

轴颈锻件精化工艺和质量分析

四六〇厂

陈为山

涡喷型发动机轴颈锻件属于Ⅱa类锻件Ⅰ类零件,原锻件肥头大耳,工艺落后,不但浪费大量不锈钢,而且在机加过程中尚要消耗不少工时和切削刀具。该锻件在入厂复验及工序间调质处理后机械性能检验时,经常出现 α_k 值不合格,致使锻件报废。

在德阳二重厂的支持下,我们对轴颈锻件进行了精化,改变了锻件理化检验取样部位,根据零件图形设计的特点,将中心孔部位的余料用套料刀具套出,作为100%性能检验用试料。通过批生产考验,工艺图纸已定型,不但节省了一部分金属,而且冶金质量也完全符合专用技术条件的要求。

一、锻件精化工艺

轴颈锻件材料系1Cr11Ni2W2MoV马氏体不锈钢,锻件模锻后经正火、回火处理,其硬度值HB(d) ≥ 3.7 毫米。

精化前后锻件图见图1。

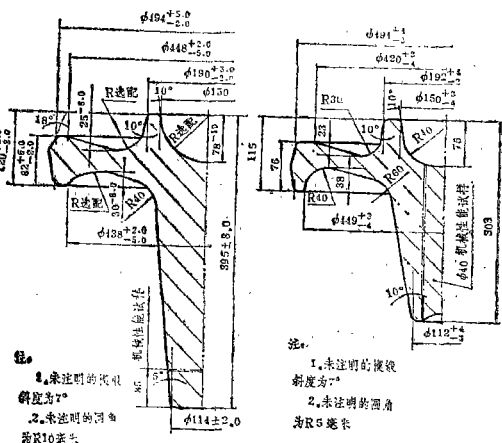


图1 轴颈锻件图(主要尺寸)

轴颈模锻件原在上海重型机器厂12000吨水压机上模压,单件重量为166公斤,机械性能试样取自锻件杆部端头专用余料(图1a);精化的轴颈锻件是在德阳二重厂16吨模锻锤上模锻,单位重量为110公斤,机械性能试样取自锻件中心部位套出的余料。

为了保证在模锻过程中得到充满较好的模锻件,同时考虑到轴颈锻件尺寸、形状及重量等因素,我们采用钢锭直接开坯成图2的异形锻坯(图2)。金属的模锻过程主要以微粗形式成型,可满足金属流线沿零件外形分布。

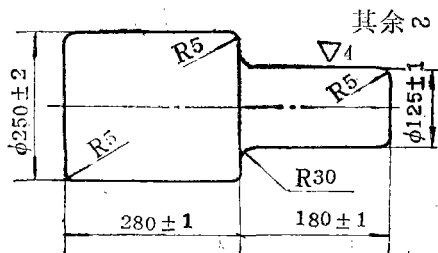
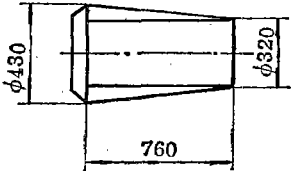
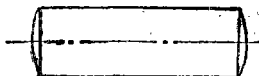
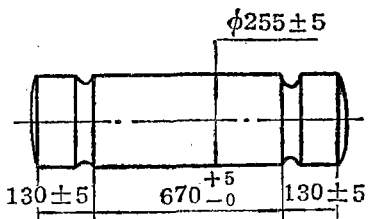
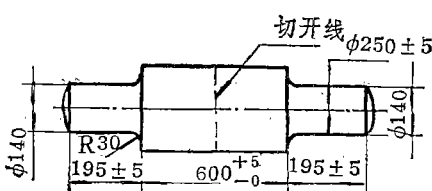
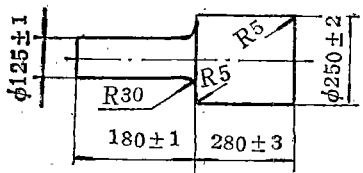
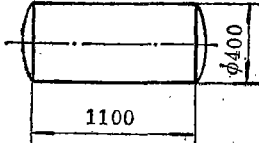
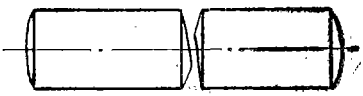
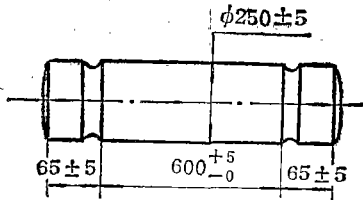
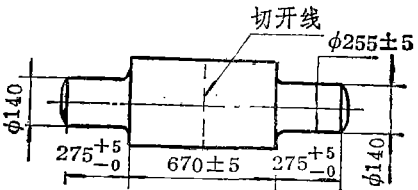
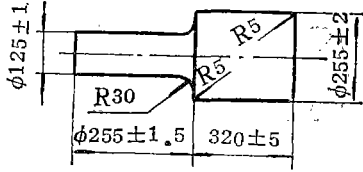


图2 轴颈的锻坯

轴颈模锻件在模锻时头部变形较大,而杆部变形较小,以致有些部位很少变形。因此轴颈锻件杆部的质量好坏在很大程度上取决于锻坯的质量。为此我们在精化轴颈锻件时也强调了锻坯质量。要求锻坯应具有致密、均匀的组织,以获得高的力学性能。锻坯除进行超声波探伤外,并考虑了钢锭到锻坯的锻压比。锻坯的头部锻压比,用电炉钢锭为2.2,用电渣锭为2.6,杆部的锻压比,用电炉钢锭为7.1,用电渣锭为8.1。原锻坯变形大小也相似。模锻时头部还要经较大微粗变形,因此,锻坯各部分变形大小是合适的。坯锻变形工艺过程见表1。

表 1 锻坯变形工艺 (主要变形工艺)

原 锻 坯 变 形 工 艺	精 化 锻 件 锻 坯 变 形 工 艺
<p>电弧</p>  <p>第1火: 拔长255方, 按长度切料。</p>  <p>第2火: 滚圆φ255±5, 在二端压肩。</p>  <p>第3火: 拔杆部, 切开。</p>   <p>锻坯经车光, 退火。</p>	<p>电渣</p>  <p>第1火: 钢锭拔长250方, 锻压比>2.5, 按长度切料。</p>  <p>第2火: 滚圆φ255±5, 在二端压肩。</p>  <p>第3火: 拔出杆部, 锻压比>4。</p>   <p>锻坯经车光, 超声波探伤, 退火。</p>
<p>模压:</p> <p>12000吨水压机模压。</p>	<p>模压:</p> <p>16吨模锻锤模压。</p>

为了全面地提高轴颈模锻件性能和冶金质量, 现已将该种材料冶炼工艺由电弧炉钢改为电渣钢, 实践证明不但提高了 α_k 值, 而且冶金质量也有了很大的提高。

模锻工艺如下:
加热曲线: 见图 3
始锻温度: 1150~1160℃
终锻温度: 290℃
模具预热温度: 300~350℃
模锻设备: 16吨模锻锤

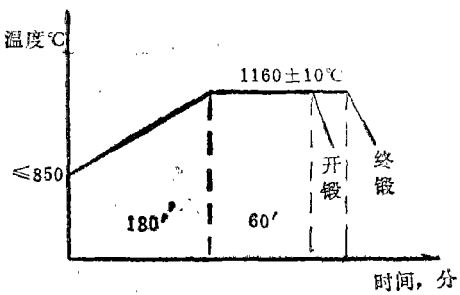


图 3 模锻加热曲线

二、精化锻件质量检验

精化的轴颈锻件机械性能取样部位不同于原工艺, 而取自模锻中心部位的余料上, 其性能能否满足专用技术条件要求? 有无代表性? 对此, 我们进行了认真的分析研究。检验余料位于锻件中心区, 也是钢锭中心部位, 其变形条件、成分偏析和组织致密程度都较其它部位差, 在低倍组织试片上也呈现出不明显的树枝状结晶组织, 说明中心区的余料是轴颈锻件质量最差的部位。如果该地区试棒的力学性能达到专用技术条件的要求, 中心余料以外部位的性能同样也能达到, 试验结果也证明了这一点。原材料采用电渣钢, 化学成分见表 2, 理化检验取样见图 4 (图注见图 4 右侧的表)。机械性能试验数据见表 3, 低倍组织见图 5。

从表 3 可以看出性能数据均超过技术条件要求, 尤其 α 值更加显著。切向性能的各向异性不明显, 就是在锻件杆部纵向上、中、下性能差异也不大, 说明精化轴颈锻件力学性能基本上是均匀的。其低倍流线沿着锻件外形分布, 晶粒较细而均匀, 比精化前锻件的低倍好。

表 2 1Cr11Ni2W2MoV 钢轴颈化学成分 (炉号323—280)

化学成分 %	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	S	P	W	V
钢厂分析结果	0.13	0.31	0.39	11.20	1.65	0.42	0.004	0.023	1.76	0.28
我厂分析结果	0.14	—	—	11.19	1.69	0.46	—	—	1.84	0.28
YB675—73	0.10~0.16	≤0.60	≤0.60	10.50~12.00	1.40~1.80	0.35~0.50	≤0.030	≤0.030	1.50~2.00	0.18~0.30

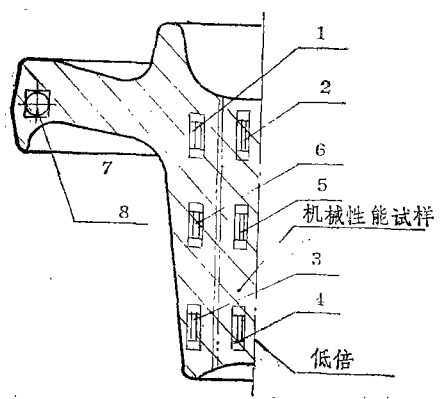


图 4 取样图

序号	试样编号	试样名称	备 注
1	1— $\frac{1}{2}$	拉力、冲击	试样取自锻件杆部
2	2— $\frac{1}{2}$ 3	拉力、冲击	3*试样为冲击, 同上
3	3— $\frac{1}{2}$	拉力、冲击	试样取自锻件杆部
4	4— $\frac{1}{2}$	拉力、冲击	试样取自锻件杆部
5	5— $\frac{1}{2}$	拉力、冲击	试样取自锻件杆部
6	6— $\frac{1}{2}$	拉力、冲击	试样取自锻件杆部
7	7— $\frac{1}{2}$	拉力、冲击	试样取自轮缘横向
8	8— $\frac{1}{2}$	拉力、冲击	试样取自轮缘切向

表 3 精化轴颈机械性能(炉号:323-280)

试样热处理制度	试样 编号	σ_b	σ_s	δ_5 %	ψ %	a_k	HB (d)
淬火1020°C ×60分油冷+回 火580°C×90分 空冷	1—1	126	119	19.0	73	25.0	3.2
	2—2	125	116	20.0	73	24.2	3.2
	2—1	127	115	19.0	74	23.8	3.2
	2—2	125	116	18.0	72	22.1	3.2
	2—3					19.0	3.3
						21.2	3.3
	3—1	122	117	19.5	74	19.0	3.3
	3—2	127	118	18.5	73	21.0	3.3
	4—1	128	118	19.0	72	15.0	3.3
	4—2	130	120	17.5	73	13.2	3.2
	5—1	128	120	19.0	76	15.1	3.2
	5—2	130	123	19.0	75	21.5	3.2
	6—1	125	119	18.0	72	16.6	3.3
	6—2	125	117	17.5	75	16.1	3.25
	7—1	125	114	18.5	75	20.6	3.2
	7—2	130	119	20.0	75	23.6	3.2
	8—1	123	116	19.0	72	18.5	3.3
	8—2	127	120	18.0	74	24.5	3.3
	技术 条件	110	90	12	50	7	3.1 ~ 3.45

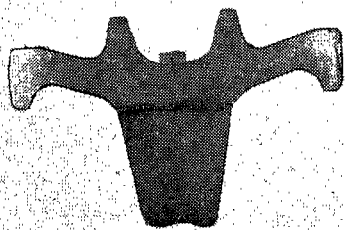


图 5 精化轴颈锻件低倍

三、质量分析

1. 轴颈精化锻件检验的取样合理

对比表 3 性能数据, 锻件杆部中心余料处的塑性和韧性较外层低些, 杆端部的塑性和韧性又较中、上部低些, 也较轮缘低些。如杆中、上部的冲击值平均为 20.46 米/公斤厘米², 杆端冲击值平均为 17.05 公斤米/厘米²。所以杆端部余料性能是全锻件性能最低的。由此处取样代表整个锻(零)件性能是可靠的、合理的。

发动机盘、轴类锻件较多, 一般都是重要锻件, 零件中心均有孔, 而锻件都是实心的, 孔以敷料填充。该部位的冶金质量和变形条件一般都比较差, 由该部位取样检验锻(零)件性能是合理的。目前航空锻件生产中, 按航标

HB5024-77, 均采用按熔炼炉号每生产批破坏一件检验。对 I 类锻件和 II 或 IIa 类锻件属 I 类零件的, 还要百分之百在锻件上留机械性能试料, 以备最终热处理后检验性能。在冶炼技术和航空产品不断发展的今天, 双联冶炼工艺应用日益增多, 如电渣冶炼、真空自耗、双真空冶炼等。其熔炼炉号重量较小, 尤其对大锻件, 一个炉号做不了几个锻件。还采用按炉号破坏一件检验, 在经济上技术上都是不合理的。因此, 轴颈精化锻件由中心孔套余料取样的办法, 应该提倡。至于锻件低倍流线, 批生产时可不检验, 由工艺定型后严格执行来保证。低倍上的冶金缺陷, 由增加原材料、中间坯或锻件的超声波探伤加以控制。国外锻件检验, 近年已采用这种办法。

2. 控制冶金工艺才能保证锻件的高质量

轴颈精化锻件的机械性能, 尤其是冲击值, 明显优于以往生产的锻件, 主要是采用了电渣钢, 控制了由钢锭至模锻件的变形过程(包括锻比、加热温度、火次等)。就锻造工艺而言, 以往锻造工艺规程变形大小虽也合理, 但加热温度和火次控制不严, 导致最终热处理后出现冲击值不合格。

这次性能检验结果, 杆端部冲击值较其它部位稍低。低倍上组织虽较均匀, 但杆端区域组织相对还是较粗, 有肉眼可见低倍粗晶痕迹。因之机械性能尤其冲击值下降。产生组织较粗原因有两方面, 其一是 1Cr11Ni2W2MoV 属马氏体不锈钢, 较易出现粗大组织, 利用热处理工艺较难细化, 必须在锻造工艺上加强预防措施, 其二是模锻前加热时, 杆部尺寸小温升快, 高温下保温时间长且温度易超高, 模锻时杆端变形很小, 粗晶得不到破碎。也就是说, 粗晶不仅和总变形(锻比)有关, 而且和每一火的加热温度、保温时间、变形量均有关系。以往锻件杆端冲击值有时不合格, 就是由于锻造工艺控制不严, 在该部位出现低倍粗晶所致。因此, 要锻件质量好, 可以提高冶炼质量, 采用电渣钢, 而锻 (下接第 7 页)

溶剂的极性的变化而变化,即固化初期电阻由大变小,固化完全时电阻又变大,从而可以对固化过程进行监控。

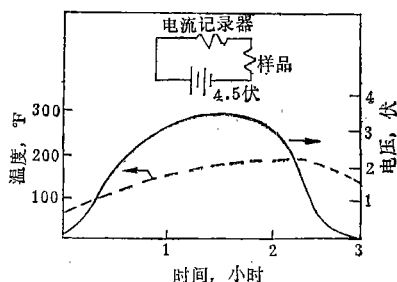


图 5 环氧复合材料固化过程中的电阻变化

成形工艺的质量最后要借随炉试件的检查来验证。这时可着重检查那些受树脂固化过程影响较大的性能,例如复合材料的孔隙率、纤维体积含量,以及层间剪切强度和纵向压缩强度。用光学显微镜测定复合材料的孔隙率和纤维体积含量不仅比较直观,而且方法简便。

装配工艺包括加工和连接。加工时应防止复合材料产生分层。在国外,过去曾研究用高压水切削,现又反过来研究用硬质刀具加工的方法。薄的制件则可用激光加工。在国内,这一问题还未引起人们足够重视,这也是质量控制中的薄弱环节。复合材料的连接较多地采用胶接和螺接的复合连接,也可用纯胶接。除应控制胶粘剂的质量外,还应控制胶接工艺。装配工艺的质量也要借随炉试件的检查来验证。此时可着重检查外观和连接强度。

在复合材料制件转入批生产以前,必须制订切实可行的工艺规程和检验制度。在生产过程中必须严格遵守工艺规程。每个制件应附有工艺控制卡,由各道工序的操作人员和检验人员签名,落实责任制度。

成品的检查

这是复合材料制件质量控制的最后一道关;即使原材料和工艺过程都经过严格控制,也需对制件逐个进行检查,以保证产品的质量。除检查外观、尺寸、重量外,还应用无损检验方法检查制件有无内部缺陷。复合材料常

用的是X射线法和超声法。X射线检验采用低电压(~55千伏)长时间照射,可探出截面上密度有变化的缺陷,如内部零件的错位、缺料或多料、气孔、夹杂物,夹层结构中蜂窝芯的损坏或扭曲等。若用对X射线不透明的二碘丁烷一类的液体作渗透液,也可探出胶层或表面的微裂纹。超声法用来探测制件中的不连续面,例如分层、脱胶或疏松。一般可探出直径2毫米的孔穴和厚0.01微米以上的分层。厚的复合材料制件受工具撞击或飞行中飞石撞击的伤痕,即使表面用肉眼看不出,也可用C扫描检查出来,并用B扫描和三维扫描查出各层间的损伤情况。在产品研制过程中要制订出对应于一定尺寸和类型的缺陷的检验标准来。这是技术很强又很费时的工作,需要长时期的积累。此外,每个制件还应用规定的试验应力经受强度试验。

以上所述只限于生产过程的质量控制,即所谓狭义的或传统的质量管理方法,并非全面质量管理。根据全面质量管理的概念,特别需要补充说明的是必须十分注意对从业人员的质量管理教育,因为对复合材料生产来说,还没有脱离所谓技巧或手艺这一发展阶段,人的因素对产品的质量还起着极重要的作用。

(上接第29页) 造工艺必须合理并能严格执行。低倍粗晶也应作为一种冶金缺陷,应在锻件专用技术条件中规定明确的要求。

四、结 论

1. 精化轴颈锻件设计和生产工艺是合理的、可行的。取消专用试验余料并减小加工余量,使精化锻件重量较原锻件减轻33%,每件节约原材料56公斤。

2. 对锻件全面解剖检验结果,质量符合专用技术条件要求。在杆部中心套取的余料端部取样检验机械性能,具有代表性,从材质和锻造工艺考虑都是合理的。

3. 为了提高和保证锻件质量,必须控制原材料和锻件的整个冶金工艺过程,工艺定型后必须严格遵照执行。低倍粗晶和锻造工艺有关,明显降低韧性和塑性,必须规定为锻件不应有的缺陷。