



氢对焊接冷裂纹形成的作用

徐 红

(兰州石油化工集团公司炼化公司焊研所 甘肃兰州 730050)

摘要:本文以实例说明了氢对冷裂纹形成的影响,并从“氢”的方面提出了防止和减少焊接冷裂纹的措施。

关键词:焊接 焊接冷裂纹 氢

焊接裂纹是损害焊接结构安全性的最危险的缺陷,而其中焊接接头中的冷裂纹又是焊接技术工作中最常见和最棘手的主要问题之一。到目前为止,在实际工作中为了防止冷裂纹的产生,人们一般往往只注重于从提高和保证预热温度出发来采取相应的措施,而较少地注意氢对冷裂纹的影响,以及从“氢”的方面采取有力措施来防止冷裂纹的产生。

本文以实例说明了氢对冷裂纹形成的影响,并从“氢”的方面提出了防止和减少焊接冷裂纹的措施。

1、概述

大量的焊接生产实践和科学实验证明,氢的存在、淬硬组织的形成和较大的应力是形成冷裂纹的三个要素,在不同的情况下,三者中总是有一种因素对冷裂纹的形成在起着主导作用,而其它两个因素在起着促进作用。本人认为,在许多情况下,氢是产生焊接冷裂纹的最活跃的因素。

2、氢致裂纹实例

2.1 氢引起的焊趾裂纹

某产品筒体为锻件,材质为 20MnMoNb,在锻件上焊一个材质为 A3 的档圈。该处角焊缝由于错误地选用了含氢量高的结 422 酸性焊条,虽然预热温度达到了必须的要求,结果还是发生了裂纹。正由于角焊缝的焊趾处存在着较高的应力集中,故由氢引起的裂纹表现为焊趾裂纹。

2.2 加氢反应器环缝的横向裂纹

筒体材质为 24CrMo10 ($\delta=60\text{mm}$),焊丝采用 H12Cr3MoMnA。由于焊接过程中预热温度不够,焊缝中产生一定的淬硬组织,而更主要的是焊丝本身带有大量的油,使用前未擦干净,焊剂烘干不够,且细粉状

焊剂过多,使吸潮性大为增加,故造成焊接时大量的氢带入焊缝,使焊缝金属含氢量过高,最终引起焊缝横向裂纹,从裂纹发生的部位看,基本上集中在距焊缝表面 15~20mm 的区域内,这说明该横向裂纹主要是由于氢富集的结果。

2.3 16MnR 筒体环缝中的横向裂纹

某产品筒体直径为 $\phi 3000\text{mm}$,板厚为 $\delta=28\text{mm}$,材质为 16MnR,环缝为埋弧自动焊,使用的焊丝为日本产的 US-36,焊剂为烧结焊剂 SJ301。焊后经 X 光探伤发现焊缝中存在大量的横向裂纹,对该条环缝进行硬度测量,其 HB 值高达 257,将焊缝金属做化学成分分析取样,其含 Si 量为 1.0%,Mn=2.43%,经解剖后金相分析认为,该条环缝之所以产生严重横向裂纹,原因有二:

(1)用 US-36 焊丝匹配 SJ301 不合适,其焊缝 Si、Mn 含量太高,致使焊缝碳当量过高,形成硬而脆的马氏体组织;

(2)所用烧结焊剂本身吸潮性大,使用前未按规定烘干,焊剂将大量的氢带入焊缝,致使在淬硬组织的配合下形成了横向裂纹。

3、从氢的方面防止冷裂纹产生的措施

为了消除和减少氢对冷裂纹产生的危害,主要应从两方面下手:

- (1)防止氢侵入熔池
- (2)消氢处理

3.1 严格限制焊接材料的含氢量

表 1

焊条药皮类型	焊缝含氢量(cc/100g)
纤维素型	42.1
钛型	46.2
钛铁矿型	36.8
氧化铁型	38.8
低氢型	6.8

(1) 采用低氢型焊条

由表1可看出,用低氢型焊条施焊,其焊缝金属含氢量远比用酸性焊条的焊缝含氢量低,所以特别对于冷裂纹敏感的低合金高强度钢而言,一般情况下不允许采用酸性焊条焊接,而必须采用低氢型焊条焊接。一般认为,如果使焊缝金属含氢量 $\leq 5\text{cc}/100\text{g}$,就可显著地防止冷裂纹的产生。为此,国外在相应的标准中对不同强度等级的钢所使用的低氢型焊条扩散氢含量都做出了规定(见表2)。

表2 JIS Z3212和WES 156的规定

钢的抗拉强度 (kg/mm^2)	50	55	60	70~100
所用低氢型焊条 的扩散氢含量要求 ($\text{cc}/100\text{g}$)	<8	≤ 6	≤ 4	≤ 3

近年来,国内外为了更有效的防止焊接冷裂纹的产生,已研制出焊缝金属扩散氢含量 $<1.0\text{cc}/100\text{g}$ 或甚至 $<0.5\text{cc}/100\text{g}$ 的超低氢型焊条。

(2) 严格控制焊条、焊剂的烘干

焊条、焊剂的烘干是控制焊接材料向焊缝金属中携带入氢的又一重要措施。所谓低氢型或超低氢型药皮的焊条仅指是在焊条制造过程中严格控制其药皮中含水量,但用这些焊条所焊的焊缝金属扩散氢含量还与在焊条使用前储存保管的环境状态密切相关。进口焊条或焊剂包装在密封完好的盒或筒中,存放时间长了,也免不了空气中的潮气进入包装盒内,更何况国产焊条一般包装密封均不十分理想,在运输和存贮过程中更免不了要吸潮,而且焊条药皮含水量越低的焊条或超低氢型焊条(或焊剂)其吸潮性更大,所以使用前必须按规定烘干。对于强度等级高的焊条,其烘干温度应更高(见表3)。

3.2 清除焊接坡口及焊丝表面的油、锈、结晶水,是防止氢侵入熔池的另一重要措施。坡口表面的油、锈及结晶水很容易地使焊缝含氢量增加 $2\text{cc}/100\text{g}$ 左右,故应引起注意。

表3 日本高强度钢焊条烘干条件

分类	药皮类型	烘干温度($^{\circ}\text{C}$)	烘干时间(h)
HT60	低氢型 铁粉低氢型	350~400	1
HT70~80	低氢型 铁粉低氢型	400 \pm 15	1
HT100	低氢型 铁粉低氢型	430 \pm 15	1

总之,采取各种措施减少焊缝中的含氢量不仅可以减少氢对冷裂纹的直接危害,同时可以大大降低为防止裂纹产生所必须的预热温度,如焊缝含氢量减少3倍,则预热温度可降低1倍。国外不少研究表明,采用超低氢型药皮焊条可以有效地降低焊接时必须的预热温度。

3.3 消氢处理

焊缝中如果有氢,只要能及时将它从焊缝中排出,也就可以防止冷裂纹的产生。焊后消氢处理,能促使氢气从焊缝中逸出。对于 $\delta=100\sim 150\text{mm}$ 厚的2.25Cr1-Mo钢焊接接头,焊后立即对焊缝进行 $300^{\circ}\text{C}\times 30$ 分钟的消氢处理,就可使焊缝中的氢含量峰值降低30%,从而有效地避免焊缝中冷裂纹的产生。

关于焊后消氢处理的规范,众说不一:

- 有的推荐: 270°C ,保温4~6小时;
- 有的推荐: 250°C ,保温6小时;
- 一般认为,焊后 $250\sim 350^{\circ}\text{C}$ 保温,保温时间按每25mm厚1小时,最长不超过4~6小时即可。

另外还应注意,焊后保温不仅可以消氢,降低焊接残余应力,以防止延迟裂纹的产生,同时它还可以大大降低为不产生焊接冷裂纹的预热温度,所以,预热和后热并用是有效降低焊接所必须的预热温度的一种好办法。

3.4 采用奥氏体不锈钢焊条进行焊接

(1) 适用于奥氏体不锈钢焊条焊接的场合

- 焊后不得已必须省去焊后热处理者;
- 因工艺条件限制,焊前预热温度不能予以保证者;
- 限于非承压的角焊缝焊接(用镍基焊条时除外)。

(2) 不宜用高Cr-Ni奥氏体不锈钢焊条焊接的场合

- 接头在交变温度下工作者;
- 接头在长期高温(如 540°C 以上)下工作者。