

数控切割内孔方法研究及质量控制探析

杜富强　张二冬

【摘要】通过研究改进内孔的切割工艺，提升了切割孔质量，直接应用于组焊定位工序，取消孔的二次加工，对提高生产效率，降低生产成本具有重要意义。

关键词：数控切割；内孔法；切割质量

1. 概述

在工程机械机架等结构件中，中厚板零件的内孔在整体组焊接中起到定位功能，其孔尺寸精度、孔内表面质量将直接影响整体组焊质量及效率。一般零件内孔加工流程，通常采用先数控切割机切割预留一定余量的底孔，再采用钻床扩孔或镗床镗孔提升内孔尺寸质量，达到定位需求。

本文通分析内孔切割缺陷产生原因，提出新的内孔切割参数，提升切割孔质量，直接应用于组焊定位工序，提高了生产效率，降低生产成本。

2. 中厚板内孔切割缺陷及原因分析

常见中厚板内孔切割缺陷主要包含孔割不透、上表面烧熔孔上下孔径不一致、孔切割引线起始端表面凹坑或凸起等（见图1）。分析表明：切割速度与割嘴到工件表面的距离，是孔割不透、上表面烧熔的关键因素；切割引入、引出路径的不同，是孔切割起始端表面凹坑、孔上下孔径不一致的关键因素。

（1）切割速度　与工件厚度、割嘴形式有关，一般随工件厚度增大而减慢；切割速度必需与切口金属的氧化速度相适应：切割速度太慢，会使切口上缘熔化；太快则后拖量过大，甚至割不透，造成切割中断。在切割操作时，切割速度可根据熔渣火花在切口中落下的方向来掌握，火花呈垂直或稍偏向前方排出时，即为正常速度（见表1）。

（2)切割嘴到工件表面的距离　割嘴到工件表面的距离(即割嘴高度)根据工件厚度及预热火焰长度来确定。割嘴高度过低会使切口上线发生熔塌及增碳，飞溅时易堵塞割嘴，甚至引起回火；因此在穿孔时，割嘴距板材表面按经验一般保持15~20mm，切割点预热应呈白热状态，而孔正常切割时割嘴与板材表面间距离，丙烷切割气一般为



（a）切割中孔割不透　（b）上边缘熔化孔径上下不一致　（c）交点处凸起

图1　切割孔常见缺陷

表1　氧丙烷切割内孔速度

序号	板厚/mm	割嘴型号	切割速度/mm·min^{-1}
1	10~14	0	380~340
2	16~20	1	360~320
3	20~30	2	250~290
4	30~50	3	290~220
5	50~70	3	220~180

8~10mm。随切割板厚的增加，割嘴与工件表面的距离应适当减小。

（3）切割路径　厚板切割过程中，温度由钢板上表面向下递减，切割开始时，氧气压力为逐渐增加，最后在钢板厚度方向达到一致，这就导致在切割起始位置钢板厚度方向燃烧不一致，产生孔切割起始端表面凹坑、孔上下孔径不一致。由于该缺陷产生的原因无法避免，为此需通过设置合理的切割引入引出线、切割路径，将缺陷尽可能减小或将缺陷转移至切割余料上。

（4）氧化渣原因　对于板材厚度50mm以上直接穿孔切割孔时间过长，熔化的氧化渣易粘钢板表面，冷却后清除困难。清除氧化渣时冲击力易造成钢材轻微移动，影响孔的形状尺寸精度和位置度。同时，二次穿孔时由于割缝间隙过小容易出现泛渣现象堵塞割嘴，因割嘴堵塞导致的设备停机修复割嘴，影响切割质量。

3. 内孔切割质量提升措施

根据上述分析，在切割气体压力、氧气纯度（>99.5%）、切割速度、割炬高度相对稳定的前题下，切割路径是制约孔切割质量的关键因素。本文将主要从切割路径的选取，提出如下改进方法。

（1）切割孔余量　为保证内孔切割后的尺寸精度，需对内孔切割尺寸进行有规律的放量编程，圆孔按表2中数据进行尺寸放量后绘制。

（2）内孔切割引线　按照切割板厚不同，内孔切割引线可分为圆弧类、直线类、预穿孔特殊过度类，各引线类型的引入线、引出线、割嘴过走距离，如表3所示。

（3）厚板预穿孔技术　对于板材厚度50mm以上件，在直接穿孔的引入线前增加ϕ20mm圆孔作为二次穿孔处（见图2）。穿孔后钢板表面氧化渣易于清理，同时解决了二次切割内孔穿孔时泛渣引起的割嘴堵塞现象，保证了切割孔精度，降低孔缺陷的焊补修磨成本。

4. 结语

综上所述，采用合理的切割速度、穿孔引线路径及预穿孔技术，有利于保证内孔尺寸精度，减少内孔缺陷修补时间，提高了工作效率；另外切割内孔直径也可进一步缩小，而板材厚度则可适当增大，无需对孔进行二次钻镗加工，降低制造成本。

表2　圆孔放量尺寸　（mm）

孔类型切割机类型	25≤ϕ≤100（有公差要求）	25≤ϕ≤100（无公差要求）	ϕ>100
火焰切割机	上偏差	+1.5	+1



(a)预穿孔应用　(b) 预穿孔清除氧化渣

图2　预穿孔技术

表3　切割引线类型　（mm）

板厚	类型	引入	引入延长	引出	割嘴过走	引线示例
10～20	圆弧	1.5～2.5	15～20	5	0～-1	引入延长线 圆弧引入线 割嘴过走 圆弧引出线
20～50	直线	20	0	5	0.5～1.5	直线引入线 割嘴过走 直线引出线

作者简介：杜富强等，山东临工工程机械有限公司技术中心。

MW 20161122