

关于渗碳层深度的几个问题

青海齿轮厂(810021) 陈春怀

许多表面耐磨且疲劳强度高而心部又有较高韧性和强度的零件都要求进行渗碳淬火处理。因为通过渗碳淬火,在表面得到高碳马氏体和碳化物,在心部得到低碳马氏体。这样,就可以同时满足表面、心部不同的性能要求。齿轮就是这类零件中的典型代表。

在渗碳中,渗碳层深度是关键指标之一,通常都是由图纸给定的。如何在零件最终成形后,使渗碳层达到图纸要求,在生产实际中有许多地方要给予充分的注意,而且在这方面少有资料可查。这里简略介绍我们在长期的生产实际中是如何处理这些问题的。

1 渗碳层深度和有效渗碳层深度之间的换算关系

渗碳层深度的测量方法很多,如宏观断口法,断口氧化法,侵蚀法,化学分析法,硬度法,金相法等。不同的方法不一定在渗层的同一部位进行测量,严格地讲,如不规定测量方法,极有可能导致混淆和错误。得到绝大多数人认可的我国传统工艺规范上所讲的渗碳层深度是用金相法进行渗测量的。即对合金钢渗碳为过共析层+共析层+亚共析层(也就是通常所说的测至心部);对碳钢为过共析层+共析层+ $\frac{1}{2}$ 亚共析层(也就是通常所说的测至过渡区的 $\frac{1}{2}$),金相法方便、准确,故在生产中得到了广泛应用。

80年代改革开放以来,我国从欧、美、日等国引进了许多零部件的生产技术,渗碳淬火零件图纸所提出的大都是硬化层深度的要求。所谓硬化层深度是指维氏硬度值为HV50的那一层和表面之间的垂直距离^[1]。显然,这和习惯的渗碳层深度是不同的。有的将此硬化层深度称为有效渗碳层深度。硬化层的力学意义明确,按硬化层设计,零件服

役可靠,且符合国际标准(ISO2639-73),所以在产品设计中得到了广泛应用。

在实际生产中,用渗碳层深度控制渗碳却要方便得多,这是基于以下两个原因。第一,用渗碳层深度有很多的资料、经验供参考,可以很方便地进行热处理工艺的编制。例如,已知渗碳层深度,可利用F.E.哈里斯(F.E.Harris)公式在温度 T (绝对温度)下,求得渗碳时间 t (小时)^[2]

$$D = 31.6 \left[\sqrt{t} / 10^{(6700/T)} \right] \quad (1)$$

这里 D 为渗碳层深度,以英寸为单位,在实际应用时还应乘以25.4,方为毫米值。或利用图1曲线求取某一渗层深度下的温度及时间^[3]。

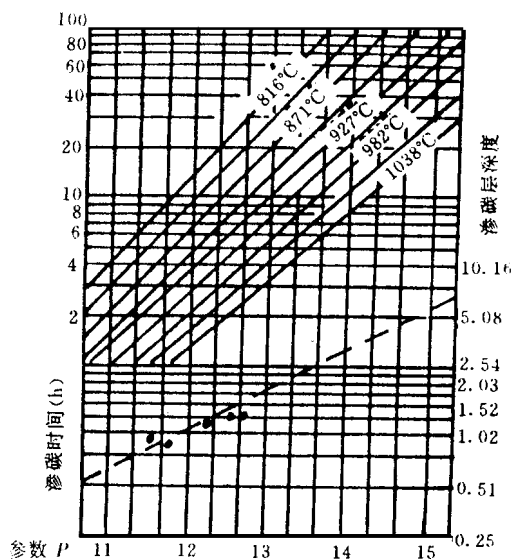


图1 渗碳温度和时间的确定

使用方法:通过虚线与选择的渗碳层深度水平线的交点上作垂线,即可求出温度、时间,如2.54mm的渗碳层可选 $1038^{\circ}\text{C} \times 6\text{h}$ 、 $982^{\circ}\text{C} \times 11\text{h}$ 或 $927^{\circ}\text{C} \times 22\text{h}$ 。

这里参数 P 是转换组合参数,对不同的渗碳层深度,根据图中虚线,求得参数 P 值,

在参数 P 值下,可以求得不同的温度与时间的组合值供选用。换言之,人类积累的历史研究数据是针对渗碳层深度的而不是针对硬化层深度的。

第二,从它们的定义上显而易见,测量渗碳层深度远比测量硬化层深度来的准确、方便。故此,在生产中一般都是按渗碳层深控制渗碳的。自然,这里就有一个将硬化层转化为渗碳层的问题。对此,已进行了不少试验和研究,且有成果发表。但客观地讲,这些研究结果并不能对生产起到有效的指导作用。因为渗碳层和硬化层的差异随着工件的大小、形状、材质、冷却状况、本身渗层的厚薄等的不同而不同,是一个多因素影响的变量。仅仅认识到这种差异是受多因素影响的变量是不够的,而应该在一定条件下用常量去模拟它。当然,这会有误差,但只要这种误差在可以接受的范围内就是可以的。我们通过大量实验得到以下数据。

表1 转换值 x

材料	20Cr Mn Ti	20Cr Mn Mo	20Cr2 Ni4
模数 ≤ 8	0.25	0.20	0.10
模数 > 8	0.30	0.25	0.15

注:渗碳层深 = 硬化层深 + x

有了上表,在编制热处理工艺时,很容易将硬化层深度转为渗碳层进行控制。此方法经过十多年的生产验证,效果、精度良好。

2 如何由试棒渗层深度推知试块渗层深度

虽然按照式(1)或图1能确定在某一温度下的渗碳时间,但这只是指导性的,而不是绝对的。由于每炉的装炉量、渗剂的供给状况、炉子的运行状态等并不完全一样,可能造成渗层数据分散,有的就可能达不到图纸的要求。所以,实际的出炉时间应该用炉前试棒控制,即预定的出炉时间(即前所确定的时间)前45分钟检查试棒的渗层深度,由试棒的渗层深度决定出炉时间。

碳钢价格便宜,且货源易组织,故一般用20#钢制备试棒。用碳钢试棒控制合金钢的

工件,对试棒的测量是按合金钢的金相测量还是按碳钢的测量,也就是,计算渗层时是测至心部还是测至过渡区的 $\frac{1}{2}$,我们认为,应该按合金钢测至心部。由于碳钢中没有碳化物形成元素,一般认为碳钢的渗速要快一些。在测至心部的前提下,再减去0.15~0.25mm(根据渗层深度的深浅取上下限),以此作为该炉随炉试块的渗层深度。经与随炉试块的渗层深度的多次比较,结果比较接近,说明这样的处理是妥当的。

3 试块渗层深度和工件渗层深度的差异

由试棒渗层深度确定的只是出炉,最终工件的渗层深度要靠检查随炉的试块来确定。对齿轮而言,要求放置同材料同模数试块。显而易见,小模数试块渗速快渗层厚,大模数试块渗速慢渗层薄。但根据我们的试验,模数大小对渗层深度的影响其实并不明显,在用小模数试块做大模数工件的随炉试块时,只有在两者模数差在5个以上时,我们才将小模数试块渗层深度酌减0.05~0.10mm后,作为工件的渗层,一般情况下,可不予考虑模数大小差异的影响。但试块渗层深度和工件渗层深度的差异应引起注意,根据我们切开工件观察(工件为220马力推土机终传动二级主动齿轮,模数10个,渗层1.8~2.2mm),同材质同模数试块较工件渗层深为0.15~0.20mm,所以建议试块的渗层深度不宜控制在渗层公差的下限,而应控制在中上限。

4 退火对渗层深度测量的影响

试棒、试块的渗层深度都应在平衡状态下测量,若非平衡态,需进行等温退火处理。但实际上很少有在平衡态下测量的,作为现场控制,有时退火也不可能。根据测量,非平衡态的渗层较平衡态(经过退火)的约浅0.05~0.10mm,可以予以补偿,淬火态取上限,正火态取下限。

5 渗碳淬火后要进行磨削加工的零件如何确定渗碳层深度

随着机械制造技术的发展,很多齿轮渗碳淬火后,还要进行磨齿加工。零件的渗层深度应该是最终的渗层深度,所以在热处理时就要预先加上磨量,这样在磨削后就刚好达到零件图的渗层深度。这在一般情况下是可行的,但有时在要求严格的情况下,需要进行尺寸链的计算,这里介绍一个我们曾经处理过的生产实例。

图2是320马力推土机变速箱中的轴环,要求很高。材质是SNCM21H钢(淬透性大致相当我国的20CrNiMo或20CrMnMo),表面硬度≥HRC60,要求硬化层深度 1.0 ± 0.15 。

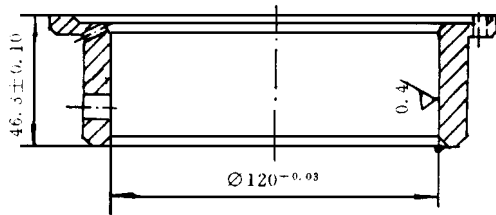


图2 320马力推土机变速箱轴环

根据试验,渗层深度 = 硬化层深度 + 0.25,由此得到要求的渗层深度为

$$1.0 \pm 0.15 + 0.25 = 1.25 \pm 0.15$$

该工件孔的成品尺寸为 $\varnothing 120 \pm 0.03$,现预加工至尺寸 $\varnothing 119.5 \pm 0.10$ 。问题归结为热处理工艺应如何确定渗层深度,方可保证在渗碳淬火后当内孔磨至尺寸 $\varnothing 120 \pm 0.03$ 时,恰好能保证成品的渗碳层深度正是所要求的 1.25 ± 0.15 。显然,这正是尺寸链计算所要解决的问题。

从图3显然可见, L_0 是图纸要求保证的渗碳层深度, L_1 是渗碳淬火后内孔要磨削达到的尺寸即成品内孔尺寸, L_2 是热处理工艺上要确定的渗碳层深度, L_3 是预加工到的尺寸, L_0 是间接获得的尺寸,是封闭环,不难判断 L_1 是减环, L_2 、 L_3 是增环,如图3所示。

根据尺寸链的计算公式

$$L_{0,max} = \sum_{i=1}^m \vec{L}_{i,max} - \sum_{j=m+1}^{n-1} \overleftarrow{L}_{j,min}$$

$$L_{0,min} = \sum_{i=1}^m \vec{L}_{i,min} - \sum_{j=m+1}^{n-1} \overleftarrow{L}_{j,max}$$

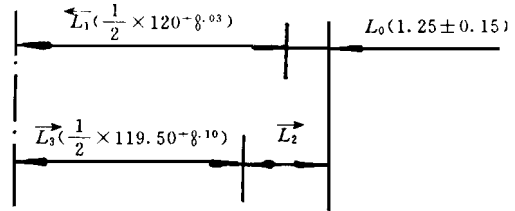


图3 所形成的尺寸链示意图

式中:

- $L_{0,max}; L_{0,min}$ —— 封闭环最大及最小极限尺寸;
- $\vec{L}_{i,max}; \vec{L}_{i,min}$ —— 增环最大及最小极限尺寸;
- $\overleftarrow{L}_{i,max}; \overleftarrow{L}_{i,min}$ —— 减环最大及最小极限尺寸。

因而可列出

$$L_{0,max} = L_{2,max} + L_{3,max} - L_{1,min}$$

即 $1.25 \pm 0.15 = L_{2,max} + \frac{1}{2} (119.5 \pm 0.10 - 120)$, 因为是半径尺寸,故乘以 $\frac{1}{2}$ 。

$$L_{2,max} = 1.60$$

同样地

$$L_{0,min} = L_{2,min} + L_{3,min} - L_{1,max}$$

$$1.25 \pm 0.15 = L_{2,min} + \frac{1}{2} (119.5 - 120 \pm 0.03)$$

$$L_{2,min} = 1.36$$

因此,热处理工艺上应确定的渗层深度为 $1.36 \sim 1.60$ mm。

要完美地达到图纸的渗层深度的要求,还有很多要注意的地方,如工件的摆放位置、清洁程度、炉子的通气状况、温度均匀性等,但这些属于一般操作规范问题,容易在教科书或手册中找到答案,这里就不赘述了。

参考文献

- 1 徐修炎等编著.钢铁件热加工技术及质量控制.成都:四川科学技术出版社,1986
- 2 刘文泉等译.热处理指南.北京:机械工业出版社,1987
- 3 张庆如等编.机械工程师实用数据简明手册.天津:天津大学出版社,1992