

【运行与改造】

旋流对冲锅炉燃烧器烧损试验研究

陈安合¹, 刘彦鹏¹, 郭秋实², 朱宪然¹, 赵计平², 任福虎²

(1. 中国大唐集团科学技术研究总院有限公司华北电力试验研究院, 北京 100040;

2. 内蒙古大唐国际托克托发电有限责任公司, 内蒙古 呼和浩特 010200)

摘要: 为研究托克托发电公司四期锅炉燃烧器烧损的原因,对比了同类型机组的燃烧器设计参数,并开展了热态辐射温度试验,得出了燃烧器烧损的主要原因为一次风刚性不足,并提出了解决燃烧器烧损问题的改进设计方法和燃烧调整方案。该试验研究结果可以为锅炉燃烧器的设计、改造以及燃烧调整提供参考依据。

关键词: 旋流对冲锅炉; 燃烧器; 烧损; 研究

中图分类号: TK223.23

文献标志码: A

文章编号: 1672-4763(2023)02-0064-06

0 前言

燃烧器作为电站煤粉锅炉本体的核心部件,其使用状态和使用寿命直接制约着锅炉的安全性和经济性^[1-5]。

托克托发电公司四期锅炉经过低氮改造和配煤掺烧后,锅炉运行2 a内就发现燃烧器烧损严重,特别是上层燃烧器。

低氮改造后,新增了部分分离式燃尽风喷口,导致主燃区风箱差压降低,二次风刚性不足,引起着火点的变化。配煤掺烧后,煤质复杂也进一步改变了锅炉的运行状态,因而出现了较多的燃烧器烧损问题。燃烧器烧损后无法保证一次风和二次风的设计风速、旋流强度等,极易引起着火不稳、设备烧损,且带来水冷壁结焦和高温腐蚀等影响机组安全运行的问题^[3-6]。因此,深入探究燃烧器的烧损原因并针对原因进行相应的改造对于机组锅炉的高效燃烧和稳定运行都具有重要意义^[7-12]。

1 设备概况

托克托发电公司三期、四期锅炉为某公司设计制造的600 MW亚临界机组,自然循环、前后墙对冲燃烧。炉膛断面尺寸为20.7 m×16.744 m。炉膛燃烧方式为正压直吹前后墙对冲燃烧,配6台磨煤机,分3层分别布置在锅炉前后墙水冷壁上,每层各有5只燃烧器。如图1所示,前墙

从下到上依次是C/D/E层,后墙从下到上依次为A/B/F层。

经过低氮改造后,下层AC层为等离子燃烧器,中上层为中心给粉旋流燃烧器,如图2所示。采用内浓外淡的浓缩燃烧方式,二次风分为内外两层,内二次风为轴向不可调旋流风,外二次风为径向可调旋流风。制粉系统配置6台HP1103型磨煤机,锅炉燃用设计煤种满负荷时,5台运行1台备用,燃料消耗量为291.2 t/h。

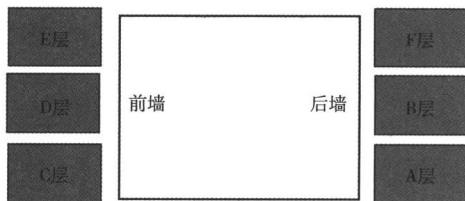


图1 燃烧器布置示意图

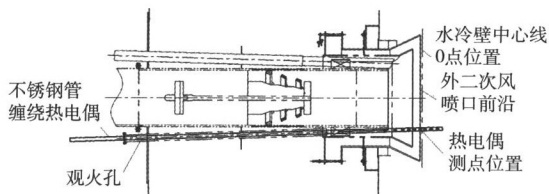


图2 燃烧器示意图

1.1 燃烧器烧损情况

2017年7号炉停炉检修时发现燃烧器烧损较严重,如图3所示,下层燃烧器稍有变形,上层

收稿日期:2021-03-15

作者简介:陈安合(1981—),男,工程师,主要从事电站锅炉燃烧系统方面工作。

中间 3 只燃烧器烧损最为严重,分离燃尽风(SOFA)喷口未烧损。

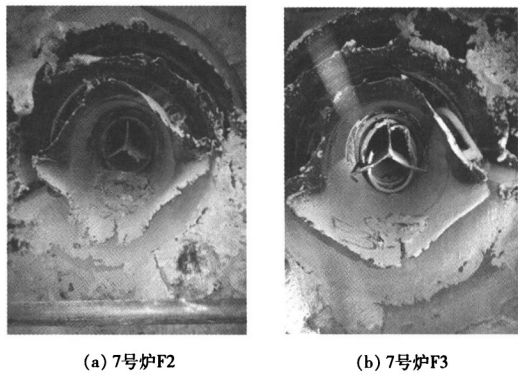


图 3 7 号炉燃烧器状态

2019 年 8 号炉停炉检修时发现,中层燃烧器的外二次风喷口烧损严重,上层燃烧器整体烧损严重。如图 4 所示。

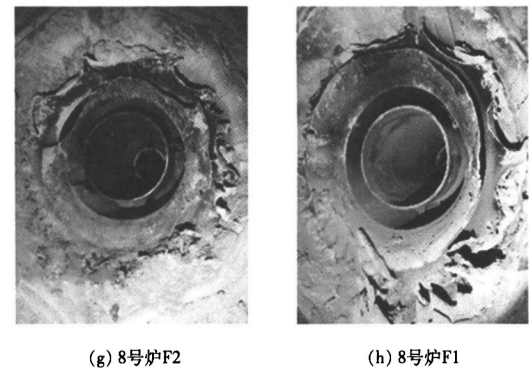
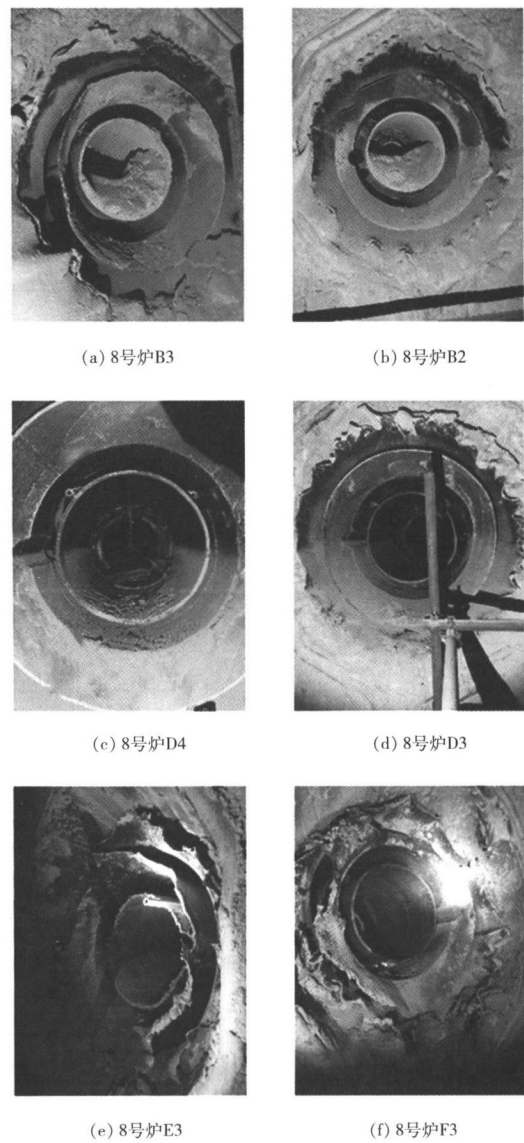


图 4 8 号炉燃烧器状态

对比三期锅炉燃烧器使用状态发现,三期 5 号、6 炉的燃烧器烧损并不严重,如图 5 所示为 2019 年 6 号炉停炉检修时的燃烧器照片,6 号炉距上次燃烧器检修已超过 3 a 时间。

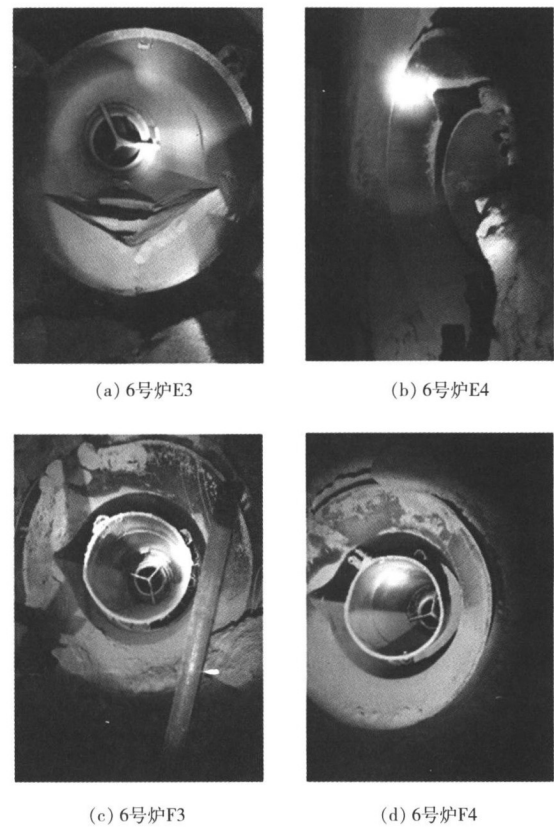


图 5 6 号炉燃烧器状态

但是,三期锅炉特别是 6 号炉两侧墙高温腐蚀最为严重。腐蚀区域为中层燃烧器至下层 SOFA 之间两侧墙中间区域,越往上腐蚀宽度越大。

1.2 燃烧器参数对比

对比了三期、四期锅炉及同类型机组燃烧器参数,发现主要区别在于一次风喷口的面积不同。见表 1。

表 1 燃烧器参数对比

炉号	粉管内径/mm	粉管面积/m ²	喷口面积/m ²
5 号	560	0.246 3	0.282 7
6 号	560	0.246 3	0.270 6
7 号	560	0.246 3	0.321 7
8 号	560	0.246 3	0.321 7

一次风风速不同,煤粉射流的刚性就不同,冲入炉膛内的深度也会有所不同,势必会影响煤粉的燃烧、燃尽,炉膛内火焰中心的位置等。

2 燃烧器热态试验

2.1 煤质和主要参数

对该厂常用的 20 种煤种进行了热重分析,通过热重法总结得出了该厂燃用煤种的着火点温度基本上在 370 ℃左右。考虑到锅炉实际的升温速率远高于热重试验中的升温速率,因此设定 600 ℃为其实际着火点温度。试验时锅炉燃用煤种为烟煤,煤质分析见表 2。

表 2 试验煤质分析 单位: %

项目	数值
工业分析	$w(M_{ad})$ 8.04
	$w(A_{ad})$ 32.85
	$w(V_{ad})$ 27.02
	$w(FC_{ad})$ 32.09
元素分析	$w(C_{ad})$ 46.77
	$w(H_{ad})$ 2.32
	$w(N_{ad})$ 0.74
	$w(S_{ad})$ 0.22

2.2 停备时的辐射炙烤温度测量

K 型热电偶从观火孔处伸入炉膛内,测量在不同深度位置处的温度,以水冷壁中心线位置处为 0 点。为避免热电偶深入炉膛后剧烈摆动,将其缠绕在 DN 30 mm 的不锈钢管上,试验时将钢管一同插入炉膛内以减少波动性和误差,多次测量取平均值。

本项试验分别选取 5 号炉与 8 号炉的中上层燃烧器进行。由于 5 号炉与 8 号炉一次风喷口的面积不同,因此当两者煤量和风量相同时,一次风风速不同。当中层燃烧器投运,上层燃烧器停备时,上层燃烧器会受到中层燃烧器火焰的辐射炙烤作用。

测量上层燃烧器不同位置处的温度来对比中层燃烧器一次风风速对上层燃烧器的影响,如图 2 所示热电偶测点位置。试验时保证中层燃烧器即 D 磨煤机或者 B 磨煤机的风量煤量相同,在相同或相近负荷时测量上层停备的燃烧器即 E 或者 F 层燃烧器不同位置的温度。试验进行时,2 台炉对应参数见表 3 所示。其中,5 号炉的试验在前墙 D/E 层燃烧器进行,8 号炉的试验在后墙 B/F 层燃烧器进行。试验时保证 5 号炉的 D 磨煤机和 8 号炉的 B 磨煤机煤量、风量相同,测量 5 号炉 E 层和 8 号炉 F 层燃烧器不同位置处的温度,外二次风开度相同。

测试结果见表 4 及图 6 所示。其中:测点位置小于 0 则为在水冷壁中心线外侧,靠近风箱的位置;测点位置大于 0 则为进入炉膛内。

表 3 试验时 2 台锅炉部分运行参数

炉号	负荷/ MW	一次风温/ ℃	磨煤机 投运情况	中层磨煤机一次 风量/(t·h ⁻¹)	磨煤量/ (m·s ⁻¹)	一次风风速/ (m·s ⁻¹)	停备层二次风门 开度/%
5 号	545	66	ABCD F	104.1(D)	61.5(D)	22.15	20
8 号	505	63	ABCDE	106.7(B)	64.6(B)	19.46	20

表 4 停备燃烧器不同深度位置处温度测量结果

5 号炉 E2		5 号炉 E3		5 号炉 E4		8 号炉 F3		8 号炉 F4	
距离/mm	温度/℃	距离/mm	温度/℃	距离/mm	温度/℃	距离/mm	温度/℃	距离/mm	温度/℃
-585	414	-905	306	-795	270	-515	592	-515	530
-435	551	-655	412	-625	403	-415	791	-415	641
-295	643	-535	430	-485	572	-315	865	-315	885
-185	696	-405	533	-345	821	-215	1 005	-215	860
-95	801	-285	760	-165	907	-115	1 035	-115	1 005
5	889	-115	810	5	1 004	-15	1 086	-15	1 090
105	960	15	933			85	1 123	85	1 104
205	986	95	1 012						

由试验结果可以看出,由于5号炉的一次风风速更高,刚性更足,冲入炉膛深度更深,其火焰锋面对上层燃烧器的炙烤温度相对较低。测量了E2/E3/E4 3只燃烧器不同位置的温度,结果均为越过水冷壁中心线后,即进入炉膛后才超过1 000 ℃;而8号炉的F3/F4则分别在距离水冷壁中心线215 mm和115 mm处的燃烧器喷口内就已超过1 000 ℃。

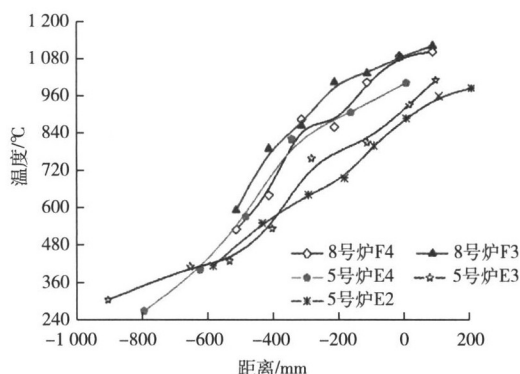


图6 燃烧器不同深度位置的温度变化情况

3 燃烧器烧损原因分析

3.1 常规原因

炉膛火焰中心温度高、燃烧器区域壁面热负荷高、煤粉细度偏小、一次风风速偏差大、运行方式不同、停备时的漏风量不足等都有可能引起燃烧器的烧损^[11-12]。但是,对比三期、四期锅炉后发现,三期、四期锅炉炉型及尺寸,受热面等均相同,在保证燃用相同煤质,排除运行方式的不同外,在四期锅炉上存在燃烧器烧损的现象,而三期锅炉则基本不存在此现象。因此燃烧器烧损的原因主要还是燃烧器的结构不同引起的。

3.2 燃烧器的设计及结构原因

如图7中所示,在燃用当前煤质情况下,中间层煤粉燃烧器的喷口面积偏大,当中间层燃烧器一次风风速偏低时,刚性不足,冲入炉膛深度不足,因此火焰锋面距离前后墙更近,对上层燃烧器的辐射温度更高,更易引起上层燃烧器停备时炙烤烧损。停备时,由于低氮和配煤掺烧的原因,用以冷却喷口用的停备层的燃烧器漏风量较小,因此,当漏风量不足以冷却喷口时,就会发生烧损,上层燃烧器烧损后又会影响自身的流场,引起燃烧器的进一步烧损,投运时又导致其着火提前烧

损喷口。

当中间层燃烧器一次风风速高时,刚性更足,冲入炉膛深度更深,真正实现了前后墙燃烧器火焰的对撞,这样火焰锋面距离上层燃烧器喷口的距离更远,因此炙烤温度低,所以提高一次风风速可以有效防止喷口的烧损。但是,一次风风速不能过高,过高后会引引起着火延迟,导致前后墙煤粉气流对冲后向两侧墙挤压,未燃尽物质在两侧墙燃烧引起还原性气氛过浓,当煤中硫分较高时进而引起两侧墙的高温腐蚀。这从6号炉的喷口面积最小,燃烧器烧损最轻微,但是两侧墙高温腐蚀更严重也可以得到验证。

以上试验在5号炉545 MW,8号炉505 MW负荷下进行,此时8号炉停备燃烧器所受炙烤温度已高于5号炉。当8号炉负荷更高或者满负荷时,温度还会升高,烧损风险进一步增大。

中层燃烧器会受到下层燃烧器火焰锋面的炙烤作用,但是由于中层燃烧器处于炉膛下部,整体温度水平偏低,同时,中层燃烧器一般都处于投运状态,有足够的风来冷却喷口,因此不易烧损。而8号炉中间层的外二次风喷口烧损,则是因其设计结构,外二次风喷口伸入炉膛的尺寸偏大,引起辐射烧损。如图7所示,8号炉外二次风喷口距离水冷壁中心线的距离为25 mm。而三期锅炉外二次风喷口距离水冷壁中心线为185 mm,因此未烧损。

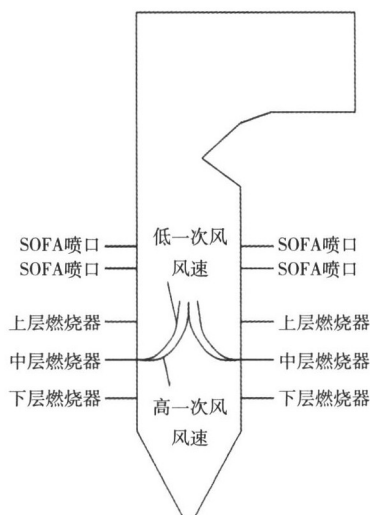


图7 不同一次风风速时火焰锋面示意图

理论上讲,当上层燃烧器处于停备状态时,只要漏风量足够大,就可以保证冷却喷口;但是,

低氮加配煤掺烧后,必须精细化调整,风量和煤量有一变化曲线,不可能为了冷却喷口而无限增大一次风风量,也不可能为了冷却喷口而使停备的燃烧器的二次风门开度很大。这对低氮燃烧不利,无形中就对燃烧器的使用提出了更高的要求。

4 改进措施

4.1 设计上的改进措施

针对不同的煤质、不同位置处的燃烧器,需进行有针对性的一次风风速的设计。燃用烟煤的旋流煤粉燃烧器设计风速推荐在20~28 m/s之间。下层等离子煤粉燃烧器或者微油点火煤粉燃烧器为了着火稳燃,其设计风速一般较其他煤粉燃烧器设计风速偏低。中层煤粉燃烧器的设计风速应按照其最高值来设计,这样的设计目的是为了防止中层燃烧器煤粉气流火焰锋面对上层燃烧器的高温炙烤而烧损上层燃烧器喷口。而最上层的煤粉燃烧器其设计风速应在两者之间。这是由于太高的一次风风速容易引起着火距离的推迟,增大未完全燃烧热损失,同时过高的风速引起前后墙对冲向两侧墙挤压,引起两侧墙的高温腐蚀。

针对该公司的燃烧器结构,减小其喷口面积后由于延迟了着火距离,因此需要对其结构进行优化,本项目中设计成了花瓣状结构,增大了后期与高温烟气的接触面积,有利于后期的及时补氧燃烧。

4.2 运行上的改进措施

针对上层中间煤粉燃烧器更易烧损的特点,在一次风调平时,应特别注意,使上中下3层中间的煤粉燃烧器一次风风速偏差调整可控制在+5%,两侧墙燃烧器一次风风速偏差控制在-5%。这样,提高了一次风风速后,对上层燃烧器的高温炙烤作用下降,可防止燃烧器烧损,同时减轻两侧墙的高温腐蚀。

5 结 语

通过现场试验的方法,找到了燃烧器烧损的原因。上层燃烧器的烧损是由于在停备状

态时,受到中层燃烧器的高温火焰炙烤引起。烧损后又会影响自身的流场,引起燃烧器的进一步烧损,投运时导致其着火提前烧损喷口。据此提出了有针对性的燃烧器设计风速,同一台锅炉不同标高位置处的燃烧器其设计风速应采取不同的设计值,这样更有利于精细化的调整和运行,并且防止燃烧器烧损。同时提出了,在一次风调平时,同层燃烧器不同位置的煤粉管道其一次风风速的调整方式并不是保证风速相同,而是让中间的燃烧器一次风风速偏差保证在+5%以内,而两侧的燃烧器粉管风速偏差保证在-5%以内。这更有利于延长燃烧器的使用寿命,同时还可减轻两侧墙的高温腐蚀。

参考文献:

- [1] 陆军,徐党旗,张广才,等. LNB改造后燃烧器烧损及 NO_x 排放高原因分析[J]. 中国电力,2015,48(8):116-120.
- [2] 黄立,高小涛. 火电厂锅炉燃烧器烧损的试验研究[J]. 电力建设,2002,23(6):48-50.
- [3] 郎岩,樊伟,董建勋. 华能营口电厂锅炉燃烧器烧损的原因分析与解决措施[J]. 沈阳电力高等专科学校学报,2004,6(4):4-5.
- [4] 李永生,刘建民,陈国庆,等. 对冲旋流燃烧锅炉侧墙水冷壁近壁区还原性气氛分布特性[J]. 动力工程学报,2017,37(7):513-519.
- [5] 李德波,沈跃良,邓剑华,等. OPCC型旋流燃烧器大面积烧损的关键原因及改造措施[J]. 动力工程学报,2013,33(6):430-436.
- [6] 冯智宇. 1 000 MW超超临界机组锅炉燃烧器烧损原因分析及防治[J]. 发电设备,2013,27(2):109-112.
- [7] 黄立,高小涛. 410 t/h锅炉燃烧器烧损的试验研究[J]. 锅炉技术,2002,33(9):18-21.
- [8] 许开龙,俞伟伟,吴玉新,等. 一次风速度对煤颗粒群着火特性影响的实验研究[J]. 燃烧科学与技术,2014,20(4):313-318.
- [9] 陈飞. 旋流燃烧器中心风筒烧损原因分析及改进[J]. 热电子技术,2020(1):45-46.
- [10] 刘庆威,果志明,陆叶,等. 旋流锅炉低氮燃烧器改造后运行情况[J]. 中国电力,2017,50(8):63-68.
- [11] 王军民. 新型低 NO_x 环形回流旋流燃烧器喷口烧损原因分析[J]. 发电设备,2018,32(6):437-441.
- [12] 李戈,朱海宝,王军. 某电厂锅炉燃烧器喷口烧损原因分析及防治[J]. 华电技术,2018,40(2):21-24.

Experimental Research on Burner Burnout of Swirl Opposed Boiler

CHEN Anhe¹, LIU Yanpeng¹, GUO Qiushi², ZHU Xianran¹,
ZHAO Jiping², REN Fuhu²

(1. North China Electric Power Test and Research Institute, China Datang Corporation Science
and Technology General Research Institute Co., Ltd., Beijing 100040, China;

2. Inner Mongolia Datang International Toketo Power Generation Co., Ltd., Hohhot 010200, China)

Abstract: In order to study the cause of the burner burnout of the fourth phase boiler of Tuoketuo Power Generation Company, the burner design parameters of the same type of unit are compared, and the thermal radiation temperature test is carried out. It is concluded that the main cause of the burner burnout is the lack of rigidity of the primary air, and the improved design method and combustion adjustment scheme to solve the problem of burner burnout are put forward. The experimental results can provide reference for the design and transformation of boiler burner and combustion adjustment.

Key words: swirl opposed boiler; burner; burnout; research

(上接第 63 页)

Analysis and Countermeasures of Water Wall Back Side Cracking in Power Station

DAI Xiaohao¹, LUO Chang¹, YANG Xueyi¹, CHEN Jia¹, MAO Zhihui¹, ZE Gang²

(1. Hubei Energy Group Ezhou Power Generation Co., Ltd., Ezhou 436032, China;

2. HCIG Energy Science and Technology Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: Three cases of back side cracking of water wall in power station were listed and the causes were analyzed. It showed that too wide of fins were the main reason of the cracking. This paper proposed another method such as opening holes in the fins and sealing with bolts. The temperature of the fin was simulated. The results showed that the temperature of the fin can be reduced by using bolt sealing. So this method had the function of preventing cracking and lowering fin temperature.

Key words: water wall; fin; plane section; cracking