	一般规定	(3)
3.2	母材	(3)
3.3	焊接材料	(3)
4	焊接施工	(5)
4.1	一般规定	(5)
4.2	焊前准备	(5)
4.3	焊接工艺要求	(6)
4.4	焊缝的返修	(8)
5	焊接检验	(9)
5.1	一般规定	(9)
5.2	焊缝的外观检查	(9)
5.3	焊缝的无损检测	(9)
附录 A	焊接工艺规程用表格式	(10)
	本标准用词说明	(13)
	引用标准目录	(14)
附:	条文说明	(15)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	symbols	(2)
3	Material	(3)
3.1	General requirement	(3)
3.2	Parent metal	(3)
3.3	Materials for welding and soldering	(3)
4	Welding construction	(5)
4.1	General requirement	(5)
4.2	Preparation before welding	(5)
4.3	Welding procedure requirement	(6)
4.4	Repair or welded seam	(8)
5	Welding examination	(9)
5.1	General requirement	(9)
5.2	Visual inspection for welded seam	(9)
5.3	Non destructive detection for welded seam	(9)
	Appendix A Welding procedure specification	(10)
	Explanation of wording in this code	(13)
	List of quoted standards	(14)
	Addition:Explanation of provisions	(15)

1 总 则

- 1.0.1 为提高铝及铝合金焊接施工技术水平，加强焊接过程的质量控制，保证工程质量，制定本标准。
- 1.0.2 本标准适用于化工装置工程建设施工中以工业纯铝和铝合金制作与安装的设备 and 管道的焊接。焊接方法为钨极惰性气体保护电弧焊和熔化极惰性气体保护电弧焊。
- 1.0.3 焊接施工应按设计文件及本标准的规定执行。
- 1.0.4 铝及铝合金焊接的施工除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1

双面同步钨极惰性气体保护电弧焊 **for double side synchronizing tungsten inert gas shielded arc welding**

在钨极惰性气体保护电弧焊时，由两名焊工同时在焊缝的正反两面对同一焊接部位用相同的焊接速度进行焊接的工艺方法。

2.1.2

错边量 **dislocation quantity**

两焊件组对或焊缝焊完后表面所错开的垂直距离。

2.2 符 号

δ ——母材厚度；

T ——透照厚度；

p ——设计压力。

3 材 料

3.1 一 般 规 定

- 3.1.1 焊接工程使用的母材和焊丝应具有产品质量证明文件。
- 3.1.2 母材和焊丝应妥善保管，不得损伤、污染和腐蚀。
- 3.1.3 当选用国外材料时，应符合国家现行有关标准的规定，并具有材料的质量证明文件。

3.2 母 材

- 3.2.1 焊接工程选用的母材应符合现行国家标准《一般工业用铝及铝合金板、带材 第1部分：一般要求》GB/T 3880.1、《一般工业用铝及铝合金板、带材 第2部分：力学性能》GB/T 3880.2、《一般工业用铝及铝合金板、带材 第3部分：尺寸偏差》GB/T 3880.3、《铝及铝合金热挤压管 第1部分：无缝圆管》GB/T 4437.1、《铝及铝合金拉（轧）制无缝管》GB/T 6893 和《变形铝及铝合金化学成分》GB/T 3190 的有关规定。
- 3.2.2 当对母材有特殊要求时，应在设计图样或相应的技术文件上注明。
- 3.2.3 当对设备和管道的材料代用时，应经原设计单位同意，并出具书面文件。

3.3 焊 接 材 料

- 3.3.1 常用母材焊接时所选用的焊丝，应符合现行国家标准《铝及铝合金焊丝》GB/T 10858 和《承压设备用焊接材料订货技术条件 第6部分：铝及铝合金焊丝和填充丝》NB/T 47018.6 的有关规定。
- 3.3.2 常用母材焊接时焊丝的选用应符合表 3.3.2 的规定。
- 3.3.3 选用焊丝时应符合下列规定：
 - 1 焊接纯铝时，应选用铝纯度与母材相同或比母材高的焊丝。
 - 2 焊接铝锰合金时，应选用含锰量与母材相近的铝锰合金焊丝或铝硅合金焊丝。
 - 3 焊接铝镁合金时，应选用含镁量与母材相同或比母材高的焊丝。
 - 4 异种铝及铝合金的焊接，应选用与抗拉强度较高的母材相应的焊丝。

表 3.3.2 常用母材焊接时焊丝的选用

母材 牌号	1050A 1070A 1060	5052	5052+3003	5183	5052+5183	5183+3003	3003
焊丝 牌号	SAL1070 SAL1450Ti	SAL5554 SAL5556	SAL5183				SAL3103

- 3.3.4 焊接时所使用的氩气、氮气应符合现行国家标准《氩》GB/T 4842 和《纯氮、高纯氮和超纯氮》GB/T 4844 的有关规定，露点不应高于-50℃。

3.3.5 钨极惰性气体保护电弧焊电极宜选用铈钨极。钨极最大许用电流应符合表 3.3.5 的规定。

表 3.3.5 钨极最大许用电流

钨极直径/mm	3	4	5	6	7
最大许用电流/A	160	240	280	370	420

4 焊接施工

4.1 一般规定

- 4.1.1 施工单位应具备健全的焊接施工质量管理体系和管理制度。焊接施工前应具备下列条件：
- 1 编制的焊接工艺技术文件已批准。
 - 2 已进行图纸会审和技术交底。
 - 3 材料、机具应符合使用要求。
- 4.1.2 在掌握材料的焊接性能后，必须在工程焊接前进行焊接工艺评定。
- 4.1.3 焊接施工前应按现行行业标准《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014 的规定对拟采用的焊接工艺进行评定。
- 4.1.4 焊工施焊前应熟悉所焊母材的种类、焊接材料、焊接工艺及焊接接头的质量要求，并按焊接工艺要求施焊。
- 4.1.5 施工单位在焊接施工前应根据焊接工艺评定报告，编制焊接工艺规程。焊接工艺规程的格式宜采用本标准附录 A 的格式。
- 4.1.6 焊机使用前应接地，冷却水路和气路应畅通，各项功能应正常。
- 4.1.7 焊接场所应清洁，并应有防风、防雨雪设施。相对湿度应不大于 80%，环境温度应不低于 5℃。

4.2 焊前准备

- 4.2.1 铝材应采用机械或等离子弧方法切割下料。
- 4.2.2 坡口加工宜采用机械方法，加工后的坡口表面应平整，且无毛刺和飞边。
- 4.2.3 坡口型式和尺寸应符合设计规定，当设计无规定时，应符合现行国家标准《铝及铝合金气体保护焊的推荐坡口》GB/T 985.3 的有关规定。
- 4.2.4 焊缝背面可加临时垫板，垫板可采用不锈钢材料制作。当焊缝背面保留垫板时，应征得设计单位的同意。
- 4.2.5 焊丝、焊件坡口及表面油污和氧化膜的清除应符合下列规定：
- 1 表面油污的清除宜采用丙酮有机溶剂，清除范围为坡口两侧应不小于 50mm。
 - 2 焊丝表面氧化膜的清除应采用化学法。
 - 3 坡口的清理应符合下列规定：
 - 1) 坡口及其附近的表面可采用手工或动力工具处理至露出金属光泽，清除范围为坡口两侧应不小于 30mm；
 - 2) 表面的清理也可采用浓度为 5%~10% 的氢氧化钠溶液，在温度为 70℃ 下浸泡 30~60s，然后用浓度为 15% 的硝酸常温浸泡 2min，再用温水清洗干净，并对表面做干燥处理。

4.2.6 当无防护措施时，应在 8h 内施焊。

4.2.7 管道对接焊件组对时，其内壁错边量应符合下列规定：

- 1 当壁厚小于或等于 5mm 时，内壁错边量应不大于 0.5mm。
- 2 当壁厚大于 5mm 时，内壁错边量应不大于管道焊件壁厚的 10%，且不大于 2mm。

4.2.8 设备焊件组对时，其错边量应符合下列规定：

- 1 当设备的壁厚小于或等于 12mm 时，纵焊缝错边量应不大于 1/5 设备的壁厚。
- 2 当设备壁厚大于 12mm 时，纵焊缝错边量应不大于 2.5mm，环焊缝错边量应不大于 1/5 设备的壁厚，且不大于 5mm。

4.2.9 不等厚对接焊件组对时，薄件端面应位于厚件端面之内。当表面错边量大于 3mm 或单面焊缝根部错边量大于 2mm 时，应按现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236—2011 中的图 7.2.8 进行加工。

4.3 焊接工艺要求

4.3.1 定位焊缝应符合下列规定：

- 1 焊件组对可采用铝材定位板，点焊定位宜在坡口内点焊固定。焊接时，选用的焊丝应与母材相匹配。
- 2 定位焊缝长度、间距和高度应根据坡口长度确定，不得有裂纹。
- 3 根部定位焊缝，应将其表面的黑粉、氧化膜清除，并应将两端修整成缓坡形。
- 4 拆除定位板时不应损伤母材，拆除后应将残留焊肉打磨至与母材表面齐平。
- 5 定位焊所用焊接材料、工艺措施应与正式施焊相同。当发现定位焊缝有裂纹、气孔缺陷时，应清除后重焊。

4.3.2 焊接工艺应符合下列规定：

- 1 钨极惰性气体保护电弧焊宜采用交流电源；熔化极惰性气体保护电弧焊应采用直流电源反接。
- 2 正式焊接前，可在试板上进行堆焊试验，待调整好各工艺参数后再进行正式焊接。
- 3 在焊接工艺规程允许范围内宜采用大电流并应快速施焊。焊丝的横向摆动幅度不宜大于焊丝直径的 3 倍。
- 4 当采用钨极惰性气体保护电弧焊和手工双面同步钨极惰性气体保护电弧焊焊接厚度大于 10mm 的焊件或采用熔化极惰性气体保护电弧焊方法焊接厚度大于 15mm 的焊件时，焊前均宜对焊件进行预热，预热温度宜为 100~150℃。当焊件温度低于 5℃时，应在施焊处 100mm 范围内预热至 15℃以上。
- 5 焊接过程中应清除焊层焊道间的氧化物、夹渣等缺陷。双面焊应清理焊根，并应露出焊缝金属光泽。对需清根的双面焊或进行封底焊的焊缝，应采用机械清根。
- 6 纵焊缝两端的引弧板和引出板的材质应与母材相同。纵焊缝和环焊缝清理弧坑后，宜在引弧板上引燃电弧，待电弧燃烧稳定后再进行焊接。
- 7 当喷嘴上有飞溅物时，应及时清除或更换喷嘴。当钨极端部出现污染、形状不规则等现象

时，应及时修整或更换。

8 当进行手工钨极惰性气体保护电弧焊时，焊接过程中焊丝端部不得离开气体保护区，焊丝送进时与焊缝表面的夹角宜为 15°。焊枪与焊缝表面的夹角宜为 80°~90°，其焊接工艺参数宜按表 4.3.2-1 选用。

9 对厚度大于 4mm 的立焊和横焊位置的焊缝，底层焊接宜采用手工双面同步钨极惰性气体保护电弧焊工艺，其工艺参数宜按表 4.3.2-2 选用。

10 当熔化极惰性气体保护焊发生导电嘴、喷嘴熔入焊缝时，应将该部位全部铲除，更换导电嘴和喷嘴后方可继续施焊。熔化极半自动惰性气体保护电弧焊焊接工艺参数宜按表 4.3.2-3 选用，熔化极自动惰性气体保护电弧焊焊接工艺参数宜按表 4.3.2-4 选用。

表 4.3.2-1 手工钨极惰性气体保护电弧焊焊接工艺参数

母材厚度/mm	焊丝直径/mm	钨极直径/mm	喷嘴直径/mm	氩气流量/(L/min)	焊接电流/A	焊接层数
1.5~3	2~3	2~3	8~12	4~10	40~110	1
4~8	3~5	3~5	10~14	8~14	100~250	1~3
10~12	5~6	5~6	12~16	12~16	240~300	3~4
14~16	6	6~7	14~18	14~18	280~360	4~5
18~20	6	6~7	16~20	16~18	280~380	5~6

表 4.3.2-2 手工双面同步钨极惰性气体保护电弧焊焊接工艺参数

母材厚度/mm	焊丝直径/mm	钨极直径/mm	喷嘴直径/mm	氩气流量/(L/min)	焊接电流/A
4~6	4~5	3~4	12~14	10~12	60~110
8~10	5~6	3~4	12~14	12~14	130~170
12~14	5~6	3~4	12~16	12~16	170~210
16~18	5~6	4~5	12~16	16~18	210~240

注 1：焊接电流应为底层焊时每台焊机的电流值。

注 2：覆盖层应由一名焊工施焊，其焊接工艺宜按表 4.3.2-1 选用。

表 4.3.2-3 熔化极半自动惰性气体保护电弧焊焊接工艺参数

母材厚度/mm	焊丝直径/mm	喷嘴直径/mm	氩气流量/(L/min)	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接层数（正/反）
8~10	1.6~2.5	20	25~30	140~280	20~30	（1~2）/1
12~14	2.5~3	20	25~30	260~300	25~30	2/（1~2）
16~18	2.5~3	20	30~35	300~360	28~35	2/2
20~22	2.5~3	20	35~40	330~360	35~40	2/2

表 4.3.2-4 熔化极自动惰性气体保护电弧焊焊接工艺参数

母材厚度 mm	焊丝直径 mm	喷嘴直径 mm	氩气流量 L/min	焊接电流/A	电弧电压 V	焊接速度 cm/min	焊接层数 (正/反)
10	3	28/27	30~40	280~310	24~26	25~40	1/1
12	3	28/27	30~40	290~320	24~26	25~40	1/1
16	4	28/27	30~40	380~420	26~30	25~40	1/1
20	4	28/27	35~45	460~520	28~34	25~40	1/1
25	4	28/27	40~50	480~550	28~36	25~40	1/1

4.4 焊缝的返修

4.4.1 焊缝返修应在压力试验前进行。

4.4.2 对要求局部检测的焊缝，当合格率低于 95% 或出现裂纹缺陷时，应进行返修，该焊工所焊焊缝的剩余部分按表 5.3.2 的检测比例抽查检测。

4.4.3 返修工艺措施应经焊接技术负责人批准。对经过 2 次返修仍不合格的焊缝，在进行返修前应经单位技术负责人批准。

5 焊接检验

5.1 一般规定

- 5.1.1 焊接质量检查人员应具有相应的资格证书。
- 5.1.2 检验人员应按设计文件和本标准的有关规定，对现场焊接工作进行检查。
- 5.1.3 焊接检查工作应与工程施工同步进行。

5.2 焊缝的外观检查

- 5.2.1 检验人员应对焊工所焊的全部焊缝进行外观检查。
- 5.2.2 焊缝外观质量应符合下列规定：
 - 1 焊缝应与母材表面圆滑过渡，其表面不得有裂纹、未熔合、气孔、氧化物夹渣及过烧缺陷。
 - 2 当母材厚度小于或等于 10mm 时，焊缝余高不得超过 3mm；当母材厚度大于 10mm 时，焊缝余高不得超过 1/3 倍母材厚度且不大于 5mm。
 - 3 当母材厚度小于或等于 10mm 时，焊缝咬边深度不得超过 0.5mm；当母材厚度大于 10mm 时，焊缝咬边深度不得超过 0.05 倍母材厚度且不得超过 0.8mm。板材焊缝两侧咬边总长度不得超过焊缝总长度的 10%，管材环缝两侧咬边总长度不得超过焊缝总长度的 20%。
 - 4 仰焊位置单面焊内表面允许有深度小于 1/5 倍母材厚度，且不大于 2mm 的凹陷，其他所有位置的焊缝不应有表面凹陷。
 - 5 错边量不得大于 4.2.5、4.2.6 和 4.2.7 的规定。
 - 6 角焊缝的焊角高度应大于或等于两焊件中较薄焊件母材厚度的 70%，且不小于 3mm。

5.3 焊缝的无损检测

- 5.3.1 焊缝无损检测除应符合设计文件规定外，尚应符合本标准的有关规定。
- 5.3.2 当设计文件无规定时，焊缝射线检测比例和质量等级应符合表 5.3.2 的规定。

表 5.3.2 焊缝射线检测比例和质量等级

应达到的质量等级	II		III
设计压力 p /MPa	$p \geq 1.6$	$0.6 \leq p < 1.6$	$0.1 \leq p < 0.6$
检测比例	100%	$\geq 25\%$	$\geq 10\%$

- 5.3.3 焊缝的表面检测应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第 5 部分：渗透检测》NB/T 47013.5 的有关规定，质量等级应为 I 级；焊缝的内部检测应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第 2 部分：射线检测》NB/T 47013.2 的有关规定，质量等级应符合本标准表 5.3.2 的规定。

附录 A 焊接工艺规程用表格式

表 A 焊接工艺规程

单位名称_____	
焊接工艺规程编号_____	
所依据工艺评定报告编号_____	
焊接方法_____	
接头： 接头形式_____	(简图、施工图、文字说明接头连接情况)
接头间隙_____	
垫板(材质及规格)_____	
其他_____	
母材： 类别号_____与类别号_____相焊或	
标准号_____牌号_____与标准号_____牌号_____相焊	
厚度范围： 对接焊缝_____角焊缝_____	
管子直径、壁厚_____	
其他_____	
焊接材料： 焊丝类别_____焊剂类别_____	
焊丝标准_____焊剂标准_____	
焊丝牌号_____焊剂牌号_____	
制造厂家_____制造厂家_____	
焊丝熔敷金属化学成分_____其他_____	

表 A 焊接工艺规程 (续)

焊接位置: 对接焊缝位置 _____ 焊接方向 _____ 角焊缝位置 _____ 焊接方向 _____ 其他 _____	焊后热处理: 保温温度 (℃) _____ 保温时间 (h) _____							
预热: 预热时间 _____ 层间温度 _____ 保持预热时间 _____ 加热方式 _____	气体: 保护气体 _____ 混合气体 _____ 流量 _____							
电特性: 电流种类 _____ 极性 _____ 焊接电流范围 (A) _____ 电弧电压 (V) _____ 焊接速度 (范围) _____ 焊丝送进速度 (cm/min) _____ 钨极类型及直径 _____ 喷嘴直径 (mm) _____								
(按所焊位置和厚度, 分别列出电流和电压范围, 记入下表)								
焊道/焊层	焊接方法	填充材料		焊接电流		电弧电压/V	焊接速度/(cm/min)	线能量/(kJ/cm)
		牌号	直径	极性	电流/A			

表 A 焊接工艺规程（续）

单位名称_____			
焊接工艺规程编号_____			
所依据工艺评定报告编号_____			
焊接方法_____			
技术措施： 摆动焊或不摆动焊_____摆动参数_____			
焊前清理和层间清理_____背面清根方法 _____			
单道焊或多道焊（每面）_____导电嘴至工件距离（mm）_____			
其他_____			
编制		审核	
日期		日期	

本标准用词说明

- 1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。
 - 2) 表示严格，在正常情况下均这样做的用词：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。
- 2 标准中指定应按其他有关标准、规范执行时的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准目录

- [1] 《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236—2011
 - [2] 《铝及铝合金气体保护焊的推荐坡口》GB/T 985.3
 - [3] 《变形铝及铝合金化学成分》GB/T 3190
 - [4] 《一般工业用铝及铝合金板、带材 第1部分：一般要求》GB/T 3880.1
 - [5] 《一般工业用铝及铝合金板、带材 第2部分：力学性能》GB/T 3880.2
 - [6] 《一般工业用铝及铝合金板、带材 第3部分：尺寸偏差》GB/T 3880.3
 - [7] 《铝及铝合金热挤压管 第1部分：无缝圆管》GB/T 4437.1
 - [8] 《氩》GB/T 4842
 - [9] 《纯氮、高纯氮和超纯氮》GB/T 4844
 - [10] 《铝及铝合金拉（轧）制无缝管》GB/T 6893
 - [11] 《铝及铝合金焊丝》GB/T 10858
 - [12] 《承压设备无损检测 第2部分：射线检测》NB/T 47013.2
 - [13] 《承压设备无损检测 第5部分：渗透检测》NB/T 47013.5
 - [14] 《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014
 - [15] 《承压设备用焊接材料订货技术条件 第6部分：铝及铝合金焊丝和填充丝》NB/T 47018.6
-

中华人民共和国化工行业标准

铝及铝合金焊接技术规程

HG/T 20222—2017

条文说明

目 次

修订说明	(17)
1 总则	(18)
2 术语和符号	(19)
2.1 术语	(19)
2.2 符号	(19)
3 材料	(20)
3.1 一般规定	(20)
3.2 母材	(20)
3.3 焊接材料	(20)
4 焊接施工	(22)
4.1 一般规定	(22)
4.2 焊前准备	(22)
4.3 焊接工艺要求	(23)
4.4 焊缝的返修	(24)
5 焊接检验	(26)
5.1 一般规定	(26)
5.2 焊缝的外观检查	(26)
5.3 焊缝的无损检测	(26)

修 订 说 明

《铝及铝合金焊接技术规程》HG/T 20222—2017，经中华人民共和国工业和信息化部 2017 年 7 月 7 日以第 32 号公告批准发布。

本标准是在《铝及铝合金焊接技术规程》HGJ 222—1992 的基础上修订而成，1992 年版的主编单位是中国化学工程第十三建设有限公司，主要起草人是宋胜英、钱景龙。

本标准在修订过程中，编制组进行了广泛的调查研究，认真总结了我国铝及铝合金焊接方面的施工工艺、质量控制、工程质量验收工作的实践经验，同时参考了铝及铝合金焊接工程技术应用方面的大量资料。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《铝及铝合金焊接技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

1 总 则

1.0.2 规定了本标准的适用范围。在化工、炼油装置中所使用的铝制设备、容器及其他焊接构件，基本上是由塑性、导热性、耐蚀性及焊接性良好的工业纯铝和非热处理强化的铝锰、铝镁防锈铝合金制成。可热处理强化的硬铝、超硬铝合金因其焊接性较差、焊接裂纹倾向性较大，用普通的熔焊方法焊接不易保证接头质量，一般不用作焊接结构材料，或者在工程建设施工中因很少使用而无成熟的焊接经验，故这类材料不包括在本标准范围之内。

手工钨极惰性气体保护电弧焊和熔化极氩弧焊，在施工中已普遍采用，适合于铝材焊接。氧乙炔焊由于其热源温度低、热量分散、加热困难且对熔池的保护效果差，所焊接头的强度、耐蚀性及生产效率等均远不如氩弧焊，很难达到对接头的质量要求，故本标准的焊接方法仅适用于氩弧焊而不包括氧乙炔焊。

1.0.4 主要指本标准所没有包括的专用于铝制压力容器的其他规定，如压力容器受压元件材料使用条件的限制、对接焊缝 100%进行射线探伤的条件及产品试板的焊接与检验等。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 新增内容，本条文所描述内容比较形象，也更能反映实际操作的状态。

2.1.2 错边量虽然名词比较熟悉，但是《焊接术语》GB/T 3375—1994 和《焊接词典》均没有进行相应解释。《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236—2011 虽然也提到错边量，但是术语部分没有解释，只是提到错边量大于 3mm 时，按照图 7.2.8 不等厚对接焊件坡口加工图进行加工修整，结合图 7.2.8 不等厚对接焊件坡口加工图进行语言整理完善，可以比较准确地理解“错边量”。

2.2 符 号

2.2 字母符号的选择是按照英文简写和国际惯例进行规定的，主要是便于记忆与识别。

3 材 料

3.1 一 般 规 定

3.1.1 本条对母材和焊接材料提出了要求，实践证明只有合格的母材和焊接材料才能保证工程的质量。对于一个工程而言，合格的母材和焊接材料是非常重要的，只有加强对母材和焊接材料的控制，让业主和施工单位加强对采购环节的控制，才能避免采购到不合格的母材和焊接材料。

3.1.2 虽然生产厂家提供了合格的母材和焊接材料，但是存储非常重要。存储不当会直接影响工程的质量；如果对储存不当的材料进行处理，还会增加额外的工作量。

3.1.3 本条对国外材料提出了要求，虽然欧美等发达国家的材料质量控制比较严格，但根据中国国情，特别是对于一种新材料，需要施工单位对该材料做相关试验，验证合格后才能应用于工程建设中。

3.2 母 材

3.2.1 本条提出了采购母材应具体符合的标准。

3.2.2 对于一些有特殊要求的材料，有可能生产厂家按照国家标准进行生产是合格的，但是对于本工程而言其某些元素含量和力学性能有特殊要求，这时就需要对材料在设计文件上和技术文件上特别提出，加强对特殊材料的管理。

3.2.3 提出了代用原则，之所以选择经设计单位同意，是因为设计单位对其所设计的产品充分了解。

3.3 焊 接 材 料

3.3.1 本条提出了采购焊接材料应具体符合的标准。

3.3.2 对焊丝选用的原则要求作出了明确规定。各种牌号母材，应按此原则要求选用焊丝，表 3.3.2 仅列出了施工中常用母材的焊丝选用，以供使用时参考。

3.3.3 含有约 5%Si 的 SAL4043 焊丝，虽然其焊缝金属具有较高的抗热裂纹性能，主要用来焊补易产生热裂纹的 Al-Mg-Si 系可热处理强化合金、铸造合金和对接头强度要求不高而可焊性较差的合金。应特别注意的是铝硅焊丝不能用来焊接铝镁合金。因焊缝中易析出 Mg_2Si 化合物而使接头的韧性降低和变脆，所以本标准修订时没有推荐。

在日本现行标准《铝及铝合金惰性气体保护焊工艺规程》JIS Z3604 中，规定铝锰合金选用 $Al \geq 99.0\%$ 的纯铝焊丝，因国内还缺少这样规定的依据及实践，故未予以规定。

在其他现行标准中，均规定可选用同材质板材切条作手工焊时的填充金属，但从焊接性、焊接裂纹敏感性、焊接接头强度、表面氧化膜清除质量及焊工操作使用等方面考虑，不易保证接头质量。故本标准不予采用。

3.3.4 氩弧焊所使用的氩气纯度对焊缝中气孔的产生有明显影响，故在焊接标准中对其质量均有要求，如国家现行标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 规定不应低于 99.99%。在国家现行标准《纯氩、高纯氩和超纯氩》GB/T 4844 标准中所规定的氩气纯度为大于或等于 99.99%，完全可以满足对各种材料的焊接要求。实际上，质量合格的氩气对焊缝中气孔的产生几乎没有直接影响，主要问题是在使用过程中要防止氩气输送管路或焊枪中发生漏气或堵塞现象。

3.3.5 为避免因使用的电流过大而造成钨极的烧损、焊缝夹钨及恶化焊缝成型，根据施工经验在表 3.3.5 中列出了钨极最大许用电流。

4 焊接施工

4.1 一般规定

4.1.1 焊接施工管理是保证焊接质量的重要内容，但因本标准是焊接技术标准，故仅提出施工单位应具备健全的焊接质量控制体系和制度这一原则规定。

4.1.2 焊接工艺评定的目的是检验施焊单位是否具备焊接合格接头的能力、施焊单位所拟订的焊接工艺指导书是否正确、为制定正确的焊接工艺规程提供依据，只有施焊单位焊接出合格的焊接工艺评定以后，对材料焊接性能有了全面的了解，才能够保证焊接接头质量，从而保证整个工程的总体质量。所以，焊接工艺评定很重要，必须在工程施焊前进行。

4.1.3 原标准第5章《焊接工艺评定》的内容主要依据美国机械工程师协会 ASME 第IX卷《焊接和钎焊评定》，并结合国内情况编写，这与现行行业标准《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014—2011是一致的，为了减少企业重复做工艺评定，本次修订直接引用《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014—2011。

4.1.4 实践证明，只有对母材和焊接材料的性能充分了解，并严格按照合格的焊接工艺进行施工，才能够保证工程质量。施工前技术人员一定要给焊工讲解焊接的难点，让他们充分了解焊接工艺。

4.1.5 焊接工艺规程是指导焊接施工的工艺文件。本条强调工艺规程的编制依据是焊接工艺评定报告，即规程中的重要因素应符合评定报告所适用的范围。

根据美国现行标准《焊接和钎接评定》ASME 第IX卷中 QW-482 焊接工艺规程（WPS）推荐格式，以及铝材的焊接工艺特点和国内施工使用习惯，在附录 A 中规定了焊接工艺规程的格式，其目的是在编制工艺规程时予以指导，防止主要内容的遗漏。

4.1.6 此条规定了焊机应具有焊接铝的电特性，具体要求有参数稳定、调节灵活和安全可靠；为了保证焊接人员在使用焊机时的安全，规定了接地要求。

4.1.7 对焊接环境的要求主要是防止焊缝中气孔的产生，据《油气管道安全》专刊里《铝及铝合金的焊接方法》介绍，当相对湿度大于 85%或环境温度较低时，受坡口、焊丝表面及气体管路内壁所吸附的冷凝水的影响，焊缝中产生气孔的倾向将会急剧增高。本条根据施工经验，将相对湿度限制在 80%以内，环境温度不低于 5℃，超出规定则应采取相应的预防措施。为了便于实际操作，相对湿度和环境温度在距焊件 500~1 000mm 范围内测量。

至于风速限制在多大范围内，具体规定某一数值没有多大意义，一方面施工现场不去测定，再者氩气流量的大小不同，降低氩气保护效果的风速也不会一样，故在室外施工均应设置挡风围屏以使氩弧焊施工得以顺利进行。

4.2 焊前准备

4.2.1 对下料提出了要求，传统铁基材料基本上是采用火焰切割进行下料，对于铝材，如果用火

焰进行切割，因为铝导热比较快使得切割难以进行，而且会对铝材加速氧化。因为它硬度小、导热快，易于用机械和等离子进行切割。

4.2.2 对坡口加工提出要求，等离子虽然也能够切割，但是会产生氧化，不符合坡口要求。

4.2.3 对坡口提出了具体的要求，只有合格的坡口才能为焊工焊接合格的焊缝创造条件。

4.2.4 垫板用于支撑焊缝根部的熔化金属以防止烧穿和产生未焊透，可降低焊接操作的难度，使用临时垫板也可大大减小清理焊根的工作量，故在施工中经常采用。焊缝背面保留垫板，增加了结构的重量和成本，若使用异种金属材料垫板则可能对其使用造成不利影响，因此应征得原设计单位同意。保留垫板板材一般采用与母材同材质的材料制成，管道焊缝背面垫板多采用铝材中嵌入不锈钢材料制成。

4.2.5 焊丝与坡口表面氧化膜的清除质量，对防止焊缝中气孔和未熔合等缺陷的产生是十分重要的。实践证明，用机械法（如铣削、刮削等）清除坡口表面氧化膜效果较好。化学清理方法很多，在有关标准及资料中都列举了不少。本条参照日本现行标准《铝及铝合金惰性气体保护焊工艺规程》JIS Z3604 标准中铝材表面氧化膜的清理方法。与其他化学清理方法相比较，这种方法在施工中简便实用，经试验及施工中证明效果良好。

4.2.6 因为铝易于氧化，会产生氧化膜，所以加工好的坡口应在 8h 内焊接完成，如果时间太久，则需要重新清理氧化膜。

4.2.7~4.2.9 从使用条件及保证焊缝质量角度考虑规定了焊件组对时的错边量要求，不等厚对接参照国家现行标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 对错边量组对的要求。

4.3 焊接工艺要求

4.3.1 定位焊焊接的质量直接影响后续的焊接，只有对定位焊按照实际焊接要求进行控制，才能保证后续焊接质量。

4.3.2 本条对系列各款作相应说明：

1 钨极惰性气体保护电弧焊时，为使电弧既具有清除其周围基体金属表面氧化膜的阴极雾化作用，又使钨极具有较大的电流承载能力，所以施工中宜采用交流电源。熔化极氩弧焊均采用直流电源反接法施焊，而不采用交流电源或直流电源正接法。直流反接法熔化极惰性气体保护电弧焊的基本特点是：

- 1) 电弧有阴极雾化作用，熔深大；
- 2) 焊道表面光滑，焊波细小美观；
- 3) 电弧有自动调节作用。

2 焊前在试板上进行试焊并对焊道质量进行检查，是防止焊缝中产生气孔的有效措施。一般是在试板(或废管)上堆焊几层适当长度的焊道，再用铣刀将焊肉一层层铣掉以检查有无气孔。这样做既可根据焊道金属的外观和阴极雾化区的宽度，调节工艺参数和检查气体保护效果，又有利于除去焊枪或气体管路中的冷凝水。

3 在保证焊缝熔透和熔合良好的条件下，在焊接工艺规程允许的范围内尽量采用大电流快速

施焊，是铝及铝合金焊接的重要特点，是防止和减少焊缝产生气孔的措施之一。采用较大电流可迅速供给铝材局部熔化所需的大量热能，同时能充分搅拌熔池以使气体或夹渣逸出；采用快速焊气孔减少可能是因为结晶速度增大时，熔池中所溶解的氢来不及析出而形成气孔，或者即使形成了气孔，也由于其尺寸过小而被挤碎。

4 薄壁铝材焊接均要求较低的层间温度，焊前应尽量避免进行预热。层间温度低不仅有利于焊道表面成形，也有利于防止产生气孔。但在厚壁铝材焊接时往往又遇到焊接温度达不到而造成未熔合、焊接速度缓慢等现象，为了既保证焊缝接头质量，又能提高生产效率，本条将预热温度和层间温度要求控制在 100~150℃。

5 焊接是一层一层进行的，只有对每层进行严格控制，及时清除各种缺陷，才能保证后续焊接工作的顺利进行。采用机械进行清根和封底焊缝有利于避免氧化。

6 引弧板和引出板因为紧挨工程中实际母材，如果采用其他材料会造成合金元素的过渡，产生裂纹等各种缺陷。

7 只有对喷嘴和钨极进行控制，及时更换和修理，才能让焊工焊接出合格的焊缝。

8~10 关于焊接工艺参数，一般焊接标准及有关资料中都有规定，但数值差距往往比较大，很难统一。实际上工艺参数可在比较宽的范围内选用，在此范围内不应出现特殊问题，但选用时也应根据焊工的施焊经验、焊接电流与焊速的配合灵活掌握，必要时还应通过适当的焊接试验，将工艺参数限制在较小的更适合施工条件的范围之内。在铝板材焊接施工中，对立焊和横焊位置底层焊缝的焊接，已广泛采用手工钨极双面同步惰性气体保护电弧焊工艺。与单人焊接相比较，其优点是：

- 1) 可较充分地利用电弧热量从而降低能耗；
- 2) 熔池两面始终处于氩气保护下，周围空气不易浸入且两侧的电弧对熔池都存在着搅拌作用，有利于夹渣物、气体从熔池中分离出去，焊缝质量高；
- 3) 焊后不用清根，生产效率高且焊件变形量小。

因此推荐采用双面同步惰性气体保护电弧焊工艺，并在表 4.3.2-2 中给出了焊接工艺参数，以供选用时参考。

4.4 焊缝的返修

4.4.1 本条考虑到返修的时机，如果焊缝返修改在压力试验后进行，会造成裂纹等焊接缺陷的延展和破坏，给返修增加了工作量。

4.4.2 铝材焊接时尽管对工艺要求比较严格，但焊缝中出现气孔的概率比钢材焊接时要大得多，绝大多数返修是由气孔缺陷超标造成的，若按钢焊缝返修后的扩探规定，则很容易使局部探伤的焊缝中出现气孔的概率均变为 100%。

射线探伤的合格比例与计算方法出入很大，实际上一张不合格底片中需返修的缺陷长度一般很短，仅是个别之处，若按缺陷长度之和与焊缝总长度之比计算，本条规定的实际合格率达 95%以上才不需扩探。

4.4.3 焊接施工中超过 2 次的返修焊缝是不断存在的，只要返修工艺得当，2 次返修的焊缝不会受

到影响。但是对于铝而言，随着返修次数的增加，焊缝成型就会越来越难。本标准提出返修次数不是从技术角度出发，主要是从焊接质量管理角度考虑的。返修 2 次仍不合格，说明这名焊工连续 3 次都不能焊好，故应采取管理措施。如更换焊工，及时准确地分析产生缺陷的原因，重新制定返修措施。以上都需要施工单位采取管理手段完成。

5 焊接检验

5.1 一般规定

5.1.1 对焊接质量检查人员提出了要求，只有经过培训并取得相应的资格证书才能进行检查，这样才能保证检查的质量。相应的资格证书指的是无损检测人员必须持证上岗。

5.1.3 对于裂纹缺陷，随着时间和载荷的不断变化，会逐渐延展，时间过久致使缺陷裂断，则没有返修的必要，只能重新焊接。所以要求检查与施工同步进行，这样便于及时发现缺陷，尽早清除隐患。

5.2 焊缝的外观检查

5.2.1 对于铝而言，焊接难度大，易产生各种缺陷，为了保证质量，本条对所有焊缝提出外观检验要求，检验后做好外观检验记录。

5.2.2 《工业金属管道工程施工质量验收规范》《固定式压力容器安全技术监察规程》《移动式压力容器安全技术监察规程》对焊缝外观都有要求，但是很多细节没有要求到位，不便于操作，故此处重新对焊缝做了更为细致的要求，两者相辅相成，为递进关系。

焊缝外观检查应达到的质量要求，一般是按照使用要求和在正常条件下可以达到的程度提出的。据有关资料介绍，焊缝余高的存在或去除对铝材接头的疲劳强度几乎没有影响，所以对余高进行严格限制的必要性不大。焊缝余高的规定主要参照日本现行标准《铝及铝合金惰性气体保护焊工艺规程》JIS Z3604—2016 中 13.3.7 的要求，其具体规定见下表：

母材厚度 δ/mm	焊缝余高/mm
$\delta \leq 6$	≤ 2
$6 < \delta \leq 15$	$\leq 1/3\delta$
$15 < \delta \leq 25$	≤ 5
$\delta > 25$	≤ 7

5.3 焊缝的无损检测

5.3.1 设计人员对产品有特殊要求时，应按照设计文件的规定进行。

5.3.2 主要参照国家现行标准《铝制焊接容器》JB/T 4734 的规定，根据设计压力大小规定了对接焊缝射线探伤检查比例和应达到的质量等级。焊件的使用条件除设计压力之外，还应考虑介质对人体或环境的危害程度、是以静态还是以循环载荷为主、焊缝是否能够检修及一旦损坏对生产的影响程度等。

5.3.3 此处规定表面检测采用着色是因为铝及铝合金没有磁性，不适合采用磁粉进行检测；内部

检测直接引用行业标准《承压设备无损检测 第2部分：射线检测》NB/T 47013.2 是因为铝及铝合金设备和管道的焊接很多是承压设备，另外，此标准在铝及铝合金承压设备无损检测方面规定得比较细致，经过与《铝及铝合金焊接技术规程》HGJ 222—1992 进行比较，区别如下：

1 圆形缺陷合格级别点数是一致的，区别是《承压设备无损检测 第2部分：射线检测》NB/T 47013.2 对于大于 80mm 厚度的铝及铝合金焊接没有进行规定，而实践中超过 80mm 厚度的铝及铝合金焊接比较少见。

2 条形缺陷在《铝及铝合金焊接技术规程》HGJ 222—1992 中规定，当 $\delta \leq 12\text{mm}$ 时，1 级允许小于或等于 3mm 条形缺陷，而按照《承压设备无损检测 第2部分：射线检测》NB/T 47013.2 进行评定时评定级别就是 II 级，应该说《承压设备无损检测 第2部分：射线检测》NB/T 47013.2 比《铝及铝合金焊接技术规程》HGJ 222—1992 的规定严格。

3 在《铝及铝合金焊接技术规程》HGJ 222—1992 中 7.3.5.1 规定：1、2、3 级焊缝内应无裂纹、夹钨、未熔合及双面焊或加垫板的单面焊中的未焊透，7.3.5.5 中规定：焊缝存在裂纹、夹铜和未熔合时，均应评为 4 级；而《承压设备无损检测 第2部分：射线检测》NB/T 47013.2 中 6.2.4.2 规定：II 级和 III 级焊接接头内不允许存在裂纹、未熔合、未焊透和夹铜缺陷，7.2.4.2 规定：II 级和 III 级焊接接头内不允许存在裂纹、未熔合以及加垫板单面焊中未焊透、夹铜。应该说在直接评定为 4（IV）级以上规定是一致的。

经过以上对比，我们得出结论：《承压设备无损检测 第2部分：射线检测》NB/T 47013.2 从总体上来说要求严于《铝及铝合金焊接技术规程》HGJ 222—1992，而铝及铝合金设备和管道的焊接很多是承压设备，即使单列无损检测很多施工单位和监理公司也会按照《承压设备无损检测 第2部分：射线检测》NB/T 47013.2 的要求进行检测。所以综上所述，无损检测直接引用《承压设备无损检测 第2部分：射线检测》NB/T 47013.2 是比较合理的，在施工中避免了很多麻烦。