



零件热处理裂纹的分析与对策 (四)

哈尔滨第一工具厂 (黑龙江 150020) 祝国华 战祥丽

16. 零件的形状与淬火裂纹

热处理零件的形状与淬火裂纹有密切关系,而零件的形状与设计有关。那些形状复杂、截面变化大、厚薄相关悬殊、带有尖角沟槽的零件,淬火冷却时会产生极为复杂的内应力,非常容易引起淬火裂纹。

对热处理来说,较好的形状应该是:截面变化比较均匀;不产生应力集中的区域,也就是无缺口效应。形状不好的零件,无论技术多么娴熟也很难完全防止淬火裂纹的发生。以下形状的零件淬火裂纹发生的概率非常大。

图4和图5为横截面急剧变化的淬火裂纹,图6为尖角和孔穴处的淬火裂纹,图7和图8为键槽的淬火裂纹,图9为斧头薄刃处的淬火裂纹。以上零件之所以容易产生裂纹是因为发生裂纹的部位均属于应力集中区域,即尖角处和截面急剧变化的交

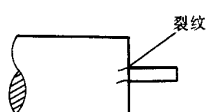


图4 横截面急剧变化处的淬火裂纹

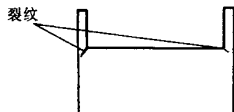


图5 横截面急剧变化处(壁厚不同)的淬火裂纹

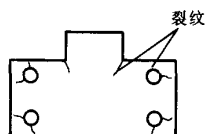


图6 尖角处和孔穴处的淬火裂纹

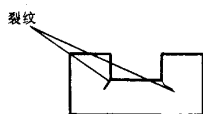


图7 槽直角处的淬火裂纹

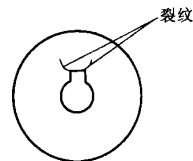


图8 键槽处的淬火裂纹

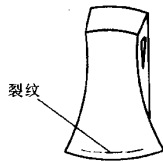


图9 斧头薄刃处的淬火裂纹

界处。这些区域在淬火时,常由于应力过大而引起淬火开裂。有资料介绍,尖角处的应力约为平滑面

部位的10倍左右,有人称尖角是导致淬火裂纹的致命因素。因此,尖角的转角处最好做成半径 $R=3\sim 5\text{mm}$ 的圆角,若做不到,那怕有1mm半径的圆角或倒一下角也是好的。有人做过试验,当半径为5mm时,尖角的影响减半,半径为15mm时则被全部消除。

防止或减少此类零件淬火裂纹的措施:

(1) 改善零件的不良形状,如在其壁厚处开工艺口;在其壁厚处加加强筋;将厚薄悬殊部位做成一定斜度;在满足零件性能要求的前提下,将壁厚部分和壁薄部分做成组合件。

(2) 直径比较大的零件最好做成空心的。

(3) 尖角改成圆角,那怕有1mm的圆角或倒角也好。

(4) 孔的入口处和出口处往往容易发生淬火裂纹,在出入口处倒一下角,最好用粘土或石棉泥将孔堵上,使其不产生缺口效应。

(5) 对结构复杂、截面厚薄相差较大的工件,可选用淬透性大的钢材,以便在冷却时能选用分级淬火等缓慢的冷却方式,这样既能满足硬度要求又能防止产生淬火裂纹。

(6) 在淬火操作上注意不要冷透,最好冷到 $50\sim 60^\circ\text{C}$ 左右(用手可以触摸的程度),不经清洗在盐浴炉中立即回火,使淬火应力得到及时消除,对防止淬火裂纹起到很好的作用。

17. 冲刻标记与机械加工不当造成零件表面缺陷引起的淬火裂纹

用尖锐的字头在零件表面冲刻标记或机械加工不当造成零件表面有较深的刀纹时,在这些部位造成应力集中容易引发零件的淬火裂纹。图10为由冲刻标记造成的淬火裂纹。

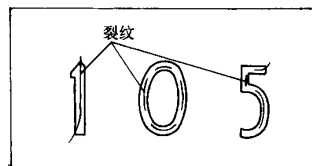


图10 从刻印标记处产生的淬火裂纹

防止由此产生淬火裂纹的办法是：不要在零件表面冲刻各种标记，实在需要有标记时，可用万能笔书写等办法解决；机械加工时不能使工件表面加工的过于粗糙，更不要造成深的刀纹。

18. 冷处理与冷处理裂纹

一般来说，冷处理原则上应在工件淬火后内外完全冷至室温后立即进行，因此说冷处理实际就是淬火过程的继续。其目的是将组织中残余奥氏体更多、更完全地转变为马氏体，以提高工件的硬度、强度、耐磨性和尺寸的稳定性。对高速钢来说还可以减少回火次数。

冷处理有采用固态二氧化碳、酒精等冰冷剂（-78至-80℃）的普通冷处理和采用液氮（-196℃）的超冷处理等两种。生产中主要采用普通冷处理。

零件冷处理时发生裂纹是经常遇到的问题，这是由于淬火冷却时产生的淬火应力因冷处理而增大了，再有冷处理使大量残余奥氏体转变成马氏体而产生的相变应力，这两方面的应力叠加在一起往往就会产生与淬火裂纹相同的裂纹，这就是冷处理裂纹。

如何防止冷处理裂纹的发生呢？零件淬火冷透后就应立即进行冷处理，但在实际生产中很难这样做，因淬火后立即冷处理产生裂纹的概率很大。英国 G·S·考普认为：为了得到较好的效果，冷处理应采用连续冷却，但是这时形成裂纹的危险性又会显著增加，即便对形状简单的工具也是如此。日本大和久认为：为了防止冷处理裂纹，应在冷处理前于 100~130℃ 略微回一下火，也就是说，在使残余奥氏体稍许稳定化、同时降低淬火应力之后，再进行冷处理，这样做可以说基本上可完全防止冷处理裂纹。

某工具厂热处理一批 Cr12MoV 钢制滚丝轮时，1130℃ 高温加热，油冷，淬火后硬度 48~52HRC，完全冷却后于 -78℃ 冷处理。冷处理后发现沿键槽处开裂，几乎全军覆没。分析其原因，由于采用 1130℃ 的高温加热，淬火冷却后残余奥氏体量可达 85% 左右，冷处理时将有大量残余奥氏体马氏体化，必然产生相当大的相变应力，发生开裂是难免的。后改为淬火油冷至室温，然后在 500~520℃ 回火 1h，再冷至室温进行冷处理，使一部分残余奥氏体在第一次回火冷却时发生了转变，这样一来相应就减少了冷处理时产生的应力，没有再发生裂纹。冷处理后再于 500~520℃ 回火

两次，每次 1h，回火后硬度 60~62HRC。

如何进行冷处理及如何防止冷处理裂纹发生，各厂有不同的方法和措施。但有一条必须注意，冷处理前零件一定要冷透。另外，在对高速钢等高合金钢零件冷处理时不要连续降温，要分段降温，即在 -20~-30℃ 停留 20min 左右，再继续降温到 -70~-80℃。零件冷处理后不要立即从冷处理炉中取出，应等其温度回升到 -30℃ 左右时取出，待零件完全恢复到室温后要及时回火，消除应力。

19. 焊接裂纹

这里所述焊接裂纹，是指对焊接刀具在焊缝处发生的裂纹。为节约昂贵的高速钢材，高速钢刀具的刃部使用高速钢制作，柄部使用 45 钢或 40Cr 钢等价格便宜的钢制作。为此，生产中用对焊的方法使两种钢材焊接在一起，这样在两种钢材之间有一条焊缝。若焊接质量不佳，在焊缝处存在气孔、氧化物夹杂或局部脱焊（没焊合）等，则在热处理后都会出现裂纹，或在校直时焊缝开裂，断裂面多呈深褐色，有的还会有氧化皮等。

防止裂纹发生的措施：

- (1) 要严格按焊接工艺进行操作。
- (2) 要注意焊接前焊接坯料的对焊面一定要清理干净，不能生锈，更不能有氧化皮或其他脏物存在。

20. 敲击裂纹

这种裂纹主要发生在淬火后的杆状刀具在敲击校直时形成的裂纹。杆状刀具淬火后发生弯曲变形是经常发生的，只能用校直的办法来解决，当采用敲击校直时，若敲击用力过大或反复敲击，被敲击部分会引起冷作硬化，被敲击处的组织受到破坏而产生较大应力，甚至出现肉眼难以发现的微细裂纹，酸洗时或在长期存放与使用中便会产生裂纹，这就是敲击引起的敲击裂纹。

这种裂纹主要发生在淬火后的杆状刀具（如细长拉刀、长钻头）敲击校直过程中。敲击校直的方法如图 11 所示。将弯曲的工件放在钢铁制平台

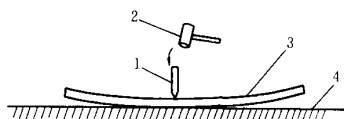


图 11 敲击校直示意图

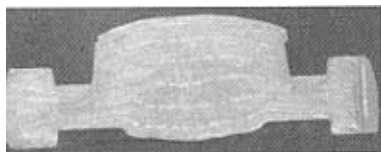
1. 剃刀 2. 锤子 3. 弯曲的工件 4. 平台

（下转第 69 页）

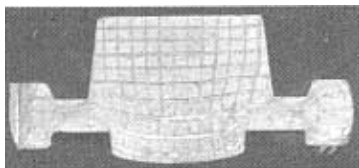
压入量非常小,而变形力却急剧上升。这是由于坯料填充凹模齿腔的齿顶部分,此时凸模凹腔已基本填满,下模凹腔正处于继续填充至充满阶段,此阶段属填充的最后阶段,如图6中C段曲线所示。

2. 金属流动特点

两种结构不同的坯料的轴向切面网格图如图7所示,此时是压下量为60%的变形情况。



(a) 坯料 I



(b) 坯料 II

图7 不同坯料轴向切面网格图

从图7可以看出:

(1) 两种坯料在上、下凸台根部梯形槽部分,金属变形都非常剧烈。由于坯料II已加工好上凸台,在齿形与下凸台成形的过程中,上凸台的金属几乎不发生变形。

(2) 本试验梯形槽的锥度选取合理,没有将金属流线切断。虽然坯料II的上凸台是用机械加工的方法生成的,但是由于具有一定的压下量,也使梯形槽根部的金属流线能够连续分布。

3. 齿形充满情况

两种结构不同的坯料在相同的最终变形压力下,成形的零件外形见图8。

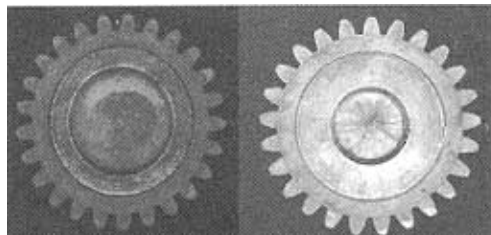
从图8可以看出,两种坯料齿形部分的填充情况都良好。由于坯料II的上凸台在齿形成形之前已预先加工,使得金属的变形程度较坯料I的小,从而使其下凸台的填充比坯料I相应部位的充满情况好。

以上分析说明,采用任何一种坯料结构都能得到满意的齿轮外观精度和金属流线。从坯料I的成形结果可以看出,上、下凸台的充满需要提高,尤其是下凸台。而坯料II的结构需要预先加工出上凸台,增加了整个齿轮加工工序,从而提高了成本。

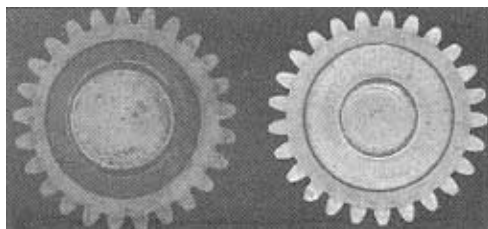
四、结语

(1) 在设计模具结构的过程中,充分运用了浮

动凹模理论和分流理论,在实际的试验过程中有较好的效果;对其他形状复杂的产品在以后的生产过程中都可以类似应用,对于减小最终成形成形力以及改善难充满型腔的充满情况都有积极的作用。



(a) 坯料 I(上下俯视图)



(b) 坯料 II(上下俯视图)

图8 用不同坯料成形的零件外形图

(2) 梯形槽约束分流工艺的运用,使得齿形充满情况良好。

(3) 增加锻造自由表面的大小,可以降低变形力,在今后的实际生产中应充分应用。

(4) 通过试验,将坯料形状及模具结构进行改进,结果符合要求。热 (20040910)

(上接第33页)

上,用锤子锤击工件弯曲的凹面,锤头要有一定的硬度,或用淬火回火后的剁刀置于弯曲工件的凹面,用锤子锤击剁刀的刀背。

为防止造成敲击裂纹,剁刀的刀刃不能太尖,要磨成一圆弧,敲击时不能用力过大,敲击点应均匀分布在凹面的一定范围内,不能集中在一个部位敲击,更不能多次反复敲击一点。敲击时要注意安全,戴好手套和防护面罩。

敲击过的工件最好不要酸洗,非要酸洗时酸洗时间要短,以防引起裂纹。敲击校直的方法一般适用在其他校直方法达不到目的时才使用,或弯曲量不大的工件采用敲击校直。建议尽量不采用或少采用这种校直方法。热

待续 (20040918)