

节材节能的小飞边模锻工艺

上海交通大学

(210030) 王以华

上海保捷汽车零部件锻压有限公司

(211818) 张海英 孙佳佳

【摘要】 闭塞锻造的下料精度一般要求很高，因此限制了其应用范围。为克服上述缺陷，作者设计了小飞边的混合型飞边槽，并针对环类锻件设计了带有自动开启结构、实用有效的飞边槽。

在原材料和能源日趋紧张的今天，人们期待着节材、降耗、提高模具使用寿命和锻件精度的工艺和方法，期待着建立节约型的社会。

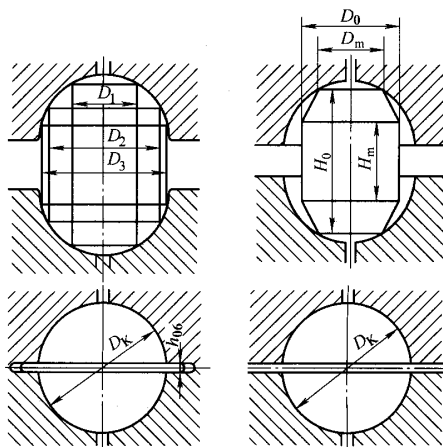
本文所述小飞边模锻工艺，可节约原材料 20% 以上，模具寿命几乎提高一倍。

1. 滚珠的小飞边模锻

相比有飞边模锻，小飞边模锻能提供更精确的毛坯，通常以两个方案实现，由 4 个模锻阶段构成。在各个阶段规定最小飞边，该飞边仅在飞边桥部范围内出现。在 3 个阶段的小飞边模锻中，一般不产生飞边。在开式模具中，3 个阶段的小飞边模锻原理是基于模具的型腔内已形成了金属流，而这股金属流保证了金属到达飞边槽入口处前模具型腔的充满。由于采用了特制的型材毛坯和依靠模腔侧壁的作用，在充满终锻模腔尖角的过程中没有金属流入飞边槽，这就保证了第二阶段大变形的实现。在设计 3 阶段模锻时飞边不出现，但毛坯中多余金属在第四阶段形成了不大的飞边。因此，3 个阶段的模锻过程依赖于第一、第二和第四阶段。

实际上，该过程不可能用于所有形状的锻件。当存在体积的内变形和表面金属分配良好的两个特征金属流动时，实现 3 阶段的模锻过程就非常简单。例如，在试验条件下无飞边模锻滚珠。开式模膛如图 1 所示，使用的各种尺寸的圆柱体毛坯 D_1 、 D_2 和 D_3 见图 1a，但没有得到良好的结果，且模锻的进行在 4 个阶段里；只有注意选择毛坯的合理尺寸和体积，才能把模锻的第四阶段压缩到最短。3 个阶段的模锻取决于预成形的毛坯。如模锻滚珠，选择两端有截锥的圆柱体型材毛坯，在 $H_m = (0.5 \sim 0.6) H_0$ 和 $D_m = 2/3 D_0$ 的条件下，金属

的轴向流动导致滚珠型腔的尖角充填，充型与飞边同时结束或大大早于飞边向间隙的径向流动。如在此条件下，毛坯的体积等于滚珠的体积，则可获得没有飞边或带有不大飞边（由于毛坯尺寸不精确有多余金属）的锻件，但飞边没有起到一般开式模锻的飞边所起的作用。



(a) 有飞边 (4 个阶段的过程) (b) 无飞边的模锻 (2 个阶段的过程)

图 1 开式模锻中滚珠的模锻

为了比较常规飞边和 3 阶段小飞边模锻的每一个阶段的压下量，关于滚珠模锻得到如下数据（见图 1 和表 1）。

表 1 在开式模具中模锻滚珠两个方案的比较

模锻方法	各部分单独模锻阶段 与总的压缩比值				$\Sigma \Delta H$	$J = \Delta H_2 / \Delta H_1$
	ΔH_1	ΔH_2	ΔH_3	ΔH_4		
常规飞边	0.48	0.1	0.36	0.06	1	0.2
小飞边	0.15	0.75	0	0.1	1	5

在3个阶段模锻的条件下,第二阶段的模锻依赖于大大缩短第一阶段的模锻并且完全取消第三阶段的模锻。 J 值($J = \Delta H_2 / \Delta H_1$)越大,毛坯预成形的形状越要正确选择。毛坯下料越精确,飞边形成的几率越小。仅仅在超出毛坯金属体积名义尺寸时,才存在4个阶段的模锻。

2. 混合分模的小飞边模具结构

图2所示为小飞边模锻的混合分模的模具结构。该模具完全包含了开式和闭式模膛的优点,并能应用于所有由于毛坯体积不精确的常规的闭塞模锻。由于飞边槽的特殊位置,保证了飞边开始形成的时间滞后,并且增加了飞边槽出口处的阻力,从而沿锻件周边形成的飞边小了。在通常的切边模中,切除飞边没有遇到困难。在所述方案中,小飞边金属流动的4个阶段,亦可用3个阶段实现,但必须用预成形毛坯。

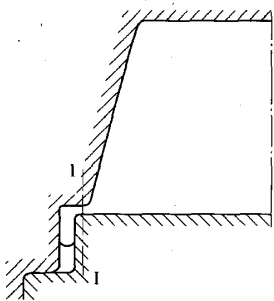


图2 具有混合分模的小飞边模锻的模具

(I—I所示为飞边切除位置)

C-100型拖拉机齿轮小飞边模锻的模具结构如图3所示。 $\phi 130\text{mm}$ 的原始毛坯在下模凹坑4和上模膛5中打击1~2次预成形,将预成形的毛坯翻转180°放到带有小飞边的模膛里,再打击2~3次。这时仅形成2mm

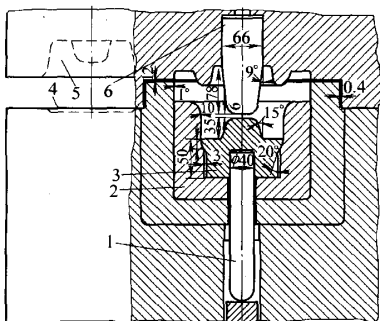


图3 在半闭塞式模膛中毛坯的预锻和小飞边终锻的模具

1. 气动顶杆 2. 凹模 3. 支撑顶杆
4. 下模凹坑 5. 上模膛 6. 上顶杆

厚的飞边,因此未开飞边仓部。沿轮载仅1°模锻斜度。锻件由气动顶杆1顶出。支撑顶杆3与上顶杆6之间形成薄的连皮(厚6mm)。由于这两个零件最易损坏,故采用可换式的,模具寿命也大大超出了普通锤锻模的寿命。

3. 在自动开启的模具中小飞边模锻

环类锻件在自动开启模具中进行小飞边模锻,其模具如图4所示。模具由上模座3和下模座9组成。在下模座中放上垫板11、下模7、顶杆12、顶出杆10和润滑模膛的管子8(箭头示出喷涂润滑剂的方向)。在上模座里装有凸模5、顶杆2、顶出杆1和管子8。活动镶套

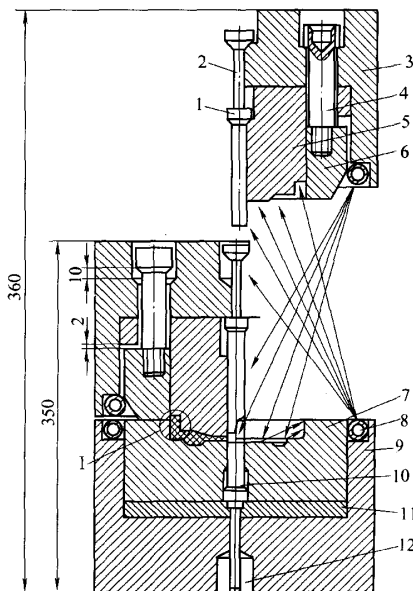
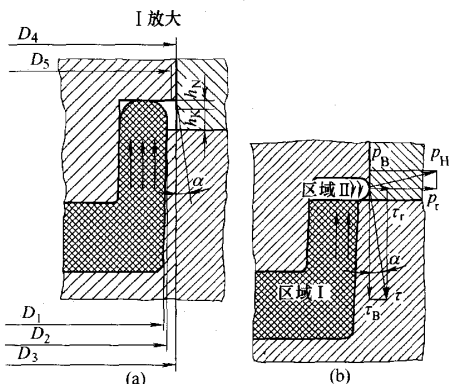


图4 模锻环类锻件带有自开凹模的闭塞模具

- 1、10. 顶出杆 2、12. 顶杆 3. 上模座 4. 拉紧螺钉
5. 凸模 6. 镶套 7. 凹模 8. 管子 9. 下模座 11. 上垫板

6 由拉紧螺钉 2 固定, 以保证镶套开合。在模具零件接近预锻粗毛坯变形开始时, 镶套 6 封闭凹模 7。仅靠镶套自重保证接触平面紧贴。在此过程的第一阶段, 金属向上自由流动直到与凸模的上平面接触 (见图 4a)。此时, 镶套还没有与变形金属接触, 而且其余零件还没有受载。

在第二阶段, 金属受到由下向上的挤压 (区域 I) 和凸模上平面受到锻粗力的作用 (区域 II), 金属出现倒流 (见图 4b), 其流动方向由示意图箭头所示。由于区域 II 中金属在第二阶段产生锻粗过程到完全充满模膛的瞬间之前, 镶套能够克服变形金属的上升力而紧贴在凹模上。

在正确选择镶套接触表面形状时, 如锥体部分的特征锥角 α , 以及圆柱段和圆锥段的合适高度 h_z 、 h_k , 可使镶套仅仅在完全充满模膛之后再上升。在模锻终了时 (在第三工艺阶段), 多余金属使镶套向上且使模具自动打开。因此, 沿凹模周边形成了具有一定高度的补偿面。当压力机滑块在下面时, 该面高度等于镶套与凸模法兰部分之间的间隙 (见图 4)。

沿着接触表面作用在镶套上的正压力 P_H 和切向应力 τ 的方向见图 4b。这里标记甚至可用垂直分量 P_B 及 τ_B 以及水平分量 P_r 、 τ_r 组成。当 $P_B < \tau_B$ 时, 金属能够清晰地充满模具形状; 而在模锻终了开始时, $P_B \geq \tau_B$ 。因此, 在金属本身变形作用下, 镶套 6 所起的作用是自动调节模具的零件, 以保证在模锻终了时打开模具。

在设计自开模具时, 计算自动调节零件接触表面形状, 拟订模锻工步过程中必须考虑锻件的几何形状和金属流动特征。与零件外形有关的可以参阅表 2 中的模具结构略图。

表 2 中的略图 1—1、1—2、1—3、1—4 和 2—5 用于原始毛坯预先锻粗条件下轴对称零件的模锻; 而略图 2—1、2—2、2—3、2—4 用于金属在模膛中挤压法成形。图 4 所列举的模具适于表 2 中的 2—4。

为了拟订自动开启式模具工艺设计和结构的科学方法, 需要解决表 2 所示的模具材料的应力-应变状态的理论课题。在该课题解决的基础上有可能计算出新的模具结构的基本参数——自动调节零件的圆锥角。

所述模具结构的 (见图 4) 使用经验, 能够归纳出实际确定模具结构和模锻工艺过程参数的特点。锻件直径 D_1 、 D_2 (见图 4a) 和其他几何尺寸按 GB12362—

1990 2 级精度锻件设计余量, 比用户要求的更为准确。

镶套直径 D_3 由下式确定:

$$D_3 = 0.008 D_2 + D_2 = 1.008 D_2$$

表 2

锻件结构方案	典型模具略图	略图编号
		1—1
		1—2
		1—3
		1—4
		2—1
		2—2
		2—3
		2—4
		2—5

注: 1 为凸模, 2 为镶套, 3 为凹模, s 为凸模行程。

模具可能沿着分模面移动,故必须给予补偿,凹模圈的交叠尺寸等于 $D_3 - D_2/2$ 。在工厂生产条件下,镶套锥角 α 可以用经验方法确定,对所述模具采用 $\alpha = 3^\circ$ 。 α 一般在 $3^\circ \sim 20^\circ$ 范围内选用。镶套圆锥高度 h_k (见图 4a) 与相应的锻件尺寸,在切除飞边良好的条件下按下述关系式确定:

$$h_k = h_z + 3 \sim 5$$

式中 h_z ——有飞边模锻条件下的飞边桥部厚度, mm。

在确定凸模、镶粗垫板、镶套和上顶出杆尺寸时,必须考虑压力机模座系统的弹簧装置。按照说明书的刚性曲线图确定压力机弹簧大小。镶套的高度 H 和镶套的自由行程值,是在凸模使金属变形之前保证模具封闭的条件计算的。在多余金属条件下,模具打开时的镶套上升高度,可以采用有飞边模锻时相同的飞边桥部高度。为了预防因镶套与凸模受热膨胀的不均匀性而卡住镶套,甚至为了消除端面毛刺,凸模与镶套的连接尺寸由下式确定:

$$D_5 = D_4 - 0.004 D_4 = 0.996 D_4$$

毛坯的尺寸和体积应该保证在工艺过程最恶劣的条件下获得合格的锻件。未考虑烧损的热毛坯最小体积,应该等于最高温度下磨损后的模膛体积,并且采用具有最大水平尺寸和最小高度尺寸的锻件相同体积。以最大

烧损的锻件体积确定了最小的毛坯尺寸,其全部尺寸正的波动受到毛坯尺寸公差限制。

在该模具中的模锻按如下工步进行: 锻粗→在终锻模膛里模锻。既然模具仅仅在模膛完全充满之后才能打开,所以不必设计预锻工步。在终锻模膛中为了确定锻粗后的毛坯中心位置,锻粗后毛坯的最大直径 D 应该小于凹模模膛直径 $2 \sim 4$ mm (见图 4a), $D = D_1 - 3$ mm。锻粗高度可以由已知毛坯的体积求得。但在实际上更简单和更合理地获得该尺寸是用经验法。有飞边普通模锻和小飞边模锻环类锻件的比较列于表 3。

表 3 普通有飞边模锻和小飞边模锻的效益比较

技术经济指标	有飞边 普通模锻	小飞边 模锻	增减量 (%)
毛坯重量/kg	1.895	1.452	-23.4
锻件重量/kg	1.530	1.303	-14.8
飞边重量/kg	0.365	0.149	-0.149
模锻力/kN	13500	11000	-18.5
模具寿命/件	7000	13000	+86

4. 结语

综上所述,小飞边模锻具有可观的经济效益,且模具结构切实可行、操作简便。让我们从眼前做起,为取得更好的经济效益而努力!  (20061118)

济南二机床签下国内规格参数最大的多工位压力机及六条重型冲压线订单

2006年12月22日,济南二机床集团有限公司为奇瑞汽车有限公司提供一台25000kN大型多工位机械压力机及6条重型冲压生产线的购销合同签字仪式在济南举行。济南二机床董事长张志刚、奇瑞汽车董事长尹同耀共同在购销合同上签字。

25000kN多工位压力机应用了具有良好运行特性曲线的六连杆技术、主电动机自动补偿连线技术、软制动控制技术,以及滑块卸荷阀背压自动调整技术,具有完善的自动监控系统 and 良好的人机操作界面,技术指标和性能均达到当今国际先进水平。较国外同类产品,其六连杆运行特性具有高精度、高效率、高度自动化及高度柔性化等优点,适用于大型覆盖件的拉深、成形、弯曲和冲裁等,是汽车、航空、电子及家电等领域,特别是高档轿车工业极其重要的冲压设备,能较好地满足大型拉深件高质量、高效率的成形要求。目前,多工位冲压

工艺及装备在国外汽车生产领域已经得到较广泛的应用,国内只有个别企业采用了较小规格的进口产品,可以说,该项工艺及装备的应用在国内尚处于起步阶段。

奇瑞汽车公司此次订购的25000kN大型多工位压力机,不仅规格参数居国内之首,而且也是国产大型多工位压力机在汽车覆盖件生产领域的首次应用。此前,济南二机床与奇瑞汽车公司有着近10年的良好合作,已累计为奇瑞汽车提供了19条冲压线、121台压力机设备及一条国际先进水平的全自动开卷落料线。目前,奇瑞使用的所有冲压设备均出自济南二机床。此次,奇瑞汽车公司再次选购济南二机床生产的大批成套冲压装备,显示了奇瑞人的智慧、胆识与独特的战略眼光。对于共同追求自主创新、发展自主品牌的济南二机床与奇瑞汽车来说,其成功的互动与合作,无疑对振兴国内装备制造,乃至整个民族工业具有鲜明的典范意义。