

铍青铜膜片的分级时效

太行仪表厂 刘连生

本文根据铍青铜时效变形规律,对QBe1.9合金膜片的分级时效工艺进行了研究。采用该工艺能有效地降低残余应力对时效变形的影响,保证膜片形面与时效夹具更贴合,获得一致性更高的膜片形面尺寸。此工艺提高了产品合格率。

According to the rule of aging deformation of beryllium bronze, the step ageing process of QBe 1.9 alloy diaphragm has been studied. By using this process, the effect of residual stress on aging deformation can be reduced, and the coincidence between the shape of diaphragm and aging clamp can be effectively maintained. Therefore, the consistent size of diaphragm shape was obtained and hence the rate of qualified products increased.

一、前言

用铍青铜制造的膜片、膜盒属于精密的仪表传感元件。由于铍青铜时效处理过程易产生变形,使膜片时效后发生翘曲、波纹形面尺寸不一致等现象,因而严重影响产品的压力-位移输出线性关系。

针对上述问题,通常的方法是采用专用夹具,以提高膜片时效后的形面尺寸一致性。但是,由于每批制件在工艺、合金成分和材料结构缺陷程度等方面的影响,难以用上述方法有效地控制膜片的变形。国外许多学者广泛地研究了铍青铜时效过程尺寸变形的规律性及其影响因素,并提出采用分级时效有可能改善铍青铜的时效工艺性。为此,结合膜片生产进一步研究采用分级时效的可行性和具体的分级时效工艺是十分必要的。

二、工艺试验

1. 膜片材料和加工路线

膜片材料采用QBe1.9合金。膜片加工路线为:带材精轧——固溶处理——表面处理——切圆片——成形——时效处理——检测。

固溶处理采用分解氨气保护炉。加热温度为780 \pm 10 $^{\circ}$ C,水淬。时效处理采用强制空气循环炉,炉温

控制在指定温度 $\pm 5^{\circ}$ C范围内。

2. 试验结果

膜片A、B、C和相应的时效夹具几何尺寸见图1、2、3。不同工艺处理方法膜片形面尺寸(主要是波纹形面高度尺寸)的变化情况,以及翘曲情况见表1、2、3。

(注:时效夹具尺寸公差是实测数据)

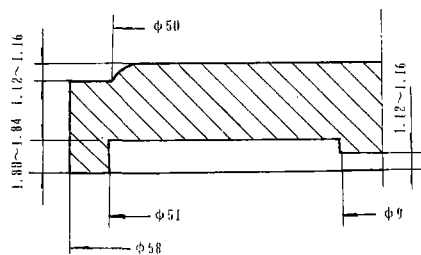
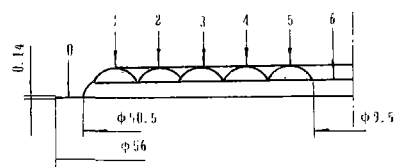


图1 膜片A和夹具的外形尺寸

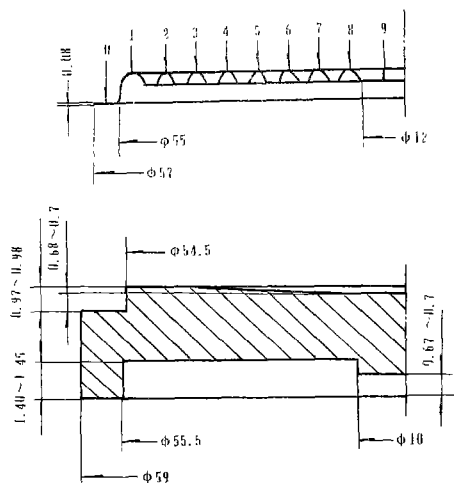


图2 膜片B和夹具的外形尺寸

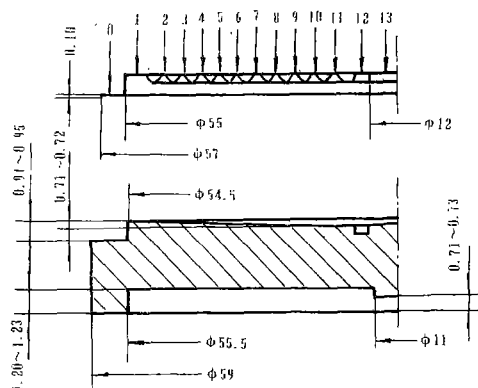


图3 膜片C和夹具的外形尺寸

表1 膜片A的试验测量结果

状态	成 形 后				350℃ 2小时(装夹)				270℃ 1小时(不装夹具) 350℃ 2小时(装夹)					
测点	1	2	5	6	1	2	5	6	1	2	3	4	5	6
测量数据	1.70	1.61	1.70	1.08	1.75	1.72	1.65	1.12	1.73	1.69	1.73	1.72	1.73	1.12
	1.70	1.69	1.71	1.05	1.75	1.73	1.73	1.16	1.71	1.70	1.73	1.72	1.75	1.12
	1.69	1.70	1.73	1.08	1.75	1.72	1.82	1.20	1.73	1.72	1.73	1.71	1.72	1.10
	1.71	1.70	1.72	1.09	1.76	1.69	1.69	1.13	1.73	1.68	1.73	1.73	1.73	1.12
	1.70	1.70	1.70	1.08	1.75	1.68	1.68	1.12	1.75	1.69	1.72	1.69	1.71	1.13
	1.68	1.68	1.70	1.06	1.78	1.68	1.70	1.12	1.70	1.70	1.73	1.75	1.75	1.11
结果					膜片时效后呈凹状态				膜片时效后较平整,与夹具尺寸基本吻合					

表2 膜片B的试验测量结果

状态	350℃ 2小时(装夹)	300℃ 半小时(不装夹具) 350℃ 2小时(装夹)	265℃ 1小时(不装夹具) 350℃ 2小时(装夹)
测点			
测量数据	由于膜片较薄,测量时易变形,故用平尺观测其整个形面的凸凹变化情况		
	平中心(第9次测量点)在0.45mm以下	平中心(第9测量点)高度在0.50mm以上	平中心(第9测量点)在0.45~0.50mm范围
结果	膜片形面偏凹	膜片形面较平	膜片形面略凹

表 3 膜片C的试验测量结果

状态	320℃ 2小时(装夹)						290℃ 1小时(不装夹具) 320℃ 2小时(装夹)						290℃ 1小时(装夹)
测点	1	2	6	9	11	13	1	2	6	9	11	13	
测量数据	1.23	1.25	1.28	1.27	1.35	0.97	1.20	1.17	1.11	1.05	1.09	0.69	观察膜片时效后
	1.19	1.20	1.27	1.29	1.37	0.98	1.21	1.20	1.15	1.08	1.10	0.70	翘曲情况
	1.20	1.25	1.27	1.26	1.36	0.98	1.20	1.18	1.13	1.05	1.09	0.69	
	1.20	1.21	1.25	1.28	1.33	0.93	1.21	1.20	1.16	1.05	1.12	0.70	
结果	1.22	1.23	1.28	1.27	1.37	0.95	1.20	1.17	1.10	1.05	1.08	0.69	膜片时效后翘曲严重, 占总批生产量的60%以上
	膜片时效后基本平整, 无翘曲。形面尺寸与夹具吻合性较好						膜片时效后翘曲情况与320℃一次时效情况一样。用此膜片再在320℃条件下装夹时效仍翘曲						

三、讨 论

铍青铜时效过程的变形是由于时效过程中合金相变产生的体积效应所致。即 γ' 相析出引起收缩, γ' 相溶解或析出 γ 相则引起体积增大。在标准时效处理温度范围内主要是收缩(包括由于淬火、塑性变形以及时效过程引起制件内的残余应力对时效相变动力学和尺寸效应产生的强烈影响)。压应力区域较快地产生时效硬化和收缩,并在压应力方向产生永久变形。

随着时效温度的增高,残余应力的方向和大小也伴随发生变化,即由压应力转变成拉应力。因此,改变时效温度和时效时间能在一定程度上控制变形方向的大小和均匀性。分级时效就是利用低温预时效改变膜片内残余应力对正常时效过程变形的影响,从而使膜片在高温时效阶段的形面尺寸更符合夹具控制所希望达到的要求。从三种膜片的分级时效试验结果可以看出,膜片的形面尺寸一致性均优于普通时效。

采用分级时效,由于低温预时效过程可获得大量的形核质点,使材料在高温时效阶段 α 固溶体得到充分分解并获得连续脱溶。使沉淀物粒子密度大、分布更均匀,有助于减少残余应力对沉淀硬化速度的影响。

低温预时效还有一个作用,那就是通过改变温度调整材料内残余应力的方向,利用残留的残余应力影响膜片在正常时效过程的变形,从而在一定范围内调整膜片时效后的形面尺寸。这比采用改变夹具形面尺寸的方法简单、经济。膜片B的试验结果证明了预时效的作用。

分级时效规范是比较宽的。预时效温度可在210~300℃范围选择,保温时间为0.5~1.5小时。第二阶段的高温时效温度可在300~350℃范围选择,保温时间为1~3小时。对于形面尺寸一致性要求高,而又易于产生时效翘曲的膜片应稍稍使其过时效。因为

过时效有较高的尺寸稳定性。对于膜片迟滞要求小的膜片应在第二阶段采用峰值时效。

值得指出的一个重要问题是:外加的弹性应力比经塑性变形残留的内应力,对时效转变动力学具有更强烈的影响。从膜片C低温预时效装夹具反比不装入夹具时效的翘曲大,可以说明这一点。因此低温预时效膜片只需10~40片叠放入炉即可。膜片预时效过程产生翘曲,在第二阶段时效是无法挽救的。

夹具形面尺寸的设计应接近膜片成形模的基本形面尺寸。中心应有夹持面。夹具阳模中心高度最好不要超过成形模尺寸。因为膜片时效后总的趋势是中心面向凹方向变化。如果夹具使膜片重新产生形变,应力状态将更复杂;时效后,膜片的形面尺寸一致性将被破坏。在设计膜片成形模和时效夹具时,应考虑到这一点。

四、结 论

1. 分级时效的特点:

(1) 分级时效主要是降低残余应力对铍青铜变形的影响。

(2) 膜片在低温预时效阶段不用装入夹具中进行,可以适当叠加放入炉中。

(3) 膜片时效后形面尺寸一致性好。基本无翘曲,可提高产品合格率。

2. 膜片的分级时效工艺规范:

低温预时效温度在210~300℃范围内选择。保温0.5~1.5小时。

高温时效温度在300~350℃范围内选择。保温1~3小时。

3. 调整低温时效工艺规范可适当调整膜片正常时效后的最终形面尺寸。

4. 夹具形面的设计应符合控制膜片时效变形的需要,与膜片成形模的几何尺寸匹配。