

国铁打磨车底侧梁共边分区激光切割法

罗云富　赵斌　姚成宏

【摘要】双动力国铁打磨车零件底侧梁，由于结构的特殊性，激光切割时间长，且常因热变形影响零件质量。笔者通过分析零件特点，结合激光切割的优点，采用共边分区激光切割法，提高了生产效率，保证了切割质量，取得了良好效果。

关键词：长宽比；热变形；共边切割；微连接

在双动力国铁打磨车生产中，零件底侧梁在激光切割下料时，因切割时间长和热变形等质量问题而影响了生产效率。为此笔者结合多年的激光切割经验，对底侧梁进行了技术攻关，采用共边分区激光切割法，改变传统的单一形式切割方法，既提高了生产效率，又保证了产品质量。

1. 底侧梁工艺尺寸及特点

底侧梁材料为板厚5mm的Q345A低合金钢板，外形工艺尺寸为86mm×2856mm，其切割下料图样如图1所示。

其主要加工工序为：切割→折弯。成品为槽钢形状，其成品截面形状如图2所示。

底侧梁配件特点分析：①配件轮廓周长较长，单件切割轮廓周长为7939mm。②长宽比过大，其长度2856mm，宽度只有86mm，长宽比为33。③切割小孔多，该配件共有ϕ10mm的小孔43个。④切割的凹槽多，零件一侧为直边加孔，另一侧则均布16mm×16mm的凹槽28个。⑤对旁弯控制要求高，配件长而窄，发生旁弯后，不仅影响零件中孔的位置，而且影响后工序的折弯成形。

2. 底侧梁激光切割分析

激光切割具有切割速度快、切缝窄、加工精度高、加工表面质量好、热影响区小、切割端面无斜度、切割小孔能力强等优点。而底侧梁板薄、多孔，要求无旁弯变形，因此适合用激光进行切割下料。

如果仅按常规方式进行激光切割，存在以下特点：①按单件切割，切割时间较长，要4min左右。②多孔和凹槽，它们在一个狭窄区域频繁切割，增加了配件对热量的吸收。而配件过热不利激光切割，不仅会降低激光效率以及切割质量，而且加大了配件发生热变形的倾向。③配件长

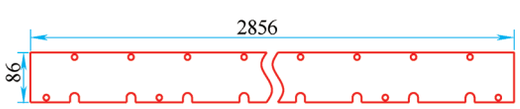


图1　底侧梁下料

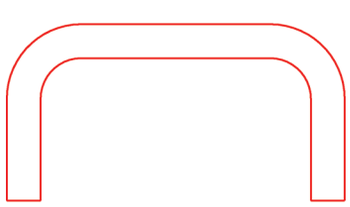


图2　成品截面形状

宽比过大，在热切割过程中一般极易发生热变形，发生配件翘起或旁弯。激光切割属于热切割，底侧梁33倍的长宽比，加上孔及凹槽多，吸热量大，其热变形较大。

综上所述，如果按传统的切割方式进行单件切割，先一次性切割完所有内孔轮廓，再切割外轮廓，则发挥不了激光切割的优势，生产的配件也会因热变形而达不到工艺技术要求。

3. 共边分区切割法

在激光切割加工中，切割速度和切割路径决定着切割加工时间，在切割速度一定的情况下，激光切割路径的选取将直接影响切割加工时间，从而影响切割加工的效率。

切割路径的安排，不仅要使切割路程尽可能最短，而且还应考虑在该路径下切割的过程中产生的热量的影响，将这两方面有机结合起来，形成真正适合激光切割过程的路径才最有实用价值。

（1）共边切割　分析底侧梁有一条长直边，适合采用两个零件的长直边重合在一起实现共边切割，如图3所示。

先割所有的孔，再割中间的共边线以及外形轮廓。由于共边切割减少了一条长2856mm路径切割，缩短切割时间1.19min，提高工效35%。

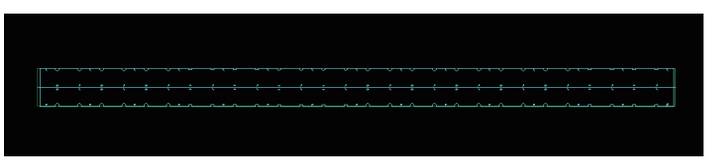


图3　共边切割示意

由于采用的是常规的激光共边切割，未考虑在该路径下切割的过程中产生的热量的影响，切割完内孔后，在切割共边线过程中，随着路径的加长，外形热变形使配件从共边处向两侧发生涨开旁弯，外侧凹槽边严重偏离了标准位置，引起零件报废。其切割效果如图4所示。

共边切割节省了切割时间，相对的也降低了配件的热量吸收。从图4的切割效果看，采取在共边线上适当位置增加微连接节点，对配件进行刚性固定连接，可防止配件旁弯分离，控制热变形。增加微连接节点后零件（见图5）在切割中的热变形得到了有效控制。

（2）增加微连接节点　根据底侧梁共边切割长度为2856mm以及切割变形的情，在共边线的两端及中部间隔950mm共增加4个微连接节点，节点设置少了起不到作用，多了会增加穿孔动作，降低生产效率，同时不便切割完后两个配件的分离。同时注意单个微连接节点宽度的设置在1mm左右，以保持其抵抗热变形应力在临界点上，既起到能控制变形的作用，又方便分离而不损坏配件质量。

（3）分区优化切割顺序，改变切割的长宽比　底侧梁33倍的长宽比使得在切割过程中很容易产生热变形旁弯。结合在底侧梁共边切割中设置了4个微连接节点，将底侧梁分为前中后三个区段，按前部区、中部区和后部区来设置切割顺序，即先切割前部的所有孔和线段，再切割中部的孔和线段，最后切割后部的孔和线段。实际上把底侧梁分成3个区段来切割，长宽比相对的由原来的33倍降低为11倍，极大地改善了热变形情况。

共边线上设置微连接节点，而底侧梁共边外侧的凹槽能很方便设置新的切入线，且不浪费材料，如图6所示。

图6中，*A*，*B*处为凹槽切入点，*C*处为微连接节点，其中*a*、*b*表示切入线。如前部切割顺序安排为先切割位于前部的28个小孔，接着从*A*处*a*线切入切割前部下面的凹槽边，然后切中间的共

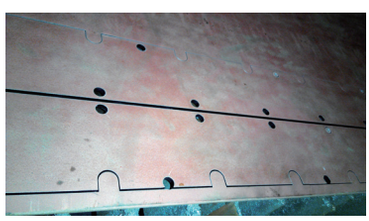


图4　常规共边切割效果



图5　增加微连接节点后的效果

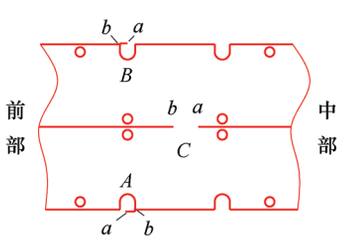


图6　前、中部分段处示意

边线至*C*处*b*点收刀，最后切割前部上面的凹槽边，在*B*处*b*点收刀，完成底侧梁前部的切割。依次再切割中部和后部。

（4）穿孔点设置　在激光切割中，穿孔点的切割方式根据使用激光方式不同分为两种：一种是采用连续激光方式的爆破穿孔方式，特点是穿孔速度快，效率高，但飞溅多，穿孔点处孔径较大不规则，成形质量差，一般不直接设置在配件的轮廓上，而是从配件的轮廓外穿孔引入，如图7所示。另一种是采用脉冲激光方式的脉冲穿孔方式，特点是穿孔速度慢，效率底，但飞溅少，穿孔点处孔径较小与割缝相当，且成形质量好，能直接设置在配件的轮廓上，多用在厚板或关键部位的穿孔，如图8所示。

在底侧梁的切割中，共边线上微连接节点处的穿孔使用脉冲穿孔方式，因为穿孔点需直接设置在配件的轮廓上，虽然穿孔时间长，但成形质量好，不影响配件质量，而且共边线上只有3处穿孔点，对整体的切割效率影响不大。



图7　爆破穿孔方式效果

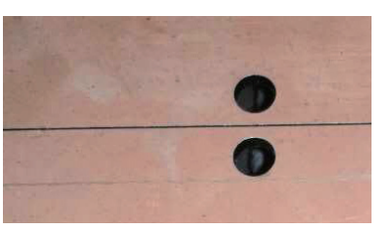


图8　脉冲穿孔方式效果

底侧梁的内孔和外侧凹槽的切割穿孔均采用爆破穿孔方式，主要考虑的是穿孔的效率。底侧梁的内孔较多，对整体的切割效率影响较大，一个脉冲穿孔预切割时间为2s左右，而底侧梁有43个小孔，若用脉冲穿孔，穿孔时间共有86s，降低了激光切割效率，因此采用爆破穿孔方式较好。

（5）宏指令的运用　我公司使用的是瑞士百超激光切割机，其具有宏指令功能。该功能可以对配件上的某个部位设置宏指令，在切割中根据切割情况，可单独调整设置了宏指令部位的切割参数，以改善该部分的加工尺寸和加工精度，而不影响配件其他部位的切割参数和状态。

在底侧梁的切割中，实际上只有3种轮廓状态切割：一是内孔切割，二是共边线的切割，三是外侧的凹槽边切割。由于它们所处的位置不同，切割的先后顺序不同，在实际切割中配件受热情况不同，其切割效果是有差异的，因此引入宏指令功能对三部分轮廓进行设置，以便对切割状态进行微调，达到改善整体切割质量的要求。内孔一般安排在第一时间切割，设置宏指令1；共边线在第二时间段切割，设置宏指令2；外侧凹槽最后切割，不设置宏指令。这样三部分轮廓可以分别调整切割参数，方便了实际切割中的操作，以及对质量的控制。

（6）凹槽拐角小圆弧处理　激光切割碳钢板时，热传导速度快于切割速度，热能会作用在激光之前，而在拐角处切割的速度和功率会发生变化，加剧了拐角处的热量积累，致使拐角处单位断面能量输入过剩，处于高温状态，从而引发过烧造成熔损。

底侧梁的外侧凹槽较多，拐角亦多，因此为改善拐角处的熔损缺陷，同时减少拐角处切割速度和功率的频繁变化，造成的热量增加引起热变形，在凹槽拐角处进行小圆弧处理，如图9所示。

通过小圆弧处理，保证了拐角处前后切割速度和功率的一致，有效避免了熔损缺陷的产生，改善了切割质量，同时降低了热影响。

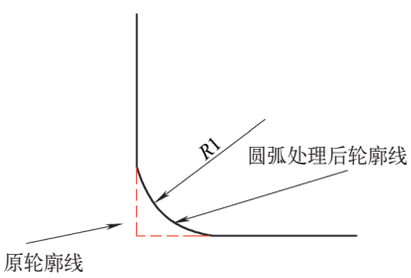


图9　凹槽拐角处小圆弧处理

4.结语

综上所述，通过采用共边分区激光切割法，即同时采用共边切割、微连接和分区段降低长宽比等多种切割方法与技巧，控制了热变形，保证了配件质量，取得了很好的效果，生产效率提高了35%，零件合格率达到了100%。

参考文献：

[1] 叶建斌,戴春祥. 激光切割技术[M].上海：上海科学技术出版社，2012.

作者简介：罗云富等，中车长江车辆有限公司株洲分公司备料车间。

MW 20160922