

UDC



中华人民共和国行业标准

P

SH3085-1997

石油化工管式炉碳钢和铬钼
钢炉管焊接技术条件

Technical specification for welding of
carbon steel and chrome-molybdenum alloy
steel tube of petrochemical tubular heater

1997-12-11 发布

1998-07-01 实施

中国石油化工总公司 发布

中华人民共和国行业标准

石油化工管式炉碳钢和铬钼
钢炉管焊接技术条件

Technical specification for welding of
carbon steel and chrome-molybdenum alloy
steel tube of petrochemical tubular heater

SH3085-1997

主编单位:中国石化洛阳石油化工工程公司
批准部门:中国石油化工总公司

1997 北京

中国石油化工总公司文件

中石化[1997]建字 669 号

关于发布行业标准《石油化工管式炉碳钢和 铬钼钢炉管焊接技术条件》的通知

各有关单位：

由中国石化洛阳石油化工工程公司主编的《石油化工管式炉碳钢和铬钼钢炉管焊接技术条件》已经审查定稿。现批准《石油化工管式炉碳钢和铬钼钢炉管焊接技术条件》SH3085 - 1997 为石油化工业标准，自 1998 年 7 月 1 日起实施。原《炼油厂管式加热炉碳钢和铬钼钢炉管焊接技术条件》SHJ1038-84 同时废止。

本规范的具体解释工作由中国石化洛阳石油化工工程公司负责。

中国石油化工总公司
一九九七年十二月十一日

前 言

本标准是根据中石化（1995）建标字 269 号文的通知，由我公司对原《炼油厂管式加热炉碳钢和铬钼钢炉管焊接工程技术条件》SHJ1038-84 进行修订而成。

本标准共分六章和一个附录，这次修订的主要内容有：

- 1 增加了石油化工管式炉中常用的 12CrMo、15CrMo、1.25Cr-0.5Mo、2.25Cr-1Mo、9Cr-1Mo 炉管和管件的焊接；
- 2 增加了铬钼钢管材焊后热处理检验的有关要求。

在修订过程中，针对原标准中存在的问题，进行了广泛的调查研究，总结了近年来石油化工工程中碳钢和铬钼钢炉管焊接的实践经验，并征求了有关设计、施工、生产、科研等方面的意见，对其中的主要问题进行了多次讨论，最后经审查定稿。

本标准在实施过程中，如发现需要修改补充之处，请将意见和有关资料提供我公司，以便今后修订时参考。

我公司的地址：河南省洛阳市中州西路 27 号

邮编：471003

本标准的主编单位，中国石化洛阳石油化工工程公司

主要起草人：张建成

目 次

- 1 总则
 - 2 材料
 - 2.1 炉管及管件
 - 2.2 焊接材料
 - 3 炉管、管件的检查和坡口加工
 - 4 对焊工的要求
 - 5 焊接
 - 5.1 施焊环境及焊前准备
 - 5.2 组对与定位
 - 5.3 焊前预热
 - 5.4 焊接及焊后热处理
 - 6 焊接质量检查
- 用词说明
- 附：条文说明

1 总 则

1.0.1 本标准适用于石油化工管式炉碳钢和铬钼钢炉管及管件焊接工程的施工及验收。如有特殊要求，应在设计文件中注明。

1.0.2 执行本标准时，尚应符合现行有关强制性标准规范的规定。

2 材 料

2.1 炉管与管件

2.1.1 炉管应具有出厂合格证和质量证明文件,其内容应符合国家标准及有关技术条件的要求。进口炉管应符合设计文件规定的相应标准及有关要求。

2.1.2 炉管材料为 10 号钢、20 号钢、12CrMo、15CrMo、1Cr2Mo、1Cr5Mo 时,其化学成分、力学性能及其他技术要求,应符合现行标准《石油裂化用无缝钢管》GB9948 的规定。

2.1.3 炉管材料为 1.25Cr-0.5Mo、2.25Cr-1Mo、9Cr-1Mo 时,其化学成分、力学性能和其他技术要求,应符合设计文件规定。

2.1.4 与炉管相焊的管件(急弯弯管、焊接回弯头等)的各项技术要求,应符合现行标准《石油化工管式炉急弯弯管技术标准》SH3065 及设计文件的规定。进口的管件,应符合设计文件规定的相应标准及有关要求。

2.2 焊接材料

2.2.1 焊接材料的选择,应根据母材的化学成分、力学性能综合考虑,并应符合下列规定:

- 1 焊接材料的化学成份应与母材的化学成份相适应;
- 2 焊缝的力学性能不得低于母材的力学性能;
- 3 常用碳钢和铬钼钢炉管及管件焊接材料,可按表 2.2.1 选用。

表 2.2.1 常用碳钢和铬钼钢炉管及管件焊接材料选用

钢 号 或材料公称成分	焊 条		焊 丝
	型号 (GB)	牌 号	牌 号
10、20	E4316、E4315	J426、J427	H08A
12CrMo	E5515-B1	R207	H13CrMoA
15CrMo	E5515-B2	R307	H13CrMoA
1Cr2Mo	E6015-B3	R407	H08Cr2Mo1
1Cr5Mo	E1-5MoV-15	R507	H1Cr5MO
1.25Cr-0.5Mo	E5516-B2	R306	H08CrMoVA
2.25Cr-1Mo	E6015-B3	R407	H08Cr2Mo1
	E6016-B3		
9Cr-1Mo	E1-9Mo-15	R707	

2.2.2 对铬钼钢炉管及管件的焊接,若因施工条件限制难以进行焊后热处理,且炉管壁温低于 425℃ 时,经设计单位书面同意,可选用高铬镍(25%Cr-13%Ni 以上)奥

氏体焊接材料进行焊接，焊前仍应按本标准第 5.3 节的要求进行预热，焊后可不做热处理。

2.2.3 碳钢与铬钼钢或不同钢号铬钼钢之间的焊接，宜选用与合金含量较低一侧的母材相匹配的焊接材料，并确保焊接接头的力学性能不低于两母材标准规定值的较低者。

2.2.4 焊接材料应具有出厂合格证和质量证明文件，如需复检时，应附复检报告。国外焊接材料应符合生产国的相应标准或设计文件规定的材料标准。国产焊接材料应符合下列现行标准或设计文件的规定：

《碳钢焊条》	GB/T5117 ；
《低合金钢焊条》	GB/T5118 ；
《不锈钢焊条》	GB/T983 ；
《熔化焊用钢丝》	GB/T14957 ；
《焊接用不锈钢丝》	YB/T5092 ；
《惰性气体保护焊接用不锈钢棒和钢丝》	YB/T5091 。

3 炉管、管件的检查和坡口加工

3.0.1 炉管在使用前必须进行外观检查。内外表面应平整，不得有裂纹、折叠、轧折、离层、结疤等缺陷，并不应有严重锈蚀现象。

炉管外形尺寸允许偏差，应符合现行标准《石油裂化用无缝钢管》GB9948 或设计文件的规定。

管件外形尺寸允许偏差，应符合现行标准《石油化工管式炉急弯弯管技术标准》SH3065 或设计文件的规定。

3.0.2 对质量证明文件检验项目不全或对材质有疑义的炉管、管件必须进行复验。炉管的复验应符合现行标准《石油裂化用无缝钢管》GB9948 的规定；管件的复验应符合现行标准《石油化工管式炉急弯弯管技术标准》SH3065 或设计文件的规定；进口炉管及管件应符合设计文件规定的相应标准及有关要求。

3.0.3 炉管焊接坡口的型式及尺寸，应符合设计文件的要求。坡口应采用机械方法加工。

3.0.4 坡口加工后，应进行外观检查，其表面不得有裂纹、分层、夹渣等缺陷。设计文件要求对坡口表面进行无损检测时，应按现行标准《压力容器无损检测》JB4730 的规定进行，检测范围为坡口端部以内 20mm。

4 对焊工的要求

4.0.1 炉管、管件的焊接工作，必须由持合格证的焊工担任。焊工考试应按劳动人事部颁发的《锅炉压力容器焊工考试规则》或现行标准《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GBJ236 的有关规定进行。

4.0.2 焊工只能从事与合格证内容相符的焊接项目。

4.0.3 炉管、管件焊接后，应做好焊口编号及焊接施工记录，并在焊缝附近打上焊工的圆角钢印代号，所打钢印深度不应危及炉管及管件的最小壁厚。

5 焊 接

5.1 施焊环境及焊前准备

5.1.1 焊接环境出现下列情况之一时，必须采取有效防护措施，否则禁止施焊。

- 1 环境温度低于 0 ；
- 2 手工电弧焊时风速大于 8m/s ，氩弧焊时风速大于 2m/s；
- 3 相对湿度大于 90 % ；
- 4 雨、雪环境。

5.1.2 焊条、焊剂及其他焊接材料的储存环境应保持干燥，相对湿度不得大于 60%。

5.1.3 焊条在使用前应按其出厂说明书的规定进行烘干，烘干后放在保温筒内的焊条不得超过 4h ，否则应按原烘干规定重新烘干，重复烘干次数不得超过两次。

焊条药皮不得有脱落和裂纹等缺陷。

5.1.4 焊丝使用前，必须清除锈斑和油污，并露出金属光泽。

5.1.5 氩弧焊所用氩气应符合现行标准《氩气》GB4842 的规定。

5.1.6 首次施焊的钢种及改变焊接材料牌号、成分、焊接方法和焊接工艺，均应在焊前进行焊接工艺评定，评定方法及内容按现行标准《石油化工工程焊接工艺评定》SHJ509 进行。

5.1.7 焊接工艺评定合格后，应编写焊接工艺评定报告，经审查后作为编制焊接工艺规程的依据。焊接工艺规程，应经施工单位焊接责任工程师审查及其技术部门负责人签字批准。焊接工作必须按焊接工艺规程的要求进行。

5.1.8 焊接前，应先将坡口端部以内 20mm 范围内的氧化皮、水、油污等清理干净，并用砂轮打磨直至露出金属光泽。

5.2 组对与定位

5.2.1 组对前，炉管应矫直，弯曲度不应大于 1/1000 ，且整根炉管长度不超过 6m 时，全长弯曲度不应大于 4mm ；超过 6m 时全长弯曲度不应大于 8mm 。

5.2.2 焊在 180 ° 急弯弯管或焊接回弯头上的两根炉管的两端应齐平，长短相差不应大于 2mm 。

5.2.3 炉管与炉管、炉管与管件的对接接头不应有过大的内错口，炉管外径小于或等于 102mm 时，错口不应大于 0.5mm ；炉管外径大于 102mm 时，错口不应大于 1mm 。

5.2.4 炉管与炉管、炉管与管件的焊接，除炉内组对焊接外，宜在胎具上进行。相焊件对中后，应均匀点焊，点焊处不应有裂纹等缺陷。

5.2.5 炉管组对时，作为焊缝组成部分的定位焊缝，应符合下列规定：

- 1 定位焊的焊接工艺与正式焊的焊接工艺相同；
- 2 定位焊缝的长度宜为 10 ~ 20mm ，高度为 2 ~ 4mm ；

- 3 严禁强力组对定位焊接；
- 4 定位焊缝应沿管周均匀分布。正式焊接时，起焊点应在两定位焊缝之间；
- 5 定位焊缝应焊透且无焊瘤等焊接缺陷，发现裂纹等焊接缺陷时必须清除后重焊；
- 6 为确保底层焊道成形好，减少应力集中，定位焊缝的两端应为缓坡状，否则应进行打磨修整；
- 7 正式焊接有预热要求时，定位焊的预热温度取上限。

5.3 焊前预热

5.3.1 炉管和管件施焊前，应根据钢材的淬硬性、焊接环境、焊接方法进行预热，预热温度可按表 5.3.1 确定。

5.3.2 预热方法宜采用电加热、红外线或在预热炉内加热的方法，若无条件，也可用火焰加热。用火焰加热时，火焰不应直接接触及焊道坡口。预热升温应缓慢而均匀，防止局部过热。预热温度的测量，宜采用触点式温度计，测点应均匀分布。

5.3.3 预热范围应为以对口中心线为基准两侧各不小于 100mm 的区域。加热区以外的 100mm 范围内，应予以保温。

5.3.4 不同钢号铬钼钢之间的焊接，预热温度应取淬硬倾向大的一侧材质的预热温度下限。碳钢与铬钼钢、铬钼钢与奥氏体钢组成的焊接接头，仅预热铬钼钢一侧。

表 5.3.1 炉管、管件焊接的预热温度

	预热温度	备 注
10、20	一般不预热	当气温小于 0℃ 时，应在施焊处 100mm 范围内预热至 15℃ 以上
12CrMo	150~200	当焊接环境温度小于 0℃ 时，预热温度取上限
15CrMo	150~250	
1Cr2Mo	250~350	
1Cr5Mo	250~350	
1.25Cr-0.5Mo	200~300	
2.25Cr-1Mo	250~350	
9Cr-1Mo	250~350	

5.4 焊接及焊后热处理

5.4.1 炉管及管件的焊接，应采用多层多道的焊接方法。对铬钼钢材质的底层焊道，宜采用氩弧焊方法进行焊接。用奥氏体焊材焊接底层焊道时，管内应充氩气保护。

5.4.2 焊接铬钼钢材质的焊口时，当达到预热温度后，应立即进行底层的焊接，且应一次连续焊完。

5.4.3 底层焊道完成后，应立即进行下一层的焊接，且应连续焊完。如中断焊接，应立即进行温度为 300 ~ 350℃、时间为 15 ~ 30min 的后热处理，然后保温缓冷至室温。再焊接时应对焊缝进行检查，确认无裂纹等缺陷后方可按原焊接工艺规程继续进

行焊接。

5.4.4 多层焊接时，层间温度应等于或略高于预热温度。每层焊缝接头处应错开。

5.4.5 焊接时应在坡口内引弧，严禁在非焊接部位引弧。铬钼钢炉管及管件表面不得有电弧擦伤等缺陷。

5.4.6 需要进行焊后热处理的焊口焊完后，应立即进行焊后热处理，否则应采取后热、缓冷等措施。

5.4.7 炉管、管件的焊后热处理参数，可按表 5.4.7 确定。

表 5.4.7 焊后热处理参数

参 数	内 容	
升温速度	1. 升温过程中对 300℃ 以下可不控制	
	2. 升温至 300℃ 后，升温速度不应大于 220℃/h	
热 处 理 温 度	钢号或材料公称成分	温度 (℃)
	10、20	通常不作热处理
	12CrMo	650~700
	15CrMo	650~700
	1Cr2Mo	720~750
	1Cr5Mo	750~780
	1.25Cr-0.5Mo	720~750
	2.25Cr-1Mo	720~750
	9Cr-1Mo	750~780
恒温时间	每毫米壁厚恒温 3min，且不少于 1h	
冷却速度	1. 恒温后的冷却速度不大于 275℃/h	
	2. 300℃ 以下自然冷却	

5.4.8 焊后热处理直采用电加热、红外线或在预热炉内加热方法。在热处理过程中，应准确地控制加热温度，且使焊件温度分布均匀。测温宜采用热电偶，并用自动记录仪记录热处理曲线，测温点应在加热区内，且不少于两点。

5.4.9 热处理的加热范围，应为以焊缝中心为基准，两侧各不小于焊缝宽度的三倍且不小于 25mm 的区域，加热区以外的 100mm 范围应予以保温。

5.4.10 异种钢焊接接头的焊后热处理温度应取合金含量较高一方的温度下限。

5.4.11 热处理后，应对焊缝、热影响区及其附近母材分别抽检表面布氏硬度，抽检数量应不少于热处理焊口总量的 10%，所测硬度值应符合下列要求，否则，必须进行热处理并做硬度测试。

12CrMo、15CrMo、1.25Cr-0.5Mo HB ≤ 225

1Cr2Mo、2.25Cr-1Mo、1Cr5Mo、1Cr9Mo HB ≤ 241

5.4.12 对先进行无损检测后进行热处理的焊缝，焊后热处理完成后，应对热处理焊口作 10% 超声检测及渗透或磁粉检测，以无裂纹为合格。

6 焊接质量检查

6.0.1 焊缝均应进行外观检查，其表面质量应符合下列要求：

- 1 焊缝外形尺寸应符合设计文件的要求，焊缝与母材应圆滑过渡；
- 2 焊缝和热影响区表面不应有裂纹、气孔、弧坑和肉眼可见的夹渣等缺陷；
- 3 焊缝表面的咬边深度不得大于 0.5mm，焊缝两侧咬边总长度不得超过该焊缝总长度的 10 %。否则，应进行修磨或焊补，焊补处应修磨，使之平滑过渡。经修磨部位的炉管壁厚不应小于设计要求的厚度。

6.0.2 对接焊缝应进行 100%无损检测。检测方法宜采用射线检测。若采用超声检测时，需用射线检测复验，复验数量为焊缝总数的 20 %。上述两种检测方法均应符合现行标准《压力容器无损检测》JB4730 的规定，其中，射线检测合格等级为 II 级，超声检测合格等级为 I 级。不能用超声或射线检测的角焊缝，可采用磁粉或渗透检测方法检查缺陷。

6.0.3 不合格的焊缝必须进行返修。同一部位的返修次数不宜超过两次，经过两次返修仍不合格的焊缝，如需再进行返修，应编制返修工艺措施，经施工单位技术总负责人批准后，方可实施，并将焊缝返修次数、部位和无损检测等结果记入焊缝返修记录中，返修后仍应按原规定方法进行检测。

6.0.4 要求焊后热处理的炉管，应在热处理前返修，如在热处理后还需返修，返修后应重新进行热处理并做硬度测试。

用 词 说 明

本标准条文中要求执行严格程度不同的用词，说明如下：

（一）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”。

（二）表示严格，在正常情况下应这样做的用词

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

（三）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”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做，采用“可”。

中华人民共和国行业标准

石油化工管式炉碳钢和铬钼
钢炉管焊接技术条件

SH3085-1997

条 文 说 明

1997 北京

目 次

- 2 材料
 - 2.1 炉管及管件
 - 2.2 焊接材料
- 3 炉管、管件的检查和坡口加工
- 4 对焊工的要求
- 5 焊接
 - 5.1 施焊环境及焊前准备
 - 5.3 焊前预热
 - 5.4 焊接及焊后热处理
- 6 焊缝质量检查

2 材 料

2.1 炉管与管件

2.1.2 增加了《石油裂化用无缝钢管》 GB9948-88 中所列的石油化工管式炉常用的 12CrMo、 15CrMo 两种材料。

2.1.3 在《石油裂化用无缝钢管》 GB9948-88 中虽然没有 1.25Cr-0.5Mo、 2.25Cr-1Mo、 9Cr-1Mo 材料的炉管，但目前在石油化工管式炉的设计中，经常采用这些材料的炉管和管件，所以，根据一些设计、施工单位的要求，本次修订增加了上述材料的相应条款。

2.2 焊接材料

2.2.1、 2.2.2 对铬钼钢材料的炉管及管件的焊接，应选用与母材相同材质的珠光体焊条进行焊接，经过适当的焊后热处理，能得到与母材力学性能及金相组织基本相同的焊接接头。在生产中使用是安全可靠的。所以，国内外有关焊按规范一般均规定铬钼耐热钢的焊接应采用与母材化学成分和力学性能相应的焊条。

在目前石油化工管式炉铬钼钢炉管的焊接施工中，某些部位确实由于结构、位置受现有热处理设备的限制，少量焊缝难以作焊后热处理时，经设计单位书面同意，可以采用奥氏体焊条焊接，焊后不作热处理。

2.2.3 本条是参照《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》 GBJ236-82 和《钢制压力容器焊接规程》 JB/T4709 - 92 而编制的。碳钢与铬钼钢或不同钢号铬钼耐热钢之间的焊接，要求熔敷金属的抗拉强度不低于两种母材标准规定值的较低者。

3 炉管、管件的检查和坡口加工

3.0.3、3.0.4 坡口表面质量的优劣将直接影响施焊效果及质量，所以参照《钢制压力容器》GB150-89 和《石油化工工程铬钼耐热钢管道焊接技术规程》SHJ520-91 制定了该两条款。

4 对焊工的要求

4.0.3 编制本条时参照了美国机械工程师学会标准 ASME B31.3-93 的有关条款。

5 焊接

5.1 施焊环境及焊前准备

5.1.1 施焊环境对焊接质量的好坏有直接的影响，在某些恶劣的环境下，如不采取一定的防护措施就任意施焊，极易发生各种焊接缺陷，因而本条参照《钢制压力容器》GB150-89、《工业管道工程施工及验收规范》GBJ235-82、《石油化工工程铬钼耐热钢管道焊接技术规程》SHJ520-91 及《石油化工异种钢焊接规程》SH3526-92 对焊接环境进行了规定。

5.3 焊前预热

5.3.1 ~ 5.3.4 预热的目的是减少焊件与焊缝的温度梯度、降低焊接接头的冷却速度，减少温差所造成的应力和淬硬组织。预热是防止冷裂纹产生的有效措施之一。所以，参照《钢制压力容器》GB150-89、《石油化工工程铬钼耐热钢管道焊接技术规程》SHJ520-91、《石油化工异种钢焊接规程》SH3526-92 制定了有关焊前预热的要求。

5.4 焊接及焊后热处理

5.4.7 ~ 5.4.10 系参照《钢制压力容器》GB150-89、《石油化工工程铬钼耐热钢管道焊接技术规程》SHJ520-91、《石油化工异种钢焊接规程》SH3526-92 及 ASME B31.3 而编制的焊后热处理要求。

5.4.11 焊缝热处理后的硬度测试，主要目的是校核所进行的热处理效果如何。原标准没有这方面的要求。《工业管道工程施工及验收规范》GBJ235-82、《管式炉安装工程施工及验收规范》HGJ226-87、SHJ506-87 和《石油化工工程铬钼耐热钢管道焊接技术规程》SHJ520-91 均对焊缝硬度作了规定。前两者规定 焊缝硬度 $HB \leq 1.25HB$ （母材），该规定相对较严，在实际工作中往往达不到，特别对 1Cr5Mo 等材质。后者系参照水利电力部标准 SDJ-82 而制定，焊缝硬度一般为 HB （母材）+ 100；当铬含量等于或大于 2 % 时， $HB \leq 300$ 。该规定的硬度要求范围又太宽，显然不适用于石油化工管式炉苛刻的操作条件。经讨论决定本条款参照 ASME B31.3-1996 的有关内容编制。

6 焊缝质量检查

6.0.1 焊后对焊缝进行外观检查是施工中很关键的工序之一，在焊缝无损检测前，外观必须达到本规定的要求。其内容系参照《钢制压力容器》GB150-89 编制。

6.0.2、6.0.3 系参照《钢制压力容器》GB150-89 第 10.8.4 条及《石油化工工程铬钼耐热钢管道焊接技术规程》SHJ520-91 有关规定制定。