

对锅炉受压元件焊接接头 冷弯试验的分析

周 惠 林

〔摘要〕本文通过对炭素钢板20g材质的对接接头双面焊冷弯试验的分析,研究了焊接接头冷弯试件受拉表面的应力分布情况;同时还讨论了塑性冷弯过程中,弯曲伸长率与弯曲角度及弯轴直径之间的关系;载荷与弯曲角度之间的关系及弯曲角度与其缺陷之间的关系。试验结果表明,冷弯试验作为焊接结构件生产前的工艺鉴定试验是合适的,而且,对于炭素钢双面焊焊接接头冷弯试验,其弯曲角度120°为宜。

主题词: 压力容器 焊接接头试验

一、前 言

锅炉、压力容器,很多焊接结构是通过弯曲工艺制成并处于弯曲状态下工作的,所以通过冷弯试验测定焊接件在弯曲力矩作用下的工艺性能就显得非常必要。为了满足弯曲工艺的要求,《锅炉受压元件焊接技术条件》中规定,焊接接头需作冷弯试验。目前,世界各国对焊接接头冷弯试验标准及其相关要素尚未统一,如:西德是用弯曲角度和弯曲伸长率来表示冷弯变形性能,而美国则用导向弯曲试验法,使试件在凹模中经受弯曲;在判定冷弯试件是否合格的标准上,各国之间也有很大差异,在美国是规定冷弯试件外表面上无连续裂纹和整个断面裂纹,而日本则提出冷弯试件外表面上不可产生明显的裂纹,其合格标准参照标准图片,西德的评定标准是其长度为试样宽度的20%的裂纹才算作裂纹。总之,冷弯试验是否合格,它是没有很明确的数量指标的。尽管方法和标准不一,但是,冷弯试验是用于检验负荷垂直焊缝时,对接焊缝的变形性能及焊缝质量,在这一点上则是一致的,而且用弯曲角度和

护的旁通管系。实现对机组超速限制。

核热电站汽轮机在世界上只有美、苏等几个工业发达国家有生产制造的经验。其中采暖供热机组较多。中等功率,以供工业用热为主的机组尚不多见。因而有许多特殊的问题有待于进一步的研究。

参 考 文 献

〔1〕《HC65~47.5/24型汽轮机机组方案设计资料》703研究所 1984年

〔2〕核热电站热力系统设计初探《热能动力工程》1986年第一期

〔3〕《C50—90/13汽轮机热力计算书》上海汽轮机厂 1977年

〔4〕《辽化核热电站汽轮机方案设计资料》703研究所 1983年

〔5〕《抽汽式汽轮机译文集》上海汽轮机厂研究所情报室 1981年

〔6〕Теплофикационная паровая турбина типа ТК-450/500-68(60) для АТЭЦ
Водицев В. И 等《Теплоэнергетика》
1980. №5

〔7〕《原子能电站汽轮机》
Б.М.Трояновский 1973 2.

〔8〕Two-Phase Steam Flow in Turbines and Separators M. J. Moore C. H. Sieverding 1976.

弯轴直径来衡量冷弯试验结果，又是各国普遍所采用的方法。为此，分析和探讨冷弯试件在冷弯过程中应力分布及弯曲角度对变形性能的影响，将会对我国现行标准中，对冷弯试验所要求的指标加以了解和分析，进而加深对冷弯试验的认识。

二、试验材料及试验方法

试验用钢为20g，其化学成份为：0.22%C，0.19% Si，0.49%Mn，0.029% S，0.023% P。焊条为结507。试样由厚度为14mm的板材，经跑、铣加工制成试样如图(1)；

试验设备为30吨万能材料试验机，试验用压头和支撑辊及试样放置如图(2)；

1. 冷弯试件受拉表面的应力分布：

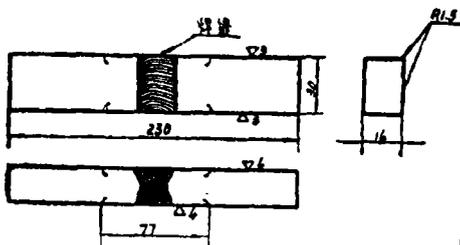


图 1 焊接件弯曲试样

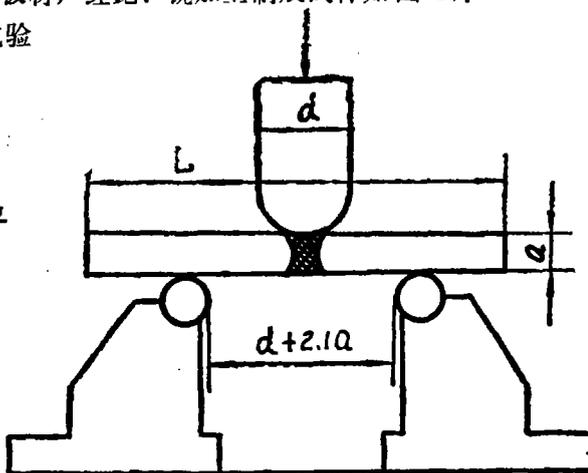


图 2 压头、支撑辊和试样放置

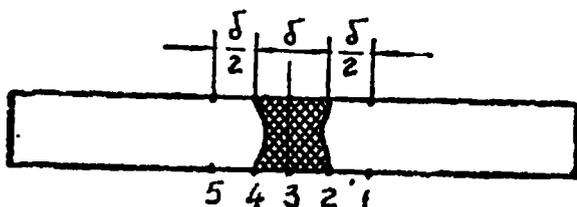


图 3 贴片试样

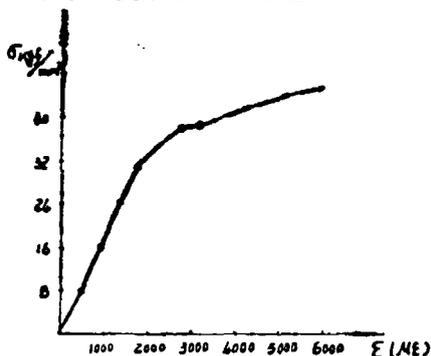


图 4 应力—应变状态图

为测得碳素钢板20g材质的对接接头双面焊冷弯试样受拉表面的应力分布，沿其焊缝中心，焊缝界面及热影响区，等距离并对称的贴有五点电阻应变片。如图(3)所示1，2，3，4，5点。

利用YJD-17型静动态电阻应变仪，测量各点在冷弯过程中的应变值，其结果如表1：

由表(1)可见，同一加载条件下，焊缝中心第3测点首先开始滑移，其应力最大。随着负荷的增加，相继出现焊缝界面2、4测点及热影响区第1、5测点的滑移。根据上表绘出应力—应变状态图(图4)。

2. 冷弯试件的弯曲角度和弯轴直径与弯曲伸长率之间的关系。

一般焊接结构都是具有不同强度和不同变形性能的焊接金属和母体材料的对接焊，由于

表 1

测点 应变量 加载 (kg)	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
500	374	455	488	453	376
1000	761	916	990	915	759
1500	1178	1456	1583	1449	1166
2000	1788	2311	2603	2324	1779
2200	1868	2464	2766	2463	1862
2250	1913	2542	2875	2553	1909
2300	1970	2640	2992	2653	1969
2350	2022	2743	☆3112	2756	2018
2400	2110	2893	3302	2840	2102
2450	2234	3085	3546	3018	2151
2500	2326	☆3205	3700	☆3145	2254
2600	2551	3505	4294	3400	2425
2700	2870	3930	4655	3807	2861
2800	☆3400	4700	5625	4575	☆3250
2900	4100	5550	6690	5291	3990
3000	5540	7960	9650	7800	5060
3100	6860	9800	11770	10030	6400
3250	10140	15100	16500	15300	9900

☆ 开始滑移

焊缝和母体材料之间具有不同的屈服极限,所以,焊接试件在冷弯过程中,其受拉表面将必然出现局部强烈变形,基于这点,则有必要用弯曲伸长率来评定弯曲试样。焊接接头冷弯时的弯曲伸长率,即:测量标距的伸长值与原始测量标距之比(%)。本试验测量标距按图(5)予以标定。

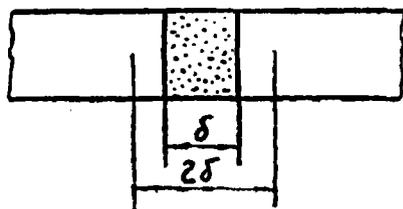
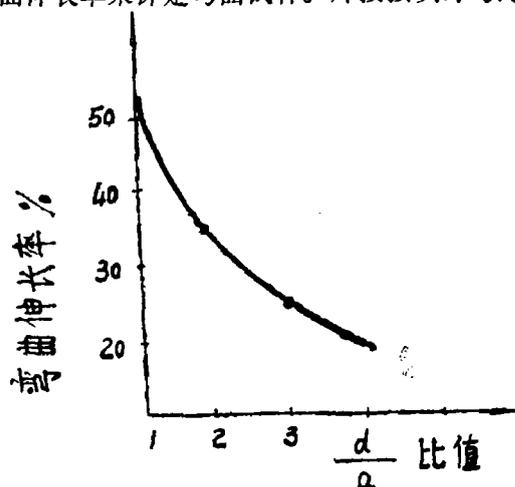


图 5 测量弯曲延伸率的标距
 δ ——试样焊缝宽 2δ ——原始标距长为焊缝宽度的 2 倍

图 6 弯曲伸长率与比值 d/a 的关系

试验结果见表：2、3

表2 弯伸长率与弯曲角的关系

试样号 弯曲角度	弯曲伸长率%				
	1*	2*	3*	4*	5*
120°	34.6	34.5	32.7	32.4	31.8
180°	34.9	35.1	32.9	32.6	32.1

表3 弯曲伸长率与弯轴直径的关系

比值d/a	1	2	3
弯曲伸长率%	51.5	33.8	25.2

表中d——弯轴直径 a——试样厚度

由表3及其绘制的曲线(图6)可明显看出,弯曲伸长率的大小与试样厚度无关,它的大小由弯轴直径来决定。

3. 载荷与弯曲角度之间及弯曲角度与其缺陷之间的关系:

① 将焊接接头冷弯试样,连续弯至50°、90°、100°、120°、180°角,并分别观查弯至各角度时所对应的负荷值,从中找出冷弯过程中的最大负荷值以及最大负荷值所对应的弯曲角度。试验结果见表4:

表4

弯曲角度	50°	90°	100°	120°	150°	180°
负荷(kg)	5290	5830	6250	6800	5400	2300

② 用12组24件焊接接头冷弯试样,进行弯曲试验,分别析查每件试样弯至120°、150°、180°时,其试样受拉表面的缺陷显示状况,试验结果见表5。

焊接试板弯曲过程中的受力状况,比起拉伸、压缩要复杂些。虽然冷弯试验中的加载方式是单点加载,但是,试件在冷弯过程中有个力点和力距的转移问题,这就需要从力学分析角度加以论述,(本文从略)。从上述试验可以看出,对炭素钢双面焊焊接接头,冷弯至120°角时,其所加载荷值是冷弯全过程中的最大值,而且此时冷弯试件受拉表面中间L长范围内应变量 ϵ 的值最大,即切向伸长最大。

表 5

弯曲 角度 试样号		缺陷		
		缺陷长度 (mm)		
		120°	150°	180°
1*	面弯	完好	完好	完好
	背弯	微裂纹2.0	微裂纹2.0	微裂纹2.0
2*	面弯	完好	完好	完好
	背弯	完好	完好	完好
3*	面弯	微裂纹2.2	微裂纹2.2	微裂纹2.2
	背弯	微裂纹1.0	微裂纹1.0	微裂纹1.0
4*	面弯	微裂纹0.5	微裂纹0.5	微裂纹0.5
	背弯	微裂纹1.8	微裂纹1.8	微裂纹1.8
5*	面弯	微裂纹1.1	微裂纹1.1	微裂纹1.1
	背弯	完好	完好	完好
6*	面弯	完好	完好	完好
	背弯	微裂纹0.4	微裂纹0.4	微裂纹0.4
7*	面弯	完好	完好	完好
	背弯	完好	完好	完好
8*	面弯	微裂纹1.0	微裂纹1.0	微裂纹1.0
	背弯	微裂纹1.5	微裂纹1.5	微裂纹1.5
9*	面弯	微裂纹0.6	微裂纹0.6	微裂纹0.6
	背弯	微裂纹1.9	微裂纹1.9	微裂纹1.9
10*	面弯	完好	完好	完好
	背弯	完好	完好	完好
11*	面弯	完好	完好	完好
	背弯	微裂纹1.7	微裂纹1.7	微裂纹1.7
12*	面弯	完好	完好	完好
	背弯	完好	完好	完好

三、试验结果讨论

根据试验结果, 我们初步分析认为:

1. 焊接接头冷弯试样的受拉外表面的变形是不均匀的, 其应力分布是焊缝中心受力后, 应变最大, 并且, 对称地向焊缝界面及热影响区两个方面向递减。

现代直管水管锅炉的设计与研制

(英)T·吉布森

〔提要〕通过对锅炉市场的调查,发现市场上存在某一空白。为此,研制了一种新的现代水管锅炉结构。已有一些装置安装使用,现正在顺利地运行。

主题词: 水管锅炉设计 沸騰床

引 言

工业用水管锅炉在英国已普遍使用了一百多年。近五十年来,占领市场的主要是弯管锅炉,就是众所周知的双鼓筒锅炉。这种锅炉大概有数千台在运行中。它们有燃用煤的,有燃用油与煤气的,还有燃用其他各种各样燃料的。

英国市场上的另一种工业锅炉是火管锅炉。对于汽化率、压力与对热要求较低的用途,通常都使用这种锅炉。

作者早就觉得市场上需要一种介于现有最大火管锅炉与最小水管锅炉之间的水管锅炉。对市场作了初步调查后,于1978年成立了一公司,开始对一种认为适于市场需要的设计进行制图。

市 场

如前所述,供应英国市场的锅炉厂家明显地分为两类:火管锅炉厂家与水管锅炉厂家。火管锅炉厂家数量很多,所生产的锅炉的出力范围很大。但这种锅炉由于在技术上有一些基本限制,因而对于超过某一极限的出力便不适用了。

而水管锅炉只要设计正确,在技术上的限制便不多。但在英国,水管锅炉现在主要由几家专门从事设计与生产动力站锅炉或大型工业锅炉的大公司来设计与提供,由此造成了英国的小型工业用水管锅炉较于火管锅炉或国外水管锅炉价格极高。这里所谈的水管锅炉是自然循环式的,不是强制循环式或助循环式。

由此可见,成本低、工艺水平高的中型

2. 试验表明,当弯曲角度为 120° 和弯曲角为 180° 时,两者的弯曲伸长率差异甚微,当弯曲角度恒定情况下,弯曲伸长率的值,随着弯轴直径的增大而减小。

3. 我们通过试验发现,当弯曲角为 120° 时,恰是试件冷弯过程中加载荷的最大值。而且,弯曲角为 120° 时,其冷弯受拉表面切向伸长最大,即应变 ϵ 的值最大,此时,如果焊缝处未出现裂纹等缺陷,则继续弯到 120° 角以后也不再出现裂纹等缺陷;如果弯至 120° 角时出现了裂纹,继续扩大弯曲角,其裂纹的形态和大小不发生变化。

四、结 论

对于锅炉,压力容器的一切检验,都应围绕防止压力容器脆性破坏为基点。炭素钢焊接接头冷弯试验的弯曲角度和弯轴直径,与实际构件的弯曲程度相差很大,就我国现行标准而言,比起世界各国同行业标准规定,无论从弯轴直径或弯曲角度以及缺陷长度规定,其要求指标是严格的,我们认为。冷弯检验项目,作为产品验收依据则意义不大,出于这种考虑,冷弯试验作为生产前的工艺鉴定试验是合适的。而且,对于炭素钢双面焊焊接接头冷弯试验,其弯曲角度 120° 为宜。

NUCLEAR POWER STATION

4. Design features of nuclear thermal power station steam turbines
.....*Lin Zhihong, Wang Daixiang, Luo Chunxin*(21)

Synopsis

The purpose of this paper is to correctly deal with the various requirements set by nuclear power station thermal system to its steam turbines. The design features of this type of steam turbines and some relevant problems that deserve our close attention are also explained in the paper.

BOILER DESIGN AND RESEARCH

5. An analysis of cold bending tests of boiler pressure parts welded joints
.....*Zhou Huilin*(25)

Synopsis

The stress distribution of the tension surface of a welded joint cold bending test piece is studied through an analysis of the cold bending test of the carbon steel 20g plate material double-welded joint. In addition, the following subjects are also discussed: the variation of bending lengthening rate with bending angle and bending mandrel diameter during the plastic cold bending process, the relationship between loading and the bending angle, and also between bending angle and its defect incidence. Test results show that it is appropriate to perform a cold bending test as a technology appraisal test before the manufacture of the welded structural parts. It also shows that for cold bending test of carbon steel double-welded joints, the suitable bending angle is 120°.

6. Design and development of a modern straight tube water-tube boiler(30)
7. Two new fluidized-bed boilers start up on anthracite culm(34)
8. A new type boiler using oil as heat-transfer medium(35)

POWER TRANSMISSION PLANT

9. The design of amphibious hovercraft transmission plant
.....*Chen Puying, Xu Zhenzhong*(38)

Synopsis

A brief introduction is given of the use abroad of hovercrafts over the past decade and its development prospects in China. Several types of transmission systems of amphibious hovercraft are described in the paper with special emphasis on the transmission plant design considerations posed by amphibious hovercrafts. Several aspects that merit close study are presented from the testing view point.

DEVELOPMENT OF NEW PRODUCTS

10. Coloured stainless steel*Li Zhongxin*(43)

Synopsis

A comprehensive review is given in this paper of the general situation in China and abroad, development process and application scope of coloured stainless steels.

Product BRIEFS

11. 18-Mw Spey in the works with plans for 22-Mw ICR version(46)