某汽轮机用Z形锻件闭式挤压成形技术研究

蒋峥嵘，龙正建，谢彬，刘明松，何应强

摘要：利用有限元分析手段，结合公司螺栓镦头机设备，对自由锻较难成形的某汽轮机用Z形锻件闭式挤压成形工艺进行研究。通过Deform-3D有限元分析软件，对拟定的成形方案进行了有限元模拟，得出了在该成形方案下的坯料温度场、应力场变化、充填情况及工件与模具各方向相互作用力等，并确定了方案的可行性，将该工艺方案应用于模具设计制造，得到了合格的产品，同时提高了成形质量及成形效率，减小了加工余量。

关键词：Z形锻件；闭式挤压成形；有限元分析；螺栓镦头机

闭式挤压成形原理是将坯料置入模具封闭形腔中，在一定压力和速度的作用下，迫使金属在模腔中成形，从而获得所需形状、尺寸，以及具有一定力学性能的挤压零件[1]。闭式挤压成形是依靠模具来控制及约束金属流动，靠金属体积转移来成形零件。与自由锻及开式模锻相比，有如下优点[2]：

（1）节约原材料。闭式挤压加工余量小，锻件几乎无飞边，因而能大量减少切削加工，提高材料利用率。

（2）提高锻件质量。利用闭式挤压成形，由于材料进行充分的塑性变形使零件内部形成合理的纤维流线分布，是零件力学性能大幅提高。

（3）降低自由锻操作难度。针对形状复杂的零件，自由锻操作难度较大，尺寸精度控制也较难，闭式挤压成形可降低操作难度。

（4）提高成形效率。利用闭式挤压成形不仅可以提高毛坯的制造效率，同时可以减小加工余量，缩短机械加工工时。闭式挤压成形一般应用于制造零件整体尺寸不大，常规锻造难度较大、锻件质量要求较高，如齿轮、轴承套等关键零件[3-4]。

1. 零件工艺性分析

Z形悬挂销零件截面图及三维模型如图1所示，其材料为1Cr12W1MoV。由于零件形状所致，原自由锻工艺成形难度较大、效率低下且材料利用率低，传统单一凹模的闭式挤压成形在成形后难以将锻件取出，对于这类尺寸较小的锻件，适合在中小吨位压力机上采用两半组合式凹模进行无飞边挤压成形，且已有的螺栓镦头机能够较好地满足这一要求。

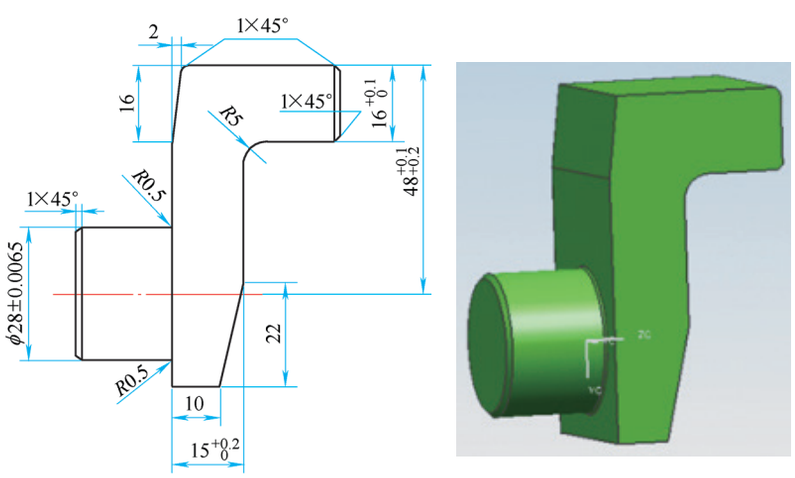

图1　零件截面图及三维模型

螺栓镦头机设备主要用于螺栓镦制，属于螺栓镦制专用设备。该设备由主机、液压传动系统和电气控制系统组成，设备工作原理是模具安装好并放好坯料后先由左右合模缸提供合模力使凹模左右半合模，凹模合模后提供机械锁模机构，凹模合模后滑块带动凸模先快速下降再缓慢下降以保证挤压成形质量，其最大镦挤力3MN，成形结束后，滑块泄压并迅速回程到位，左右锁模油缸泄压退回，凹模左右半离，取出工件。

2. 挤压成形工艺性分析

为实现该Z形悬挂销在螺栓镦制专用设备上挤压成形，模具设计需考虑与设备接口问题，并且凹模必须是分半式凹模，同时，零件摆放及分模位置对成形质量有至关重要的作用，经过多次分析与研究并进行对比，有以下两种工艺方案可供选择，如图2、图3所示。

以上两种工艺方案均采用左右分块式凹模，为使压机左右锁模力平衡，凹模分模面均是零件的对称面，所不同的是零件摆放位置，方案1是零件圆头段在下，方头段在上；方案2则相反，零件圆头段在上，方头段在下；以上两种成形方式理论上均能实现悬挂销挤压成形，但方案2由于圆头段在上，成形后悬挂销圆头段会留在上模内，由于上模是整体式结构，会致使取模困难。因此，排除成形方案2，以下在工艺方案1的基础上进行。

3. 有限元分析及结果

该闭式挤压成形锻件余量由原来自由锻的单边5~10mm减小为单边2.5~3mm，如图4所示，根据体积不变原则，经核算圆钢坯料下料规格为ϕ60mm×47mm，坯料放置方式如图5所示。

该材料1Cr12W1MoV，加热温度按标准给定，在分析中考虑与模具热传导，热传导系数由软件推荐，摩擦系数0.3，坯料网格30000个，挤压速度1mm/s，模具设置为刚体，初始温度200℃。由于设备可对分半凹模提供机械锁紧，因此在分析中直接将左右半凹模设置为整体式。

得到的有限元模型图及成形结束时情况如图6所示。

根据模拟结果，工件充填良好，以锻件各关键截面（对称面、圆头处截面、方头处截面）剖开得到充填情况如图7所示。

分析结果显示在该情况下，所需最大挤压成形力（*Y*向为竖直挤压方向）为1.06MN，工件与凹模*X*、*Y*、*Z*方向相互作用力随凸模行程变化曲线如图8所示。已有的螺栓镦头机所能提供的最大挤压力为3MN，说明成形力足够。工件成形后温度分布及

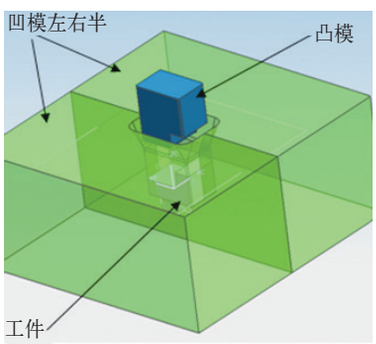

图2　工艺方案1

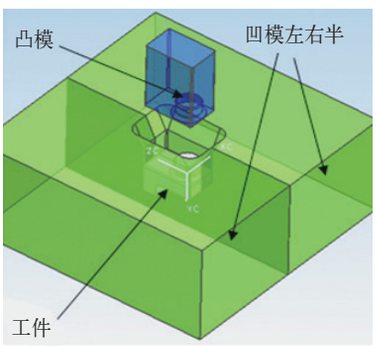

图3　工艺方案2

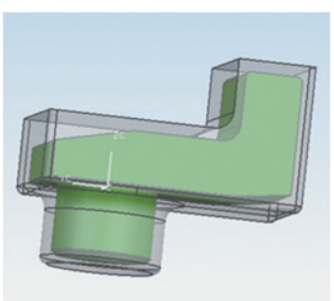

图4　锻件放量示意

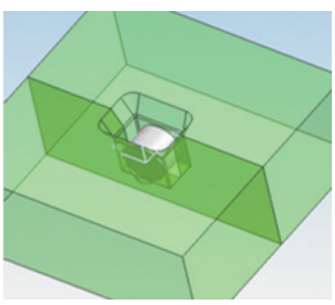

图5　坯料放置示意

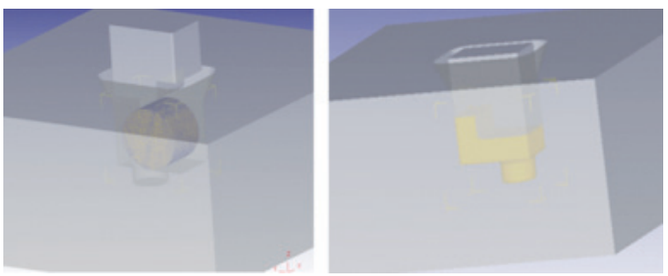

图6　有限元模型及成形情况

应力应变分布如图9所示。

4. 生产试制

根据模拟分析结果，结合公司螺栓镦头机设备，考虑与设备接口尺寸及安装取模等因素，设计了挤压成形模具，为便于工件取出，在凹模型腔中设置3°的拔模斜度。

为减少加热时氧化皮，试验时采用感应加热方式进行加热，下料尺寸及成形参数按要求设定，下料尺寸ϕ60mm×47mm，经过闭式挤压，得到的锻件如图10所示。

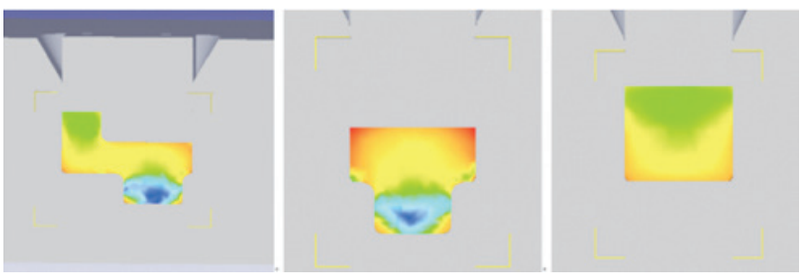

图7 锻件各截面充填情况

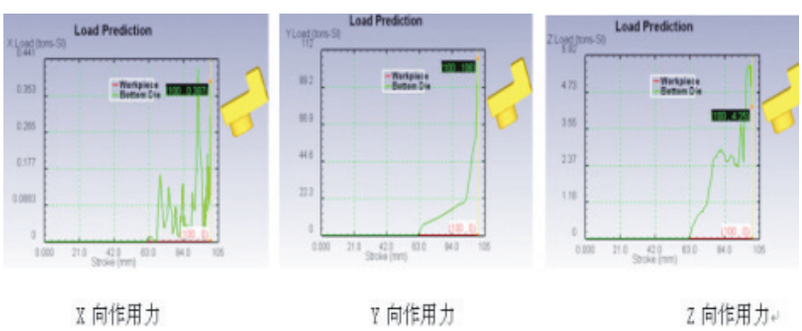

图8 工件所需各向成形力

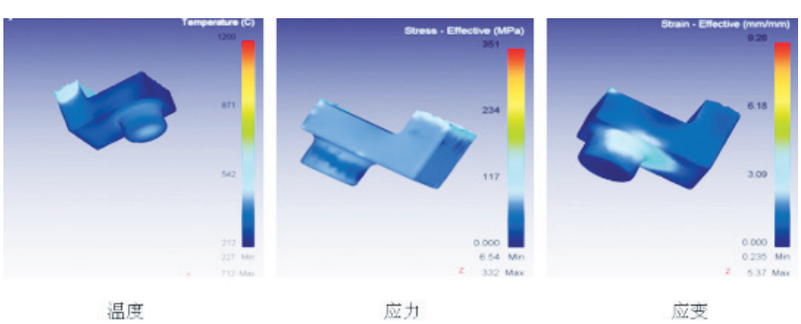

图9 工件温度及应力应变分布

图10 锻件试制照片

图11 加工后产品

从试制情况来看，锻件充填饱满，棱角等部位成形情况较好，将该锻件按零件图样进行加工，得到了最终产品，如图11所示。

5. 结语

通过对闭式挤压成形工艺研究，利用已有的螺栓镦制专用设备，通过模具改进、工艺优化及有限元分析手段，将挤压成形工艺应用于该Z形锻件制造，验证了该零件闭式挤压成形工艺的可行性。该工艺与原自由锻工艺相比，不仅能节约材料，提高效率，降低了操作难度，还改善锻件质量、缩短加工工时。

参考文献

[1] 田福祥，等.锥面锁紧两半凹模双侧枝件闭式挤压模具设计[J].模具工艺，2011，37（7）.

[2] 张海英，等.用镦挤法进行闭式模锻[J].锻压技术，2012，37（1）.

[3] 刘华伟，等. 汽车行星齿轮闭式挤压模设计[J].热加工工艺，2010，17（9）.

[4] 杨功显，范华，等. 金属材料手册[C].东方汽轮机有限公司.

作者简介：蒋峥嵘，东方电气集团东方汽轮机有限公司，主要从事金属塑性成形工艺及汽轮机用高温合金材料锻造及冲压工艺及模具设计研究。

龙正建、谢彬、刘明松、何应强，东方电气集团东方汽轮机有限公司工艺部。

MW 20170409