

经验交流

文章编号:1003-1545(2003)03-0041-02

催化裂化装置中波纹管材料的选用

程建民¹, 贾新民²

(1. 中国石化工程建设公司, 北京 100011; 2. 洛阳船舶材料研究所, 洛阳 471039)

摘要:介绍了 Alloy800H、800HT 合金和 Alloy625、625LCF 合金的性能特点,指出了用于高温、腐蚀工况下的波纹管在使用过程中应注意的问题。

关键词:敏化;蠕变;常温脆性;低循环疲劳

中图分类号:TG146.1⁺4 **文献标识码:**B

催化裂化装置在石油深加工的主要装置中,属于热加工设备,膨胀节是该装置的必备元件。该装置中的介质工作温度高、腐蚀性强,易引起点蚀、间隙腐蚀、晶间腐蚀和连多硫酸的应力腐蚀,因此对波纹管的材质提出了很高的要求。实践证明,对重催的工况,300系列不锈钢已不能满足要求。近年来,Alloy800H、800HT及Alloy625、625LCF等高镍或镍基合金作为催化裂化装置中波纹管材料已被国内用户接受。一般来说,高合金材料可分为二类,即满足高温强度的高温合金和满足耐蚀要求的耐蚀合金,对冷壁膨胀节来说要满足耐蚀的要求,而对高温膨胀节来说则要二者兼顾。

1 引起催化裂化装置中波纹管膨胀节损坏的主要原因

波纹管膨胀节在使用环境条件下引起的失效主要有全面腐蚀、点蚀、应力腐蚀、晶间腐蚀、腐蚀疲劳和高温疲劳失效等形式。损坏形式主要有两种:一种是低温下(膨胀节在运行时波纹管实际壁温小于120℃)波纹管母材的穿孔泄漏,孔周围有裂纹存在,且壁厚明显减薄。另一种是高温运行的波纹管,变形不均匀,局部有类似平面失稳现象,内壁腐蚀严重,且壁厚明显减薄。

第一种损坏形式主要与酸露点腐蚀有关。催化裂化装置黑的烟气中通常含有三氧化硫,三氧化硫与烟气中的水蒸气化合形成硫酸蒸汽。此时烟气的酸露点温度在90~180℃,如果波纹管的实际壁温过低(如低于120℃,原因是波纹管间隔

热不当或设备开停造成的波纹管实际温度变化),酸就会凝结在波纹管表面,在位移应力、压力应力及连多硫酸的联合作用下,波纹管发生沿晶应力腐蚀开裂,当有Cl⁻存在时应力腐蚀开裂会加速。第二种损坏的主要原因是含催化剂的高流速烟气进入到波纹管与导流筒之间,高速冲刷波纹管或在波内形成紊流磨蚀波纹管,使波纹管管壁减薄且局部承受高温,导致其承压能力下降,直至发生损坏。

2 适合作为催化裂化装置中波纹管用材的高镍或镍基合金

2.1 Alloy800H和Alloy800HT合金

Alloy800H、800HT属于Ni-Fe-Cr合金,具有优异的高温力学性能和抗蚀性。因其Cr含量已达19%~23%,所以这些合金具有良好的抗氧化性和抗盐腐蚀性能。但Alloy800H、800HT在应用时需注意二方面的问题。一是敏化的问题,一旦发生敏化,在装置停车或不正常期间就会存在由连多硫酸引起的应力腐蚀倾向。二是合金在高温部位可能失效。所以建议对波纹管成型后进行热处理,以消除冷作和焊缝的影响。对高温下工作的波纹管来说,还要限制其化学成分,以改善母材的蠕变性能,一般是采用限制J系数的办法。对Alloy800H合金, $J = Ti + Al \leq 0.7\%$;对Alloy800HT合金, $J = Ti + Al \leq 0.85\%$ 。如果母材达不到这个要求,在高温下就有脆化的可能。

2.2 Alloy625和Alloy625LCF合金

Alloy625是Ni-Cr-Mo合金,并加入了稳定化元素Nb,可抗多种极具侵蚀性的介质,特别耐间隙腐蚀、点蚀和高温氧化。Alloy625合金对重油

催化裂化装置的介质基本上可完全免疫。在高温强度方面,其许用应力高出 Alloy800H 合金 3 倍以上,这使它非常适用于催化裂化装置的高温工况。其退火状态的一类板可用到 540℃; 固溶退火状态的二类板则可用到 650℃。值得注意的是当它长期工作在 550~760℃时,会形成 Ni₃Cb 的脆化相,会降低其常温韧性。

Alloy625LCF 合金是 Alloy625 合金的膨胀节版。通过将 C、Si 和 N 含量控制在较低的水平, $w(C) \leq 0.03\%$, $w(Si) \leq 0.15\%$, $w(N) \leq 0.02\%$, 可使该合金产生非常适合于加强低循环疲劳强度的微观结构。化学成分的控制结合真空电炉冶炼和其它特殊的加工过程, 可使 Alloy625LCF 特别适用于由机械或热所引起的低循环疲劳工况。其晶粒度为 ASTM No. 5 或更细。图 1 表示 Alloy625 和 Alloy625LCF 合金疲劳强度的差别, 由图可见, Alloy625LCF 合金的疲劳强度要高出 Alloy625 合金百倍以上。Alloy625LCF 的微观结构在不超过 650℃时是很稳定的, 但在 650~760℃间会缓慢地析出亚稳定相, 该相在 760℃以上时就会稳定下来, 从而改变钢材的室温性能, 主要是使拉伸强度和屈服强度增加, 同时使伸长率和冲击值下降, 但钢材的高温性能并不受影响。由于 Alloy625LCF 合金的上述特点, 使它非常适用于 FCCU 的运行环境, 尤其是能量回收部分的热壁管线。虽然对于这部分管线来说也有超温的可能, 但一般可将波纹管的实际壁温控制在 760℃以下, 所以对 Alloy625LCF 合金的室温性能不会产生强烈的影响。

可减少非弹性应变, 这样就可超过波纹管的预期寿命。在断裂试验中, 低伸长率就意味着用蠕变来达到应力松弛的能力低, 也就意味着对应力集中的敏感性大。断裂的伸长率对蠕变-疲劳的相互作用有着重要的影响。对于长期工作在高温下的 Alloy625LCF 合金波纹管应进行退火处理, 以减少加工硬化的影响。退火后的力学性能受加工硬化程度和退火的时间、温度及退火环境的影响。对薄板来说, 在真空环境中退火将获得最好的延展性。Alloy625LCF 合金对冷却速度的要求不是特别的苛刻, 但不推荐在炉中缓冷等冷却方式。表 1 为加工硬化程度对晶粒度的影响和 955℃×5min 退火后的室温力学性能。由表可见, 对于平均变形量为 10%~15% 的波纹管来说, 在经过 5min、955℃退火后, 其室温力学性能已基本恢复到了退火板的水平。

表 1 冷作 625LCF 合金的晶粒度及经 5min、955℃退火后的室温力学性能

变形量 /%	晶粒度 ASTM No.	$\sigma_{0.2}$ /MPa	σ_b /MPa	δ /%	ψ /%
5	9	563	952	46	99
10	9	462	916	48	96
15	9	478	931	48	97
20	9	524	972	46	97
30	10	524	972	42	98

3 结束语

随着重油催化裂化技术的发展, 介质腐蚀性的增强, Alloy800H、800HT 合金和 Alloy625、625LCF 合金已越来越普遍地应用于重催装置中。根据其强度和耐蚀性的特点, Alloy800H、800HT 合金较适用于波纹管的实际壁温不超过引起敏化的温度, 又高于烟气的露点温度的低温部位。而 Alloy625、625LCF 合金则比较适用于波纹管的实际壁温较高, 需要考虑蠕变的影响, 且循环次数较多的高温部位。

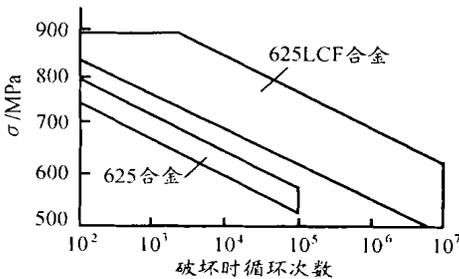


图 1 625, 625LCF 的疲劳强度范围

在 Alloy625LCF 合金的制造方面, 主要考虑加工硬化对材料晶粒度和性能的影响。加工硬化