

Y5B 飞机冷气瓶半球拉伸波纹缺陷原因分析与改进措施

Reason Analysis of Corrugation Defects of Stretched Air Reservoir Hemisphere of Airplane Y5B

石家庄飞机工业有限责任公司 彭建超

[摘要] 通过对 Y5B 飞机冷气瓶半球生产实际中出现的拉伸波纹质量问题的分析, 找出了产生质量问题的原因, 通过分析改进了施工方案, 实践证明该方案经济可行。

关键词: 波纹缺陷 晶粒度大小 正火

[ABSTRACT] The reason of hemisphere tensile corrugation defects existing in the air reservoir production for airplane Y5B is found out by analysis. An economical and feasible solution for improvement is provided.

Keywords: Corrugation defects Grain fineness size Normalization

冷气瓶是 Y5B 飞机供起落架刹车用的冷气系统的主要部件, 部件类别属关键件, 冷气瓶半球又是冷气瓶的主要零件, 按产品设计的技术要求: 零件上不允许有裂纹、压伤、压塌、擦伤及划伤等缺陷, 并且其最小壁厚不得小于 2mm, 不许有深波纹缺陷存在。

我单位在生产过程中, 冷气瓶半球出现了拉伸波纹缺陷, 经分析并制定改进措施后, 此缺陷在零件后续生产过程中得以消除。

1 冷气瓶半球拉伸波纹缺陷外观状态

含有缺陷冷气瓶半球共 62 件, 每件都有。缺陷是在用砂纸打磨半球内表面顶部时发现的, 形状为长

度、深度不一的波纹, 像橘皮形状, 内表面比较粗糙。

2 冷气瓶半球原材料状态和原制造工艺流程

冷气瓶半球所用原材料为 30CrMnSiA-B-P-2.5, 精度为 B 级, 拉伸级别为普通拉伸级 P, 表面质量为较高级(级) 精整表面, 材料供应热处理状态为退火。

半球焊接成冷气瓶后, 热处理状态为淬火至 $\sigma_b=885\sim 1080\text{MPa}$, 并且做强度和气密实验。

冷气瓶半球的原制造工艺流程:

原材料 剪切下料 分光 车圆 去毛刺 首次拉伸 退火 吹砂 二次拉伸 退火 吹砂 检验表面质量 校正 车成半球。

拉伸所使用的冲床型别为 J31-315 型, 设备公称压力为 3087kN。首次拉伸按图 1(a) 进行, 二次拉伸按图 1(b), 车成半球按图 1(c) 进行。

3 冷气瓶半球拉伸波纹缺陷产生的原因分析

3.1 各影响因素分析

(1) 工艺装备因素分析。

首次拉伸模具和二次拉伸模具的工作表面均光滑, 无粘附物, 无硬点, 无划伤。不会导致拉伸波纹缺陷的产生。

(2) 材料化学成分分析。

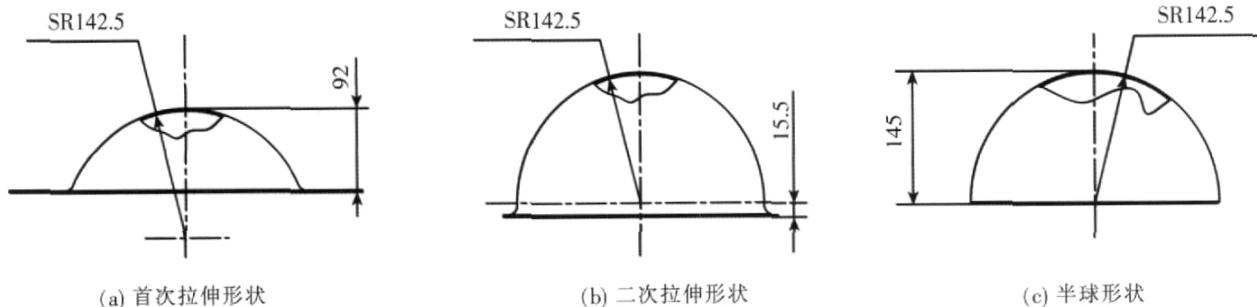


图 1 制件的加工流程

Fig.1 Machining flow of part

经分析,材料的化学组成如表 1 所示。

表 1 材料化学成分(质量分数/%)

材料牌号	C	Mn	S	S	P	Cr
30CrMnSiA	0.28	0.95	1.1	0.02	0.024	0.9

分析表 1 各元素含量,发现 C 元素含量虽然在合格范围之内,对应 GB222-84《钢的化学成分分析用试样取样法及成品化学成分允许偏差》中的 C 元素含量(0.28%~0.34%),C 元素含量偏下限。

(3) 材料力学性能试验分析。

对与故障件同一炉批号的材料,取制毛坯试样 6 片,分别取 3 片做纵向力学性能和横向力学性能试验,力学性能数据如表 2 所示。

表 2 30CrMnSiA 材料力学性能

	横向试样			纵向试样		
	试片一	试片二	试片三	试片一	试片二	试片三
抗拉强度/MPa	590	575	575	600	600	600
延伸率 ₁₀ /%	28	28	29	26	28	30

表 2 各数据符合 GJB2151-94 的要求(抗拉强度 540~735MPa,延伸率₁₀ 16%),抗拉强度偏下限。

(4) 材料金相分析。

对同批材料取制 20mm×10mm 的试片,横截面酸浸,低倍组织试片未见缩孔残余、气泡、裂纹、夹杂、翻皮、白点(内部破裂)、金属夹杂物、分层、晶间裂纹、皮下气泡、偏析和疏松等缺陷,低倍组织正常。高倍未见钢由于轧制不当而造成的带状组织。

(5) 材料热处理工艺试验分析。

重新取制同一炉批号的拉伸坯料 4 件,车成 φ460 的圆柱试件后,两件保持材料供应状态(退火),两件进行调质处理(<890 油淬,690~710 回火)后,分别进行首次拉伸、退火、二次拉伸等工序。

试验结果:首次拉伸后,4 件均未发现拉伸缺陷。退火后二次拉伸打磨拉伸顶部发现:调质处理的材料二次拉伸后没有出现表面粗糙缺陷,原材料供应状态的半球内表面顶部经打磨后存在表面粗糙现象,顶部有 3~5 条波纹。

分析试验结果:30CrMnSiA 材料由于合金元素的作用,具有良好的淬透性,经调质处理后可以比碳素结构钢在更大的截面上获得均匀的回火索氏体,使材料的晶粒细化,晶粒排列整齐,组织均匀,并获得强度

和韧性均良好的综合力学性能。30CrMnSiA 经调质处理,可充分发挥钢材的潜力,提高材料的使用性能和产品加工质量,避免产品加工缺陷,改善加工性能。从化学成分分析看,C 元素含量较低,材料在拉伸过程中易形成滑移线等表面缺陷,因而有必要对它进行热处理以细化晶粒,进而改善材料的性能。

综合上述 5 项分析,冷气瓶半球拉伸波纹缺陷产生的直接原因是原材料和中间加工工序材料的晶粒度大小问题。

3.2 材料晶粒度大小对拉伸影响的理论分析

材料的晶粒大小和形状的不同实质上是晶粒边界数量的不同,因为晶界对变形有阻碍作用,所以细晶粒的材料变形抗力大,易获得整体均匀变形,表现为塑性较好。晶粒粗大的材料,变形抗力小,有很好的塑性,并且由于各晶粒变形的非同时性,制件表面变形程度大的晶粒和变形程度小的晶粒由于高低不平而形成表面粗糙现象。

对于拉伸件来说,体积固定,材料为细晶粒时肯定比粗晶粒时的晶粒数目多,晶界多,其性能也好。材料内部位错遇到障碍就会停止运动,晶粒的边界就是障碍,位错不能穿越晶界,故晶界越多变形抗力越大,表现为材料强度也愈高。前者力学性能试验分析:抗拉强度不大,这说明材料晶粒粗。当冲压材料很薄,晶粒又非常粗大时,则断面由有限个晶粒构成,在不均匀变形时,只有个别晶粒参与变形,极易引起颈缩或表面粗糙。在相同的变形量时,细小晶粒材料同时参与变形的晶粒数目多,分配到每个晶粒上的变形量少,这意味着冷变形强化低,距产生颈缩断裂尚有较大的变形余地,故而表现出变形持续时间长,塑性高等特点。可见,细晶粒比粗晶粒具有较高的和较长的变形持续时间,有助于避免表面缺陷的产生。

材料晶粒度的大小对于拉伸件的表面粗糙度有直接的影响,对难拉伸成形件就显得尤为重要。晶粒度粗大,拉伸件表面粗糙现象随变形程度的增大而增大,球形拉伸件顶部变形程度最大,表面也最粗糙,从故障存在的部位看也证实了这一点。如晶粒度细小,在一定的变形极限内,再大的变形程度也不会出现表面粗糙的现象。

从材料成形方面分析:当金属的拉伸变形由两道工序形成时,且进行中间退火,前道工序变形程度较大的部位(半球的顶部)退火后也极易出现粗大的晶粒,在下道工序拉伸时,就会出现表面粗糙现象。

4 冷气瓶半球成形工序间热处理工艺的分析

材料经过一次加工后,在塑性变形时,由于外力的作用,晶面和晶面之间产生滑动,晶格发生扭曲,晶粒发生破碎或伸长,致使金属产生应力,强度和硬度有不同程度的提高,塑性降低,故而复杂零件成形的中间热处理工序是必要的。

冷气瓶半球的原制造工艺流程是:半球首次拉伸后,进行退火处理,然后进行二次拉伸。其退火工艺是:炉温加热至 890 ,保温 20min;材料随炉冷却;炉温小于 500 时,将材料出炉空冷。退火能消除冷变形过程中所产生的应力,提高半成品的塑性,降低材料的强度,使材料软化,并提高材料的延伸率。但是退火保温时间太长,需要控制一定的冷却速度,此过程会使晶粒过度增长,在零件后续拉伸过程中,会使材料过早出现颈缩现象,导致破裂,造成制成品表面粗糙,达不到高质量的表面要求。

30CrMnSA 材料的正火工艺:炉温加热至 890 ,保温 20min,将材料出炉空冷。和退火工艺相比,其冷却速度快,可获得细小均匀的组织,可消除加工硬化现象和残余应力,恢复材料的塑性,其珠光体形核率高于退火,因此珠光体团比退火数量多,珠光体层间片距小,材料所获得的晶粒比退火更细小,强度、硬度比退火略高,具有良好的综合性能。另外,正火比退火的生产周期短,设备利用率高,节能省时,操作起来也方便。由此可见,材料的正火处理优于退火处理。

在材料热处理中,正火处理和调质处理的作用是类似的。在工艺试验中,调质处理的原材料在加工过程中没有出现表面质量缺陷,因而可以用正火热处理的工艺方法来细化晶粒,进而达到同样的目的。

5 改进措施

综合以上试验分析和理论分析的结果,为更好地保证产品质量,采取如下改进措施。

(1) 材料方面。

冷气瓶半球的拉伸球面半径为 142.5mm,是复杂系数比较高的拉伸零件,材料除具有足够的塑性外,还要有足够的强度。只有良好的塑性才有较大的变形程度,只有足够的强度才有较好的抗压防皱能力。半球的拉伸成形机理为拉伸与胀形的复合,其应力应变有伸长类和压缩类的特征,半球的顶部为胀形变形区,材料受双向拉应力作用,胀形程度比较大。晶粒粗大会引起表面质量缺陷,原材料的原始组织越细小,

在相同的加热条件下,奥氏体晶粒也越细小,有利于后续的成形加工,因此建议选择强度极限大,即晶粒度小的原材料(晶粒度等级为 8~9 级)。

要求材料供应商对材料进行正火处理,以细化晶粒,进而防止成形过程中橘皮现象的发生。材料的 C 元素含量以标准的上限为宜,在同等热处理条件下,偏上限的材料比偏下限的材料强度要好。材料入厂后做晶粒度检测,并作为一个重要指标进行控制。

(2) 工艺方面。

产品的技术条件要求:半球零件最小壁厚不得小于 2mm,原工艺流程中热处理之后的吹砂工序易使材料变薄,因此以酸洗工序替代吹砂工序,减少材料的变薄量;工序间热处理工序由退火改为正火。改进后工艺流程为:原材料 剪切下料 分光 车圆 去毛刺 首次拉伸 正火 酸洗 二次拉伸 正火 酸洗 检验表面质量 校正 车成半球。

(3) 工装方面。

拉伸凸模侧壁为球形,半球拉伸变形区的材料在拉伸过程中处于悬空状态,因此抗失稳能力差,易起皱,在拉伸中须加大压边力,并且要保证压边力的均匀性。通过对压边圈和压边圈顶杆进行的重新设计制作,保证 6 个顶杆高度的一致性,以使压边力均匀;同时对压边圈外缘进行加工,使它比原始坯料小 0.9~1.2mm,为 $\phi 459\text{mm}$,从而避免压边圈压到坯料边缘的毛刺上;另外避免材料放偏、压边力不均匀等现象。

6 结束语

通过以上原因分析和改进措施的实施,在后续的冷气瓶半球加工过程中,半球产品没有出现拉伸缺陷,避免了不可确定因素对产品质量造成的影响,满足了设计要求,降低了产品的热处理成本,提高了产品质量和生产效率。生产实践证明,改进后的工艺方案既保证了产品的质量,又经济可行。

参 考 文 献

- [1] 热处理实践编写组. 热处理实践. 北京: 国防工业出版社, 1973.
- [2] 薛啟翔. 冷冲压实用技术. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [3] 彭建声. 冷冲压技术问答. 北京: 机械工业出版社, 1981.
- [4] 杨玉英. 实用冲压工艺及模具设计手册. 北京: 机械工业出版社, 2005.

(责编 金卯)