



电机公司文件号 HEC No.	0637-0529			电机公司版次 HEC Rev.	A
项目（业主）文件号 Project No.	N/A			项目（业主）版次 Project Rev.	N/A
文件类型 Document Categories	N/A	文件状态 Status of Document	N/A	重大产品标识 Important Product Identifier	N/A

钢构件火焰矫正工艺守则

编制/日期 Prepared by/Date	张小迪 2019-02-26	校核/日期 Checked by/Date	徐晓忠 2019-02-26	审查/日期 Reviewed by/Date	乔东来 2019-02-26
会签/日期 Counter sign/Date	甘洪丰 2019-02-26	会签/日期 Counter sign/Date		质保/日期 QA/Date	
标准化/日期 Standardization/Date	陈明 2019-02-26	审定/日期 Authorized by/Date	田丹成 2019-02-26	批准/日期 Approved by/Date	田丹成 2019-02-26

Form No.: 标 00



修订记录

Revision record

版次 Rev.	改版单号 Mod Advice note No.	页码 Page & Item	改版内容 Modification content abstract	改版人/校核人 Prepared by& Reviewed by	日期 Date
A			首次发布	张小迪	2019.1.20

1 适用范围

本工艺守则适用于以火焰加热的形式修正或改变钢构件形状。通常仅对碳钢、低合金钢实施。特殊情况下，针对 Q500D、610cf、A668 classE 等低合金材料或 0Cr13Ni5Mo、0Cr16Ni5Mo 等马氏体不锈钢实施火焰矫正，必须得到技术部门书面许可。780cf 等高强材料不允许实施火焰矫正。

2 工具和劳保用品

工具：烤枪、丙烷气、氧气、氧气表、丙烷表、减压阀、平尺、直角尺、红外测温仪、整平锤、铜锤、接触式测温仪等。

劳保用品：护目镜、口罩、手套、劳保鞋、工作服、安全带。

3 火焰矫正的原理

火焰矫正的原理是利用钢材的塑性、热胀冷缩的特点，以外力、内应力或二者叠加的作用，迫使钢材变形，消除钢材的弯曲、翘曲、凹凸不平等形变，达到预期形状。

4 火焰矫正的基本参数

基本参数主要有：加热温度、氧气与丙烷火焰燃烧比、加热速度、冷却速度和火焰能率等。

4.1 火焰矫正加热温度

火焰矫正根据材质、板厚和加热方法等不同情况，选择不同的加热温度。可分为低温加热、中温加热和高温加热。

（1）低温加热

加热温度为 500~600℃，通常适用于厚度不大于 10mm 的薄钢板。特殊情况下，也适用于调质锻钢、调质状态的低合金高强钢、马氏体不锈钢等，但具体的低温加热火焰矫正过程，需要在征得技术部门的书面许可后实施。

（2）中温加热

加热温度为 600~700℃，适用于加热厚度介于 10mm~150mm 中厚的钢板。在此温度范围内的钢板屈服点较低，火焰加热产生的残余压缩塑性变形更大，矫正效果相对较好。

（3）高温加热

加热温度为 700~850℃，适于大厚板加热，通常情况下适用于厚度≥150mm 以上的钢板或铸件。

对于低碳钢来说，由于加热温度范围较宽。可近似地凭观察钢材的加热颜色估计加热温度。钢材表面颜色及其相应的温度见图 1（仅限于电子版标准参考）。

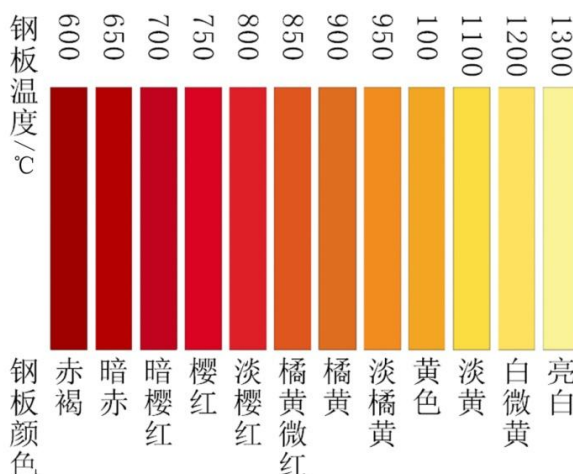


图 1 钢材表面温度和颜色图谱

4.2 加热火焰氧与丙烷燃烧比

氧与丙烷燃烧比是指混合气体内氧气体积与丙烷体积的比值 a ，根据 a 的大小，把氧丙烷火焰分成三种： $a=1\sim1.2$ 称中性焰， $a>1.2$ 称氧化焰， $a<1$ 为碳化焰。

(1) 对于厚度在 10mm 以下的钢板，采用氧化焰。对于变形较小的部位矫正，要求加热深度小于 5mm，就需要较快的加热速度，此时用氧化焰进行矫正。

(2) 若使钢材均匀收缩，一般可采用中性焰。对于变形较大部位的矫正，要求加热深度大于 5mm，那么就需要较慢的加热速度，此时宜用中性焰矫正较为适当。

(3) 碳化焰因丙烷没有完全燃烧，热效率低，且易使钢材碳化，特别对熔化的钢材有加入碳质的作用，此火矫正时应尽量避免采用。

4.3 火焰矫正的加热速度

火焰矫正要控制加热速度，避免表面金属融化，产生表面缺陷。加热速度与板厚有关，推荐用火焰矫正加热速度详见表 1。

表 1 火焰矫正加热速度与板厚关系

板厚/mm 加热速度/(mm/s) 气体种类	2~4	6~8	10~22	> 25
氧、丙烷	13~20	11~13	5~11	< 4

4.4 火焰矫正的冷却速度

火焰矫正的冷却速度有两种：一种是空冷，二是水冷。一般来说，钢板厚度 $\geq 10\text{mm}$ 的中厚板不允许浇水骤冷，防止加热区出现脆化现象。空冷又分为空气中自然冷却和压缩空气强制冷却，后者有助于形成较高温度梯度和拘束度，促进矫正变形，提高火焰矫正速度。

4.5 火焰能率、烤嘴角度和喷嘴高度

(1) 火焰能率

火焰能率跟每小时丙烷的消耗量 (L/h) 有关。气体消耗量取决于喷嘴的大小。只有适当的火焰能率, 才能给予足够的热量烤透构件, 达到火焰矫正的目的。

(2) 喷嘴角度和喷嘴高度

喷嘴角度和喷嘴高度与火焰的利用率有直接关系。喷嘴与加热构件成 90° 即垂直, 火焰利用率高。喷嘴高度影响火焰加热温度, 火焰外焰温度最高。通常火焰矫正的角度 α 为 $80^\circ \sim 90^\circ$, 但有时发现加热不透板件, 出现翘曲变形, 可将 α 角减小。

5. 火焰矫正的工艺流程

火焰矫正操作现场见图 2。

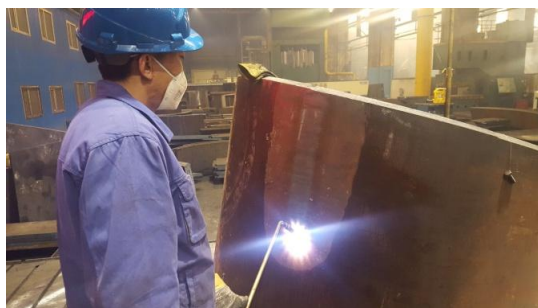


图 2 火焰矫正操作现场

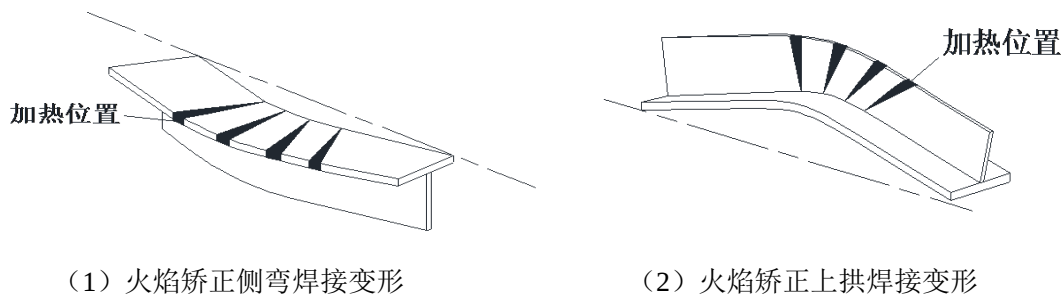
5.1 检测变形量

火焰矫正前和火焰矫正中, 必须对构件的变形部位和变形程度进行检查测量, 以便确定加热位置和温度。方法如下:

- (1) 对构件的弯曲变形、波浪变形及角变形, 一般可用直尺或拉线进行检测。
- (2) 扭曲变形的测量一般应将构件放在平台上, 利用直角尺进行检测。
- (3) 曲面的矫正需要结合样板等工具, 检测变形量。

5.2 确定加热位置和方式

火焰矫正的加热位置选择在金属纤维较长的部位, 即材料弯曲部位的外侧。对于弯曲部件, 一般要找出近似直线段与曲线段的交点, 即为火工点, 长度较长的部件, 以此方法依次找出火工点, 然后由变形的两端向中间在火工点附近进行火焰矫正, 如图 3 所示。



(1) 火焰矫正侧弯焊接变形

(2) 火焰矫正上拱焊接变形

图 3 火焰矫正加热位置示意图

火焰矫正的加热方法按照加热区的形状可分为:

(1) 点状加热：作圆环状游动，可为一点或多点。适用于薄板弯曲、凹凸及钢管弯曲变形。

(2) 线状加热：使加热区呈长带状，带的宽窄因板厚而异，板厚越大，加热线越宽，宽度一般约为钢材厚度的 0.5~2 倍。其特点是宽度方向收缩大，长度方向收缩小。适用于需横向收缩大于纵向收缩的构件矫正。

(3) 三角形加热：使加热区呈等腰三角形，其特点是收缩量从顶点到底边逐渐增大。三角形加热需要保证两面加热均匀，主要用于各种型钢的弯曲变形和刚性较大构件的弯曲变形。

5.3 确定施加外力

火焰矫正时，施加外力可提高矫正效果。是否需要施加外力，应根据构件的刚度和变形情况来定，一般情况，矫正刚度不大，变形也较小的，只需采用火焰加热方法即可。而矫正刚度和变形较大的构件，在采用火焰加热的同时，应施加外力。对于薄板在矫正过程中往往也需要锤击来辅助火焰矫正。锤击时，采用整平锤、铜锤，不可使用铁锤，以避免产生新的凹坑或形变。

5.4 复杂变形的矫正

对于复杂变形，应先矫正变形大的，再矫正变形小的。当既有扭曲变形又有上拱和旁弯变形，可先矫正扭曲变形，利用施加外力来协助火焰矫正；扭曲矫正后，再利用火焰矫正上拱或旁弯。

如果一次加热未达到矫正效果，则需要做第二次加热，其加热温度应略高于前次，否则亦将无效果。热矫正的加温次数与升温成正比，每重复一次必须要提高一次温度才有收获，但要尽可能避免在同一位置反复加热。

5.5 清理

工件在装配或焊接以前，因火焰矫正而引起的氧化皮、火焰碳化颗粒必须清除干净。

6 安全、环保要求

- (1) 操作前，戴好安全帽、护目眼镜，穿好工作服、戴好防护手套等劳动保护用品。
- (2) 严禁在带压力的容器或管道上火焰矫正，带电设备应先切断电源。
- (3) 操作前，检查气瓶和管路是否可靠无漏气。
- (4) 丙烷气瓶使用时要注意固定，防止倾倒，钢瓶严禁卧倒使用。
- (5) 在使用状态下，丙烷气瓶和氧气瓶的距离不少于 5 米，丙烷气瓶距明火的距离不少于 10 米。
- (6) 点火时喷嘴不允许对人，正在燃烧的烤枪不得放在工件或地面上。