浅谈升降温速度对N-TUF490钢低温冲击性能的影响

中油吉林化建工程股份有限公司 （吉林 132021） 王茂威

【摘要】通过对高强钢N-TUF490低温冲击韧性的试验，指出焊后消除应力热处理过程中升降温速度的缓慢，使500～580℃的停留时间增长，导致该材料低温冲击韧性下降。

1. 概述

在吉化集团公司丙烯项目产品罐区中有3台2000m³丙烯球罐（V—9103A/B/C），其板材为日本新日铁公司生产的N－TUF490低温用调质高强度钢板，焊材为日本新日铁公司配套生产的焊条L－60LT。球罐的设计压力为2.16 MPa，设计温度为－32～50℃，板厚为48mm。

母材的化学成分及力学性能如表1、表2所示，焊条的化学成分及力学性能如表3、表4所示。

《2000m³丙烯球罐制造、安装及验收技术条件》规定：焊接工艺评定按JB4708《钢制压力容器焊接工艺评定》的要求进行。低温冲击吸收能量的合格标准：试验温度为－50℃，三个试样平均值为65J，允许一个最低值为46J。制造规范为GB50094《球形储罐施工及验收规范》（以下简称规范）和GB12337《钢制球形储罐》。

根据如上要求，进行了焊接工艺评定，试验结果如下：

（1）消除应力热处理工艺为：（580±15）℃×2h，升温速度50～80℃/h，实际速度为40℃/h；降温速度30～50℃/h，实际速度为70℃/h。500℃以上停留时间为5h。

（2）平均热输入为27.7kJ/cm。

（3）冲击试验共做3组，试验结果如表5所示。

表1 N－TUF490的化学成分（质量分数，≤） （%）

	C	Si	Mn	P	S	Cr	B	Mo	Cu	Nb	Ni	V	Pcm	C eq
标准值	0.16	0.15～0.55	0.90～1.60	0.015	0.005	0.40	0.002	0.30	0.30	0.05	0.30～0.80	0.05	0.25	0.45
实际	0.09	0.26	1.52	0.006	0.001	0.02	0	0.14	0.21	0.02	0.45	0.03	0.21	0.41

表2 N－TUF490的力学性能

	屈服点σs/MPa	抗拉强度σb/MPa	伸长率(%)	冲击吸收能量A_{KV}/J（－50℃）	弯曲，d=1.5t，180°
标准值	≥490	610～730	≥19	≥100（允许一个最低值70）	合格
实际	568	646	30	210、226、234	合格

表3 L－60LT的化学成分（质量分数，≤） （%）

	C	Si	Mn	P	S	Mo	Ni	其他
标准值	0.09	0.30～0.60	1.00～1.60	0.018	0.010	0.10～0.40	0.50～0.80	1.5
实际	0.07	0.49	1.58	0.011	0.004	0.24	0.56	–

表4 L－60LT的力学性能

	屈服点σs/MPa	抗拉强度σb/MPa	伸长率(%)	冲击吸收能量A_{KV}/J（－50℃）	弯曲，d=1.5t，180°
标准值	≥490	610～730	≥19	≥65（允许一个最低值46）	合格
实际	617	683	30	平均126	合格

表5 冲击试验结果

序号	冲击吸收能量A_{KV}/J(-50℃)							500～580℃停留时间/h	与技术条件相比
	焊缝区				热影响区				
1	46	64	20	平均43.3	238	247	99	5	不合格
2	36	44	60	平均46.7	210	230	250	5	不合格
3	24	50	26	平均33.3	199	175	186	5	不合格

2. 不合格原因分析

从表5可以看出，焊缝的低温冲击吸收能量均不合格。

此材料为低碳调质钢，含Mn、Cr、Ni、Mo、V、Nb和Cu等多种合金元素，与碳的结合能力都很强。在消除应力热处理过程中，当焊缝在500～580℃停留时间过长时，合金碳化物不稳定，易于聚积长大，从而使材料的韧性下降。

根据以上分析，我们对热处理的升降温速度进行了调整，重新进行了焊接工艺评定。此次焊接平均热输入为20kJ/cm。将试件分成三等份，分别按不同的热处理工艺进行试验，三种热处理工艺如下：

（1）570℃×2h，升温速度80～140℃/h，实际速度为60℃/h；降温速度80～180℃/h，实际速度为120℃/h；恒温时间2h，实际恒温时间2h。500℃以上停留时间为3.8h。热处理工艺为表6序号1。

（2）不热处理（在表6中序号2）。

表6 每种热处理工艺及冲击试验结果

序号	冲击吸收能量A_{KV}/J(-50℃)							500～580℃停留时间/h	与技术条件相比
	焊缝区				热影响区				
1	65	75	59	平均66.3	147	232	76	3.8	合格
2	74	55	70	平均66.3	—			0	合格
	71	64	75	平均70.0				0	合格
3	35	40	40	平均38.3	232	203	194	5	不合格

注：由于每次试验的热影响区均在合格范围内，不合格的部位均为焊缝，所以不做热处理的试件的冲击试样均取在焊缝部位。

（3）（580±15）℃×2h，升温速度50～80℃/h，实际速度为40℃/h；降温速度30～50℃/h，实际速度为70℃/h；恒温时间2h，实际恒温时间2h。500℃以上停留时间为5h。热处理为表6中序号3。

每种热处理工艺的冲击试验结果如表6所示。

3. 结语

（1）从表6可以看出，试件进行热处理的恒温温度及恒温时间与规范规定是相符的，由于升降温速度不同，导致500～580℃停留时间不一样，过长则低温冲击值不合格。

（2）由冲击值相比较可以看出，在没有应力腐蚀的情况下可不进行消除应力热处理。

（3）按规范规定的热处理工艺，500～580℃的停留时间为4.6～6.3h，均比冲击吸收能量合格时的停留时间长。虽然合格值只是个列，但规范的下限4.6h已接近不合格值的停留时间5h。因此，当这种材料在有应力腐蚀的情况下使用时，建议消除应力热处理时应提高升降温速度，降低500～580℃的停留时间，以保证其低温韧性。**MW**

(20120116)

提 示

近期发现个别作者在www.metalworking1950.com网络上投稿时无法成功投稿的情况，对于这种现象，作者可以直接把文章发到我刊编辑部：RB1950@126.com，对此造成对您的不便还请广大读者谅解。

本刊编辑部