

蒸汽裂解装置 VHS 截止阀内漏原因分析

郝立栋

(福建古雷石化有限公司 福建 漳州 363200)

摘要:某石化企业蒸汽裂解装置裂解炉在烘炉后 VHS 截止阀无法完全关闭,存在内漏现象。经过阀体拆解,通过对阀座与阀体之间焊缝进行 PT 检测、化学成分分析、硬度检测、显微晶相等,发现问题的根本原因为阀座与阀体之间焊缝热处理曲线不合格,导致焊缝出现延迟裂纹,运行时发生内漏。

关键词:VHS 截止阀;内漏;延迟裂纹

0 引言

某石化企业超高压蒸汽截止阀,操作介质为超高压蒸汽(以下简称 VHS)。DN ≤ 50 的阀门阀体采用整体锻钢制造;DN > 50 的阀门,阀体铸造,材质为 ASTM A217 WC9,阀座材质为 ASTM A182 F22,阀座与阀体之间连接方式为焊接型式。截止阀在运行过程中受到高温、高压流体的冲刷、腐蚀和氧化作用,阀门密封面和内部焊缝极易损伤。

本文针对石化企业 4 台截止阀阀座与阀体间焊缝发生失效进而引发内漏的问题进行分析研究,查找内漏原因,为 VHS 系统后续的安全稳定运行提供有效依据。

1 检验方法和检验情况

裂解炉汽包产生的 VHS 并入管网系统管线上有两道截止阀,采用电动截止阀和手动截止阀串联的型式设置。发生失效的 4 台阀门分别属于 4 台裂解炉汽包 VHS 并网前手动截止阀,在装置正常运行时处于常开状态,在装置停车时关闭截止阀。在正常运行工况下,操作温度为 530℃,操作压力为 11.5MPa,阀门规格为 DN250,CL2500。截止阀密封面采用钴基 Stellite 合金作为高压阀门密封面的主要堆焊材料。阀门结构见图 1。

1.1 宏观检查和 PT 检测

在裂解炉烘炉后关闭阀门时,发现阀门存在内漏现象,阀体拆解后,对阀座密封面、阀瓣、阀杆、阀盖、自密封圈等表面逐件进行目视检查并拍照记录。阀座与阀体之间为焊接结构,焊缝示意图见图 2。宏观检查发现,焊缝中间存在裂纹缺陷,清晰可见,见图 3。按 NB/T 47013.5-2015,进行 PT 检测,检测试块镀铬裂纹试块,渗透检测剂牌号 HR-ST/HP-ST/HD-ST(宏达牌),发现缺陷沿焊缝中间环向延伸,边缘可见微裂纹,见图 4。

1.2 硬度检测

沿阀座与阀体之间焊缝四个方位分别对焊缝,母材、

热影响区进行布氏硬度检测,结果见表 1。焊缝平均布氏硬度 253HB,明显高于母材和热影响区,并超过 ASTM A182/A182M-2016 标准对 F22 钢和 SHT 3520-2015 石油化工铬钼钢焊接规范对焊缝的硬度要求。

表 1 硬度检测(HB)

母材		热影响区		焊缝
F22	WC9	F22	WC9	
196	205	223	221	241
204	206	225	217	259
207	198	215	202	270
184	187	208	219	245

对阀瓣密封面、阀体、阀杆等其他部件进行检测,结果符合标准要求。

1.3 化学成分鉴定

采用 PMI 半定量光谱分析仪对阀座、阀体、焊缝分别进行化学成分鉴定,鉴定结果符合相应标准要求。

对焊缝金属取样进行化学成分分析,测试标准为《碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)》(GB/T 4336-2016)。焊材为 ER90S-G 耐热钢焊丝,与材料质量证明文件相符。

2 失效原因分析

2.1 焊缝结构缺陷

原有的阀座与阀体连接采用 WC9+F22 对接焊,焊缝示意图见图 2,焊缝深度 20mm,宽度 18mm,环形阀座与阀体为间隙配合,连接型式设计为角焊缝,实际上焊缝承受内压力,在 11.5MPa 的蒸汽压下,焊缝强度不够,不利于保证阀座处的焊接质量。

2.2 焊缝热处理

WC9 与 F22 化学成分相同,填充金属 E9015-B3,按焊接工艺评定要求,最小预热温度 204℃,层间温度 ≤ 300℃,焊后应立即进行炉内热处理,温度(720±15)℃,

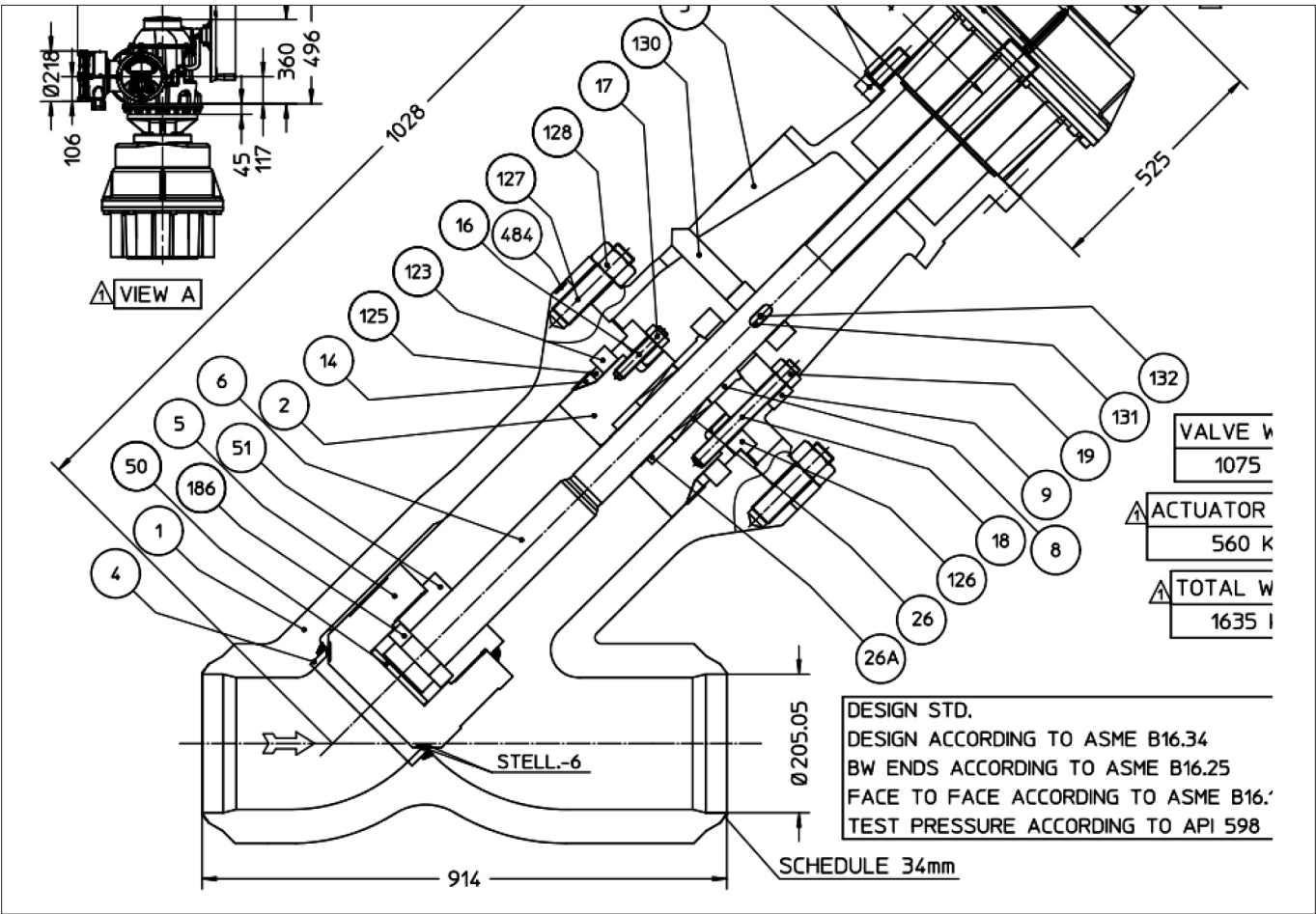


图 1 阀门结构图

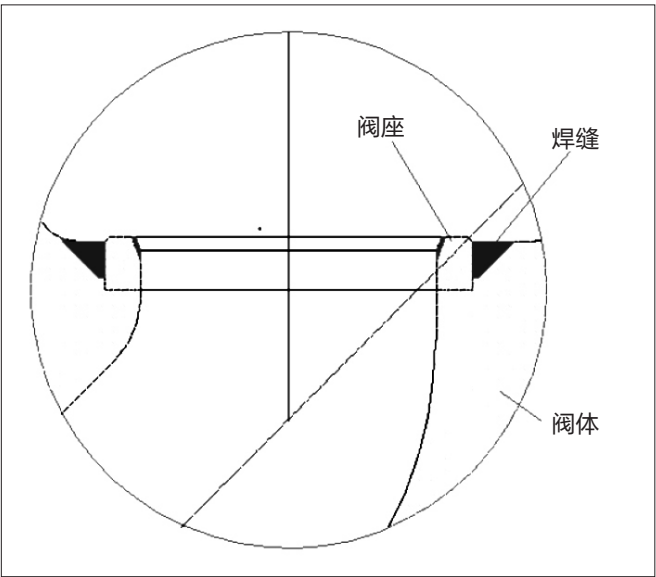


图 2 焊缝示意图

保温时间不少于 2h，冷却方式为炉内缓冷。如果不能立即热处理，应立即进行 200 ~ 350℃ 60min 的后热，然后保温缓冷。

铬钼钢在退火状态下是珠光体，而在淬火状态下是马氏体，焊接时在没有预热和缓冷的情况下焊接熔池

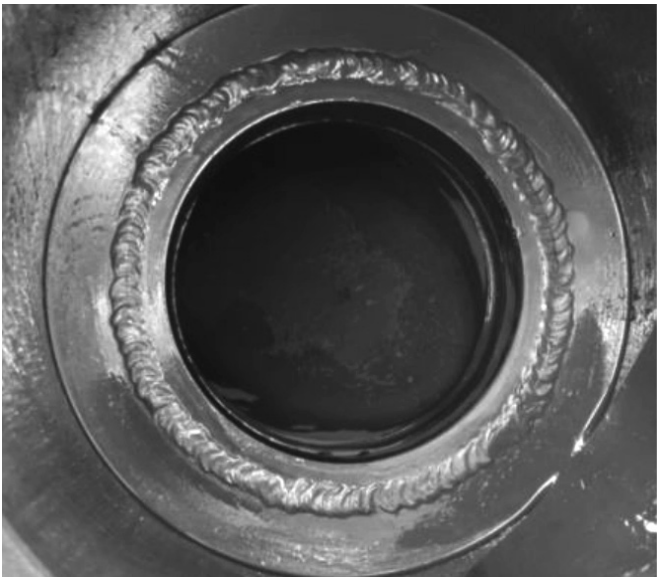


图 3 阀座焊缝裂纹

快速形成、快速冷却，焊缝组织二次相变就停留在马氏体区间内。马氏体属于淬硬组织，在冷却过程中受焊接应力作用和时效作用很容易产生冷裂纹，所以焊前预热，保证焊间温度和焊后缓冷是非常必要的。

经查验竣工资料和焊接过程记录，焊前预热温度没有

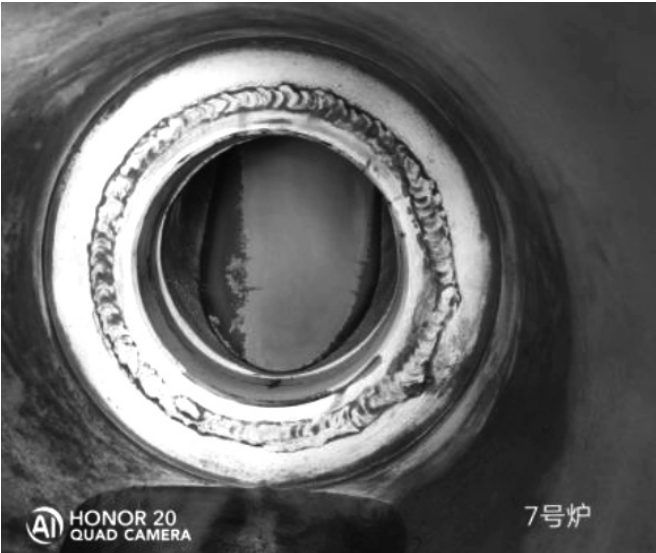


图 4 阀座焊缝 PT 检测

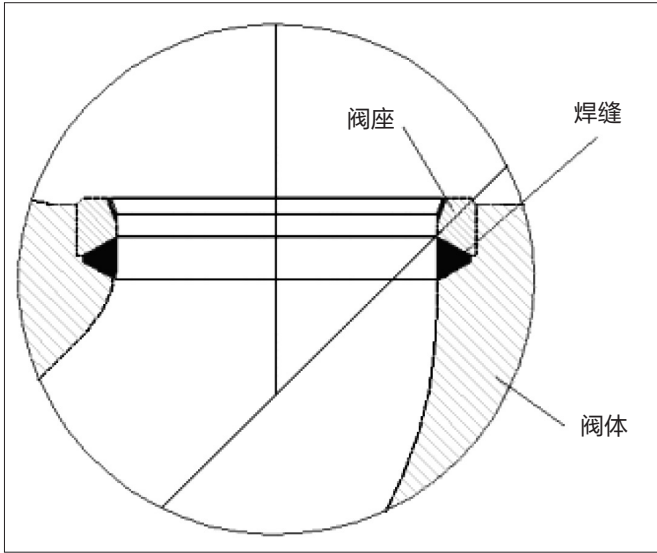


图 5 更改后的焊缝形式

表 2 阀座、阀体化学成分

标准	牌号	UNS 牌号	钢种	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo
ASTM A182	F22CL3	K21590	Cr-Mo	0.05 ~ 0.15	0.30 ~ 0.60	0.04	0.04	0.5	—	2.20 ~ 2.50	0.87 ~ 1.13
ASTM A217	WC9	J21890	Cr-Mo	0.05 ~ 0.18	0.40 ~ 0.70	0.035	0.035	0.6	—	2.00 ~ 2.75	0.90 ~ 1.2

记录，焊接过程中质量控制不到位，焊工在焊接完成后没有立即进行热处理，也没有后处理措施。铬钼钢普遍具有明显的淬硬性，焊接时，钢的淬硬倾向越大，越易产生裂纹。如果焊缝根部存在缺陷，焊缝处硬度高，韧性较差，裂纹易于沿硬度较高的焊缝处向外部扩展延伸。

2.3 焊接接头的应力状态

焊接接头的含氢量越高，裂纹的敏感性越大。焊接时，在高温作用下，将有大量的氢溶解在熔池中，在随后的冷却和凝固过程中，由于溶解度的急剧降低，氢极力逸出，但因冷却很快，使氢来不及逸出而保留在焊缝金属中。由于焊接时加热不均匀及冷却过程中产生的热应力和结构自身拘束条件所造成的应力，会引起氢的聚集，诱发延迟裂纹。阀门投用后，在高温高压工况下，微裂纹快速扩展延伸，造成焊缝失效。

3 整改方案

清除原焊缝焊肉，增加原阀座壁厚，并对阀座与阀体连接焊的方式进行了更改，由图 2 所示方式改为图 5 所示方式，人严格执行焊接工艺和热处理工艺。

4 结语

阀门制造质量问题是引发本次阀门内漏的主要原因

因，制造质量问题主要有：结构设计不合理，焊缝强度不够；焊接过程质量控制不严格，预热温度控制不到位；焊后没有立即热处理，导致焊缝硬度超标，裂纹产生，焊缝失效。因此有如下建议：

- (1) 严格控制阀门产品质量，特别是密封面堆焊质量；
- (2) 加强 铬钼钢焊接和热处理工艺控制；
- (3) 优化阀座结构。

经调研，目前国内同类 VHS 截止阀大部分采用阀座与阀体整体铸造或锻造密封面堆焊 STL 合金的结构型式。

参考文献：

[1] 约翰·C. 利波尔德 (john C.Lippold). 焊接冶金与焊接性 [M]. 屈朝霞，张汉谦，王东波，译. 北京：机械工业出版社，2017.

[2] 崔忠圻，覃耀春. 金属学与热处理 (第 2 版) [M]. 北京：机械工业出版社，2007.

[3] 李国栋，关建军，陈世均，等. 核电厂 SEREG 系列碳钢手动截止阀密封焊泄漏原因分析 [J]. 大亚湾核电，2011 (2): 61-63.

作者简介：郝立栋 (1984.04-)，男，汉族，河南南阳人，本科，工程师，研究方向：化工设备管理。