



铁道机车产品中厚板切割的点滴经验

刘帮平 肖迪智

【摘要】 本文以株洲联诚集团的铁道机车产品中厚板切割为例，从曲折引入线切割、阶梯切割、引入引出线“异化”为留割、补偿设置等多方面着手，探讨了中厚钢板切割的一些经验。

关键词： 切割；中厚钢板；sigmanest

1. 概述

株洲联诚集团备料中心位于湖南省株洲市田心轨道交通城，是株洲联诚集团下属结构件制造中心，承担着中车株机厂和联诚集团内部所有中厚钢板下料业务。备料中心主要切割材料为碳钢、不锈钢，年下料能力在4万t以上；产品主要涵盖机车车体、构架系列，变压器油箱、转向架砂箱系列、风筒系列及直流件等产品，具备下料、加工、成型配套能力。随着对产品高质量的不追求及成本管控力度的逐步加强，越来越多的零件采取不留量或少留量切割，切割件尺寸精度、表面质量、切割面垂直度等要求越来越严格，同时对材料利用率的提升要求也逐步提高。

备料中心中厚板切割主要是火焰切割和等离子切割，火焰切割气体为丙烷混合气+氧气，等离子为氧气切割；编程软件为sigmanest，此软件为全自动套料软件，提供了较丰富的切割工

艺和切割经验。笔者在长期的生产实践过程中，通过归纳、分析编程与切割过程中出现的各种问题，并不断摸索尝试，总结了以下几点经验，以供大家共同探讨。

2. 曲折引入线切割

钢板下料时，为了保证切割零件的完整性，切割的起点不能在零件的轮廓线上，对于零件的外轮廓，应该在零件轮廓外部起割；对于零件内轮廓，应该在零件轮廓内部起割，我们分别把切割起点和切割终止点到零件轮廓上的这段多余出来的切割线，叫做引入线和引出线。对于厚度超过60mm以上的钢板，备料中心的火焰切割预热时间在120s以上，直接在钢板上穿孔也会缩短割嘴寿命，穿孔熔渣也易飞溅到割嘴上，控制不到位甚至可能影响产品切割质量。为此，在排版可行的情况下，都是尽量从钢板边缘开始切割。从边缘切割基本可避免以上问题，对操作者技能

要求也会低些。但这样又产生另一个缺陷（见图1），由于从钢板边缘直接直线切割，导致因钢板受热变形而又开，使零件切割尺寸容易产生超差。

为此，经过多次试验，我们采用依然从钢板边缘起割的借边模式，同时又能尽量避免钢板因受热变形而导致切割尺寸超差的缺陷，采取了曲折引入线切割的方式。此切割方式是通过曲折切入，使钢板余料之间相互产生钳



图1 钢板受热变形

制作用，从而限制钢板变形，图2为其中一种曲折引入方式。曲折引入线切割方式已在备料中心厚板火焰切割中得到应用，取得了较好的实际效果。

3. “阶梯”式切割

套料编程软件很多，每种软件都有各自的优势，也存在需要改进的方面。笔者使用的是sigmanest软件，功能非常强大也很全面，但对于火焰切割矩形零件，以往都是两两共边。如某型机车60mm厚的某零件，按以往sigmanest软件两两共边的方式（见图3），每对零件之间留15mm间隙，2000mm×1970mm规格的钢板只能切214个零件。采用火焰切割设备自带软件套料，利用特有的“阶梯”式切割



图2 曲折引入切割



图3 两两共边切割

模式，同样规格的钢板可以切割248个零件，材料利用率可提升近10%。由于此模式切割路径像一级级楼梯般运行（见图4），故将此方式命名为“阶梯”式切割。此模式的优势，首先是通过全轮廓共边可明显提升材料材料率；另一方面在共边的同时也减少了切割路径长度，故切割效率也相应得到提高。

“阶梯”式切割目前只适用于矩形零件，由于需要借边切割，故需较精确计算割缝值，且一般对10~70mm以内厚度的零件有优势，太薄或太厚了都容易切伤零件。

4. 引入引出线“异化”为留割

在生产中发现切割某六轴车材料厚度为22mm，长度超6000mm的零件时，总是在引出点处出现熔蚀现象（见图5、图6），起初以为是引出线过短导致，但将引出线从6mm增加到20mm，此缺陷仍然没能避免。经过观察割缝宽度、切割时零件变形倾斜等情况，得出结论：由于在引出线处无法跨越割缝切割，导致火焰偏向熔蚀零件本体。针对此问题，采取了降低切割速度，延长引出线长度，调节切割火焰等多种方法，效果不明显或是又产生其他问题。为此，考虑到此零件为长宽比超15:1的细长件，为防止切割变形而设置了留割，于是在设置引入引出线时将间隙设置为7，使引出点避开零件本体，形成另一个留割（见图7），从而解决了引出点处熔坑缺陷。

此类引出点熔坑问题主要集中在18~25mm厚的钢板零件，在既可以保证切割速度较快，又不影响切割质量的情况下，采用



图4 阶梯式切割



图5 引出点熔蚀图



图6 引出线加长后

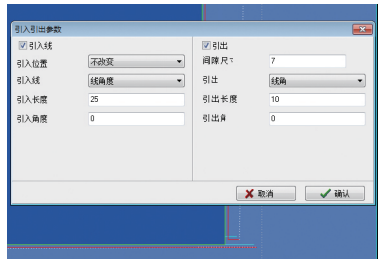


图7 引入引出线异化成留割设置



异化的留割尺寸和位置可根据具体零件大小、形状进行设置,尽可能的减少后续切割、打磨的工作量。像前文中提及的某六轴车22mm厚的细长零件,原本就需要留割,采用此方式没有增加工作量;而对于原本不需要留割的产品,可结合割缝宽度,通过合理设置引入引出“间隙”值来调节留割,基本可达到无打磨或只需稍微打磨即可的效果。

5. 补偿设置

数控切割时,根据零件实际轮廓切割所行走的轨迹路线是理论尺寸,实际切割下来尺寸会存在偏移,即零件尺寸外轮廓部分会变小,内轮廓尺寸会变大(双边刚好相差割缝宽度)。这是因为切割时存在割缝,割缝是切割时损耗的部分,因此实际切割时需要进行几何尺寸补偿,以弥补割缝造成的尺寸差异。补偿分软件补偿和数控系统补偿两种,它们的最终目的就是让切割机行走的轨迹偏移,使切割产生割缝损耗后形成的尺寸刚好等于编程绘图尺寸。

在切割经验不足的初期,由于对各台设备、各厚度材料割缝值不能准确掌握,另外加之切割设备及操作人员技能的差异,同样厚度的材料在不同表面状况情况下,割缝值也可能不一样,所以采用切割设备上的数控系统补偿,以便于根据实际切割情况随时修正割缝值。但采用此补偿方式时,切割生产中出现零件没有切断现象(见图8、图9),并且此现象只发生在零件外轮廓上,尤其是在采用直线引入引出方式的圆形外轮廓中此缺陷很明显。

经过分析,原来设置补偿时类似于将原零件轮廓偏移半个割缝值。采用切割设备数控系统补偿时,由于偏移导致引入引出线重合的位置分离开了,而采用软件补偿却不会产生这样的缺陷,所以数控切割时应优先采用编程软件补偿,这样可避免因补偿问题而导致的没有切断现象。

6. 短线条的处理

由于三维模型能给人以更强烈的视觉感受,产生任意视图,极大地便捷了生产工作,所以三维软件运用已越来越普及。很多产品二维切割图样都是直接由三维立体图形转化而来,但也由此而产生一些问题。如图10中的某城轨产品,切割面锯齿严重。通过核对原始下料图,发现此零件二维下料图是直接由三维折弯零件展开转化而来,锯齿处为非常短小的直线组成,导致生成NC代码时,每切割移动极小一段距离就执行一次G01指令,从而形成了图10的锯齿状缺陷。

此类短线条的处理方案可从三方面来考虑:一是利用三维软件自身来减少短小的线段数量。如使用三维软件pro/e时,在画完二维草图后,可将所用二维线段框选,进入编辑菜单选择转换成样条线,这样不但可减少碎面,也有利于减少转化成二维时的细短线条。二是可通过在二维图形中将细短线条拟合成长线段。如将图10中的零件锯齿处短线段用一条光滑的长样条线代替,切割后锯齿缺陷基本消除。三是利用专门软件来解决。如我单位激光设备自带的PM200软件中就有一项类似功能命令叫:自动/

手动串联。它可将细短线段自动拟合,同时也能将重复线删除。无论采取哪种方式,对于切割线条,都需尽量减少线条数量,避免极短的线段,以免影响切割面质量。

7. 切割平台问题

在传统观念中,人们一般都把火焰、等离子切割当作简单的粗加工,认为只能切割毛坯件。

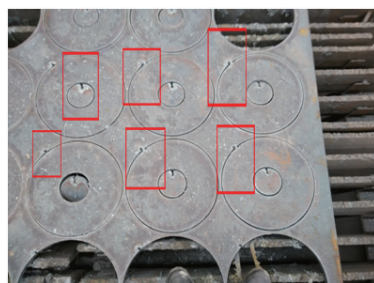


图8 没切断的矩形外轮廓



图9 没切断的圆形外轮廓



图10 短线段导致的锯齿缺陷

对火焰、等离子切割的改进也更多的关注于设备及易损件等方面，极少考虑到切割平台的影响。其实，切割平台状况对零件切割质量及零件表面质量有着很大的影响。本节仅就火焰切割平台栅格平面状况，对零件质量的影响作简要说明。

图11、图12为某城轨36mm厚某零件切割后的情况，由于切割平台不平，且零件尺寸较小，切割后零件掉落于切割平台之下或产生倾斜。偏离切割路径的倾斜时，零件底面容易产生缺陷，而从图12的第二列零件可知，当偏向切割路径倾斜时，所有的5个零件正面均产生了缺陷。

由此可见，在相同切割条件下，切割平台越不平，切割缺陷会越多。

8. 协调作战

作为以切割下料为主的单位，备料中心在切割排版时，更多的是关注切割自身的效果，主要从切割可行性、材料利用率的提升和切割效率等方面考虑。但从产品整个加工生命周期来看，下料只是其中的一个环节，作为一个好的下料工艺，必须同时考虑下道工序的因素，协调作战。



图11 零件倾斜偏离切割路径



图12 零件倾斜偏向切割路径

因此，对于那些下料清理熔渣完成后还要机加工或折弯的零件，排版时既要考虑切割工艺本身，也要使清渣后零件摆放的正面是处于方便机加工或折弯操作的一面。另一方面，由于切割变形不能完全避免，故排版时非加工边应该先切割。

9. 结语

(1) 曲折引入线切割、阶梯式切割对防止钢板变形，提升材料利用率效果较明显。

(2) 引入引出线“异化”为留割，解决了零件引出点处熔坑缺陷问题。

(3) 补偿设置方式的改变，消除了割不断的缺陷。

(4) 短线条的三种解决方案，为三维立体转二维切割图形提供了思路。

(5) 切割平台及产品加工全生命周期的考虑，有利于中厚板切割工艺的完善。

影响及提升中厚板切割质量和效益的方式、方法很多，以上方法都在生产实践中得已应用，并取得了很好的效果。工艺改进是永无止境的，希望这些方法能起到抛砖引玉的作用，对中厚板切割从业者有一定参考价值。

参考文献：

- [1] 刘帮平,刘冬. 数控等离子切割下料改进方法[J]. 金属加工(热加工), 2014 (18) : 57-59.

作者简介：刘帮平等，株洲联诚集团有限责任公司备料中心。

MW 20160923

《金属加工（热加工）》2016年第20期广告目次

广州阿比泰克焊接技术有限公司	1209	封面A
金属加工杂志社	8000	封二A
法国液化空气焊接公司上海代表处	1404	封面B
意大利泰尔稳有限公司上海代表处	5306	封二B
梅塞尔切割焊接（中国）有限公司	1126	封三
泰佰亿（山东）工业有限公司	5032	封底
凯天环保科技股份有限公司	5028	前彩1
北京金威焊材有限公司	1161	前彩2

洛阳双瑞特种合金材料有限公司	5276	前彩3
昆山京群焊材科技有限公司	5123	前彩4
金属加工杂志社	8000	I
海别得（上海）商贸有限公司	1697	III
现代重工（中国）投资有限公司	5668	V
金粉商城	8000	VII
2016年全国失效分析培训交流会	8000	分隔页A
2016年核电工业焊工技能大赛	8000	分隔页B