

球扁钢等离子切割起弧位置偏移研究

唐兴华

上海中船临港船舶装备有限公司 上海 200032

摘要：简要介绍了球扁钢等离子切割，分析了球扁钢等离子切割对起弧位置的要求，创建了球扁钢截面和等离子切割起弧位置偏移的数学模型，分析了不同型号球扁钢等离子切割起弧位置的坐标和偏移量，建立了球扁钢型号和等离子切割起弧位置偏移量的曲线拟合关系式，可以精确控制等离子切割起弧位置，提高了球扁钢等离子切割起弧的成功率。

关键词：球扁钢；等离子切割；起弧；位置偏移

1 序言

现代船舶建造越来越多地使用各种型材，船用型材的使用量在船体全部钢材用量中占有相当大的比例。切割作为重要的型材加工手段，是现代船舶建造过程中基础且非常重要的工序。

船用型材主要包括等边角钢、不等边角钢、球扁钢、T形钢和H形钢。由于船舶设计时主船体多选用与相连接板材相同厚度与材质的球扁钢作骨材，因此随着我国造船业的迅猛发展，船用球扁钢需求旺盛，占船用型材总需求量的一半左右。

因为球扁钢工件轮廓复杂且切割加工精度要求高，所以对其切割设备也提出了非常高的要求。由于传统火焰切割变形大、切割精度低；激光切割设备费用高，只能切割中小厚度的型材；等离子切割具有切割速度快、切割面比较光洁、切割精度高等显著特点，因此等离子切割越来越广泛地应用于船用球扁钢的切割^[1-3]。

目前，船用球扁钢等离子切割多采用智能机器人等离子切割设备进行加工，应用于干式氧等离子切割^[3]，其具有切割速度快、切割表面质量高、变形小及热影响区小等优点，能够满足球扁钢轮廓复杂、对精度较高的切割要求。典型的船用球扁钢智能机器人等离子切割如图1所示。等离子切割球扁钢如图2所示。

影响等离子切割质量的主要工艺参数较多，其中喷嘴高度是一个非常重要的工艺参数^[1]。等离



图1 智能机器人等离子切割

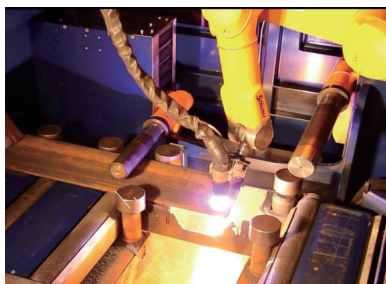


图2 等离子切割球扁钢

子切割时，对喷嘴高度有一定的要求。在球扁钢切割时，由于球扁钢的球顶面与腹板间存在一定的圆角，起弧位置控制难度高，稍不注意极易因为喷嘴高度过高而导致无法起弧。因此，必须严格控制等离子弧的起弧位置。

为了避免等离子无法起弧，通过创建球扁钢截面和等离子切割起弧位置偏移的数学模型，试图分析不同型号球扁钢等离子切割起弧位置的坐标和偏

移量,建立了球扁钢型号和等离子切割起弧位置偏移量的曲线拟合关系式,从而提高船用球扁钢等离子切割起弧成功率。

2 切割起弧位置偏移要求

球扁钢等离子切割的割枪与球扁钢表面保持一定的距离,由于割枪外置,所以它的整体冷却效果要比接触式切割好,喷嘴使用寿命也会得到相应延长。

球扁钢等离子切割通常先切割球头部分,再切割腹板部分。精细等离子电源产生的等离子弧喷嘴至球扁钢的距离 H 一般在3~6mm(见图3)^[1, 4]。若喷嘴到球扁钢表面的距离过大,则容易造成起弧失败,无法完成正常切割工作。

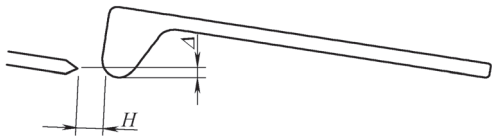


图3 等离子起弧位置和偏移

在球扁钢等离子切割前,等离子割枪的喷嘴先移动至垂直于球头顶面的某个位置,该位置距离球头顶面圆弧的距离应控制在3~6mm。由于球扁钢球头顶面与腹板之间存在一段圆角,等离子割枪和喷嘴向球扁钢腹板靠近移动时,喷嘴到球扁钢球顶面的距离也是变化的。当等离子割枪和喷嘴跨过球顶面和腹板相交的圆弧面后,喷嘴到球扁钢表面的距离不再变化。

等离子喷嘴起弧位置点的坐标和球扁钢球顶面的最高点存在一定的偏移量 Δ ,分析研究该偏移量有助于分析等离子弧起弧位置的准确定位。

3 起弧位置偏移模型

在球扁钢等离子切割前,割枪和喷嘴先移至距球扁钢球顶面有一定高度的位置,准备起弧^[5]。该高度必须在等离子切割的合理起弧高度范围内,且直接关系到起弧成功与否。

以球扁钢宽度方向和高度方向的交点为坐标原点 O ,以宽度方向为横坐标 x 轴,以高度方向为纵坐标 y 轴,建立球扁钢等离子切割起弧位置的模型,如图4所示。图4中, A 点为球扁钢球顶面圆弧段的起始点, B 点为球扁钢球顶面圆弧段的终止点, C 点为

球顶面圆弧段的圆心, r_1 为圆弧段半径, h 为球扁钢高度, P 为等离子割枪喷嘴点, Q 为喷嘴点延长线与圆弧段的交点。

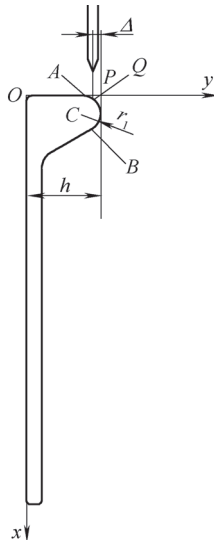


图4 球扁钢等离子切割起弧位置模型

圆弧段 AB 的方程为

$$(x-r_1)^2+(y-h+r_1)^2=r_1^2 \quad (1)$$

由等离子切割起弧的合理高度范围可知,选取 P 点到圆弧 AB 的距离为6mm,选取 P 点到直线 OA 的距离为3mm,得 Q 点坐标为 $(3, y)$,将 Q 点坐标代入式(1)有

$$(3-r_1)^2+(y-h+r_1)^2=r_1^2 \quad (2)$$

等离子起弧偏移量 $\Delta=h-y$ 。

将式(2)求解得出偏移量 Δ 的表达式为

$$\Delta=r_1-\sqrt{6r_1-9} \quad (3)$$

根据GB/T 9945—2012《热轧球扁钢》中球扁钢型号对应的公称尺寸和公式(3),得出不同型号球扁钢和等离子切割起弧位置纵坐标,起弧位置偏移量见表1。

分析表1中的数据,得出如下规律:

1) 随着球扁钢型号和公称尺寸的增加,等离子切割起弧位置点的纵坐标 y 值也随之增加。

2) 对于不同型号,球扁钢宽度相同时,虽然等离子切割起弧位置点的纵坐标 y 值不同,但是起弧位置偏移量 Δ 相同。在球扁钢宽度相同的前提下,球扁钢高度增加时,等离子切割起弧点位置的纵坐标也增加,起弧点到球扁钢高度最高点(球顶面顶点)的纵向高度保持固定值。

3) 随着球扁钢型号和公称尺寸的增加,等离子

表1 球扁钢等离子切割起弧位置纵坐标和偏移量

球扁钢型号 /mm	起弧位置P点纵坐标y /mm	起弧位置偏移量Δ /mm
100×7	22.2	0.26
100×8	23.2	0.26
120×6	22.6	0.42
120×7	23.6	0.42
120×8	24.6	0.42
140×7	25.4	0.60
140×8	26.4	0.60
140×10	28.4	0.60
160×7	28.2	0.80
160×8	29.2	0.80
160×9	30.2	0.80
160×11	32.2	0.80
180×8	31.7	1.26
180×9	32.7	1.26
180×10	33.7	1.26
180×11	34.7	1.26
200×9	35.2	1.76
200×10	36.2	1.76
200×11	37.2	1.76
200×12	38.2	1.76
220×10	38.7	2.29
220×11	39.7	2.29
220×12	40.7	2.29
240×10	41.1	2.86
240×11	42.1	2.86
240×12	43.1	2.86
260×10	43.5	3.45
260×11	44.5	3.45
260×12	45.5	3.45
280×11	46.9	4.06
280×12	47.9	4.06
280×13	48.9	4.06
300×11	49.3	4.69
300×12	50.3	4.69
300×13	51.3	4.69
320×12	52.7	5.34
320×13	53.7	5.34
320×14	54.7	5.34
340×12	55.0	6.00
340×13	56.0	6.00
340×14	57.0	6.00
370×13	59.5	7.01
370×14	60.5	7.01
370×15	61.5	7.01
400×14	63.9	8.05
400×15	64.9	8.05
400×16	65.9	8.05
430×14	67.4	9.11
430×15	68.4	9.11
430×17	70.4	9.11
430×19	72.4	9.11
430×20	73.4	9.11

切割起弧位置偏移量Δ也随之增加。

4 起弧位置偏移量曲线拟合

得出等离子切割起弧位置点和起弧位置偏移量的公式以及数据后,为了更好地揭示球扁钢型号和等离子起弧位置偏移量的数学关系,以球扁钢的宽度尺寸为横坐标,以球扁钢宽度尺寸相对应的起弧位置偏移量为纵坐标,利用表1的数据,建立球扁钢型号与起弧位置偏移量的曲线关系,如图5所示。

在满足曲线拟合精度的前提下,用二次方程去拟合球扁钢型号与等离子切割起弧位置偏移量的曲线,得出球扁钢型号宽度尺寸x和等离子切割起弧位置偏移量Δ的表达式

$$\Delta = y = 0.00004x^2 + 0.0067x - 1.1 \quad (4)$$

根据式(4),可以实现球扁钢等离子切割起弧位置点的精确控制,保证等离子喷嘴到球扁钢球顶面的距离,提高起弧的成功率。

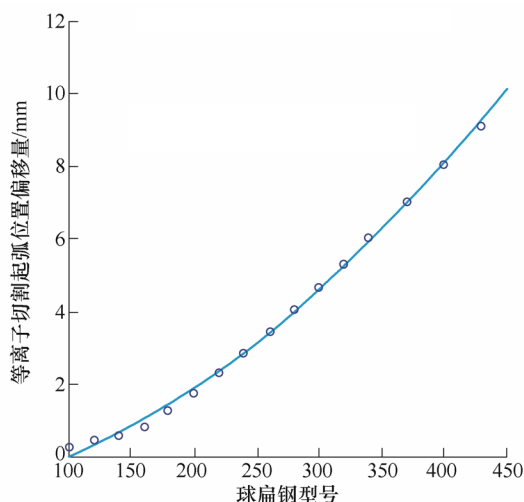


图5 球扁钢型号与起弧位置偏移量的曲线关系

5 结束语

由于球扁钢轮廓复杂,尤其对于大型号的球扁钢,所以等离子切割起弧成功有较大难度。分析了球扁钢等离子切割对起弧位置的要求,提出了起弧位置偏移量,创建了球扁钢截面和等离子弧起弧位置偏移模型,分析了不同型号球扁钢等离子起弧位置的坐标和偏移量,建立了球扁钢型号与等离子起弧位置偏移量的曲线拟合关系式。

等离子切割起弧位置偏移量Δ的具体数值为一定范围,其与球扁钢的型号和公称尺寸有关。在实

风力发电机架用S275NL钢焊接及变形控制研究

宋小东

德阳东汽电站机械制造有限公司 四川德阳 618200

摘要：通过对机架所用主材S275NL低合金钢焊接性进行分析，确定了合理的焊接工艺，使机架获得具有良好力学性能的焊接接头；并通过对机架焊接变形原因和变形种类的分析，确定了有效控制焊接变形的办法，保证了机架焊后加工余量充足。经过批量风电机架的生产，证明了焊接工艺和控制焊接变形的办法合理，有效地提高了风电机架的质量及合格率。

关键词：焊接工艺；焊接变形；S275NL钢

1 序言

目前，世界环境日益恶化，风能作为取之不尽、用之不竭的清洁能源之一，利用风力发电成为各国备受关注的焦点，风电的装机容量也随之逐年增长。机架作为风电机组承受力的主要零部件，不仅要承受风电机组自身的重力，而且更重要的是还要承受外部各种极端恶劣天气的侵蚀及复杂可变风力的袭击。因此，对机架的制造要求非常高。德阳东汽电站机械制造有限公司主要承制陆用风电机架，风机主要安装在高海拔、低温环境，因此风电机架主材选用耐低温的S275NL低合金结构钢，载荷集中的前机架使用厚30~80mm钢板，机架焊后整体平面度要求 $<5\text{mm}^{[1]}$ 。机架由前机架和后机架组成，其中前机架结构复杂，焊缝坡口大，不仅对焊接的要求较高，而且操作难度也较大。前机架所有

焊缝均为全熔透焊缝，焊后要求UT+MT达到NB/T 47013—2015《承压设备无损检测》中Ⅰ级合格。

为了保证机架焊接接头的质量和性能，本文对机架的焊接工艺进行了研究，并对机架焊接变形的原因进行了分析，确定了防止焊接变形的办法。

2 焊接工艺

2.1 母材性能

S275NL属于低合金结构钢，钢板在低温（0~ -40°C ）条件下有良好的冲击性能，能够满足机架在 -40°C 下冲击吸收能量 $\geq 27\text{J}$ 的设计要求。钢板要求正火处理，且超声波检测Ⅱ级合格，即经过正火处理后，超声波检测钢板内部要求无夹杂物、无裂纹。该品种对成品厚度 $\geq 40\text{mm}$ 的钢板选用Z向钢板。其化学成分和力学性能分别见表1、表2。

际切割加工过程中，可参照表1结果，针对不同球扁钢选取合适的偏移量，以提高等离子切割起弧成功率，从而提高切割质量。上述分析过程和结果为球扁钢等离子切割起弧位置的精确控制提供了重要指导。

参考文献：

- [1] 邱言龙，聂正斌，雷振国.等离子弧焊与切割技术快速入门[M].上海：上海科学技术出版社，2011.
- [2] 许丽华，朱良，邵博.等离子弧切割工艺及提高切割

质量的措施[J].邢台职业技术学院学报，2014，31（3）：89-91.

- [3] 江开平.空气等离子弧切割的质量提高及环境保护[J].金属加工（热加工），2012（14）：70-71.
- [4] 宋思利，高进强.切割[M].北京：化学工业出版社，2014.
- [5] 孙凌翔，陈世和，李劲松.数控等离子切割机切割件的变形控制[J].电焊机，2007，37（1）：63-65.

MW 20210215