



模具设计对挤压型材低倍质量的影响

■ 邓玉臻

摘要：介绍了一种型材的两种模具设计，通过跟踪实际模具使用和型材检测结果，对比了两种设计的模具对低倍质量的影响，分析了影响低倍质量的因素，得出：模具设计更改时应重新验证工艺去头尾长度；模具设计时应充分考虑死区宽度和模具型腔存铝量，均衡去头尾长度；挤压残锭设定应做好充分验证。

关键词：模具；残锭；死区宽度；去头尾；铝型材；挤压。

铝合金挤压是通过对铝合金锭料施加三向压力，获得相应于模具的型孔或凹凸模形状制品的一种压力加工方法，模具设计是其中极为重要的一个环节，决定了型材尺寸，是影响型材生产效率和成品率的重要因素。

实心平模型材形状简单，模具设计时空腔分流模容易，但是随着低温高速挤压工艺的推广和用户对于产品低倍质量要求的提高，挤压生产时必须保证一定的去头、尾量，以减少不良品的产生。通过优化模具设计，尽可能缩短型材低倍缺陷长度^[1,2]，可明显提高产品成品率。本文介绍了一种平模型材的两种模具设计，通过模具实际使用效果验证、挤压差异原因分析，对其进行了评价，为平模设计优化提供借鉴。

1. 试验方案

本文介绍的型材断面简单，但断面宽度较大，低倍质量、表

面粗晶和平面间隙要求严格。型材挤压用合金为7003，合金质硬，模具设计不当易导致模具开裂。模具设计时，选取参照日本设计方案制成的模具为试验模具1[#]；参照常规设计制成的模具为实验模具2[#]，如图1所示。

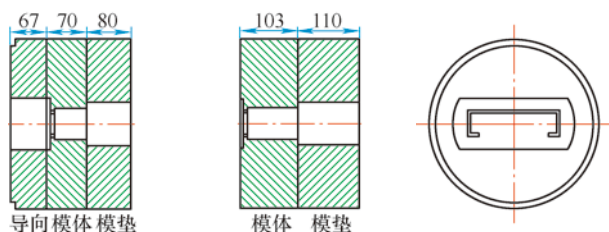
试验模具1采用三体模具设计，包括导向、模体和模垫，因受整体限制三个部分厚度较薄。试验模具2采用两体设计，包括模体和模垫，各部分厚度较大。两套模具均采用优质H13模具钢制作，选用相同的热处理工艺处理。

挤压试验在日本UBE制造的27MN正向挤压机进行，挤压筒

为圆形，直径263mm。挤压工艺采用低温高速挤压（540℃+10m/min），挤压棒长500mm，残锭设定30mm，出材27m左右。根据型材性能要求，控制重点为型材低倍和金相组织。每套模具选取型材2支留低倍和金相，低倍取样位置为头部（T）3m、2.5m、2m、1.5m，尾部（W）3m、2.5m、2m、1.5m，金相取样位置T为1.5m和W为1.5m处。型材检测结果要求低倍无缩尾等缺陷，型材全断面最大粗晶厚度≤200μm。

2. 试验结果

（1）低倍检测结果 低



（a）试验模具1侧面剖视图 （b）试验模具2侧面剖视图 （c）模具正视图

图1 试验模具

倍试样制备完毕后，按照GB/T 3246.2—2000标准要求，进行试样腐蚀和低倍检测，结果见表1。结果显示，在同种挤压工艺条件下，1#模具的去头、尾总量4m左右可保证型材低倍符合国标检测要求，且头尾缩尾长度较为均匀。而2#模具的去头、尾总量则在3.5m左右，考虑到拉伸变形（一般为减少拉伸变形影响至少保证1.5m的去头、尾量），实际去头尾长度至少保证4.5m，缩尾集中在型材尾部，而且缩尾出现位置出现差异，这说明模具设计对型材的挤压头、尾端的金属流动产生了影响。根据去头尾长度，1#模具的设计的成品率更高。

（2）金相检测结果 按照控制要求，留取每块金相试样的最大粗晶层厚度区的金相照片，如图2所示。在50×光学显微镜下观察金相并测量最大厚度处，取样型材表面最大粗晶厚度均小于100μm（见表2），说明试验工艺条件下，两种设计的模具对表面粗晶层厚的影响程度均较小，模具设计改变对组织的影响较小。

（3）模具使用状态 跟踪模具的后续使用状态发现，采用三体设计的模具多次使用后发生导向开裂情况（见图3），开裂位置位于两侧厚度较薄的边部圆角过渡处。开裂分析认为导致模具开裂的原因是挤压时上下侧的受力较大，对两侧形成很大的沿挤压方向的剪切力，由于导向边部较薄，强度相对较低，承受交变应力时易产生变形开裂，考虑到此种设计的模具在日本使用时

效果良好，应从选取优质模具钢并配以合理的设计优化和热处理工艺加以改善。两体设计的模具整体使用寿命良好。

3. 分析与讨论

挤压时金属流动一般可分为三个阶段^[3,4]。第一阶段为开始挤压阶段，又称为填充挤压阶段。金属受挤压轴的压力后，首先充满挤压筒和模孔，挤压力直线上升直至最大。第二阶段为基本挤压阶段，也叫平流挤压阶段，此阶段中金属的流动相当于无数同心薄壁圆管的流动，即内外层金属基本上不发生交错或反向的紊乱流动，铸锭在同一断面上的金属质点均以同一速度或保持一定的速度进入变形区压缩锥，靠近挤压垫片和模具角落处的金属不参与流动而形成难变形的阻滞区或死区，此阶段挤压力随着锭坯的长度减少而下降。第三阶段

为终了挤压阶段，或称紊流挤压阶段。此阶段中，随着挤压垫片（已进入变形区内）与模具间距离的缩小，迫使变形区内的金属向着挤压轴线方向由周围向中心发生剧烈的横向流动，同时两个死区中的金属也向模孔流动形成挤压加工中所特有的挤压缩尾。这种由于死区金属流入型材导致的挤压缩尾不仅会出现在型材尾部，也可能会对下一根型材的头部产生影响，其影响程度受模具内部存铝量、模具入口形状、挤压残锭厚度和控制。

模具设计时，如果模角为90°，且采用平齐的设计，此时模具内部存铝量极少，挤压基本不对下一根型材产生影响。若挤压时模具内部存铝量较大，挤压末期死区金属进入存铝区，再次挤压时死区金属会流入下一根型材头部，形成头部缩尾。受模具入口设计影响，挤压过程中垂

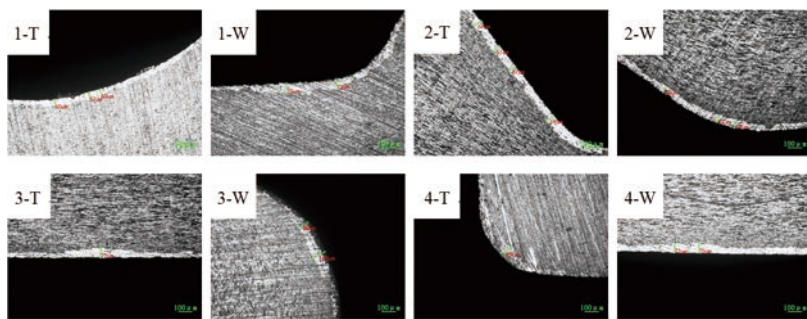


图2 挤压型材表面最大粗晶层厚度（每根棒检测头、尾）

表1 试验型材低倍检测结果

模具	型材	T3	T2.5	T2	T1.5	W3	W2.5	W2	W1.5	备注
1#	1	合格	合格	合格	缩尾	合格	合格	合格	缩尾	—
	2	合格	合格	合格	缩尾	合格	合格	合格	缩尾	
2#	3	合格	合格	合格	合格	合格	缩尾	缩尾	缩尾	T1m处验证显示合格，但拉伸变形较重
	4	合格	合格	合格	合格	合格	缩尾	缩尾	缩尾	

表2 挤压型材表面最大粗晶层厚度值统计

位置	1-T	1-W	2-T	2-W	3-T	3-W	4-T	4-W
厚度/μm	60	72	69	70	70	75	80	89

直于挤压方向的横向死区宽度存在差异,而死区宽度又与高度成正比,死区高度越高挤压时进入末期紊流阶段的时间越早,在压余一定的情况下,形成的挤压缩尾环直径越大,产生挤压缩尾的程度增加。由挤压过程可知,在挤压进入紊流阶段时及时停止挤压,并将剩余金属残锭切去,可阻止死区金属流入型材,有效防止缩尾缺陷产生。

本文选用的两种模具设计中1[#]模具在模体前添加导向,挤压时会形成一定的存铝,当压余设定不合理时,会导致下一根型材产生头部缩尾。但是导向的添加又使死区面积减少,相同压余条件下,挤压结束时形成的缩尾环小,有利于减少型材尾部缩尾。2[#]模具挤压时模腔内基本不存在存铝,对下一根型材的头部影响很小,但是此模具的死区高度大,在和1[#]模具相同的压余条件

下,形成的尾部缩尾环直径大,形成的尾部缩尾长度大。

残锭对型材挤压缩尾的影响最为直接。以本次试验模具为例,将2[#]模具的压余降为20mm,低倍结果见表3。型材的尾部缩尾长度明显增加。残锭减少10mm,直接导致缩尾长度增加1m以上。增加残锭厚度理论上对型材低倍组织有好处,但对设备提出要求。残锭厚度增加,切除面可能会形成剪切斜面或撕裂面,造成头部缩尾和气泡。

型材挤出后,会经过适量拉伸,以保证型材直线度和去除内部淬火应力。在未使用专用垫块时,拉伸变形会使型材头、尾产生一定的变形区,一般会作为废料处置,本试验型材为例变形区长度约1.5m,因此,为保证型材质量,去头尾工艺设定最小长度为1.5m。

表3 试验型材低倍检测结果

模具	型材	T3	T2.5	T2	T1.5	W3.5	W3	W2.5	W2	W1.5
2 [#]	5	合格	合格	合格	合格	缩尾	缩尾	缩尾	缩尾	缩尾
	6	合格	合格	合格	合格	缩尾	缩尾	缩尾	缩尾	缩尾

锻压征稿启事

《金属加工(热加工)》现面向广大锻压工作者征集关于冲压车间、冲压优化及工艺、热冲压生产线、多工位冲压及自动化;精锻生产线、锻造流程生产、零部件锻造工艺、锻造生产转型升级;钣金数字工厂、钣金上下料矫平检测、激光钣金工艺、钣金成形难点等策划约稿,文章一经录用,将在策划期次及时发表。

联系人:金属加工编辑部

联系电话:010-88379798转623 王老师

投稿方式:tougao.mw1950.cn



图3 1[#]模具导向开裂图
(图中箭头为开裂部位)

4. 结语

通过以上分析,结合型材去头尾量、金相组织、拉伸变形,得出以下结论:

(1) 相同断面,模具设计更改时应对工艺参数进行重新验证,尤其是型材低倍质量。

(2) 本试验中,采用1[#]模具设计方案,残锭设定30mm,去头尾量均匀稳定,可获得相对较好的型材成品率,但1[#]模具对原材料、加工和热处理质量要求加高。

(3) 制定挤压工艺时,应根据设备能力和模具设计,合理制订残锭厚度。

参考文献

- [1] 陈天晓. 铝合金挤压的数值模拟及模具结构优化[D]. 重庆:西南大学, 2014.
- [2] 黄兆胜, 陈俭, 麦振海, 等. 模具结构对减少铝合金棒材缩尾的研究[J]. 铝加工, 2011(4):46-48.
- [3] 吴锡森. 浅析铝合金挤压缩尾产生的原因及防止措施[J]. 有色金属加工, 2014(4):35-36.
- [4] 秦富军, 蒲强亨. 浅析铝合金涂层产品缺陷产生的原因及控制措施[J]. 铝加工, 2015(1):44-46.

作者简介:邓玉臻,丛林集团有限公司。

MW 20170810