



中华人民共和国国家标准

GB/T 40800—2021

铸钢件焊接工艺评定规范

Specification and qualification of welding procedures for production
welding of steel castings

(ISO 11970:2016, MOD)

2021-10-11 发布

2022-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件使用重新起草法修改采用 ISO 11970:2016《铸钢件焊接工艺评定规范》。

本文件与 ISO 11970:2016 相比在结构上有较多调整，附录 A 中列出了本文件与 ISO 11970:2016 的章条编号对照一览表。

本文件与 ISO 11970:2016 相比存在技术性差异，这些差异的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线(|)进行了标示，附录 B 中给出了相应技术性差异及其原因的一览表。

本文件还做了下列编辑性修改：

——增加了资料性附录 A、附录 B 和附录 E；

——本文件附录 C 中，修改了 ISO 11970:2016 中资料性附录 A 的格式，增加了报告内容。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国铸造标准化技术委员会(SAC/TC 54)提出并归口。

本文件起草单位：中车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司、上海汽轮机厂有限公司、东风精密铸造有限公司、浙江挺宇流体设备股份有限公司、广东省特种设备检测研究院佛山检测院、大唐锅炉压力容器检验中心有限公司、上海中洲特种合金材料股份有限公司、安徽应流集团霍山铸造有限公司、中铁宝桥集团有限公司、浙江国检检测技术股份有限公司、杭州汽轮铸锻有限公司、福建省神悦铸造股份有限公司、三明市金圣特种钢有限公司、三明市毅君机械铸造有限公司、江苏联兴成套设备制造有限公司、佛山华翔汽车金属零部件有限公司、中国矿业大学、同济大学、北京工业大学、沈阳铸造研究所有限公司、二重(德阳)重型装备有限公司。

本文件起草人：曹健峰、刘建军、郭少宏、吴铁明、蒋田芳、吕昌略、钟奎、李玉艳、马波、潘叶雷、徐德明、倪满生、于建平、杜应流、李宏生、俞秀江、吴海斌、程亮、王汉超、谭红刚、孙国峰、唐庆伟、周黎明、占菊凤、陈圣钳、郑明华、王志斌、李欣雨、徐立云、樊宇、符寒光、熊云龙、杜丘、张春铭、杨晓兵、林绍斌、梁玥。

铸钢件焊接工艺评定规范

1 范围

本文件规定了铸钢件焊接工艺预规程、焊接工艺评定、试件、试件的检验、工艺评定适用范围、焊接工艺评定报告。

本文件适用于铸钢件的电弧焊工艺评定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 226 钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法(GB/T 228.1—2010,ISO 6892-1:2009,MOD)

GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法(GB/T 229—2020,ISO 148-1:2016,MOD)

GB/T 2650 焊接接头冲击试验方法(GB/T 2650—2008,ISO 9016:2001,IDT)

GB/T 2651 焊接接头拉伸试验方法(GB/T 2651—2008,ISO 4136:2001,IDT)

GB/T 2653 焊接接头弯曲试验方法(GB/T 2653—2008,ISO 5173:2000,IDT)

GB/T 3375 焊接术语

GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分:试验方法(GB/T 4340.1—2009,ISO 6507-1:2005,MOD)

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

GB/T 19418—2003 钢的弧焊接头 缺陷质量分级指南(ISO 5817:1992,IDT)

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)

GB/T 19868.3 基于标准焊接规程的工艺评定(GB/T 19868.3—2005,ISO 15612:2004,IDT)

3 术语和定义

GB/T 3375、GB/T 19866 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电弧焊 arc welding

利用电弧作为热源的熔焊方法。

3.2

补焊 repair welding

为修补铸钢件的缺陷而进行的焊接。

4 焊接工艺预规程(pWPS)

制造企业应按 GB/T 19868.3 的规定编制焊接工艺预规程(pWPS)。

5 焊接工艺评定

- 5.1 应在焊接工艺实施之前完成焊接工艺评定,以验证所拟定的试件焊接工艺的正确性。
- 5.2 焊接工艺评定的一般过程:
- a) 根据铸钢材料的焊接性能,按照设计文件、制造工艺以及 GB/T 19868.3 规定,拟定 pWPS;
 - b) 施焊试件和制取试样;
 - c) 检测焊接试件是否符合规定;
 - d) 形成焊接工艺评定报告。
- 5.3 焊接工艺评定应在制造企业进行,所用设备、仪器应符合使用要求,由制造企业内部焊接人员焊接试件。
- 5.4 焊接工艺评定用试件的铸钢材料、热处理状态、坡口形式、焊接材料、焊接设备及工艺条件应根据所代表的产品进行选择。

6 试件

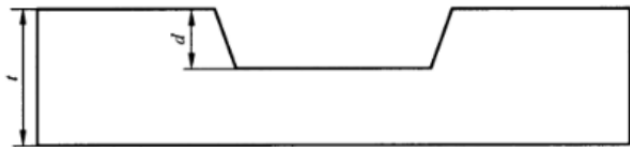
6.1 试件的制备

- 6.1.1 试件形式应从图 1~图 4 中选择。其中图 1、图 2 为补焊接头形式,图 3、图 4 为对接接头形式。
- 注:图 1~图 4 中给出的尺寸数据仅供参考。
- 6.1.2 试件的尺寸和数量应能确保所有要求的试验。
- 6.1.3 可制备附加试件,以备附加试验或复试。

6.2 试件的焊接

- 6.2.1 应根据 pWPS 的要求焊接试件。
- 6.2.2 如果定位焊缝最终熔入焊接接头,试件中应包含定位焊缝。

单位为毫米



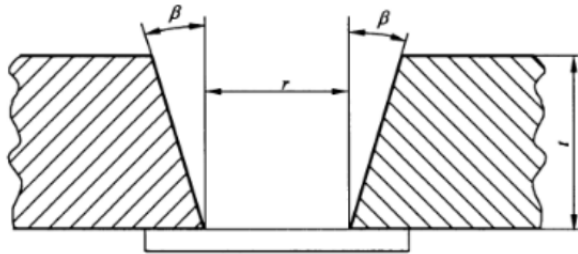
标引序号说明:

t ——母材厚度 $>15\text{ mm}$;

d ——凹坑深度 $>0.5t$ 。对于钨极氩弧焊(TIG 焊), $d\leq 0.5t$ 。

图 1 焊接凹坑截面

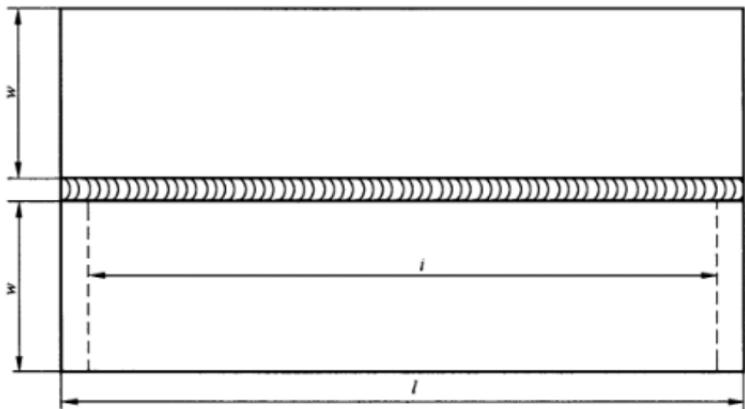
单位为毫米



标引序号说明：
 t ——母材厚度 $>15\text{ mm}$ ；
 r ——根部宽度， $5\text{ mm}<r<15\text{ mm}$ ；
 β ——坡口角度， $5^\circ<\beta<20^\circ$ 。

图 2 焊接接头

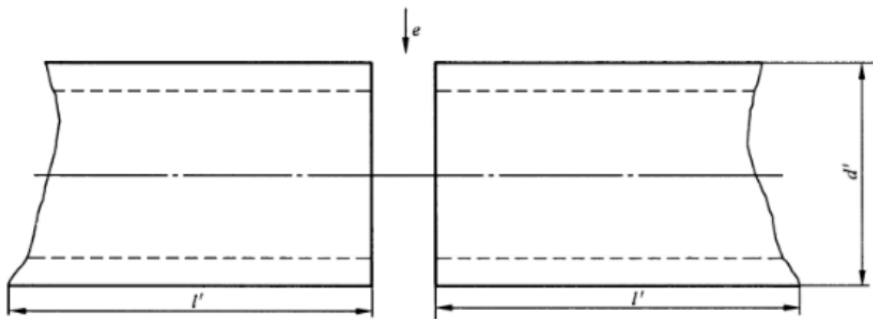
单位为毫米



标引序号说明：
 w ——焊接本体材料宽度($w=3t$ 或 $\geq 150\text{ mm}$ ，取大者)；
 l ——焊缝长度($l=6t$ 或 $\geq 350\text{ mm}$ ，取大者)；
 i ——检验长度(i = 焊缝长度 l 去除两端各 25 mm)。

图 3 焊接试件(板)

单位为毫米



标引序号说明：
 l' ——管长($l'\geq 150\text{ mm}$)；
 d' ——管外径；
 e ——pWPS 中坡口准备和装配间隙。

图 4 焊接试件(管)

7 试件的检验

7.1 检验要求

7.1.1 焊接试件的检验项目应符合表 1 的规定。

表 1 试件的检验项目

检验项目	范围
目视检测	100%
射线检测或超声检测 ^a	100%
表面裂纹检测 ^b	100%
横向拉伸试验 ^c	2 件试样
弯曲试验 ^d	2 个面弯和 2 个背弯或者 4 个侧弯试样
冲击试验 ^e	2 组
硬度试验	根据订单或相应标准
宏观金相	1 个试样
微观金相	根据订单或相应标准
附加试验	根据订单或相应标准

^a 超声波检测不适用于厚度小于 8 mm 的试件,且不适用于奥氏体材料。

^b 采用渗透检测或磁粉检测,对非磁性的材料选择渗透检测,铁磁性材料优先选择磁粉检测。

^c 当试验机受能力限制不能进行全厚度的拉伸试验时,可将试件在厚度方向上均匀分层取样,等分后制取试样厚度应接近试验机所能试验的最大厚度。等分后的两片或多片试样试验代替一个全厚度试样的试验。在这种情况下,试样相对接头厚度的位置应做记录。

^d 弯曲试验:当试样厚度 ≥ 12 mm 时,对所需的面弯和背弯试样可用 4 个侧弯试样代替。

^e 对厚度 ≥ 12 mm 的母材,且已经规定冲击性能时,要求:焊缝金属 1 组,热影响区 1 组。应用标准可能要求做厚度 12 mm 以下的冲击试验。试验温度应由制造企业按照应用场合或应用标准选择,但不应高于母材标准规定的温度。

7.1.2 所有检验应在焊后热处理结束之后进行,对有延迟裂纹倾向的铸钢材料试件应至少在焊接完成 24 h 后进行无损检测。

7.2 无损检测及结果评价

7.2.1 热影响区应与母材的质量要求一致。

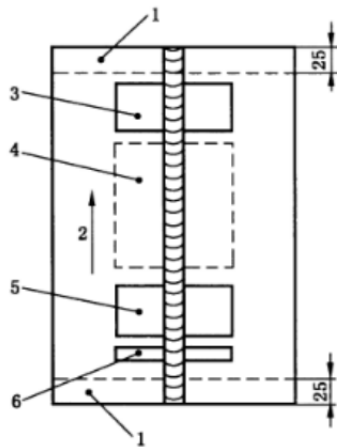
7.2.2 焊缝质量应满足 GB/T 19418—2003 中的 C 级,焊缝余高和局部凸起应达到 D 级。

7.3 试样取样位置

7.3.1 试样位置应按照图 5、图 6 选取。

7.3.2 应在目视检测、无损检测合格后进行取样,取样位置宜避开缺陷区域。

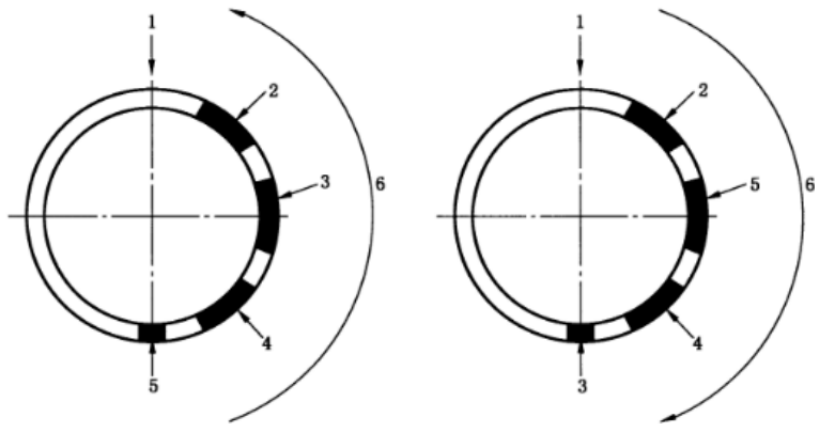
单位为毫米



标引序号说明:

- 1——去除 25 mm;
- 2——焊接方向;
- 3——拉伸试样和 1 背弯 1 面弯或 2 侧弯试样;
- 4——冲击试样或附加试样;
- 5——拉伸试样和 1 背弯 1 面弯或 2 侧弯试样;
- 6——金相(宏观、微观)和硬度测试试样。

图 5 板的测试试样取样位置



标引序号说明:

- 1——固定管的顶部;
- 2——拉伸试样和 1 背弯 1 面弯或 2 侧弯试样;
- 3——冲击试样或附加试样;
- 4——拉伸试样和 1 背弯 1 面弯或 2 侧弯试样;
- 5——金相(宏观、微观)和硬度测试试样;
- 6——焊接方向。

图 6 管的测试试样取样位置

7.4 破坏性试验及结果评价

7.4.1 横向拉伸试验

7.4.1.1 横向拉伸试样及其试验应符合 GB/T 228.1 和 GB/T 2651 的规定。

7.4.1.2 横向拉伸试验只检测抗拉强度值。

7.4.1.3 合格指标：

- a) 每个试样的抗拉强度应不低于母材标准规定值的下限值；
- b) 对于异种钢焊接接头，每个试样的抗拉强度应不低于两种母材标准规定值下限的较低值；
- c) 如果试样断于焊缝或熔合线以外的母材上，每个试样的抗拉强度应不低于母材标准规定值下限的 95%。

7.4.2 弯曲试验

7.4.2.1 弯曲试样及其试验应符合 GB/T 2653 的规定。

7.4.2.2 试样厚度 < 12 mm 时，应用 2 个面弯试样和 2 个背弯试样。试样厚度 ≥ 12 mm 时，推荐用 4 个侧弯试样代替 2 个面弯试样和 2 个背弯试样。

7.4.2.3 对于异种钢焊接接头，可以采用 1 个纵向背弯试样或 1 个纵向面弯试样代替 4 个横向弯曲试验。

7.4.2.4 对于断后伸长率 $A \geq 20\%$ 的材料，弯曲用成型辊(弯心)或内辊的直径 D 应为 $4t$ (t 表示弯曲试样的厚度)，弯曲角度为 180° ；

对于断后伸长率 $A < 20\%$ 的材料，弯曲用成型辊(弯心)或内辊的直径 D 应按公式(1)确定：

$$D = \frac{100t}{A} - t \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- D ——内辊的直径，单位为毫米(mm)；
- t ——弯曲试样的厚度，单位为毫米(mm)；
- A ——断后伸长率，%。

7.4.2.5 合格指标：在弯曲后的弯曲试样凸面上沿任何方向测量，在焊缝和热影响区内不应有单条长度超过 3 mm 的开口缺陷，试样边角部位出现的开口缺陷可不计，但有确切的证据表明是由夹渣或其他焊接缺陷造成的边角部位开口缺陷应计入。

7.4.3 宏观金相

7.4.3.1 宏观金相检验用试样，应按 GB/T 226 制备，试样应腐蚀至清晰地显示出熔合线、热影响区和各层焊道。

7.4.3.2 宏观金相检验应包括未受到热影响的母材区。

7.4.3.3 合格指标应按 7.2.2 执行。

7.4.4 微观金相

微观金相检验，应准备测试试样，试样应腐蚀至清晰地显示熔合线、焊缝和热影响区组织。

7.4.5 冲击试验

7.4.5.1 冲击试验，应按照图 5、图 6 位置取样，冲击试验按 GB/T 229 的规定执行，试样的取样、缺口方向和试验报告应符合 GB/T 2650 的规定。

7.4.5.2 冲击试验应采用 V 型缺口试样,并在母材表面 2 mm 以下沿焊缝垂直取样。一组冲击试验应取三个试样。用一个试件评定多种焊接方法时,冲击试样应取自每种焊接方法施焊的焊缝金属和热影响区。

7.4.5.3 应在焊缝金属和热影响区各取一组进行冲击试验。焊缝金属的一套冲击试样类型为 VWT 型。热影响区的一套冲击试样类型为 VHT 型。

注: V 指 V 型缺口;W 指缺口位于焊缝金属的中心线;T 指缺口沿厚度方向;H 指缺口位于熔合线和距熔合线 2 mm 的热影响区。

7.4.5.4 如焊接试件厚 ≥ 50 mm,应增加两组试样测试,一组取自焊缝金属,一组取自热影响区。这两组试样可以从焊缝厚度的一半以下或从焊缝根部区域取样。

7.4.5.5 试验温度应不高于母材标准规定的冲击试验温度。

7.4.5.6 对异种钢焊接接头冲击试验时,应在每侧母材热影响区分别取样。

7.4.5.7 合格指标:每个区三个试样的平均值应不小于相应母材标准规定的最小值,至多允许一个试样的测定值低于规定的最小值,但不应低于该最小值的 70%。

7.4.6 硬度测试

7.4.6.1 硬度测试位置应按图 7 执行。维氏硬度(HV10)测试按 GB/T 4340.1 的规定执行。为了测量记录焊接接头范围内的硬度值,应在焊缝金属区、热影响区和母材区进行测量。测试点应排成排,且距离表面最多不超过 2 mm(见图 7)。

7.4.6.2 在焊缝金属区、热影响区(两侧)和母材(两侧)区域,每排应有至少 3 个单独的测试点。

7.4.6.3 在热影响区测试时,第一个测试点距离熔合线应不超过 1 mm。

单位为毫米

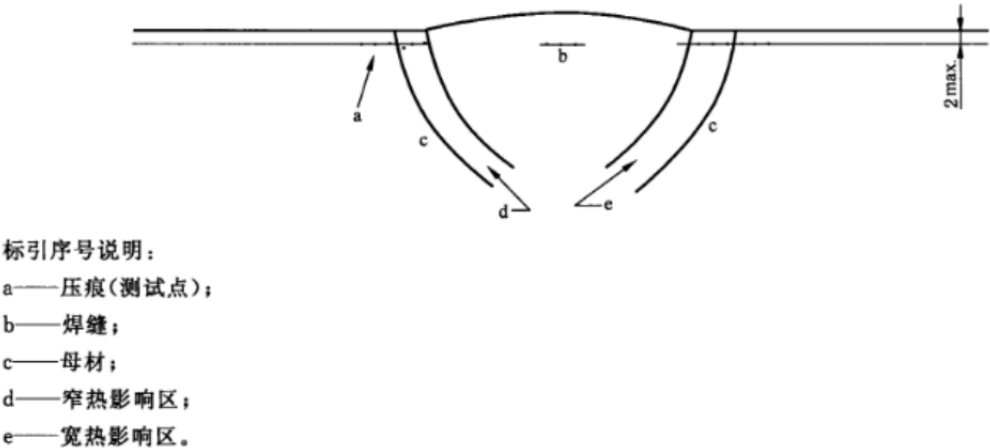


图 7 硬度测试位置

7.5 评定和复试

7.5.1 如试件不符合 7.2 规定的无损检测要求,应用备用试件进行同样的试验。如果这块试件仍旧不符合要求,则应修改 pWPS。

7.5.2 如果试样仅因为焊接缺陷(见 7.2)导致任意一项试验不符合 7.4 要求,则每个不合格项应进行双倍复试。复试应从同一块试件上取样(如果有充足的材料),或者从一块新的试件上取样,并进行相同的试验。

7.5.3 复试试样中任意一个不符合要求,则应修改 pWPS。

7.5.4 对于冲击试验,一组试样的试验结果不合格时(如单个值低于规定值的 70%),可取三个附加试

样进行附加试验。所有这些试样(附加试样与原始试样)的平均值不应低于标准规定的最小值。

8 工艺评定适用范围

8.1 一般要求

如实际情况超出了工艺评定的适用范围,则应重新进行焊接工艺评定。

8.2 关于制造企业

制造企业获得的焊接工艺评定规范仅适用在其相同的质量和技术控制的车间或现场焊接。

8.3 关于材料

8.3.1 母材—铸钢牌号分组系统

8.3.1.1 为了减少焊接工艺评定的数量,铸钢应按表 2 进行分组。一个分支组中的一种材料经过了评定,则该评定结果适用于同分支组中的所有材料。

8.3.1.2 改变母材组别时应重新评定。

8.3.1.3 在 A、B、C、F 分组中,每个分支组评定仅覆盖本组内的低级分支组,如在分组 A 中:

——分支组 A3 评定覆盖分支组 A1 和 A2;

——分支组 A2 评定覆盖分支组 A1。

8.3.1.4 未被分组系统覆盖的铸钢应进行单独的焊接工艺评定。

8.3.1.5 当两种组别的材料组成异种钢焊接接头时,即使这两种母材各自都已评定合格,其异种钢焊接接头仍应重新评定。

8.3.1.6 采用过渡层的异种钢焊接,无论是母材或过渡层材质有任何改变,其焊接工艺应重新评定。

表 2 铸钢牌号分组系统

分组	铸钢类型
A	碳钢($\text{Si} \leq 0.80\%$, $\text{Mn} \leq 1.70\%$)
A1	$\text{C} \leq 0.25\%$; 下屈服强度 R_{el} (或规定塑性延伸强度 $R_{\text{p0.2}}$) ≤ 275 MPa
A2	$\text{C} \leq 0.25\%$; $275 \text{ MPa} < \text{下屈服强度 } R_{\text{el}}$ (或规定塑性延伸强度 $R_{\text{p0.2}}$) ≤ 360 MPa
A3	下屈服强度 R_{el} (或规定塑性延伸强度 $R_{\text{p0.2}}$) > 360 MPa
B	低合金钢(退火、正火、正回火)
B1	下屈服强度 R_{el} (或规定塑性延伸强度 $R_{\text{p0.2}}$) ≤ 360 MPa
B2	下屈服强度 R_{el} (或规定塑性延伸强度 $R_{\text{p0.2}}$) > 360 MPa
C	低合金钢(调质)
C1	下屈服强度 R_{el} (或规定塑性延伸强度 $R_{\text{p0.2}}$) ≤ 500 MPa
C2	$500 \text{ MPa} < \text{下屈服强度 } R_{\text{el}}$ (或规定塑性延伸强度 $R_{\text{p0.2}}$) ≤ 700 MPa
C3	下屈服强度 R_{el} (或规定塑性延伸强度 $R_{\text{p0.2}}$) > 700 MPa
D	铁素体不锈钢
D1	铁素体不锈钢

表 2 铸钢牌号分组系统（续）

分组	铸钢类型
E	马氏体不锈钢
E1	马氏体不锈钢
F	奥氏体不锈钢
F1	铁素体含量≤35%的奥氏体不锈钢
F2	全奥氏体不锈钢
G	双相不锈钢
G1	铁素体含量>35%的双相不锈钢
H	奥氏体耐热钢
H1	奥氏体耐热钢
I	沉淀硬化不锈钢
I1	沉淀硬化不锈钢
J	镍基合金
J1	镍基合金
K	奥氏体锰钢
K1	奥氏体锰钢

8.3.2 试件厚度评定范围

焊接工艺评定选择的试件厚度应能评定铸钢件的全部壁厚,焊缝厚度在此范围内同样有效,评定范围应符合表 3 的规定。

表 3 试件厚度评定范围

厚度 t mm	评定范围
$15 < t \leq 30$	$3\text{ mm} \sim 2t$
$t > 30$	$0.5t \sim 2t$ 或 200 mm ,取大者

8.4 焊接工艺通用规则

8.4.1 焊接方法

- 8.4.1.1 经评定合格的焊接工艺仅适用于评定时所用的焊接方法。
- 8.4.1.2 同一条焊缝的焊接使用多种焊接方法(或焊接工艺)时,焊接工艺评定可按每种焊接方法(或焊接工艺)分别进行评定,也可使用多种焊接方法(或焊接工艺)组合评定。
- 8.4.1.3 经评定合格的组合焊接工艺,仅对多种焊接方法工艺评定试验时所使用的焊接方法(或焊接工艺)顺序有效。
- 8.4.1.4 改变焊接方法(或焊接工艺)时应重新评定。

8.4.2 焊接位置

8.4.2.1 当不要求做冲击试验和硬度试验时,任一位置上的焊接都可以评定其余所有位置的焊接。

8.4.2.2 当应冲击试验和(或)硬度试验时,为了评定所有的位置,冲击试样应取自热输入最高的焊缝部位,硬度试样应取自热输入最低的焊缝部位。

8.4.2.3 为满足冲击试验和(或)硬度试验,如不要求在单一位置做评定,则应在不同焊接位置焊制两块试件;当要求对所有位置进行评定时,两块试件应进行全面的目视检测和无损检测。

8.4.3 接头类型

8.4.3.1 图 1~图 4 所示接头类型可以覆盖对应的所有接头(补焊和对接焊)。

8.4.3.2 经评定合格的焊接工艺,从多层焊改为单层焊和相反的情况下,应重新评定。

8.4.4 焊接材料

8.4.4.1 焊接材料包括焊条、焊丝、焊剂和保护气体。

8.4.4.2 焊接材料的评定范围应符合表 2 的规定。其他焊接材料的使用应满足以下要求之一:

- a) 具有相同抗拉强度等级(有冲击要求的除外);
- b) 与母材名义成分相匹配;
- c) F 组中,铁素体含量比母材更低;
- d) D、E、F、G、H、I、J、K 组中,比母材更能满足使用条件的。

8.4.4.3 焊条按国家有关标准分类。任何一类焊条均应单独评定。同一类焊条中非低氢型焊条评定可取代低氢型焊条的评定,反之应重新进行评定。

8.4.4.4 在符合 8.4.6 的前提下,可改变焊条、焊丝直径。

8.4.4.5 改变焊条、焊丝型号应重新评定。

8.4.4.6 保护气体有下列情况之一者,均应新评定:

- a) 改变保护气体类型;
- b) 取消背面保护气体;
- c) 由单一气体改变为混合气体或混合气体改为单一气体。

8.4.5 电源类型

电源类型(交流、直流、脉冲)和极性应与评定焊接工艺测试时一致。对于焊条电弧焊,在不要求冲击试验时,交流、直流可互相代替。

8.4.6 热输入

8.4.6.1 需要控制热输入时,热输入值可按公式(2)计算:

$$Q = k \frac{UI}{1\,000v} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- Q ——热输入值,单位为千焦每毫米(kJ/mm);
- U ——电弧电压,单位为伏(V);
- I ——焊接电流,单位为安培(A);
- v ——焊接速度,单位为毫米每秒(mm/s);
- k ——热效率系数(不同焊接方法对应的热效率系数 k 见表 4)。

表 4 不同焊接方法对应的热效率系数 k

焊接方法代号	焊接方法	热效率系数 k
121	单丝埋弧焊	1.0
111	焊条电弧焊	0.8
131	熔化极惰性气体保护焊	0.8
135	熔化极活性气体保护焊	0.8
114	自保护药芯焊丝电弧焊	0.8
136	熔化极药芯焊丝气体保护焊	0.8
138	金属芯活性气体保护焊	0.8
141	钨极氩弧焊	0.6

- 8.4.6.2 当有冲击试验要求时,热输入上限值不应高于在焊接试件时热输入值的 115%。
- 8.4.6.3 当有硬度试验要求时,热输入下限值不应低于在焊接试件时热输入值的 85%。
- 8.4.6.4 如果在高热输入值和低热输入值下进行的焊接工艺评定合格,则中间的热输入焊接工艺评定也合格。

8.4.7 预热温度

经评定合格的焊接工艺,比焊接工艺评定报告记录的预热温度下限降低超过 50℃以上,应重新评定。

8.4.8 道间温度

经评定合格的焊接工艺,比焊接工艺评定报告记录的道间温度上限升高超过 50℃以上,应重新评定。

8.4.9 后热

焊后消氢后热处理的温度不应降低,持续时间不能减少。后热不应取消,但可增加。

8.4.10 焊后热处理

- 8.4.10.1 工艺评定试件的焊后热处理应当和焊缝在产品中受到的热处理基本上相同,在热处理温度下累计时间不应少于产品所用时间的 80%,但可在一次热循环中完成。
- 8.4.10.2 除特殊规定外,有效的焊后热处理温度范围应为焊接工艺评定焊后热处理温度 $\pm 20^{\circ}\text{C}$ 。
- 8.4.10.3 升温速度、冷却速度和保温时间根据产品零件而定。
- 8.4.10.4 经评定合格的焊接工艺,增加或减少焊后热处理,应重新评定。
- 8.4.10.5 焊后热处理的焊接工艺,有下列情况之一时,应重新评定:
- a) 改变热处理类别(退火、正火、正火+回火、调质处理、固溶处理、稳定化处理等);
 - b) 焊后热处理温度和保温时间(增加)超出原评定时的有效范围;
 - c) 改变冷却工艺。

8.5 不同焊接方法的特殊要求

8.5.1 一般规定

本文件采用 GB/T 5185 中规定的工艺方法代号。

8.5.2 焊接方法 111(焊条电弧焊)和 114(自保护药芯焊丝电弧焊)

对于每一条焊道,焊条直径允许比焊接工艺试验时增加或减少 1 个焊条直径等级。但对于单面焊双面成型的对接焊缝,根部焊道不应改变焊条直径。

8.5.3 焊接方法 121(单丝埋弧焊)

8.5.3.1 经评定合格的焊接工艺,改变送丝系统(例如单丝或多丝系统)时,应重新评定。

8.5.3.2 经评定合格的焊接工艺,改变焊机型号和焊丝的种类和牌号时,应重新评定。

8.5.4 焊接方法 131(熔化极惰性气体保护焊), 135(熔化极活性气体保护焊), 136(熔化极药芯焊丝气体保护焊)和 138(金属芯活性气体保护焊)

8.5.4.1 经评定合格的焊接工艺,保护气体和(或)背面保护气体发生改变,应重新评定。

8.5.4.2 经评定合格的焊接工艺,改变送丝系统(例如单丝或多丝系统)时,应重新评定。

8.5.4.3 对于实心焊丝和金属芯焊丝,从熔滴弧、喷射弧或脉冲弧焊接改变为短路弧过渡时应重新评定,反之亦然。

8.5.5 焊接方法 141(钨极氩弧焊)

8.5.5.1 经评定合格的焊接工艺,保护气体和(或)背面保护气体发生改变,应重新评定。

8.5.5.2 经评定合格的焊接工艺,无背面保护气体的评定适用于背面有保护气体的焊接工艺。

8.5.5.3 经评定合格的焊接工艺,有填充材料的焊接工艺不适用于无填充材料的焊接工艺,反之亦然。

9 焊接工艺评定报告

焊接工艺评定报告(WPQR)应记录每个试样的测试评估结果,包括复试。WPQR 见附录 C,焊接工艺评定格式见附录 D,检测报告格式见附录 E。

附 录 A
(资料性)

本文件与 ISO 11970:2016 相比的结构变化情况

本文件与 ISO 11970:2016 相比,在结构上有较多调整,具体章条编号对照情况见表 A.1。

表 A.1 本文件与 ISO 11970:2016 的章条编号对照情况

本文件章条编号	对应的 ISO 11970:2016 章条编号
5	—
6.1	6.1,6.2
6.1.2	—
6.2	6.3
7.1.1,7.1.2	7.1
7.2.1,7.2.2	7.3
7.3.1,7.3.2	7.2
7.4.1.1~7.4.1.3	7.4.1
7.4.2	—
7.4.3,7.4.3.1~7.4.3.3	7.4.2
7.4.4	7.4.3
7.4.5.1~7.4.5.5	7.4.4
7.4.6	7.4.5
7.5.1~7.5.3	7.5
—	7.6
8.3.1.1,8.3.1.3,8.3.1.4	8.3.1
8.4.1.1,8.4.1.2,8.4.1.3	8.4.1
8.4.2.1	8.4.2
8.4.3.1	8.4.3
8.4.4.2	8.4.4
8.4.6.2,8.4.6.3	8.4.6
8.4.9	—
8.4.10,8.4.10.3,8.4.10.4	8.4.9
8.4.10.1,8.4.10.2,8.4.10.5	—
8.5.1	—
8.5.2	8.5.1
8.5.3	8.5.2
8.5.4	8.5.3
8.5.5	8.5.4

表 A.1 本文件与 ISO 11970:2016 的章条编号对照情况 (续)

本文件章条编号	对应的 ISO 11970:2016 章条编号
附录 A	—
附录 B	—
附录 C	附录 A
附录 D	附录 B
附录 E	—

附 录 B
(资料性)

本文件与 ISO 11970:2016 的技术性差异及其原因

表 B.1 给出了本文件与 ISO 11970:2016 的技术性差异及其原因。

表 B.1 本文件与 ISO 11970:2016 的技术性差异及其原因

本文件章 条编号	技术性差异	原因
1	修改了适用范围,删除了多余的表述	删除不适合我国标准的表述
2	关于规范性引用文件,本文件做了具有技术性差异的调整,调整的情况集中反映在第2章“规范性引用文件”中,具体调整如下: ——用修改采用国际标准的 GB/T 228.1 代替了 ISO 6892-1; ——用修改采用国际标准的 GB/T 229 代替了 ISO 148-1; ——用等同采用国际标准的 GB/T 2650 代替了 ISO 9016; ——用等同采用国际标准的 GB/T 2651 代替了 ISO 4136; ——用等同采用国际标准的 GB/T 2653 代替了 ISO 5173; ——用修改采用国际标准的 GB/T 4340.1 代替了 ISO 6507-1; ——用等同采用国际标准的 GB/T 19418 代替了 ISO 5817; ——用等同采用国际标准的 GB/T 19866 代替了 ISO 15607; ——用等同采用国际标准的 GB/T 19868.3 代替了 ISO 15612。 ——增加引用了 GB/T 226、GB/T 3375 和 GB/T 5185 等三项文件; ——删除了国际文件引用的 ISO 857-1、ISO 4969、ISO 4986、ISO 4987、ISO 4992-1、ISO 4992-2、ISO 4993、ISO 6892-1、ISO 9606-1	引用国家标准,便于标准的使用,也适应我国的技术条件和标准编写要求
3	删除了 ISO 11970:2016 中的术语和定义 3.1、3.1.1、3.1.2,增加了术语“电弧焊”,修改了 3.2“补焊”的定义内容	删除非必要的术语,增加常用术语,便于标准使用者的理解和执行
5	删除了 ISO 11970:2016 中第 5 章的内容,增加了 5.1、5.2、5.3、5.4	增加可操作性,便于标准的理解和执行
6	将 ISO 11970:2016 中的 6.1、6.2 合并修改为本文件 6.1,并增加了对图 1~图 4 接头形式的说明,增加了 6.1.2	规定更全面和明确,便于标准的理解和执行
6.2.2	修改了图 3 中的注:w——焊接本体材料宽度($w=3t$ 或 ≥ 150 mm,取大者)	便于标准执行
7	章标题修改为“试件的检验”	使标题和内容相符合
7.1.1	表 1 中的测试内容:射线检测或超声检测、表面裂纹检测、横向拉伸试验、弯曲试验、冲击试验等增加了脚注。删除了腐蚀试验,纳入附加试验,对横向拉伸试验,测试范围由 1 个试样增加为 2 个试样,规定了弯曲试验与宏观金相的测试范围	增加解释说明,便于标准的理解和执行
7.1.2	增加了对有延迟裂纹倾向的铸钢材料试件无损检测的规定	规定更全面和明确

表 B.1 本文件与 ISO 11970:2016 的技术性差异及其原因(续)

本文件章节编号	技术性差异	原因
7.3.2	用“目视检测、无损检测”代替“无损检测”，同时增加了：“取样位置宜避开缺陷区域”	增加操作的有效性、指导性
7.3.2 图 5	更改 50 mm 的舍弃料为国内通用的 25 mm，同时增加了拉伸试样与弯曲试样的取样位置	适应我国的技术条件，增加可操作性，便于标准的执行
7.3.2 图 6	增加了管的两种焊接方向的示意图，并分别指定其取样位置	规定更全面和明确，便于标准的执行
7.4.1.3	增加了横向拉伸试验的“合格指标”的判定标准	增加可操作性，便于标准的执行
7.4.2	增加了“弯曲试验”	增加检测项目，提高标准有效性
7.4.4	条标题修改为“微观金相”	表述更准确，以免产生歧义
7.4.5.6	增加了对异种钢焊接接头冲击试验时的取样规定	增加可操作性，便于标准实施
7.4.5.7	增加了冲击试验的合格评定指标	便于标准的执行
7.5.4	增加了一组试样冲击试验不合格时的复试规定	增加复验要求，提高标准的可操作性
7	删除了 ISO 11970:2016 中的 7.6 关于焊工资质的要求	提高标准的可操作性，部分行业不适用该规定
8.3.1.2	增加了“改变母材组别时应重新评定”的规定	规定更全面和明确
8.3.1.5	增加了针对两种组别的材料组成异种钢焊接接头工艺评定的规定	规定更全面和明确
8.3.1.6	增加了针对采用过渡层的异种钢焊接工艺评定的规定	规定更全面和明确
8.4.1.4	增加了“改变焊接方法时需要重新评定”	增强标准的指导性
8.4.2.2	增加了当需要冲击试验和(或)硬度试验时，评定焊接位置的规定	增强标准的指导性
8.4.2.3	增加了“为满足冲击试验和(或)硬度试验，如不要求在单一位置做评定，则需要不同焊接位置焊制两块试件；当要求对所有位置进行评定时，两块试件应进行全面的目视检测和无损检测”的规定	规定更全面和明确
8.4.3.1	在图 1 的基础上增加图 2、图 3、图 4 所示接头类型可以覆盖对应的所有接头(补焊和对接焊)的规定	规定更全面和明确
8.4.3.2	增加了在多层焊与单层焊互换的情况下工艺评定的规定	规定更全面和明确
8.4.4	增加了 8.4.4.3~8.4.4.6 中改变焊接材料直径、焊接材料重新评定的规定	规定更详细，增加可操作性
8.4.4.1	增加了“焊接材料包括焊条、焊丝、焊剂和保护气体”的规定	规定更全面和明确
8.4.5	增加“对于焊条电弧焊，在不要求冲击试验时，交流、直流可互相代替”	增加补充规定，提高标准的指导性
8.4.6.1	增加了热输入值计算公式的规定以及不同焊接方法对应的热效率系数 k 值的規定	增加可操作性，便于标准的执行

表 B.1 本文件与 ISO 11970:2016 的技术性差异及其原因(续)

本文件章节编号	技术性差异	原因
8.4.6.4	增加了对在高热输入值和低热输入值中间进行的焊接工艺评定的规定	增加补充规定,提高标准的指导性
8.4.7	增加了“...比焊接工艺评定报告记录的预热温度下限降低 50 ℃以上,需要重新评定”的规定	增加可操作性,便于标准实施
8.4.8	增加了道间温度上限升高超过 50 ℃以上应重新评定的规定	增加可操作性,便于标准实施
8.4.9	增加了“后热”	增加可操作性,便于标准的实施
8.4.10	增加了试件热处理累计时间、有效的焊后热处理温度范围以及焊后热处理的改变应重新评定的规定	规定更全面和明确
8.5.1	增加了“一般规定”	适应我国的技术条件,也方便标准使用者
8.5.4.3	增加了“对于实心焊丝和金属芯焊丝,从熔滴弧、喷射弧、或脉冲弧焊接改变为短路弧过渡时需要重新评定,反之亦然”的规定	增加补充规定,提高标准的指导性
8.5.5.2	增加了“无背面保护气体的评定适用于背面有保护气体的焊接工艺”的规定	规定更全面和明确
8.5.5.3	增加了“有填充材料的焊接工艺不适用于无填充材料的焊接工艺,反之亦然”的规定	规定更全面和明确
附录 D	修改了附录 B 的表格形式,原附录 B 由规范性附录变更为资料性附录	此附录非正文的补充或附加条款,其内容多为信息说明或记录性资料

附 录 C
(资料性)
焊接工艺评定报告

焊接工艺评定报告包括以下内容：

制造企业：

地址：

申请日期：

标准：

评定项目：

焊接方法：

接头类型：

母材：

尺寸：

焊缝类型：

填充金属：

保护气体/焊剂：

电源类型：

辅助材料：

焊接位置：

预热温度：

道间温度：

后热：

焊后热处理：

允许工作温度：

结果：

试验日期：

地点

签发日期

检验师或检验单位

姓名,日期,签字

制造企业

姓名,日期,签字

备注：

附 录 D
(资料性)
焊接工艺评定报告格式

焊接工艺评定报告模板格式如下：

地址：		检验师或检验单位：						
制造企业焊接工艺：		准备和清理的方法：						
参考号：		母材规范：						
工艺评定号：		焊机型号：						
制造企业：		材料厚度：						
焊工姓名：		外径：						
焊接方法：		焊接位置：						
接头类型：								
焊接准备描述：								
接头设计		焊接顺序						
焊接描述								
焊道	焊接方法	填充材料规格 mm	焊接电流 A	电弧电压 V	电流类型/ 极性	送丝速度	焊接速度 mm/min	热输入 kJ/mm
消耗品牌号：					其他的内容：			
规定的烘干条件：					摆动(最大焊道宽度)：			
气体/焊剂：					摆动：幅度，频率，停留时间：			
——保护：					脉冲焊情况：			
——衬垫：					电极工件间距离：			
流量：					等离子焊情况：			
——保护：					焊矩角度：			
——衬垫：					电弧过渡形式：			
钨极种类/尺寸：					反面清根/衬垫：			
预热温度：					道间温度：			
焊后热处理/时效：					加热和冷却速度：			
时间、温度、方法：								
制造企业：					检验单位：			
报告人姓名、日期、签字					检验师姓名、日期、签字			

附 录 E
(资料性)
检测报告

铸钢件检测报告包含以下项目报告。

- a) 目视检测。
- b) 无损检测。
- c) 焊缝横向拉伸试验。

表 E.1 给出了焊缝横向拉伸试验报告的示例。

表 E.1 焊缝横向拉伸试验报告

试样编号 焊缝位置	试样位置	尺寸 mm		试验 温度 ℃	标距 长度 L_0 mm	抗拉强度 R_m MPa	断裂位置、断裂和缺陷类型
		厚度	宽度				
技术要求							

- d) 弯曲试验。

弯曲试验报告注明压辊直径,表 E.2 给出了弯曲试验报告示例。

表 E.2 弯曲试验报告

试样编号 焊缝位置	试样位置	尺寸 mm		角度	断后伸 长度 A %	断裂位置、断裂和缺陷类型
		厚度	宽度			

- e) 冲击试验。

冲击试验报告注明试样形式,表 E.2 给出了冲击试验报告的示例。

表 E.3 冲击试验报告

试样编号 焊缝位置	试样位置	缺口位置	尺寸 mm		截面积 S_0 mm ²	试验温度 T ℃	冲击吸收 能量 A_{KV} J	平均值 J	备注
			厚度	宽度					

f) 组织检查,宏观、微观。
表 E.4 给出了宏观、微观组织试验报告的示例。

表 E.4 宏观、微观组织试验报告

宏观结构	
微观结构	
母材	
热影响区	
焊缝	

g) 硬度试验。
表 E.5 给出了硬度试验报告的示例。

表 E.5 硬度试验报告

测试位置		区域	凹痕位置	硬度值	
				1	2
母材	未受影响金属	1			
		2			
		3			
		4			
		5			
		6			
	热影响区	7			
		8			
		9			
		10			
		11			
		12			
焊缝		13			
		14			
		15			
		16			
		17			