

失。图2为铝合金微弧氧化陶瓷层、电镀硬铬层和磷钒铜铸铁的磨损对比曲线。由图2可见,在磨损过程中前15h内,微弧氧化陶瓷层的磨损量随时间呈缓慢上升趋势,磨损15h后趋于稳定;电镀硬铬层在约23h内表现出较好的耐磨性,磨损量小于微弧氧化陶瓷层,但在23h后,磨损量随时间而迅速增加,呈线性上升关系,并且部分表面呈现出了磨损失效现象;磷钒铜铸铁在20h内磨损量随时间显著增加,后期磨损量随时间变化缓慢,但仍有上升趋势,尽管磷钒铜铸铁在20h以后磨损率降低,但总磨损失重约为微弧氧化陶瓷层总磨损量的5倍。

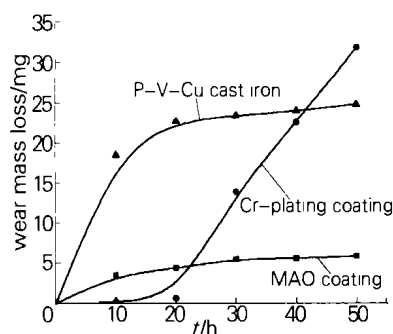


图2 经不同工艺处理后镀层的摩擦磨损曲线

Fig. 2 The wear curves of aluminum alloy sample after different processes

4 结论

(1) 小型铝合金发动机缸体内表面经微弧氧化

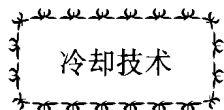
处理后其性能完全满足其耐磨性能要求,并且其运行稳定性及性能参数指标均满足企业标准。

(2) Al_2O_3 陶瓷层的高硬度及表面均匀分布的盲性微孔的良好储油润滑特性是提高其抗摩擦、磨损性能的主要原因。

(3) 在油润滑条件下磨损50h后,铝合金微弧氧化陶瓷层的磨损失重低于电镀硬铬层和磷钒铜铸铁。

参考文献:

- [1] 邓志威,薛文斌,陈如意,等. 微弧氧化铝、镁等合金材料表面陶瓷化处理[J]. 表面工程杂志,1996,4(33): 43-46.
- [2] 蒋百灵,白力静,蒋永锋,等. 铝合金微弧氧化技术[J]. 西安理工大学学报,2000,16(2):138-142.
- [3] Wang Y K, Sheng L, Xiong R Z, Li B S. Study of Ceramic Coatings Formed By Microarc Oxidation on Al Matrix Composite Surface[J]. Surface engineering, 1999, 15(2): 112-114.
- [4] Sundararajan G, Rama Krishna L. Mechanisms Underlying the Formation of Thick Aluminum Coatings through the MAO Coating Technology [J]. Surface and Coatings Technology, 2003, 167: 269-277.
- [5] 温诗铸,黄平. 摩擦学原理[M]. 北京:清华大学出版社,2002:336-340.
- [6] 刘兆晶,等. 铝合金表面陶瓷膜层形成机理[J]. 中国有色金属学报,2000,10(6):859-863.



对自来水作为淬火介质的两大缺点的研究

张克俭(北京华立精细化工公司,北京 102200)

摘要:从自来水淬火时工件容易淬裂、硬度不均且畸变大等现象,列出了自来水作为淬火介质的两大缺点:一是低温冷却速度太快,二是冷却特性对水温变化太敏感。分析了自来水第二大缺点引起淬火硬度不均和畸变的原因。通过与气态介质的对比,指出了液态淬火介质共同的两类缺点:一是任何确定的液态介质,其冷却速度的可调节范围都有限,以致同一个车间必须配备普通淬火油、中速淬火油和高速淬火油,才能满足不同工件的需要;二是工件从蒸汽膜阶段到沸腾阶段期间,冷却速度突然增大,可能引起较大的淬火畸变。提供了克服液态淬火介质第二类缺点的七类技术方法。

关键词:水;淬火介质;淬火冷却;淬火畸变

中图分类号: TG154.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-6051(2005)01-0066-06

Investigation on Two Main Shortcomings from Tap Water as Quenching Medium

ZHANG Ke-jian (Beijing Huali Fine Chemical Co., Beijing 102200, China)

Abstract: According to the phenomenon of cracks, heterogeneous hardness and distortion under quenching by tap water, two shortcomings of the treat treatment were analyzed: one is too fast cooling rate in low temperature range and the other is too sensitivity of cooling characteristics on the variation of water temperature. The reason of heterogeneous quenching hardness and distortion was analyzed from second shortcoming of tap water. Through a comparison with gaseous media, the two common shortcomings of all liquid quenchant were summarized: one is that with any liquid quenchant the cooling rate has very limited adjustment range, and a workshop should prepare quenchants: ordinary quenching oil and accelera-

tive quenching oil and rapid quenching oil, the other is that when a workpiece transfers from a vapor blanket stage to the nucleation boiling stage the cooling rate increase suddenly which causes quenching distortion. At the same time, effective control measures are provided to prevent disadvantages of the liquid quenchants.

Keywords: water; quenching medium; quench cooling; quenching distortion

1 自来水的两大缺点

多数工件用自来水淬火会开裂, 淬裂的原因是众所周知的: 自来水的低温冷却速度太快。这是自来水的一大缺点。

用水作冷却介质, 还遇到另外的问题。例如, 多个工件采取比较密集的方式同时入水时, 淬火后会有显著的硬度差异。为此, 现在的多用炉基本不用水性淬火介质。又如, 工件上有较深的内孔、工件为大薄片状以及形状复杂时, 水淬后往往出现严重的硬度不均匀和较大的淬火畸变。同样的情况, 在油中淬火时, 则不会发生这样严重的问题。引起这些问题的原因是, 水的冷却特性对水温变化太敏感。图 1a 是温度对自来水冷却特性的影响曲线^[1]。容易推知, 当单个工件在自来水中淬火时, 由于形状或所处位置的原因, 工件不同部位的表面接触的水温是不同的: 工件上的凹进部分接触的水温高, 而突出部分接触的水温则相对要低些。位于下面部分接触的水温较低, 上面部位接触的水温较高。当多个工件以比较密集装挂的方式同时入水时, 位于外面的工件接触的水温较低, 而内部的工件接触的水温则较高。再加上同一工件朝外的面接触的水温较低, 朝里的面接触水温则较高。不同的水温对应不同的冷却特性, 其结果就引起了上述种种问题。图 1b 为温度对油的冷却特性的影响曲线。由图 1 的对比, 可以看出水温对冷却特性的影响是很大的。我们把冷却特性对液温变化太敏感列为自来水的第二大缺点。

有机聚合物水溶液, 比如 PAG 淬火液、聚乙烯醇水溶液等也都有相同的缺点。图 1c 为不同液温的 10% 硫酸钠水溶液的冷却特性曲线。由图 1c 可见, 10% 的无机盐(或碱)溶入水中, 可以大大减小冷却特性对水温的敏感性程度。与单纯自来水相比, 直到水达到 70℃, 其冷却特性对液温的敏感程度还是比较小的。表 1 为自来水、PAG 淬火液和淬火油等液体介质的上述两项特性。上述对液温的敏感性, 主要是通过液温对冷却过程中蒸汽膜阶段长短的影响, 而最终反映在同一工件的不同部位之间、不同工件之间及不同批次淬火工件之间出

现较大的硬度差异和严重的淬火畸变上。

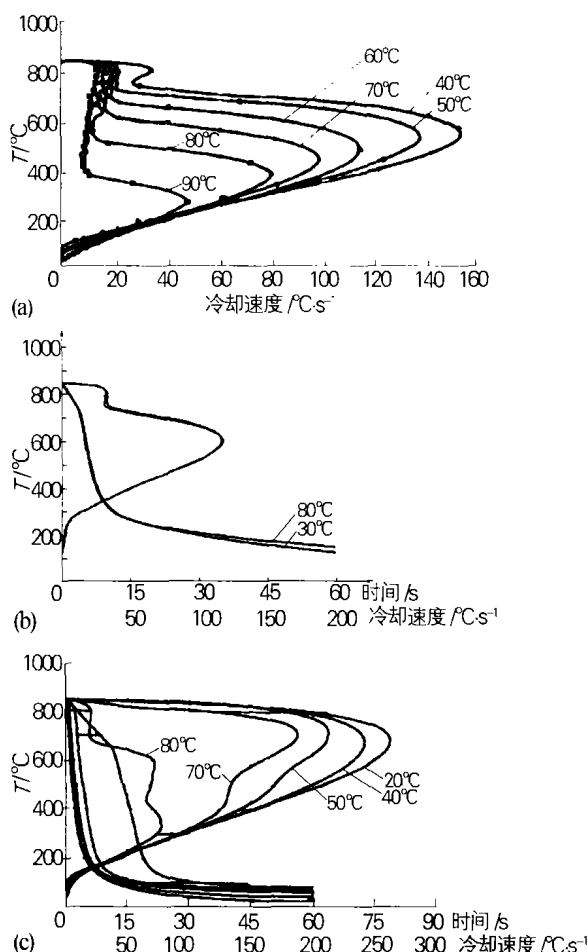


图 1 温度对不同淬火介质冷却特性的影响

(a) 自来水 (b) 油 (c) 10% 硫酸钠水溶液

Fig. 1 The effect of temperature on cooling characteristic of different quenchants

(a) tap water (b) oil (c) 10% sodium sulfate solution

表 1 不同种类液体介质的两大特点对比

Table 1 Comparison of two main features of different liquid quenching medium

介质名称	自来水	油	PAG 淬火液	10% 无机盐(或碱)水溶液	熔融盐浴(如硝酸盐浴)
防止钢件淬裂的能力	差	好	浓度适当时相当好	差	好
冷却特性对液温的稳定性	差	好	较差	较好	好

2 冷却速度曲线上出现 3 个区段的条件

在研究无机盐水溶液时, 曾经有过一种错误的说法: “在任何液体介质中淬火冷却, 都会出现蒸汽膜

作者简介: 张克俭(1945—), 男, 四川青神人, 总经理, 工学博士, 主要从事淬火介质产品开发及其应用技术的研究工作, 发表论文 40 余篇。联系电话: 010-89746017

收稿日期: 2004-09-20

(膜沸腾)阶段、(泡)沸腾阶段和对流冷却阶段”。即便在采用 1000 张/s 的快速摄影也没有发现蒸汽膜阶段时,也仍然坚持这一看法。

为了说明上述说法的错误所在,简单分析一下上述 3 个阶段的成因。在冷却的蒸汽膜阶段,红热工件被水蒸汽包裹着,如图 2 所示。此时,工件表面向外部散热是通过热辐射和水蒸汽的对流来实现的,其中热辐射的作用最大。靠辐射热以及对流传递的热使包裹蒸汽膜的汽-液界面发生沸腾。沸腾产生的水蒸汽充实进蒸汽膜中,使膜内的蒸汽压足以抵挡外部液体的压力,则蒸汽膜得以维持。我们知道,物体表面向外辐射的热量与该表面的绝对温度的 4 次方成正比。因此,工件表面温度越高,汽-液界面上的沸腾就越激烈,其结果蒸汽膜就越厚,也越稳定。由于稳定的蒸汽膜阶段几乎没有气泡进入液相中,我们可以把汽-液界面包裹着的部分看成一个体系。这个体系的外部是气体,里面包裹着的是固体。这个体系对外的热散失主要是靠对流来进行。接触上述体系的液体被加热,再通过对流把热量带到更远处,其情形就像始终保持在 100℃ 的工件在水中的散热情况一样。随着冷却的进行,工件表面温度降低,汽-液界面上沸腾的激烈程度会迅速降低,蒸汽膜阶段的冷却速度随之减小。由于沸腾区域的汽-液界面上发生着的是水蒸汽 \leftrightarrow 水的双向变化,当水沸腾产生的水蒸汽的量少于膜内的水蒸汽变成水所损失的量时,包裹工件的蒸汽膜就会变薄。当蒸汽膜内保有的水蒸汽少到不能抵挡外部液体的压力时,蒸汽膜就会破裂,蒸汽膜阶段也就终止了,工件上该部位也就进入了沸腾冷却阶段。综上所述,工件(或探棒)冷却过程中是否出现蒸汽膜阶段,完全决定于工件表面的温度高低,只有工件表面温度超过一定程度后,冷却过程中才会出现蒸汽膜阶段。这个特定的温度值是随工件的特点、所用介质的特性和其它有关条件而变的。只有工件的表面温度高于上述特定的温度值时,才可能出现和维持冷却的蒸汽膜阶段。低于这个值,就形不成完整而稳定的蒸汽膜,也就见不到冷却的蒸汽膜阶段。我们把这个特定温度叫做该介质在当时的使用条件下的特性温度。与在统一约定的条件下,评价不同介质的冷却特性的标准相比,上述特定温度应当是广义的特性温度,而标准中的则是狭义的特性温度。狭义的特性温度测定条件大多是在介质不搅动的条件下,水性样品用 30℃ 的液温,快速油用 50℃ 的油温,热油用 100℃ 的油温。同时要说明的是,采用热电偶热端位于探头中心的测定标准测出的特性温度值,总是低于工件表面实际的特性温度值。此外,

我们从道理上讨论特性温度问题时,用到的是工件表面的实际的特性温度,也就是广义的特性温度。实际工件淬火时,表面的不同部位在不同的时间接触的介质的特性温度是不相同的,并且是在变化的。工件表面温度低于介质的上述特性温度,就进入沸腾冷却阶段。在沸腾冷却阶段,工件的散热途径更为多样,既包含介质与工件表面直接接触的热传递散热、介质变成蒸汽的吸热,也包括所有情况下的表面热辐射散热和对流传热散热。当表面温度降低到稍高于介质的沸点温度时,沸腾冷却阶段就结束了。继续冷却就主要靠介质接触工件的热传递和介质的对流散热来完成,直至工件表面温度与介质温度相同为止。

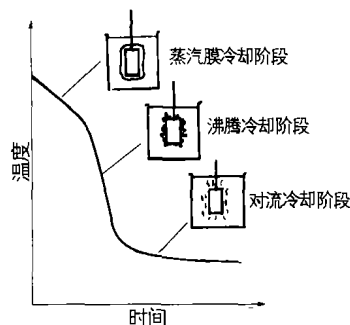


图 2 淬火冷却 3 个阶段的形成
Fig. 2 Formation of the three stages of cooling process during quenching

综上所述,在液体介质中淬火冷却时,当介质的平均温度低于介质的沸点温度时,可能出现的冷却阶段为:①如果淬入工件的表面温度高于所用介质的特性温度,冷却过程将出现蒸汽膜阶段、沸腾阶段和对流阶段。②当淬入工件的表面温度处于介质的特性温度和介质的沸点温度之间时,出现沸腾阶段和对流阶段。③当淬入工件的表面温度等于低于介质的沸点温度时,就只有对流冷却阶段了。图 3 概括了上述 3 种情况的冷却速度曲线的形状特点。

3 发生超差畸变的 3 要素

在热处理生产现场,说工件发生了变形指的是工件的畸变量超过了技术指标规定的程度,也就是发生了超差畸变。产生热处理超差畸变的 3 要素为:足够的应力,足够好的塑性以及足够长的作用时间。任何热处理超差变形都需要这 3 个要素,只是 3 者的关系是可以互补的。如果应力很大,材料的塑性好,作用时间虽短,也会引起大的畸变。比如红热工件在转移中受到冲撞引起的畸变。塑性好,作用时间很长,即使应力不大,也可能引起大的畸变。比如淬火加热时,工件堆放不当,叠压或者自重引起的应力虽然不大,但因加热时间长,也容易造成超差畸变。又如,在淬火冷却初期,因工件的塑性好,介质搅动过于强烈,

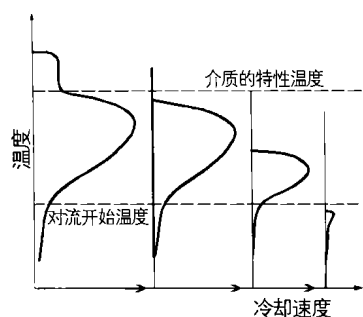


图3 由钢件的表面温度决定可能的冷却阶段曲线

Fig. 3 The possible cooling stage curves determined by the surface temperature of the workpiece

液流冲击到细长工件,也会引起超差的弯曲变形。这些都是外力引起的变形。一般说,因外力引起的畸变问题,其解决办法相对比较简单。高温时,过冷奥氏体的塑性较好,而冷到能发生马氏体转变时,奥氏体的塑性相当差了。同时,马氏体转变经历的时间也相当的短。虽然如此,马氏体转变前后的比容差引起的应力非常之大,仍有可能造成超差畸变,这是内应力引起的畸变。

因内应力引起的畸变,情况要复杂得多。内应力的来源比较多,但通常可以归为热应力和组织转变应力两类。冷却过程中,组织转变应力又常常和热应力共同存在,相互叠加或对消。内应力总是在变化着大小和分布中起作用。加上工件的形状因素,它们的作用情况就更加复杂。其中,值得注意的有3点:①在液体介质中淬火冷却时,形状较复杂的工件不同部位表面温度差别会很大。冷得快的部分一旦冷到所用液体介质的特性温度以下,表面附近就立即从蒸汽膜阶段进入沸腾冷却阶段。这部分表面获得的冷却速度会突然大增,与附近仍然处于蒸汽膜阶段部分的温度差异就会急剧增大。温差大,热应力也就大。如果该介质的特性温度偏低,冷得慢的部分将长期处于蒸汽膜阶段,使上述热应力长期起作用。在介质特性温度附近,过冷奥氏体的塑性一般较好。应力大,材料塑性好,加上作用时间长,就容易引起超差畸变。②冷却速度过快时,工件不同部位的温差较大,过冷奥氏体转变成马氏体时的体积膨胀,可能引起很大的内应力,使还未发生马氏体转变的过冷奥氏体产生一定量的塑性变形。③淬火冷却的速度不足时,在相当于端淬曲线上马氏体组织的百分比急剧变化的区域,不大的冷却速度差异,常常也引起较大的内应力,最终引起大的畸变,且淬火硬度不足。

材料的塑性与材料的温度密切相关。高温下,材料的塑性好,容易发生变形。此外,在材料发生相变过程中,因出现相变超塑性,使塑性变形更容易。因为装

放不当,在淬火加热过程中由外力引起的热处理畸变,就有一部分是珠光体转变成奥氏体过程中增加的超塑性引起的。工件加热中由珠光体转变成奥氏体时有超塑性,过冷奥氏体发生马氏体转变时有超塑性,就连马氏体发生回火转变时也有超塑性。大薄片工件的淬火冷却畸变,用加压回火来加以校正,靠的主要是回火转变时的相变超塑性。这种办法只在第一次回火时有效,原因就在这里。

在热处理中,为了减小畸变量,凡需要比较长的时间才能完成的过程,比如,工件加热过程,应当设法把可能出现的内外应力减至最小。为了缩短热应力引起的畸变,使用液体冷却介质时,要设法缩短介质的蒸汽膜阶段,以便缩短工件冷却过程中不同部位的表面温度跨在介质特性温度上下的时间。

在制定工艺时,应同时从上述3要素上采取措施来减小热处理变形。其原则是减小内外因素引起的应力,缩短应力的作用时间,尤其是在工件处于塑性好的时期。在分析已发生的热处理畸变时,注意应力大、塑性好和作用时间长等诸因素,会比较容易找到引起畸变的主要原因。

4 水的第二大缺点引起畸变的原因

在测量的冷却曲线上,从蒸汽膜阶段到沸腾阶段的过渡期,是冷却速度由慢到快的突变期。通常把这种突变对应的探棒温度,称为所测冷却介质的特性温度,如图1a所示。需要说明的是,我们所见的冷却特性曲线是用热电偶热端位于探棒的中心的仪器测量出来的。事实上,工件表面的温度一降低到介质的特性温度,表面附近的介质就立刻进入沸腾阶段。在液体介质的沸腾冷却阶段,工件的表面温度越高,沸腾就越激烈,表面获得的冷却速度就越快。图4a中进入沸腾阶段后的冷却速度是逐渐加大的,最高冷却速度出现在特性温度以下,这是热电偶热端位于探棒中心,加上探棒形状为圆柱形的缘故。如果均匀圆球在完全均匀条件下冷却,热电偶又位于其表面,则有另一种图形形式,如图4b所示。由蒸汽膜阶段进入沸腾冷却阶段,表面冷却速度总是沸腾阶段的最高值,而不是通过一段时间才增加至最高值。在实际工件冷却中,不同部位按降温的快慢,先后进入沸腾阶段。同一工件的不同部位,有的在特性温度之上,有的已经冷到了特性温度之下,它们之间的冷却速度差异,往往会引起大的内应力。当从介质的特性温度以上冷却下来时,所有液体介质都存在这一缺点。我们把这个缺点简单称为液体介质的特性温度麻烦,或者特性温度问题。

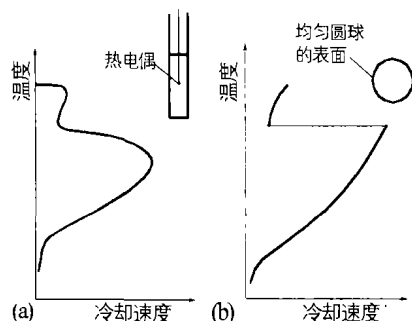


图4 热电偶位于圆柱形探棒中心检测的冷却速度曲线(a)和圆球表面的冷却速度曲线(b)对比

Fig. 4 Comparison between cooling rate curve measured by thermocouple fixed on the center of cylindrical probe (a) and on the surface of a spherical probe (b)

与气体冷却介质相比,液体冷却介质的冷却速度的可调节范围不太宽,这使确定的任何一种液体介质都只能适用一定范围的工件,用于要求更高冷却速度的工件,将淬不硬,用于要求更低冷却速度的工件,又要淬裂。我们把这一特点称为液体冷却介质的第一缺点。在此又把上面讨论的,“可能在工件局部区域发生冷却速度突变,而引起大的内应力”,也就是特性温度问题称为液体冷却介质的第二个缺点。相比之下,单纯的气体冷却介质,既可以改变流速来调节冷却速度,又可以利用气体的可压缩性实现不同气压的高压气淬,从而能在很宽的范围改变冷却速度。表2为不同介质的有关特性。由表2可见,改变流速可以在一定范围调节冷却速度,改变介质的压力,也能在一定程度内调节介质的冷却速度。液体介质具有流动性,因此可以在一定范围内调节其冷却速度。气体介质同时具有好的流动性和可压缩性,能在更宽的范围调节其冷却速度。加上没有特性温度麻烦,使气体没有上述液体介质的两个缺点。固体介质由于没有流动性,也没有可压缩性,作为淬火冷却介质的用途就很少。

表2 固、液、气介质的基本特性

Table 2 The basic properties of solid, liquid and gas quenchant

介质类型	固体	液体	气体
流动性	无	好	很好
可压缩性	无	无	很好
冷却速度的可调节范围	极小	不宽	宽
特性温度麻烦	无	有	无

本文开头提到的自来水的第二大缺点,实际上包含了液体介质的第二个缺点,以及自来水的特性温度对水温特别敏感两个特性。因为都是有关其特性温度的缺点,为简单起见,我们把它们统称为自来水的第二大缺点。自来水不仅有液体介质的第二缺点,而且因为水温升高,冷却的蒸汽膜阶段会迅速延长,使这种因

素引起的内应力长期存在,为产生变形提供了塑性好、应力大和作用时间长的条件,因此不仅引起严重的硬度不均,更会加大工件的淬火畸变。说它是大缺点,“大”就大在自来水的冷却特性对水温特别敏感上。

5 克服第二类缺点的技术方法

综合上述讨论,推广开来,我们建议用以下7类办法,来克服液体介质的上述第二类缺点。

(1) 在单一的冷却阶段内冷却。选用那些特性温度高于工件的淬火加热温度的介质,使整个冷却过程都在沸腾阶段进行,比如,通常使用硝酸盐浴冷却属于这类。或者完全在介质的特性温度以上冷却,使整个冷却过程都在蒸汽膜阶段进行,比如,在慢速的浆状介质中冷却高合金钢工件,属于此类。我们认为,这是上等的解决办法。

图5为160℃硝酸盐浴与40℃的快速淬火油今禹Y15-II的冷却速度曲线对比。由图5可见,今禹Y15-II是冷却速度很快的淬火油。而在整个冷却过程中,硝酸盐浴的冷却速度都比今禹Y15-II要快。按现在还流行的一种观点“在冷却速度快的介质中淬火,工件的淬火畸变会更大”,油中的淬火畸变应当更小。但生产证明,硝酸盐浴中淬火变形更小。有人用200℃的硝酸盐浴与100℃热油作了畸变大小试验对比,结果见图6^[2]。热油中淬火的工件,畸变更大而且更分散。究其原因是硝酸盐浴的特性温度高于工件的入液温度,从而实现了在单一的冷却阶段(沸腾冷却阶段)冷却的缘故。图7是高合金钢的剃齿刀的分级盐浴冷却工艺。图8为高合金钢的3次分级冷却工艺曲线与只有蒸汽膜阶段的慢速浆状介质的冷却过程曲线^[3]的对比。与浆状介质相比,在分级冷却过程中,每次放入盐浴时,都会因冷却速度快而引起较大的内应力。可以推知,代之以慢速浆状介质冷却,将会进一步减小工件的淬火畸变。

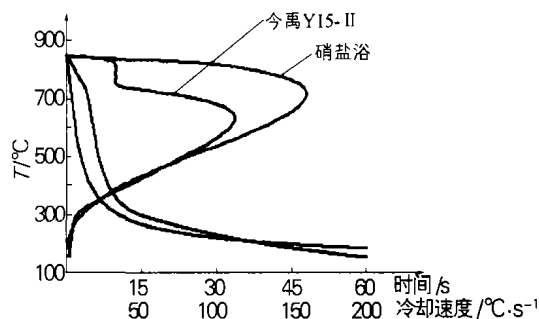


图5 160℃硝酸盐与快速淬火油的冷却速度曲线

Fig. 5 Cooling rate curves of 160°C nitrate bath and fast quench oil

(2) 选用蒸汽膜阶段长短对液温变化不敏感的介质,比如各种淬火油。采用油淬火时,工件堆放得稍微密集一点,使不同部位的工件接触的油有一定的温

不同搅拌方式下冷却曲线的测量与比较

王鸣华,陈乃录,张伟民,李琳琳,刘占仓

(上海交通大学 材料科学与工程学院,上海 200030)

摘要:采用根据 ASTM D 6482 的 Tensi 法和 ASTM D 6549 的 Drayton 法制造的试验设备,应用 ISO 9950 标准制成的 Inconel600 合金探头,测量了不同流速淬火油的冷却曲线,并对两种搅拌方法测量的数据进行了对比分析。

度差异时,各部位接触的油的特性温度基本上没有差别,如图 1b 所示。这就可以减小不同部位的冷却差异,从而减小工件的淬火畸变。

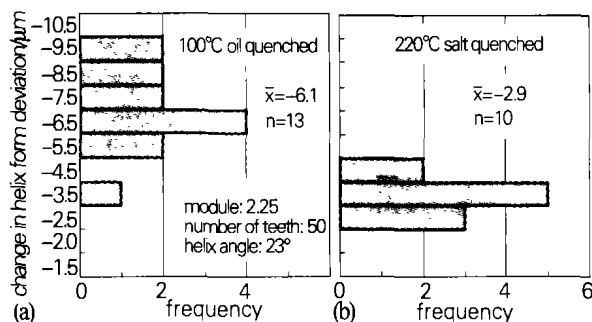


图 6 100℃油淬与 220℃盐浴淬火的畸变情况对比
Fig. 6 Comparison of distortion induced by quenching in 100℃ oil with that 220℃ salt bath quenched

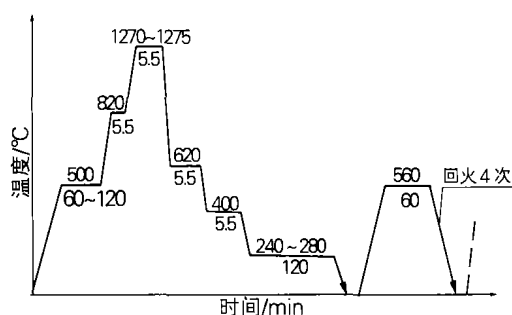


图 7 剃齿刀的淬火、回火工艺
Fig. 7 The process of quenching and tempering for schedule of gear teeth cutter

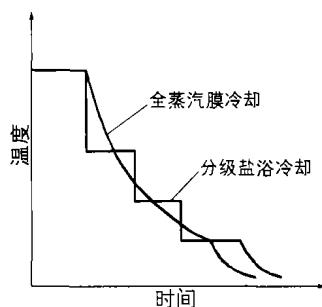


图 8 浆状介质冷却与 3 次盐浴分级冷却的过程对比

Fig. 8 Comparison between the cooling processes of mush media quenching and salt bath broken quenching 3 times

(3) 加入能减小介质液温敏感性的添加剂,如自来水中溶入一定量的无机盐或碱。

(4) 选用蒸汽膜阶段短的介质。形状复杂的工件,尤其是带较深内孔的工件,为减小淬火畸变,选用淬火油时,必须考虑到这一点。

(5) 降低水性介质的使用温度,来提高水的特性温度,并降低水的最高温升程度。如果能将水的特性温度提高到工件的加热温度以上,还可以免除特性温度麻烦。

(6) 降低工件的加热(或入液)温度,以缩短工件处于蒸汽膜阶段的时间。

(7) 通过增大工件之间的距离和加大介质的搅拌烈度等措施,减小工件周围的液温升高程度,以减小上述内应力。

一般说,选取几种以上办法,同时用上去,可以取得更好的效果。工厂现场要根据实际情况,避免某些有利于变形的因素相互叠加。比如,在油中淬火冷却时,入油之初,工件温度高、塑性好,如果在油的特性温度问题引起的内应力的基础之上,加上强烈搅动引起的外来应力,就有可能在工件某些部位叠加成很大的应力,引起超差的塑性畸变。东北某工厂遇到这样的麻烦时,有人出了一个好主意:在工件入油之初不搅拌,经过 1min~2min 再开始搅拌,畸变问题马上就解决了。究其道理,一是前期的冷却使过冷奥氏体抵抗塑性能力提高;二是可能避开特性温度麻烦引起的内应力与搅拌引起的同方向应力的叠加。按照这种思路,在某些场合,当不能完全避开特性温度麻烦时,单纯追求缩短油的蒸汽膜阶段,就不如保留适当长度的蒸汽膜阶段,等钢材抵抗塑性变形的能力有所提高后,再遭遇特性温度麻烦,更能减小工件的淬火畸变。又比如,降低水溶液的使用温度,可以提高水的特性温度,直至特性温度高于工件的入水温度。在水中溶解一定量的无机盐,可以降低水的凝固点,从而把水的使用温度降低到零下一、二十度,甚至更低的程度。此时,需要注意防止低温水溶液的冷却速度过高,以免引起工件淬裂。

参考文献:

- [1] Bates C E, Totten G E. ASTM Metals Handbook (4) [M]. ASM International, 1991: 91.
- [2] 渡邊陽一. 浸炭および浸炭窒化焼入れによる變形とその低減策[J]. 熱処理, 2003, 43 (3): 250.
- [3] 张克俭. 浆状冷却介质的特性和用途[J]. 金属热处理, 2002, 27 (10): 44-48.