

ICS 25.160.10

J 33

备案号: 31130-2011

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 819 — 2010

代替 DL/T 819 — 2002

火力发电厂焊接热处理技术规程

The code of the welding heat treatment for power plant

2011-01-09 发布

2011-05-01 实施

国家能源局 发布



目次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般规定	2
5 焊接热处理加热方法及适用范围	2
6 焊接热处理工艺	3
7 温度测量	5
8 焊后热处理工艺措施	7
9 质量检查	8
10 技术文件	9
附录 A (规范性附录) 柔性陶瓷电阻加热器技术条件	10
附录 B (资料性附录) 焊接热处理工艺卡、焊接热处理操作记录、焊接热处理工作统计表	11
附录 C (资料性附录) 常用钢的预热温度	13
附录 D (资料性附录) 常用钢的焊后热处理温度与时间	14
附录 E (规范性附录) 焊后热处理质量评价表	15

前 言

本标准依据 DL/T 819—2002 实施以来所取得的经验,参照近几年来新建超临界、超超临界火电机
组新材料技术成果的应用情况,以及焊接热处理的科研成果、新技术应用成果,参考美国 ASME、AWS
等标准,与 DL/T 819—2002 《火力发电厂焊接热处理技术规程》相比,进行了下列修改:

- 扩大了本标准的适用范围,认为凡是火电厂钢制部件应进行焊接热处理的部分均适用。
- 结构上,为了比较详细地描述温度测量,将原标准第 7 章中有关温度测量的部分进行充实,形
成独立的一章;为了强调焊后热处理质量的过程控制、评价过程及要求,将原标准第 8 章的这
部分内容进行调整,形成独立的一章。
- 采用 GB/T 3375 的术语,增加了术语“均温范围”和“加热宽度”。
- 增加了对保温材料的要求。
- 简化了“安全要求”一节的内容。
- 细化了加热方法的内容,对原标准加热设备的内容进行了调整,增加了加热炉的要求,调整了
对中频感应加热厚度的限制:由原 30mm 调整为 100mm。
- 将原标准 6.1 评定一节修改为“现场焊接热处理工艺文件的确定”,并澄清了焊接工艺评定与现
场工艺指导文件的关系。
- 细化了异种钢焊接预热、热处理的要求。
- 调整了焊后热处理恒温时间、恒温温度的要求,并增加了新的钢种。
- 调整了热电偶安装要求的内容,并增加了补偿导线的使用要求。
- 增加了其他方法测温要求。
- 对焊后热处理加热范围进行了调整。
- 增加了对焊后热处理的质量评价。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电站焊接标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位:中国电力科学研究院。

本标准参加起草单位:河南第一火电建设公司、上海电力建设有限公司、上海电力建设第二工程公
司、安徽电力建设第一工程公司。

本标准主要起草人:郭军、常建伟、乔亚霞、邱明林、冯才根、林志华、余世宏。

本标准自实施之日起,代替 DL/T 819—2002。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心(北京市白广路二条
一号,100761)。

火力发电厂焊接热处理技术规程

1 范围

本标准规定了火力发电设备在安装、检修及工厂化配制中对钢制焊件进行焊接热处理的要求。

本标准适用于对焊件进行的预热、后热和焊后热处理。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 1234 高电阻电热合金
- GB/T 2614 镍铬—镍硅热电偶丝
- GB/T 3375 焊接术语
- GB/T 4654 非金属基体红外辐射加热器通用技术条件
- GB/T 4989 热电偶用补偿导线
- GB/T 9452 热处理炉有效加热区测定方法
- GB/T 16839.1 热电偶 第1部分：分度表
- GB/T 16839.2 热电偶 第2部分：允差
- GB/T 17394 金属里氏硬度试验方法
- DL/T 752 火力发电厂异种钢焊接技术规程
- DL/T 868 焊接工艺评定规程
- DL/T 869 火力发电厂焊接技术规程
- DL/T 884 火电厂金相检验与评定技术导则
- JB/T 9238 工业热电偶 技术条件

3 术语和定义

GB/T 3375 中的术语及下列术语适用于本标准。

3.1

焊接热处理 **welding heat treatment**

在焊接之前、焊接过程中或焊接之后，将焊件全部或局部加热、保温、冷却，以改善工件的焊接工艺性能、焊接接头的金相组织和力学性能的一种工艺。焊接热处理包括预热、后热和焊后热处理。

3.2

均温范围 **range of soak band**

加热恒温过程中，焊接接头全厚度方向上温差小于或等于规定要求的、被加热金属的范围。

3.3

加热宽度 **width of heating**

加热过程中，为达到焊件所需要的均温范围，所施加的加热热源的最小宽度。如电加热时加热装置的宽度、火焰加热时的火焰加热范围等。

4 一般规定

4.1 人员

4.1.1 焊接热处理人员应经过专门的培训,取得资格证书。未取得资格证书的人员只能从事焊接热处理的辅助工作。

焊接热处理人员包括热处理技术人员和热处理操作人员(也称热处理工)。

4.1.2 热处理技术人员的职责:

- a) 负责编制焊接热处理施工方案、作业指导书、工艺卡等技术文件,进行技术交底。
- b) 指导、监督热处理工的工作,对焊后热处理过程及结果进行评价。
- c) 收集、汇总、整理焊接热处理资料。

4.1.3 热处理工的职责:

- a) 按焊接热处理施工方案、作业指导书、工艺卡进行施工。
- b) 记录热处理操作过程。
- c) 热处理后进行自检。

4.2 仪器设备

4.2.1 焊接热处理仪器设备应满足工艺要求,安全、可靠。

4.2.2 焊接热处理所使用的测控温仪表、热电偶等计量器具必须经过校验,并在有效期内使用。维修后的计量器具,必须重新校验。

4.2.3 设备的控温精度应在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以内。对计算机温度控制系统,其显示装置宜有冷端温度自动补偿装置,且其显示温度应以自动记录仪的显示温度为准进行调整。采用计算机系统记录、显示的热处理记录曲线,系统误差应小于0.5%,并经过计量确认。

4.3 保温材料

4.3.1 焊接热处理用保温材料应满足下列要求:

- a) 保温材料的热阻值应不小于 $0.35^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ 。
- b) 柔性陶瓷电阻加热或远红外加热用保温材料的熔融温度应高于 1150°C 。
- c) 感应加热用保温材料对电磁场无屏蔽作用。
- d) 火焰加热用保温材料应干燥。

4.3.2 宜选用硅酸铝耐火纤维制品、玻璃纤维布、高硅氧布等。

4.4 安全要求

4.4.1 焊接热处理作业中除应符合相关的安全作业要求之外,还应符合下列要求:

- a) 热处理人员应穿戴必要的劳动防护用品,并防止烫伤。
- b) 应至少两人参与作业。
- c) 采用电加热时,应防止加热装置导体与焊件接触。

4.4.2 采用红外测温仪时,应避免激光直接或间接射入人眼。

5 焊接热处理加热方法及适用范围

5.1 加热设备与加热方法

5.1.1 加热炉:

- a) 应配备温度测量和控制装置,能够进行温度自动记录。
- b) 炉内有效加热区的保温精度应达到 $\pm 10^{\circ}\text{C}$,有效加热区的测量方法应符合GB/T 9452的要求。
- c) 有效加热区测量、仪表检定周期为6个月。
- d) 加热炉可使用电加热或火焰加热。

5.1.2 柔性陶瓷电阻加热器和远红外辐射加热器:

- a) 柔性陶瓷电阻加热器的技术条件应符合附录 A 的规定。
- b) 远红外辐射加热器应符合 GB/T 4654 的规定。
- c) 当同炉控制多根(片)加热器时,其各加热器的电阻值的偏差不应超过 5%。
- d) 应配备温度测量和控制装置,能够进行温度自动记录,并进行全过程自动控制。

5.1.3 电磁感应加热器:

- a) 设备的输出功率和频率能自动响应,并满足工艺要求。
- b) 设备应具备温度测量和控制装置,能够进行温度自动记录,并进行全过程自动控制。
- c) 感应线圈的匝间距离应根据焊件的壁厚、拟订的加热宽度确定。

5.1.4 火焰加热装置:

- a) 可以选择与氧—乙炔气体或其他可燃性液体、气体相适应的设备进行火焰加热。
- b) 应采用瓶(罐)或管道提供液体、气体,并采取措施,防止回火。
- c) 应根据焊件的大小,拟订的加热范围选择适宜的火焰燃烧装置。
- d) 应配备温度测量仪器,监测焊件的温度。

5.2 加热方法的适用范围

5.2.1 加热炉适宜对焊件进行预热、后热和焊后热处理。焊件尺寸或加热方法不同,应满足以下规定:

- a) 当焊件尺寸过大、需分段进行焊后热处理时,其重叠的加热长度应不小于 300mm。
- b) 当采用火焰加热时,应保证火焰不直接冲刷被加热焊件。

5.2.2 柔性陶瓷电阻加热、远红外辐射加热、电磁感应加热适用于对焊件进行预热、后热和焊后热处理。对具有明显尖角效应影响的焊件,或厚度超过 100mm 的焊件,不宜采用中频电磁感应加热。

5.2.3 火焰加热方法可用于难以采用其他加热方式的场合,对焊件进行预热、后热。如需采用火焰加热方法进行焊后热处理,应符合下列要求:

- a) 应编制详尽的作业方案施工,保证加热相对均匀,并具有有效的温度控制措施。
- b) 对高合金钢焊件不宜采用火焰加热方法进行焊后热处理。

5.3 火焰加热控制要求

5.3.1 当使用多个喷嘴或焊炬进行加热时,宜对称布置,均匀加热。

5.3.2 火焰焰心至工件的距离应在 10mm 以上;喷嘴的移动速度要稳定,不得在一个位置长期停留。火焰加热时,应注意控制火焰的燃烧状况,防止金属氧化或增碳。

5.3.3 火焰加热应以焊缝为中心,加热宽度为焊缝两侧各外延不少于 50mm。

5.3.4 火焰加热的恒温时间按 1min/mm 计算。

5.3.5 加热完毕,应立即使用干燥的保温材料进行保温。

6 焊接热处理工艺

6.1 现场焊接热处理工艺文件的确定

6.1.1 焊接热处理工艺的关键参数(如加热方法、加热时机、加热速率、恒温温度等)应在按照 DL/T 868 的规定进行的焊接工艺评定中一并评定。

6.1.2 现场应结合实际焊件的规格、施工条件编制焊接热处理作业指导书或工艺卡(格式参见附录 B),并在首件实施焊接热处理中确认其能够实现焊接热处理工艺的关键参数。

6.1.3 经首件确认的现场焊接热处理作业指导书或工艺卡应在后续的工作中得到执行。

6.2 预热

6.2.1 预热温度

- a) 焊件的预热温度应符合作业指导书或工艺卡的要求,常用钢的预热温度参见附录 C。
- b) 异种钢焊接预热温度按照 DL/T 752 的规定确定。

6.2.2 预热方法及加热范围要求

- a) 当管子外径大于 219mm 或壁厚不小于 20mm 时, 宜采用柔性陶瓷电阻加热、远红外辐射加热、电磁感应加热进行预热。
- b) 当监测焊件坡口外热电偶达到预热温度时, 应保持一定时间, 使坡口待焊接部位的温度达到要求。
- c) 当加热器在待焊接焊缝两侧分别布置或全覆盖布置时, 加热宽度自待焊接焊缝边沿始计算: 若采用柔性陶瓷电阻加热或远红外辐射加热, 每侧加热宽度不少于焊件厚度的 4 倍; 若采用电磁感应加热或火焰加热, 每侧加热宽度不少于焊件厚度的 3 倍, 且不得小于 100mm。
- d) 当待焊接区为类似点状时, 加热范围是以焊接中心为圆心, 以焊缝最大深度尺寸的 9 倍为半径的近圆形区域。

6.2.3 重新预热

- a) 焊接中断后, 应在重新焊接前重新预热。
- b) 重新预热的工艺应与原预热工艺一致。

6.3 后热

6.3.1 有冷裂纹倾向的焊件, 当焊接工作停止后, 若不能及时进行焊后热处理, 应进行后热。后热工艺是: 加热温度为 300℃~400℃, 保温时间为 2h~4h。

6.3.2 对马氏体型热强钢焊接接头的后热, 应在焊后焊件处于 80℃~120℃、保温 1h~2h 后进行。

6.3.3 后热时的加热宽度应不小于预热时的加热宽度。

6.4 焊后热处理

6.4.1 应按照 DL/T 869、DL/T 752 的规定, 或其他规程、工艺文件的要求进行焊后热处理。对 Cr 含量为 9%~12% 的马氏体钢, 应在其完成马氏体转变后立即进行焊后热处理, 否则, 应按 6.3 的要求进行后热。

6.4.2 焊后热处理恒温温度的选择原则:

- a) 不能超过焊接材料熔敷金属及两侧母材中最低的下转变温度 (A_{c1}), 一般应低于该 A_{c1} 以下 30℃。
- b) 对调质结构钢焊接接头, 应低于调质处理时的回火温度。
- c) 对异种钢焊接接头, 按照 DL/T 752 的相关规定执行。

6.4.3 焊后热处理恒温时间的确定方法:

- a) 焊后热处理恒温时间应根据材料类别、加热方法和焊件厚度综合确定。
- b) 一般按照焊件厚度确定恒温时间。对中低合金钢, 恒温时间按 2min/mm~3min/mm 计算, 最少 30min; 对高合金钢, 恒温时间按 4min/mm~5min/mm 计算, 最少 60min。采用电磁感应加热时, 取值偏于以上计算的下限; 采用柔性陶瓷电阻加热、远红外辐射加热时, 取值偏于以上计算的上限。
- c) 管座或返修焊件, 其恒温时间按焊件的名义厚度 δ' 替代焊件厚度 δ 来确定, 但应不少于 30min。焊件的名义厚度 δ' 可根据具体的焊缝结构计算:

1) 返修件及非熔透型管座, 见图 1 a) 和图 1 b):

$h < 5\text{mm}$ 时	$\delta' = 3h + 5\text{mm}$
$h = 5\text{mm} \sim 10\text{mm}$ 时	$\delta' = 2h + 10\text{mm}$
$h > 10\text{mm}$ 时	$\delta' = h + 20\text{mm}$

式中:

h ——返修焊缝厚度或焊缝高度, mm。

2) 全焊透型骑座式管座, 见图 1 c):

$$\delta' = h + t_b$$

3) 全焊透型插入式管座, 见图 1 d):

$$\delta' = h + t_h$$

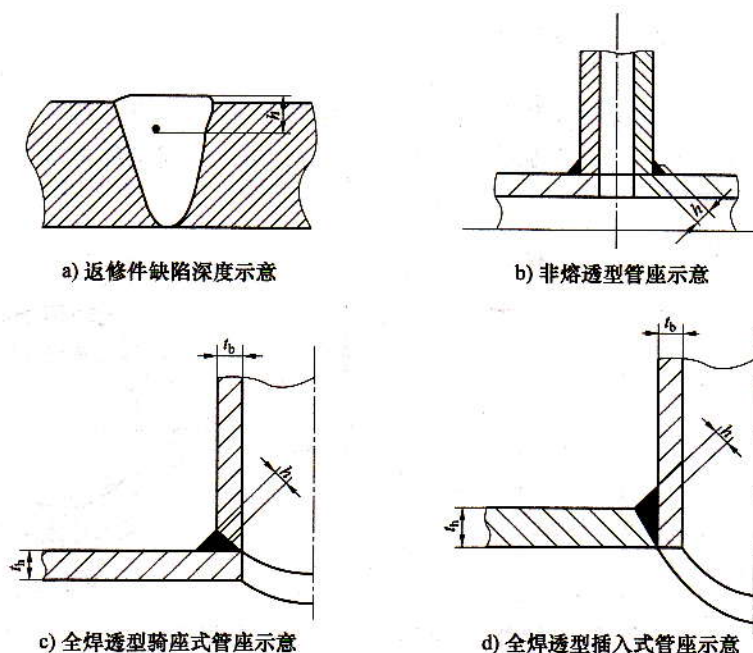


图1 名义厚度计算

6.4.4 常用钢的焊后热处理恒温温度与恒温时间参见附录 D。

6.4.5 升温速度、降温速度的控制要求：

- 焊接热处理升温速度、降温速度为 $6250/\delta$ (单位为 $^{\circ}\text{C}/\text{h}$, 其中 δ 为焊件厚度, 单位为 mm), 且不大于 $300^{\circ}\text{C}/\text{h}$; 当壁厚大于 100mm 时, 升温速度、降温速度按 $60^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 进行控制; 300°C 以下不控制升温速度和降温速度。
- 当管子外径不大于 108mm 或厚度不大于 10mm 时, 若采用电磁感应加热或火焰加热时, 可不控制加热速度。
- 对管座或返修焊件, 应按主管的壁厚计算焊接热处理的升温速度、降温速度。

6.4.6 在制订焊后热处理工艺措施时, 应考虑下列可能出现的因素及相应措施:

- 对于有再热裂纹倾向的钢种, 焊后热处理恒温温度应避免敏感温度区间, 升温、降温时, 应尽快通过敏感温度区间。
- 对于有第二类回火脆性的钢种, 焊后热处理应采用快速冷却的方式。
- 冷拉焊接接头所用的加载工具, 必须待焊接热处理完毕后, 方可拆除。
- 对厚度大于 100mm 的焊件进行焊接热处理时, 应采取特别措施保证焊件有足够的均温范围。

7 温度测量

7.1 测温方法选择

7.1.1 应根据加热方式选择测温方法。柔性陶瓷电阻加热、远红外辐射加热、电磁感应加热宜采用接触法测温, 火焰加热宜采用非接触法测温。

7.1.2 接触法测温宜采用热电偶、测温笔、接触式表面测温仪等, 非接触法测温宜采用便携式红外测温仪等。

7.2 热电偶测温要求

7.2.1 热电偶的选择:

- 应根据焊接热处理的温度、仪表的型号、测控温精度选择热电偶。热电偶的直径与长度应根据焊件的大小、加热宽度、固定方法选用。
- 宜选用 K 分度的防水型铠装热电偶或 K 分度热电偶丝, 其质量应分别符合 GB/T 16839.1、

GB/T 16839.2、GB/T 2614、JB/T 9238 的要求。

7.2.2 热电偶的安装：

- 热电偶的安装位置与数量，应以保证测温 and 控温准确可靠、有代表性为原则。
- 预热时，控温热电偶应布置在加热区以内，监测热电偶应尽可能靠近待焊坡口，必要时，应使用其他测温方法检测待焊坡口处的温度，参见图 2。

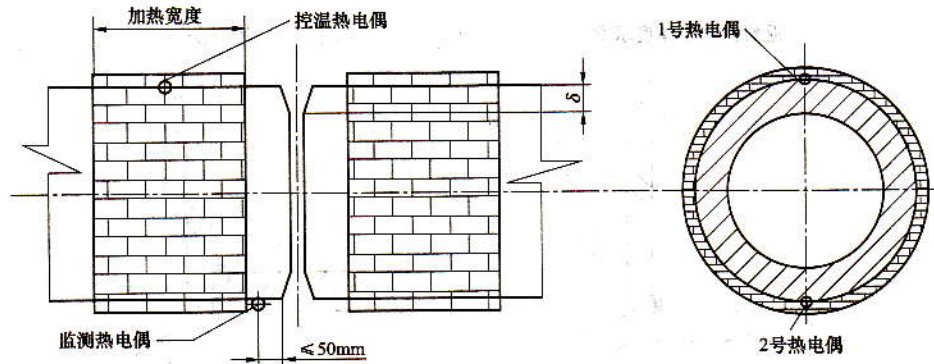


图 2 预热时加热宽度与测温点布置示意

- 一般情况下，焊缝后热、焊后热处理时，对于管子外径不大于 273mm 的管道，可以使用 1 支热电偶布置于焊缝中心；否则，应使用不少于 2 支热电偶，并沿圆周均匀布置，其中，1 支布置于焊缝中心，其他热电偶布置于距焊缝边缘 1 倍壁厚处，且不超过 50mm，并用焊缝处的热电偶控制温度，参见图 3。

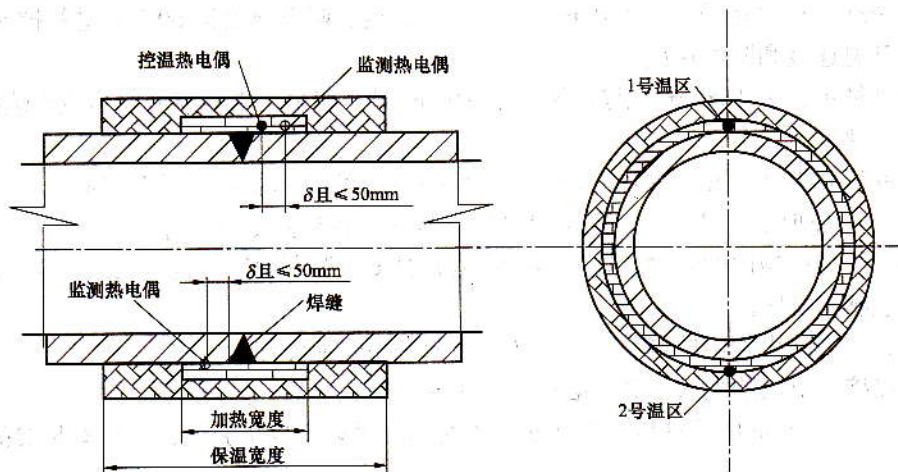


图 3 后热、焊后热处理分区控温与热电偶布置示意

- 应注意工件位置不同可能导致的加热区温度不均匀。对于管子外径不小于 273mm 的管道，如果此种影响明显，则应该采取与分区加热相应的测温/控温方式安装热电偶。
- 异形结构焊件（例如有焊缝的三通、管座等），后热、焊后热处理时，应注意采取措施使得焊件实际被加热的最高温度位于被热处理的焊缝上。其热电偶应至少有 3 支，其中 1 支位于焊缝（控温用），其中 2 支热电偶（监测温度用）分别位于距焊缝边缘 20 mm 的管材的同一母线上外壁同一直线上。

7.2.3 热电偶的固定：

- 宜采用储能焊机焊接固定热电偶的方法，或其他能够保证热电偶的热端与焊件接触良好的方法。

b) 采用焊接方式固定热电偶时, 焊接热处理结束后应将热电偶焊点打磨干净。

7.2.4 安装热电偶的注意事项:

- a) 当同炉处理多个焊件时, 热电偶应布置在有代表性的焊接接头上, 同时在其他焊件上应至少布置 1 个监测热电偶。
- b) 采用储能焊机焊接热电偶时, 两根热电偶丝焊点间距应不大于 6mm, 两个热电极之间及其与焊件间应绝缘。
- c) 采用电磁感应加热时, 热电偶的引出方向应与感应线圈相垂直。
- d) 应使用补偿导线引出。
- e) 热电偶、补偿导线、测控温仪表的型号、极性、精度应相匹配。

7.2.5 补偿导线的使用:

- a) 宜使用与 K 分度热电偶相匹配的 KCA、KCB 型补偿导线, 其质量应符合 GB/T 4989 的要求。
- b) 补偿导线与热电偶连接时, 同极性相接并连接牢固。
- c) 使用补偿导线后, 若冷端温度仍不稳定, 应采取冷端温度补偿措施。

7.3 其他方法测温要求

7.3.1 划痕测温笔:

- a) 应根据加热温度、测温精度的要求, 选择合适组合的划痕测温笔。
- b) 使用划痕测温笔时, 应及时观测划痕颜色的变化情况, 避免温度超过规定的范围。

7.3.2 便携式红外测温仪:

- a) 应根据测量温度范围, 选择便携式红外测温仪。
- b) 应根据仪器说明书进行温度测量。

8 焊后热处理工艺措施

8.1 加热范围

8.1.1 一般管道对接接头加热宽度应根据加热方法及外径 D 与壁厚 δ 的比值来选取, 但最少不小于 100mm。加热中心应位于焊缝中心, 并应采取措施降低周向和径向的温差。

8.1.2 当采用电磁感应加热时, 加热宽度从焊缝中心算起, 每侧不小于管子壁厚的 3 倍。

8.1.3 当采用柔性陶瓷电阻加热、远红外辐射加热时, 按下述方式确定加热宽度:

- a) 当 $D/\delta \leq 7.5$ 时, 加热宽度从焊缝中心起每侧不小于管子壁厚的 4 倍。
- b) 当 $7.5 < D/\delta \leq 10$ 时, 加热宽度从焊缝中心起每侧不小于管子壁厚的 5 倍。
- c) 当 $10 < D/\delta \leq 15$ 时, 加热宽度从焊缝中心起每侧不小于管子壁厚的 6 倍。
- d) 当 $D/\delta > 15$ 时, 加热宽度从焊缝中心起每侧不小于管子壁厚的 7 倍。

8.1.4 管座焊件的加热, 主管侧宜采用整圈加热或环形加热的方法, 主管与接管侧的加热宽度均不小于两者中较大厚度的 2 倍。

8.1.5 对变径管、管座、三通等异形结构焊件, 宜在金属材料体积较大侧布置较多分区控制的加热装置, 并根据焊件的实际情况和温度分布状况, 分别调整其加热功率。

8.2 加热装置的安装

8.2.1 柔性陶瓷电阻加热器、远红外辐射加热器的安装应符合下列规定:

- a) 安装加热器时, 应将焊件表面的焊瘤、焊渣、飞溅清理干净, 使加热器与焊件表面贴紧, 必要时, 应制作专用的夹具。
- b) 直径大于 273mm 的水平管道或大型部件进行焊后热处理时, 宜采用分区加热。
- c) 同炉处理多个同类焊件时, 各加热器的布置方式应相同, 且保温层宽度和厚度也应尽可能相同。

注: 用绳形加热器对管道进行预热时, 焊缝坡口两侧布置的加热器的缠绕圈数、缠绕密度应尽可能相同, 缠绕方向应相反。

8.2.2 感应线圈的安装应符合下列规定:

- a) 工频感应加热时, 感应线圈与工件的间隙为 10mm~50mm; 中频及以上频率感应加热时, 为 10mm~80mm。
- b) 感应线圈安装时, 应避免匝间短路。
- c) 应避免在焊件上留下剩磁。

8.3 温差控制与保温

8.3.1 焊后热处理恒温过程中, 任意两测温热电偶显示的数据的差值应符合规定的温度范围, 且不超过 50℃。

8.3.2 焊接热处理的保温宽度从焊缝中心算起, 每侧应比加热宽度增加至少 2 倍壁厚, 且不少于 150mm。

8.3.3 焊后热处理的保温厚度以 40mm~60mm 为宜, 感应加热时, 可适当减小保温厚度。可以通过改变保温层厚度来调整管道加热部分的温差。

9 质量检查

9.1 质量检查项目

9.1.1 热处理工在升温前应进行下列内容的检查, 确认其符合作业指导书或工艺卡的要求:

- a) 加热及测温设备、器具及接线。
- b) 加热装置的布置、温度控制分区。
- c) 加热范围符合标准或规范要求, 保温层的宽度、厚度合适。
- d) 温度测点的安装方法、位置和数量。
- e) 设定的加热温度、恒温时间、升温速度、降温速度等。
- f) 现场安全要求。

9.1.2 热处理工在焊接热处理工作中应进行现场工作记录 (格式参见附录 B), 工作完成后应自检, 并经热处理技术人员确认, 符合下列要求:

- a) 工艺参数在控制范围以内, 并有自动记录曲线。
- b) 热电偶无损坏, 无位移。
- c) 焊接热处理记录曲线与工艺卡吻合。

9.1.3 焊接热处理技术人员或焊接工程师应在热处理工自检合格的基础上, 对同类焊件进行不少于 20% (对 Cr 含量为 9%~12% 的钢同种钢焊件应不少于 50%) 的抽查。检查相关记录、察看经焊后热处理后的焊件外观, 进行质量评价, 其内容见附录 E, 评价项目包含焊后热处理质量评价表中的所有检查项目。

9.2 焊后热处理质量要求

9.2.1 焊后热处理质量应由其过程控制予以保证。按照 9.1.1、9.1.2 的规定完成检查且符合要求, 则焊后热处理工作质量确定为合格, 否则确定为不合格。

9.2.2 热处理工按 9.1.1 检查有不符项时, 应立即改进并使合格; 按 9.1.2 检查有不符项时, 或按 9.1.3 进行抽查有疑问时, 应由焊接热处理技术人员或焊接工程师与质量检查人员联合组织评价, 查找原因, 制订进一步的质量保证措施。同时, 应进行该焊缝硬度检验或直接进行现场金相检验。

9.2.3 可采用里氏硬度计, 按照 GB/T 17394 的规定检测硬度。换算的焊缝布氏硬度值不得超出原始母材硬度值的 40% 或低于原始母材硬度值的 90%。当焊缝硬度值偏低或偏高时, 应按照 DL/T 884 的规定进行现场金相检验。

9.2.4 焊缝硬度检查合格的焊接接头, 可判定为焊后热处理合格。

9.2.5 对经焊后热处理的异种钢焊接接头, 其硬度检查的要求按 DL/T 752 的相关规定进行。

9.3 焊后热处理质量不合格的处理

9.3.1 焊后热处理温度或时间不够而导致焊缝硬度值高于规定值的焊接接头, 或由现场金相检验判定为焊后热处理不足的, 应重新进行焊后热处理。

9.3.2 焊后热处理恒温温度超标或焊后热处理恒温时间过长而导致硬度值低于规定值 80% 的, 或金相检验判定为焊缝金属过热的焊缝, 除非可以现场实施正火+回火热处理, 应割掉该焊接接头, 重新焊接。

9.3.3 焊后热处理时间超过焊后热处理工艺指导书规定值 30%, 且硬度检查合格的焊缝, 应作记录。

10 技术文件

10.1 焊接热处理施工应具有与焊接工艺评定参数相适应的现场热处理作业指导书或工艺卡, 应具有现场焊接热处理操作记录、焊接热处理工作统计表 (格式参见附录 B)、焊后热处理质量评价表。

10.2 工程竣工后移交的焊接技术资料中焊接热处理技术资料包括:

- a) 焊接热处理自动记录曲线。
- b) 焊接热处理工作统计表。
- c) 焊后热处理质量评价表。
- d) 相应的试验、检测报告。

附录 A

(规范性附录)

柔性陶瓷电阻加热器技术条件

- A.1 柔性陶瓷电阻加热器一般由电阻丝、陶瓷套管(片)、引出线及附件组成,可以是绳形加热器、履带式片状加热器、指状加热器、抱合式加热器,其工作温度不超过 1000℃。
- A.2 电阻丝应采用 Cr20Ni80 合金材料,单股直径以 0.35mm~0.4mm 为宜,质量符合 GB/T 1234 的要求。绞制股数以 37 股~42 股为宜,在绞制电阻丝时,不允许有接头、断丝。
- A.3 陶瓷套管(片)应使用氧化物和复合氧化物陶瓷制作,要求有高的热发射率。其软化点温度应大于 1200℃,绝缘强度应大于 20kV/mm。抗热震性要求为在 750℃时淬入 25℃水中 3 次不开裂。
- A.4 加热器引出线与电阻丝的连接,宜采用不锈钢导管连接压制,压接前应检查不锈钢导管有无毛刺;也可采用低电阻合金焊接材料进行焊接来保证接头的质量。每根镍铬电阻丝引出线的长度应不小于 400mm,铜丝引出线的长度应不小于 200mm,铜丝截面积不小于 10mm²。加热器接插件应采用承插式。
- A.5 加热器的耐压性能应在 2000V 交流电下 1min 无击穿,绝缘电阻不小于 100MΩ (400℃以下),高温泄漏值应不超过 0.5mA/kW (750℃时)。
- A.6 有效发热部分的尺寸误差:绳形加热器、指状加热器,不大于 1%;片状加热器,不大于 3%。
- A.7 验收时,应采用冷态电阻计算加热器的功率。其计算功率与额定功率误差应不大于 5%。
- A.8 对绳形加热器,在 750℃、3h 的工作条件下,使用 3 次后电阻丝的伸长量不大于 0.5%。对履带式加热器,应根据加热器的规格选择合适大小的瓷板;加热器的两端,应根据加热器的宽度放置适当数量的带连接孔的陶瓷件,且两端位置应一致。抱合式加热器的两端与加热件应有良好的密封,能够按要求实现分区控温要求。
- A.9 有产品合格证明和质量证明书,质量证明书至少应包含但不限于下列内容:
- a) 电阻丝的单丝直径、股数和质量证明。
 - b) 加热器的有效尺寸。
 - c) 额定工作电压。
 - d) 额定功率。
 - e) 设计冷态电阻。

附录 B

(资料性附录)

焊接热处理工艺卡、焊接热处理操作记录、焊接热处理工作统计表

焊接热处理工艺卡、焊接热处理操作记录、焊接热处理工作统计表见表 B.1~表 B.3。

表 B.1 焊接热处理工艺卡

工程名称			编 号		
部件名称			材 质		
规 格			焊 口 数		
预 热					
加热方法			升温速度	℃/h	
预热温度	打底: ℃;	预热: ℃	层间温度	℃	
测温方法					
加热措施					
保温措施					
后 热					
加热温度	℃		恒温时间	h	
其他要求					
焊后热处理					
加热方法		升温速度	℃/h	降温速度	℃/h
加热宽度	mm		保温层宽度	mm	
恒温温度	℃		恒 温 时 间	h	
热电偶型号			数 量		
工艺曲线图:			注意事项:		
编制		日期		审批	
				日期	

附录 C
(资料性附录)
常用钢的预热温度

常用钢的预热温度见表 C.1。

表 C.1 常用钢的预热温度

钢 种	管 材		板 材	
	厚度 mm	预热温度 ℃	厚度 mm	预热温度 ℃
含碳量不大于 0.35% 的碳素钢及其铸件	≥26	100~200	≥34	100~150
C-Mn (Q345)	≥15	150~200	≥30	
Mn-V (Q390)			≥28	
1.5Mn-0.5Mo-V (14MnMoV、18MnMoNbG)	≥15	150~200	≥15	150~200
0.5Cr-0.5Mo (12CrMo) 1Cr-0.5Mo (15CrMo、ZG20CrMo)				
1Cr-0.5Mo-V (12Cr1MoV) 1.5Cr-1Mo-V (15Cr1MoIV、ZG15Cr1MoIV) 2Cr-0.5Mo-W-V (12Cr2MoWVB) 1.75Cr-0.5Mo-V、2.25Cr-1Mo (12Cr2Mo) 3Cr-1Mo-V-Ti (12Cr3MoVSiTb)、10CrMo910	≥6	200~300	≥8	200~300
15NiCuMoNb5 (WB36)、15MnNbMoR	≥20	150~200	≥20	150~200
07Cr2MoW2VNbB (T/P23)	≥13	150~200	≥13	150~200
1Cr5Mo、15Cr13 (1Cr13)	任意	250~300	任意	250~300
9Cr-1Mo (T/P9)、12Cr-1Mo-V	任意	300~350	任意	300~350
10Cr9Mo1VNbN (T/P91)	任意	200~250	任意	200~250
10Cr9MoW2VNbBN (T/P92)	任意	200~250	任意	200~250
10Cr11MoW2VNbCu1BN (T/P122)	任意	200~250	任意	200~250
注 1: 表中的温度为根据壁厚确定的最低预热温度。当采用钨极氩弧焊打底时, 可按下限温度降低 50℃ 预热。 注 2: 壁厚不小于 6mm 的合金钢管子或管件, 大厚度板件在负温下焊接时, 应比最低的预热温度高 20℃~40℃。壁厚小于 6mm 的低合金钢管子及壁厚大于 15mm 的碳素钢管子在负温下焊接, 也应适当预热。 注 3: 承压件与非承压件焊接时, 应按承压件进行预热。接管座与主管焊接时, 应按主管进行预热。 注 4: 表中预热温度上限值亦可以理解为焊接层间温度上限				

附录 D

(资料性附录)

常用钢的焊后热处理温度与时间

常用钢的焊后热处理温度与时间见表 D.1。

表 D.1 常用钢的焊后热处理温度与时间

钢 种	温度 ℃	焊件厚度 ^a mm						
		≤12.5	12.5~ 25	25~ 37.5	37.5~ 50	50~75	75~ 100	100~ 125
		恒温时间 ^b h						
C≤0.35% (20、ZG25) C-Mn (Q345)	580~ 620	不必热处理		1.5	2	2.25	2.5	2.75
15NiCuMoNb5 (WB36) 15MnNiMoR	580~ 620	1	2	2.5	3	4	5	—
0.5Cr-0.5Mo (12CrMo)	650~ 700	0.5	1	1.5	2	2.25	2.5	2.75
1Cr-0.5Mo (15CrMo、ZG20CrMo)	670~ 700	0.5	1	1.5	2	2.25	2.5	2.75
07Cr2MoW2VNbB (T/P23)	720~ 740	0.5	1	1.5	2	3	4	5
1Cr-0.5Mo-V (12Cr1MoV、ZG20CrMoV) 1.5Cr-1Mo-V (ZG15Cr1MoV) 1.75Cr-0.5Mo-V 2.25Cr-1Mo	720~ 750	0.5	1	1.5	2	3	4	5
1Cr5Mo、15Cr13 (1Cr13)	720~ 750	1	2	3	4	—	—	—
2Cr-0.5Mo-WV (12Cr2MoWVTiB) 3Cr-1Mo-V-Ti (12Cr3MoVSiTiB)	750~ 770	0.75	1.25	2.5	4	—	—	—
9Cr-1Mo (T/P9) 12Cr-1Mo (X20)		1	2	3	4	5	—	—
10Cr9Mo1VNbN (T/P91)	750~ 770	1	2	3	4~5	5~6	6~7	8
10Cr9MoW2VNbBN (T/P92)	750~ 770	1.5	2	4	5~6	6~7	8~9	10
10Cr11MoW2VNbCu1BN (T/P122)	740~ 760	2		4	5~6	6~7	8~9	10

a 管座或返修焊件，其恒温时间按焊件的名义厚度替代焊件厚度来确定，但应不少于 0.5h，计算方法见 6.4.3。

b 未标注恒温时间的，可按照 6.4.3 规定的计算方法计算

附 录 E
(规范性附录)
焊后热处理质量评价表

焊后热处理质量评价表见表 E.1。

表 E.1 焊后热处理质量评价表

工程名称		评价表编号	
部件名称		材 质	
规 格		焊 口 编 号	
序号	评 价 项 目		单项评价结论
1	测量、控温仪表、记录仪表的计量是否有效		
2	实际安装热电偶____支, 安装位置: _____		
3	实际安装热电偶固定方法: _____		
4	是否使用补偿导线: _____		
5	实际加热宽度____mm, 是否分区控温: _____		
6	实际的保温宽度____mm, 厚度____mm		
7	实际的升温速度____℃/h, 降温速度____℃/h		
8	实际的焊后热处理恒温温度____℃, 恒温时间____h		
9	是否有自动记录		
10	记录曲线是否异常(指曲线中断, 非正常的波动、乱打点)		
11	焊件表面有无异常(指氧化皮严重、裂纹等)		
12	其他		
评价结论: 符合作业指导书: ☐ 不符合作业指导书: ☐			
进一步检测意见: 是否硬度检测: ☐ 是否金相检验: ☐			
处理建议: 重新焊后热处理: ☐ 割管返修: ☐ 其他方式: _____			
说明: (1) 焊后热处理质量评价由热处理技术人员或其与质量检查人员联合进行。 (2) 单项评价结论分符合、不符合, 分别用 Y、N 表示。			

评价人: _____

日期: _____