

文章编号 :1002- 025X(2008)03- 0054- 04

15CrMoR 焦炭塔及其复层的焊接

郑会娥

(天津冠杰石化工程有限公司, 天津 300270)

摘要：在制造材质为15CrMoR的压力容器时，焊接接头中比较容易产生裂纹，并且裂纹的返修也很困难，对压力容器的危害相当严重。为此笔者通过详细介绍在制造该压力容器时所采取的焊接工艺措施，来阐述如何避免焊缝中产生裂纹，从而保证焊接质量。

关键词：15CrMoR；压力容器；裂纹；焊接工艺

中图分类号：TG457.5 文献标识码：B

1 工程概况

15CrMoR低合金耐热钢是珠光体耐热钢，含有一定数量Cr，Mo合金元素。本公司制造的某台焦炭塔，主体材质是15CrMoR（交货状态为正火+回火，本质细晶粒镇静钢）及复合钢板15CrMoR+410S（退火态）。15CrMoR钢板化学成分除符合GB 6654《压力容器用钢板》的规定外，其中w(S) 0.012%，w(P) 0.015%。

15CrMoR焊接采用低S，P，同时C含量也较低的低氢型碱性焊条R307B（L），该焊条化学成分见

表1。因为S和P元素在焊接接头中都会增大裂纹倾向，C元素也是影响裂纹产生的主要元素，并能加剧S，P及其他元素的有害作用。另外，焊接接头的含氢量越高，裂纹的敏感性越大。在应力的作用下，当含氢量达到某一临界值时，便开始出现裂纹。若采用低氢低S，P及C元素焊条，则有利于防止裂纹，由于碱性焊条具有较强的脱硫能力，因此具有较高的抗裂能力。

复合板复层堆焊选用Ni元素含量较高的耐高温耐腐蚀焊条Ni182，该焊条化学成分见表2。

表1 R307B（L）焊条的化学成分（质量分数）（%）

C	Mn	Si	S	P	Cr	Mo	Cu	Ni	As	Sb	Sn
0.12	0.90	0.80	0.010	0.012	1.0~1.5	0.40~0.65	0.25	0.25	0.016	0.003	0.015

表2 Ni182焊条的化学成分（质量分数）（%）

C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Nb+Ta	Ti	Fe	Cu	Mo	其他
0.10	5.0~9.5	0.030	0.015	1.0	13.0~17.0	59	1.0~2.5	1.0	10.0	0.50	0.75	0.50

2 焊接工艺评定

焊接工艺评定除执行现行国家标准JB 4708—2000《钢制压力容器焊接工艺评定》施焊、检验试件，制取、检验试样，还制取其他试样进行检验。

2.1 15CrMoR焊接工艺评定

对15CrMoR工艺评定试板焊接完毕并无损检测后，进行4 h和14 h消除应力热处理，同时对试板的焊接接头进行了拉伸试验、横向侧弯试验、V形缺口冲击试验、硬度试验，并进行了焊缝金属化学成分分析。

2.2 复层焊接工艺评定

正式堆焊前按JB 4708—2000《钢制压力容器焊接工艺评定》中耐蚀堆焊工艺评定规则进行评定，取4件焊接接头横向侧弯试样和1件堆焊金属化学成分分析试样。

3 15CrMoR焊接、复层堆焊

3.1 不同焊接位置焊工资格

焊接工作由遵照国家质量监督检验检疫总局颁发的《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》进行考试并取得相应合格项目且在有效期内的焊工担任。15CrMoR横焊、平焊位置焊接焊工资格为SMAW-2G(K)-12-F₃，立焊、平焊位置焊接焊工资格为

SMAW- - 3G (K) - 12- F₃J ;横焊、平焊位置堆焊焊工资格为SMAW (N8) - - 2G- F₄J (Inconel 182) ;立焊、平焊位置堆焊焊工资格为SMAW (N8) - - 3G- F₄J (Inconel 182) 。

3.2 焊条烘干、管理

(1) 焊条烘干温度、时间和保存温度见表3。

表3 焊条烘干温度、恒温时间和保存温度

焊条牌号	烘干温度/	烘干时间/h	保存温度/
R307B (L)	350	1	100~150
Ni182	350	1	100~150

(2) 焊条管理 焊工焊前用手提式隔热保温筒领取和存放焊条，1次只允许领用1种牌号焊条，且不超过5 kg。从保温筒中拿出的焊条须立即使用，保温筒随用随关，不允许焊接操作时手持3根以上焊条。焊条在保温筒中放置时间不应超过4 h，剩余焊条当日退库。使用剩余焊条时需重新烘干，且烘干次数不超过2次，超过2次就不能用于受压焊接接头的焊接。

3.3 坡口制备

筒体和封头上的所有承压焊缝采用全焊透结构，焊缝坡口需采用机械法加工，坡口表面要光滑，对难以机加工部位采用火焰切割坡口，但需要将硬化层磨掉。15CrMoR坡口形状为X形，15CrMoR复合板采用下面坡口形状，坡口复层面端部离基层坡口边缘的距离为10 mm，复合板坡口形状如图1所示。

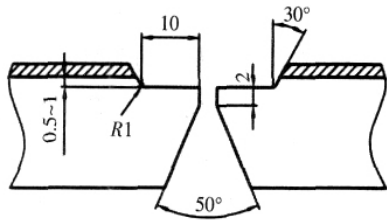


图1 复合板坡口形式

3.4 预热及后热

预热可以降低焊接接头的冷却速度，特别是减缓低温阶段的冷却速度，可使焊接接头不易形成淬硬组织，从而防止裂纹的产生。一般在低合金耐热钢中，预热和保持层间温度是防止焊接接头裂纹的必要条件之一。15CrMoR易于淬硬，当板材比较厚时，焊接前必须预热才能防止裂纹，这是由于预热改变了焊接热循环，能减慢冷却速度。虽然增加焊接热输入也能降低冷却速度，但由于提高焊接热输入会促使晶粒长大，增加偏析倾向，其防裂效果不明显，甚至适得其反。

焊后后热消氢处理 (350~400) ×2 h可以加快焊接接头中氢的逸出，并且减缓冷却速度，如果冷却速度大，焊缝金属的应变速率也增大，氢也不容易逸出，容易产生裂纹，因此，需采取后热处理措施。

焊接15CrMoR及对复层进行堆焊时，焊前预热温度 160 ，层间温度在焊接过程中不低于预热温度。控制层间温度也是为了降低冷却速度，并可促使扩散氢逸出焊接区，有利于防止产生裂纹。但层间温度过高，使得焊接接头晶粒过于粗大，从而影响焊接接头塑性、韧性，不利于防止裂纹，故只允许层间温度 230 。在焊接过程中，焊缝坡口及两侧至少 100 mm范围内的母材始终保持不低于预热温度，且不高出允许的最高层间温度230 ，直至进行焊后后热消氢处理。加热位置为焊接侧的背面，采用电加热片加热。预热、后热测温位置为焊接侧，距离坡口边缘50 mm处对称测量，每隔0.5 m测量一处。在焊接过程中，由于某种原因间断焊接工作时，保持焊缝坡口及两侧100 mm范围内不低于预热温度，等待焊接工作重新开始，否则在暂停工作后需立即进行后热消氢处理 (350~400) ×2 h。

3.5 焊接工艺参数

选择合适的工艺参数进行施焊，具体参数见表4。

表4 焊接工艺参数

焊条牌号	焊条直径/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/ (cm·min ⁻¹)
R307B (L)	3.2	115~130	22~24	7~10
	4.0	140~170	25~28	8~12
Ni182	3.2	100~120	21~23	8~12
	4.0	130~150	24~26	12~15

3.6 15CrMoR的焊接要求

焊前需清除坡口及其母材两侧表面20 mm范围内 (以离坡口边缘的距离计) 的水分、氧化物、油污、铁锈及其他有害杂质。

在焊接根部焊道前，需对定位焊缝进行检查，当发现缺陷时处理后再进行施焊；每条焊缝宜1次连续焊完，当因故中断焊接时，应采取后热消氢处理防止产生裂纹，再次焊接前应检查焊缝表面，确认无裂纹后，方可继续施焊。

焊接时采取适当的焊接热输入。通常情况下，焊接热输入越大，冷却速度越低，接头各区的晶粒愈粗大，强度和韧性则愈低。采用小的焊接热输入，则会

提高焊接接头的冷却速度, 利于细化接头各区的晶粒, 改善显微组织而提高冲击韧性。焊接时应尽可能减小焊接热输入, 但热输入过小也会增大熔合区的硬化程度, 对韧性和防止裂纹不利。综合考虑, 焊缝要进行多层多道焊接, 并控制好层间温度, 焊条需适当摆动, 焊速不要太快或太慢, 电流也不要太小或太大。

3.7 复层堆焊要求

焊接复合板时先焊基层, 基层射线检测合格后进行复层堆焊。复层堆焊前, 基层焊缝表面需磨平、清扫干净。对于待堆焊的基层表面, 经磁粉检测合格后再进行堆焊焊接, 磁粉检测按JB/T 4730.4, 级合格。

使用Ni182焊条进行复层堆焊。镍基焊条焊接具有较大的热裂纹敏感性, 故主要问题是热裂纹。低的层间温度有利于控制热裂纹, 为此层间温度要尽量低。工件表面粘污物也会将一些有害元素带入熔池, 以致产生裂纹, 所以焊前必须彻底清理干净。

堆焊焊接时熔池金属的流动性差, 熔透深度一般只有碳钢的50%左右, 容易产生未焊透、夹渣、未熔合等缺陷, 增大焊接电流也不能改进焊缝金属的流动性, 反而起着不利作用。焊接电流过大不仅使熔池过热, 增大热裂纹敏感性, 而且使焊缝金属中的脱氧剂蒸发, 出现气孔。焊条电弧焊时, 过大的焊接电流也使焊条过热并引起药皮脱落, 失去保护。故使用焊条电弧焊堆焊2层, 过渡层用Ni182, $\phi 3.2$ mm焊条多道堆焊, 表层用 $\phi 4.0$ mm焊条多道堆焊。焊接时电流要小, 应采用小热输入和保持电弧电压的稳定、短电弧不摆动或小摆动的操作方法。

堆焊后, 去除熔渣和飞溅, 因为对用于高温的焊接接头, S将在熔渣中迅速积聚而造成脆化。Ni182焊条堆焊完成后, 用不锈钢丝刷清除焊渣等杂物。

3.8 复合板表面修复

复合板由于外力损伤、经表面检测不合格的母材或焊接接头表面缺陷, 需用砂轮磨掉, 但所剩壁厚不得小于设计最小厚度, 否则要进行补焊。为了防止补焊后复合界面与基层剥离, 补焊前对复合板复层侧深达基层的表面损伤打磨后坡口形状有规定, 如图2所示。所有表面缺陷磨除后, 先进行磁粉或渗透检测, 按JB/T 4730.4或JB/T 4730.5, 级合格。堆焊修复前

预热、焊后后热及焊接工艺参数与主体堆焊焊缝一致。堆焊焊条为Ni182, 为减小焊条首层焊接时焊缝金属的稀释, 与基层接触的堆焊层先用 $\phi 3.2$ mm焊条, 而表层堆焊采用 $\phi 3.2$ mm焊条或 $\phi 4.0$ mm焊条均可, 堆焊工艺要求与上述相同。补焊完成后, 补焊部位应与复层齐平, 焊后磨平、修光堆焊层表面。修复面四周100 mm范围内进行超声波及渗透检测, 超声波检测满足GB/T 8165—1997《不锈钢复合钢板和钢带》级的规定, 渗透检测按JB/T 4730.5, 均为I级合格。

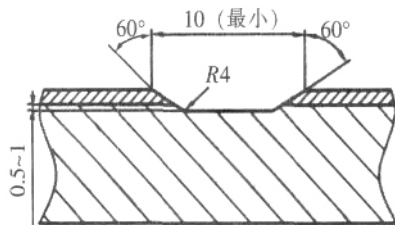


图2 复合板补焊坡口形式

3.9 15CrMoR焊接接头缺陷返修

对不合格焊接接头缺陷进行返修。返修时, 当缺陷位置不能确定时, 先从外侧对焊接接头进行碳弧气刨, 刨槽长度不小于50 mm, 当清除缺陷深度超过板厚的2/3时, 还没发现缺陷, 对刨槽进行打磨处理, 并进行磁粉或渗透检测, 按JB/T 4730.4或JB/T 4730.5, 级合格。返修焊接工艺要求同原焊接工艺。在对刨槽焊接前需进行预热, 焊接过程中, 层间温度始终不低于预热温度, 且不超过最高的层间温度, 焊接时适当摆动焊条, 焊接完毕并经外观检查合格后立即进行后热处理。对背面进行返修同上述要求。

焊接接头返修焊结束24 h后, 再对返修部位进行无损检测。

4 注意事项

(1) 焊缝宜采用多层多道焊, 每焊完一道后均应彻底清除焊道表面的熔渣并进行检查、消除微裂纹等表面缺陷, 每层焊道的接头应错开。

(2) 对中断焊接的焊缝, 需立即进行后热, 继续焊接前应清理并检查, 清除发现的缺陷并在满足规定的预热温度后方可施焊。

(3) 施焊过程中应保证引弧和熄弧处的质量, 熄弧时应填满弧坑, 并应磨去弧坑缺陷。

津沪两市焊接协会第九次焊接工作交流会在津召开

天津市焊接行业协会、上海市焊接协会第九次工作交流会于2008年5月12日在天津市焊接研究所举行。

本次会议主题是：“绿色环保 节能减排”。上海市焊接协会副理事长、上海通用集团总裁陈永强和天津焊接行业协会理事长、天津市机电工业控股集团公司副总经理赵京华等20余人出席了会议。应邀出席会议的领导有上海市工经联副秘书长余正华、天津市经委行业办周玉涛、原市发改委副主任胡权等。

会议首先由天津市焊接行业协会赵京华理事长致欢迎词，他在讲话中回顾了津沪两市焊接协会开展工作情况，对上海焊接界同仁的到来表示热烈欢迎。

会上，上海市焊接协会徐锋秘书长代表上海威特力焊接设备制造有限公司作了题为“科技创新 持续发展”的发言；威特力公司为增强公司产品的国际竞争力，从提高先进制造业产品技术水平入手，于2006年斥资1 300万元引进世界一流无铅回流焊接、无铅波峰焊等设备。

上海东升集团胡成平总经理在“四个创新是推动企业发展动力”的发言中介绍了东升集团2003年从温州迁至上海，发挥上海的地理优势，打造品牌，实现年增长率40%-50%的过程和体会。

天津七所高科技有限公司张益民副总经理作了题为“节能技术在阻焊机上的应用”的报告。介绍了该公司近年来坚持研发节能、环保型产品的成果。该公司针对广泛用于汽车行业的分体式阻焊机存在的变压器和二次电缆能耗大、操作者安全性差等问题，开发了一体化阻焊机，大大提高了能源的使用率，为我国汽车工业的发展做出了贡献。

天津滨滨石化设备有限公司窦双云副总经理作了“天津100万t/a乙烯配套工程及‘绿色环保 节能减排’理念的体现”的重点发言。代表们通过对百万吨乙烯工程的了解，尤其是对其中采用海水淡化技术的给水系统和利用，按水质分流排水，再经化学处理后，实现按不同用途再利用的水循环系统的介绍，看到了天津滨海新区建设中，绿色环保、节能减排理念的落实。

会议还交流了协会工作。

上海市焊接协会副理事长、上海市通用集团总裁陈永强先生代表上海市焊接协会讲话。介绍了上海焊接协会把服务企业作为协会工作的宗旨，把规范行业作为协会工作的职责，把发展产业作为协会工作的任务。随着改革的深化和经济社会的发展，协会的地位越来越高，

工作越来越多，责任也越来越重。我们要研究新形势、树立新理念、探索新路子、开创协会工作的新局面。

天津市焊接行业协会赵京华理事长和高永全副理事长分别代表天津市焊接行业协会介绍了天津焊接行业一年来的变化和行业工作的进步。指出滨海新区的开发开放，既是天津发展的重大历史机遇，也是天津市焊接行业 and 行业协会的重大发展机遇。我们要努力实现的目标是自我服务、自我管理、自我监督、自我发展。

上海市工经联余正华副秘书长作了题为“阅国务院36号文的体会”的发言，他在讲话中详细介绍了上海贯彻和落实36号文精神的情况，介绍了上海开展“三找”，即“找瓶颈、找差距、找政策”活动和落实上海市22项重点工作的情况。

原天津市发改委副主任胡权在发言中说，协会工作要落实到企业中去，要开展跨行业的交流，要对企业发挥引导作用。要掌握协会发展的大好时机，协会要自强，有为才有位。

天津市经委行业办周玉涛介绍了正在和有关部门协调推进“政府部门向行业协会购买服务、委托职能”的情况，指出协会工作要做扎实，要以实力、以工作博得政府的信赖。

本次会议的另一个重要内容是举行上海市焊接协会、天津市焊接行业协会关于《津、沪两市VT检验人员培训和持证上岗工作意向书》（以下简称《意向书》）的签字仪式。

上海市焊接协会徐锋秘书长向代表们介绍了签订该《意向书》的意义及《意向书》的主要内容。

《意向书》中指出，随着我国装备制造业的发展，对焊缝质量的高要求突显焊接检验人员的重要性。焊缝外观检验（VT）是对焊缝质量最直观、最基础的有效评定。在国内外相关的焊接检验规程和规范中，明确要求从事VT检验的人员，必须经培训考核并取得相应资格后才能上岗工作。为满足企业生产和市场的需求、促进焊缝外观检测（VT）人员培训工作的开展、适应人才流动的需要，上海市焊接协会和天津市焊接行业协会拟在津、沪两地分别开展VT检验人员培训和共同推进持证上岗工作，并对由两市焊接协会颁发的VT资格证书相互认同有效。

天津市焊接行业协会韩勤秘书长宣读了《意向书》。

上海市焊接协会陈永强副理事长和天津市焊接行业协会高永全副理事长分别代表两市焊接协会在《意向书》上签字。

会议在与会全体人员的热烈掌声中圆满结束。

(4) 焊接完毕后，所有焊缝表面不允许存在咬肉、裂纹、气孔、弧坑、夹渣等缺陷，焊缝熔渣和两侧的飞溅物必须打磨和清除干净。

(5) 压力容器钢板表面不应有电弧擦伤，且不得在表面引弧、熄弧和试验焊接电流。

5 结论

(1) 对于淬硬倾向大的耐热钢焊接，做好预热及后热是很关键的控制环节，对防止焊接接头裂纹的产生起到非常积极的作用。

(2) 耐热钢焊接过程中，热输入既不要太大也不要太小，否则不利于保证焊接质量，控制不好，容易产生裂纹。用镍基焊条进行堆焊时尽量采用小电流。

短电弧、快速焊，在焊接过程中也可适当摆动焊条。

参考文献：

- [1] 王文翰. 焊接技术手册 [M]. 河南 郑州：河南科学技术出版社，2000.
- [2] 周振丰，张文钺. 焊接冶金与金属焊接性（2版）[M]. 北京：机械工业出版社，1988.
- [3] 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册 材料的焊接（2卷）[M]. 北京：机械工业出版社，2001.
- [4] 劳动部培训司. 焊工工艺学（2版）[M]. 北京：中国劳动出版社，1992.
- [5] 陈祝年. 焊接工程师手册 [M]. 北京：机械工业出版社，2002.

作者简介：郑会娥（1972—），女，焊接工程师，现主要从事压力容器焊接及其相关的技术方面工作。