

大型冲孔类自由锻环锻造工艺方法

■ 任秀凤, 牛余刚, 银伟, 李玲

大型冲孔类自由锻环在盾构机等大型工程机械上得到广泛应用, 该类产品的具有直径大, 内孔小, 厚度厚的特点, 由于工程机械零部件的服役条件恶劣, 受力情况复杂, 为保证锻件的使用寿命, 用户对锻件的内部组织、无损检测、综合力学性能均提出较高要求。

近期, 我司承接的大型锻环的材质为Q345B, 为低合金高强度结构钢。成品外径约3.5m, 内径约1.3m, 厚度250mm, 形状见图1; 技术规范要求从图中所示三个小孔处切取三个直径300mm圆柱形试料, 从圆柱高度方向的中间部位取样一组做试验, 每组试样包含一个拉伸试样、三个冲击试样和一个金相组织试样, 取样位置见图2。

试验结果要求金相组织达到1~3级, 金属平均晶粒度不低于5级。锻件超声波检测满足GB/T2970 II级要求, 力学性能满足GB/T1591要求。

锻件盘面宽度超过1m, 厚度

厚, 取样部位靠近盘面中心偏内孔的位置, 此部位钢锭偏析和疏松残留的可能性大, 同时锻透条件差, 冷却条件差, 因此, 很容易出现粗晶、混晶的现象, 要想满足成品检测、力学性能要求, 其难度可想而知。

我公司采用36t VD钢锭进行锻造, 化学成分检测结果列入表1。钢锭去除头尾, 利用率控制在75%以内。冷锭装炉, 燃气炉加热, 850℃均温4h, 之后升温至1230℃保温8h, 出炉锻造。

锻造在100MN自由锻压机上完成, 主要变形过程如下:

钢锭滚圆→镦粗(变形约20%)→钢锭拔长→镦粗(变形约50%)→再次拔长→镦粗(变形约70%)保压→冲孔→马杠扩孔→整形→锻后冷却。

镦粗时, 随着锻件高度不断被压下, 锻件平面逐渐加大, 需要的变形抗力也持续增大, 整个变形过程需要5~7火完成, 其中马杠扩孔需要两个火次完成。

钢锭拔长时, 采用宽砧

大压下量强压, 每次压下200~300mm, 压下后上砧停留15~20s再提砧, 注意接砧搭接量100~200mm, 确保接平。

冲孔前镦粗可采用旋转局部镦粗的方式进行, 镦粗至要求高度时, 增加镦粗板大面积覆盖坯料, 上砧压下, 压力达到平衡后保压15~20min。

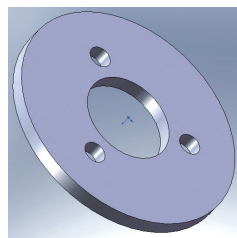


图 1

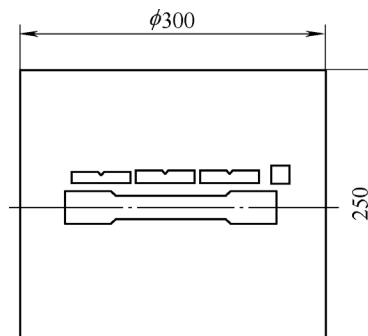


图 2

表1 Q345B 锻件用钢的化学成分 (质量分数) (%)

熔炼炉号		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Ti	Nb	N	CEQ
技术要求	熔炼	≤20	≤50	≤1.7	≤035	≤035	≤30	≤50	≤10	≤15	≤30	≤20	≤07	≤012	≤48
实测结果		17	39	1.41	011	003	05	022	003	077	021	065	025	008	0.43

最后一火变形量大于20%，终锻温度控制在750~850℃，锻后风冷至室温。

冷却后锻件经尺寸检测满足工艺要求，之后装炉热处理，热处理工序也是保证锻件力学性能的关键工序，我公司采用正火强制冷却的方式进行，重点控制锻件出炉后的冷却过程，使得锻件获得了介于淬火和正火之间的冷却速度，改善了锻件中心部位的冷却条件。为防止锻件因应力过大而产生变形，同时稳定组织，我们增加了回火工序，起到了很好的消除应力的效果。

热处理之后粗加工，粗加工表面粗糙度 $Ra \leq 6.3 \mu m$ ，之后进行超声波检测，使用单晶直探头进行检测，探头直径24mm，频率2MHz，起始灵敏度 $\phi 2mm$ ，对锻件上下平面、内外圆进行垂直四面检测，未发现超标缺陷，检测结果显示符合GB/T2970 II级要求。

超声波检测后，用火切切割

的方式切取圆柱形试料并按图2所示取样试验，力学性能试验结果列入表2，金相试验图片见图3。

由表2所列数值可见，锻件各部性能均满足GB/T1591要求，并且三个位置的检测结果差异不大；金相检测结果显示，三个试料的金相组织均为铁素体+珠光体组织，晶粒细小、均匀，无明显粗晶、混晶现象，符合GB/T13320 II级金相组织要求。

针对此类大型冲孔类自由锻环，我们精心设计锻造工艺过程，加上正火控冷热处理措施，最终获得了细晶粒均匀组织、强韧性指标匹配优良的成品，成品的各项指标完全满足客户的使用性能要求，应用此工艺共生产三件产品，均顺利交付使用。

大型冲孔类自由锻环制作中最容易出现的质量问题是粗晶、混晶等组织不均匀现象，一旦出现粗晶，超声波检测时将出现草状波甚至无底波的现象，同时韧性指标也随之大幅下降。粗晶现象通过反复

热处理能在一定程度上得到改善，但是却不能完全避免，同时也造成极大能源浪费。因此，大型冲孔类自由锻环，如何避免粗晶、混晶是质量控制的重点和难点，加强锻造工序控制是最行之有效的措施，同时也为后续热处理质量提供了前提保障。

大型冲孔类自由锻环的锻造工序中要注意以下几点：

(1) 拔长时一定要采取宽砧强压的方式进行，保证钢锭心部疏松区域不断缩小、变形直至被压合。每一压压下后要稍作停留，使得被压合的孔穴性缺陷接触面进一步扩散，最终融为一体。

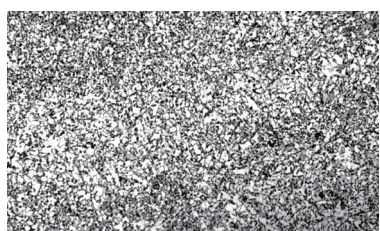
(2) 镦粗后冲孔前要有15~20min的全覆盖保压过程，该过程能够有效焊合锻件内部微裂纹、缩孔等缺陷。

(3) 最后一火要留有足够的变形量，要大于临界变形程度，一般取15%~20%。

(4) 降低终锻温度，锻后快冷等措施也是锻件获得细小晶粒的重要保证。



(a) 试料1 (100×)



(b) 试料2 (100×)



(c) 试料3 (100×)

图3 金相试验图片

表2 大型冲孔类自由锻环的力学性能试验结果

试料编号	试样方向	R_m /MPa	R_{el} /MPa	A (%)	Z (%)	A_{KV} (20℃) /J		晶粒度	备注
验收标准		450~600	≥265	≥17	—	平均≥27		≥5	—
试料1	纵向	531	321	33	76	58.7、42.4、54.5	51.9	8.7	合格
试料2	纵向	551	311	30.5	73	65.4、61.5、50.4	59.1	8.2	合格
试料3	纵向	520	335	28	73	94.2、79.4、87.3	86.9	9.0	合格

作者简介：任秀凤、牛余刚、银伟、李玲，山东伊莱特重工股份有限公司。

MW 20170309