

耐蚀新钢种(ND)在石化企业的应用

郑文龙 朱忠亚 杨世平
(上海材料研究所) (江阴兴澄钢管有限公司) (上海炼油厂)

1 前言

由上海材料所、中石化北京设计院和江阴钢厂等单位于1991年联合开发研制的耐硫酸露点腐蚀新钢种09CrCuSb(代号ND钢),具有良好的耐硫酸低温露点腐蚀性能。在中温、中浓度的硫酸溶液试验环境下其腐蚀速率仅为 $7.3\text{mg}/\text{cm}^2\cdot\text{h}$ 。据研究ND钢之所以能耐硫酸露点腐蚀,主要是由于ND钢在 H_2SO_4 露点腐蚀过程中的电化学行为及腐蚀产物的特性所致,经 50°C 、50%硫酸中的极化测定表明,ND钢比碳钢(A₃钢)具有更高的钝化能力,维钝电流比碳钢小4倍左右,经过在硫酸溶液中腐蚀后的ND钢表面具有一层很高的Cu、Sb等的分布,表面的腐蚀产物也比较致密,与其他钢相比,ND钢腐蚀后具有金属光泽,而其他钢不仅不具有金属光泽,甚至穿孔。ND钢在整个腐蚀过程中随腐蚀产物的形成,其腐蚀电位向钝化区作正方向移动,而且钝化区的维钝电流也随之降低而使得ND钢的腐蚀率进一步降低。

2 ND钢在省煤器上的应用

由于ND钢优越的耐蚀性能,早在1992年起就开始在石化企业的空气预热器、省煤器等炼油设备上得到应用,并取得很大成效。较典型的实例就是济南炼油厂在重油催化余热锅炉省煤器和锦州炼油厂在常压炉空气预热器上的应用。

上炼厂在1995年7月首先在2#催化装置余热锅炉省煤器管束($\phi 32\text{mm} \times 4\text{mm}$)上应用了ND钢,该台省煤器自1995年安装投用到1998年7月,没有因管子损坏而更换和修理,实际运行达3年。1998年7月因管子开始失效而重新更换新的ND钢,使用至今亦达两年多,使用情况较好。该台省煤器原采用 $\phi 32\text{mm} \times 4\text{mm}$ 的20G无缝钢管制造,其寿命在2~3个月左右,一般3个月就要切出系统修堵一次。一年就要更换一台省煤器。由于省煤器所处烟气中含有较高的 SO_2 (工况及烟气组分见表1、表2),当温度低于露点温度时可产生严重的硫酸露点腐蚀。腐蚀发生一般开始在省煤器的低温段,其后逐渐扩大,腐蚀管子以坑蚀方式穿孔,由管外向管内扩展。取管子外壁乳白色(带黄)的腐蚀物经X射线结构分析,为 $\text{FeSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,这就清楚地表明省煤器管子的腐蚀是由硫酸露点腐蚀所引起的。

上炼厂2#催化余热锅炉省煤器管束由ND钢取代20G后,寿命由3个月延长到3年(10倍之多),虽然一次投资高了2倍,但按原来需要每年更新一台省煤器计算(20G材料费25万元加上制作安装费25万元,共为50万元),其经济效益相当可观,这还不计原使用20G时2~3个月修堵一次直接和间接的经济损失。

表1 运行工况

省煤器烟气进口温度	省煤器排烟温度	进水温度	出水温度
350℃左右	250℃左右	104℃左右	250℃左右

表2 烟气组分

O ₂ /%(体)	O ₂ /%(体)	CO/ $\mu\text{g/g}$	SO ₂ / $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$	H ₂ O
4	3	100	1130	<10%

上炼厂在1996年和1998年分别在1#催化、3#催化的余热锅炉省煤器管束上使用了ND钢,同时,上炼厂在1998年3月,1#蒸馏检修中将加热炉空气预热器热管($\varphi 42\text{mm}\times 3.5\text{mm}$)改用ND钢,其翅片亦用ND钢带绕制。原热管用碳钢制作,1996年投用,一年不到便失效。ND钢制作的热管使用至今,没有发现问题,将在2001年大修时检查鉴定。

3 ND钢在冷换设备上应用

ND钢在上炼厂除了上述应用领域外,1997年12月首次应用于上炼厂丙烷装置管壳式冷却器管束上,效果很好,开创了ND钢在冷换设备上应用的新篇章。

上炼厂溶剂车间1#、2#丙烷装置是以蒸馏减压渣油为原料,液态丙烷为溶剂,生产重质润滑油和催化原料的生产装置。近年来,由于原油性质的变化和加工非大庆原油的增加,1#、2#丙烷装置加工非大庆减压渣油数量亦明显增加,致使冷却器管束的腐蚀明显加剧。其中1#丙烷的冷-14(一段油冷却器)、2#丙烷的冷-4(中压冷却器)尤其突出。该两台冷却器管束均为1996年5月装置检修时投用,运行不到半年即开始发生腐蚀穿孔泄露,冷-4从9月20日第一次泄漏,到1997年9月先后共抢修6次,堵管12根,冷-14先后抢修4次,堵管7根。每次抢修,该设备切出系统,装置降量,给正常生产和安全带来较大影响。

表3 工艺条件

设备位号	介质		使用压力/MPa		使用温度/℃	
	壳程	管程	壳程	管程	壳程	管程
冷-4	丙烷	循环水	2.5	0.4	进50 出30	进28 出45
冷-14	一段油	循环水	1.57	0.44	进120 出99	进30 出90

4 选用ND钢管做管束材料后的使用效果和经济效益

冷-4于1997年12月投用,至今未发生泄漏,仍在正常运行中,使用寿命将达到3年,是原来碳钢+防腐管束的6~7倍,使用效果明显。

冷-14于1998年4月投用,2000年7月因管束失效已更新,其使用寿命也已达到2年,是原来管束的3~4倍。2台冷却器均达到了延长使用寿命、保证设备正常运行减少停工抢修损失的目的。按冷-4($\varphi 900\text{mm}$)计算,原来使用10#钢管束,内外防腐,使用寿命为5~6个月。现用ND钢,其寿命至少达到3年,是10#钢寿命的6~7倍。如按每年更换一台管束计算,一台ND钢管束可顶替3台10#钢管束。 $\varphi 900\text{mm}$ 规格10#钢管束制造费为8.6万元,防腐施工费用为9.2万元,每台管束共需费用 $8.6+9.2=17.8$ 万元。采用ND钢制作管束费用14.7万元,无需防腐处理,则1台ND钢管束顶替3台10#钢管,可节约费用 $17.8\times 3-14.7=38.7$ 万元。

另外,生产中每次管束泄漏抢修所需工程费用每台为0.45万元。按冷-4使用期间抢修6次计算,共需抢修费 $0.45\times 6=2.7$ 万元,那么,直接经济效益为 $38.7+2.7=41.4$ 万元/台。需要说明的是,以往生产中因管束泄漏组织抢修,每次必须采取降量、打循环等手段,由此造成的生产损失尚不计算在内(包括安全因素)。

5 结论

ND 钢作为一种优良的耐硫酸露点腐蚀新钢种，不仅可广泛应用于电力、石化行业中的锅炉省煤器、空气预热器，亦可应用于炼油装置中低温位冷换设备。至目前为止，上炼厂已在丙烷的中压丙烷冷却器冷-3、1#蒸馏减三—软化水换热器换 32/1、2、重整的热载体冷却器换 316 等冷换设备上使用了 ND 钢。

ND 钢作为 1995 年国家级新产品，1997 年 1 月经国家压力容器标准化技术委员会审查批准，已纳入钢制压力容器标准 GB 150—1998。相信随着对钢种的深入认识和实践，必将开拓出更为广泛的使用领域。

文章收集整理，常州精密钢管博客 www.josen.net