

模具热处理缺陷分析及预防

南阳市华骏电源工业有限公司
河南中南光电仪器厂

杨凌平
李冰伦 唐丽萍

[摘要] 论述了模具热处理的工艺概况,对模具钢的热处理缺陷进行了分类分析,并提出了预防措施。

关键词 模具钢 热处理 缺陷

[Abstract] The technological process of the heat treatment of dies and moulds was stated. A systematical analysis was made on the defects of the die steel from heat treatment. And the measures for prevention of defects were put forward.

Key words die steel, heat treatment, defects

1 模具热处理工艺概述

模具的热处理包含了预备热处理、最终热处理及表面强化处理。预备热处理是为了改善模具钢的切割加工性能及为最终热处理打基础的各种退火、正火、调质或其它组合处理方法;最终热处理是指用以使模具获得高强度、高硬度、良好的耐磨性及冲击韧性的淬火回火工艺;而模具的表面强化处理则是用物理或化学方法对模具工作面进行改性处理,从而使模具工作面进一步得到强化,使其不仅具有更高的强度、硬度、耐磨性和冲击韧性,同时更具有高的抗疲劳、抗咬合、抗粘连、抗擦伤、耐腐蚀等优良性能的一种处理方法。

模具钢的热处理与其它钢种的热处理相比有很大不同,其原因有4个:①不同的热处理方法对模具寿命的影响很大;②模具热处理的质量要求较高;③模具中包含了形形色色极其复杂的零部件,需要充分考虑热处理缺陷(如淬裂、扭曲弯曲变形、硬度不足等等);④模具的生产一般为单件生产,要求100%成功。因此与结构钢制成的机械零件相比,模具钢的热处理要求较高的技术水平。

2 模具热处理缺陷概述

通常热处理缺陷是指模具在最终热处理过程中或在以后的工序中以及使用过程中出现的各种缺陷,如淬裂、置裂、变形超差、硬度不足、电加工开裂、磨削裂纹、模具的早期破坏等。

其实,上述的种种缺陷并不完全是由热处理因素造成的,例如,由于结构设计不当,原材料选择不

当,或原材料自身缺陷及锻造质量低劣均会造成隐患,经热处理后,也会出现上述各种缺陷。

随着模具制造技术的飞速发展及无损检测技术在模具制造领域的广泛应用,模具制造中的各种缺陷已逐步得到了定性分析,这对于积极预防各种缺陷的产生,大力提高模具制造质量和使用寿命必将产生积极的影响。从热处理角度去分析各种缺陷产生的原因并提出预防措施是理性的和明智的。

3 模具热处理缺陷的分类分析

3.1 淬裂

淬裂是模具零部件最常见的致命缺陷,已淬裂的工件,全部须报废,无任何补救措施。淬裂的原因及预防措施见表1,图1为防止淬裂的形状效应。

3.2 硬度不足

硬度不足是模具钢热处理常见缺陷之一。在通常情况下,硬度不足的工件可以重新淬火,重新淬火前需作正火处理,重新淬火时的温度要比第一次淬火温度低(取下限)。硬度不足的原因及预防措施见表2。

3.3 变形超差

变形是工模具热处理最常见最普遍的缺陷,也是其它机械零件最常见的缺陷。事实上,在机械制造中,热处理淬火变形是绝对的,而不变形才是相对的。换句话说,只是一个变形大小的问题。

3.3.1 马氏体相变具有表面浮凸效应

表 1 淬裂的原因及预防措施

序号	原因	原因分析	预防措施
1	形状效应	主要是设计因素造成的,如圆角R过小、孔穴位置设置不当、截面过渡不好等。	见图1
2	过热(过烧)	(1)控温不准或跑温。 (2)工艺设置温度过高。 (3)炉温不均,如底部有加热元件的设备、工件直接放在炉底板上等。	(1)检修、校对控温系统。 (2)修正工艺温度。 (3)工件与炉底板间加垫铁。
3	脱碳	(1)过热(或过烧)。 (2)空气炉无保护加热。 (3)机加余量小,锻造或预备热处理残留脱碳层。	(1)同过热预防措施。 (2)可控气氛加热、盐浴加热、真空炉、箱式炉采用装箱保护或使用防氧化涂料。 (3)机加工余量加大(2~3mm)。
4	冷却不当	(1)冷却剂选择不当。 (2)过冷。	(1)掌握淬火介质冷却特性。 (2)在 $M_s + 50^\circ\text{C}$ 以上出槽立即回火。
5	原材料组织不良	碳化物偏析严重,锻造质量差,预备热处理方法不当,效果不佳。	(1)正确的锻造。 (2)合理预备热处理制度。

过新相(过饱和 α 固溶体)在惯习面上对母相(γ 固溶体)的切变形成的,通过切变,使具有面心立方点阵的奥氏体转变为具有体心立方点阵的马氏体,这种具有体心正方点阵的马氏体因为固溶了过饱和的碳原子,从而使晶格常数发生了剧烈的畸变,因此,马氏体相变具有浮凸效应。

3.2.2 淬火是一个热态工件急剧冷却过程

由于工件的截面效应,使工件表层到心部的冷却速度不一致,形成温度差,导致体积的胀缩不均,从而引起钢件不均匀塑性变形。同时由于温差的影响,引起组织转变的不同步,也使钢件产生不均匀塑性变形。

如果钢件是一个完全弹性体,应力因弹性变形而松弛,冷却到温差消失时,弹性恢复,则不会留下残留应力。由此可见,钢件之所以有残留应力,乃是

表 2 硬度不足的原因及预防措施

原因	原因分析	预防措施
淬火温度过低	(1)工艺设置温度不当。 (2)控温系统误差。 (3)淬火软点(装炉或进入冷却槽方法不当)。	(1)修正工艺温度。 (2)检修校准控温系统。 (3)装炉时,工件间隔合理摆放均匀,分散入槽,禁止堆积或成捆入槽冷却。
淬火温度过高	(1)工艺设置温度不当。 (2)控温系统误差。	(1)修正工艺温度。 (2)检修校准控温系统。
过回火	(1)回火温度设置过高。 (2)控温系统故障误差。 (3)炉温过高时入炉。	(1)修正工艺温度。 (2)检修校准控温系统。 (3)不高于设置炉温装入
冷却不当	(1)预冷时间过长。 (2)冷却介质选择不当。 (3)淬火介质温度渐高而冷却性能下降。 (4)搅拌不良。 (5)出槽温度过高。	(1)出炉、入槽(冷却)都要快。 (2)掌握淬火介质冷却特性。 (3)油温 $60 \sim 80^\circ\text{C}$,水温 30°C 以下,当淬火量大而使冷却介质升温时,应添加冷态淬火介质或改用其它冷却槽冷却。 (4)加强冷却剂的搅拌。 (5)在 $M_s + 50^\circ\text{C}$ 时取出。
脱碳	(1)原材料残留脱碳层。 (2)淬火加热时造成。	同表1脱碳预防措施。
混料	—	当发现混料时,若该材料可取代设计要求的材料,可考虑以混料的热处理规范进行处理和代用,否则报废。

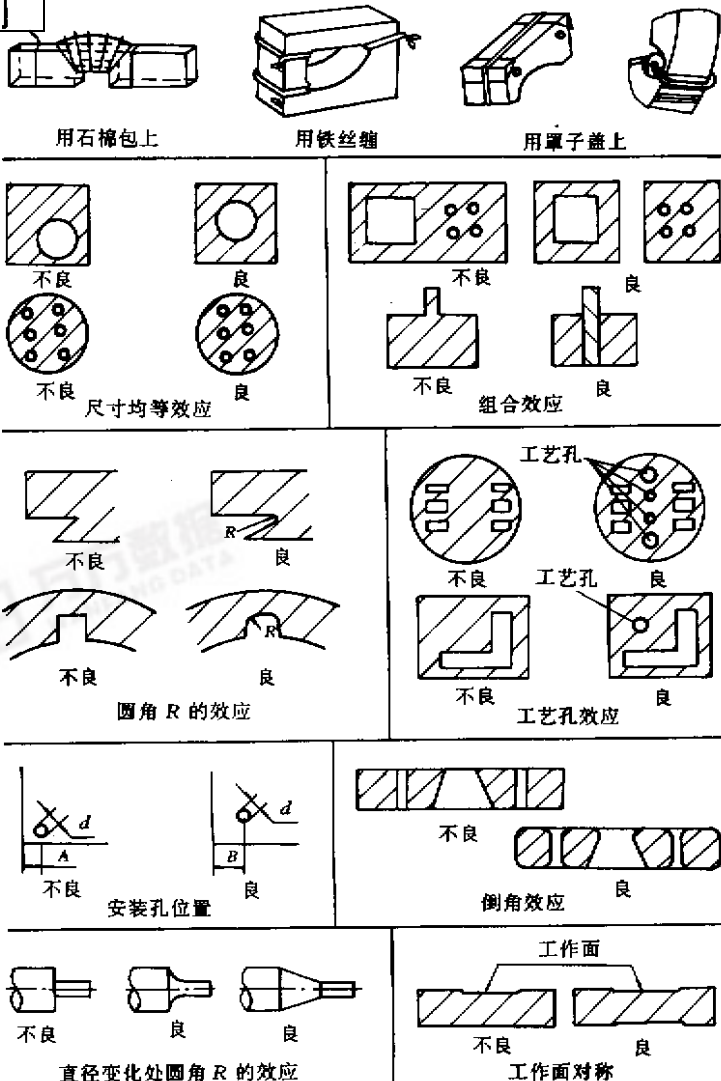


图 1 防止淬裂的形状效应

钢铁材料的淬火是为了获得较高强度、硬度、耐磨性及一定冲击韧性的马氏体组织,而马氏体相变是一种无扩散型组织转变。它是通

不均匀塑性变形的结果。

3.3.3 相变体积效应引起的变形

相变引起比容的变化,使得工件的体积在各个方向上作均匀的胀缩。

马氏体形成时体积的变化与碳含量的关系见表3,表4是钢件淬火时的体积变化计算值。

表3 A→M 时的体积变化(%)

含碳量	0.1	0.3	0.6	0.85	1.0	1.3	1.7
体积变化率	+0.113	+0.404	+0.923	+1.227	+1.557	+2.376	+3.781

表4 钢件淬火时的体积变化计算值

相变	体积变化(%)	长度变化(%)
A→M	+4.64 - 0.53 × %C	+1.55 - 0.18 × %C
A→B _T	+4.64 - 1.43 × %C	+1.55 - 0.45 × %C
A→B _L	+4.64 - 2.21 × %C	+1.55 - 0.74 × %C

3.3.4 预防变形的措施

预防热处理变形(尺寸变化和形状变化)是一项非常困难的工作,在许多情况下,不得不依靠经验加以解决。这是因为不仅钢种和模具形状对热处理变形有影响,不当的碳化物分布状态及锻造和热处理方法同样会引起或加剧,而且在热处理诸多条件中,只要某一条件发生变化,钢件的变形程度就会有很大变化。尽管在相当长时间还主要靠经验和试探法去解决热处理变形问题,但正确掌握原材料锻造、模块取向、模具形状、热处理方法与热处理变形的关系,从已经积累的实际数据中去把握热处理变形规律,建立有关热处理变形的档案资料,却是一项极有意义的工作。

图2是几种冷作模具钢的回火温度与尺寸变化率的关系。表5是防止热处理变形的办法。

3.4 脱碳

脱碳是由于钢件在加热或保温时,因周围气氛的作用,使表面层部分的碳全部或部分丧失的现象和反应。

钢件的脱碳不仅会造成硬度不足、淬裂和热处理变形及化学热处理缺陷,而且对疲劳强度、耐磨性及模具性能也有很大影响。

脱碳的预防措施见表1。

表5 防止变形的措施

预防措施	办法
改善材质	(1)选择淬透性好的钢种。 (2)正确的锻造和取向。 (3)采用预硬的瑞典钢。
完善的预备热处理	单一的预备热处理效果不佳时,应考虑两种以上的组合。
改善形状	见图1。
改善热处理条件	缓慢(预热)均匀加热,均匀冷却、空冷淬火,等温淬火、分级淬火、微变形淬火等,预热回火。

3.5 放电加工引起的裂纹

在模具制造中,采用放电加工(电脉冲及线切割)是越来越普遍采用的加工方法,但随着放电加工的广泛应用,其引起的缺陷也相应增多。由于放电加工是借助于放电所产生的高温而使模具表面熔化的加工方法,因此,在其加工表面形成白色的放电加工变质层,并产生800MPa左右的拉应力,这样,在模具的电加工过程中常出现变形或裂纹等缺陷。因此,采用放电加工的模具,必须充分掌握放电加工对模具材料的影响,并预先采取相应的预防措施。

- (1)防止热处理时的过热和脱碳,并进行充分回火以降低或消除残留应力。
- (2)为了充分消除淬火时产生的内应力,要进行高温回火,因此应采用能承受高温回火的钢种(如Cr12型、ASP-23、高速钢等)。
- (3)以稳定的放电条件进行加工。
- (4)放电加工后,作稳定化松弛处理。

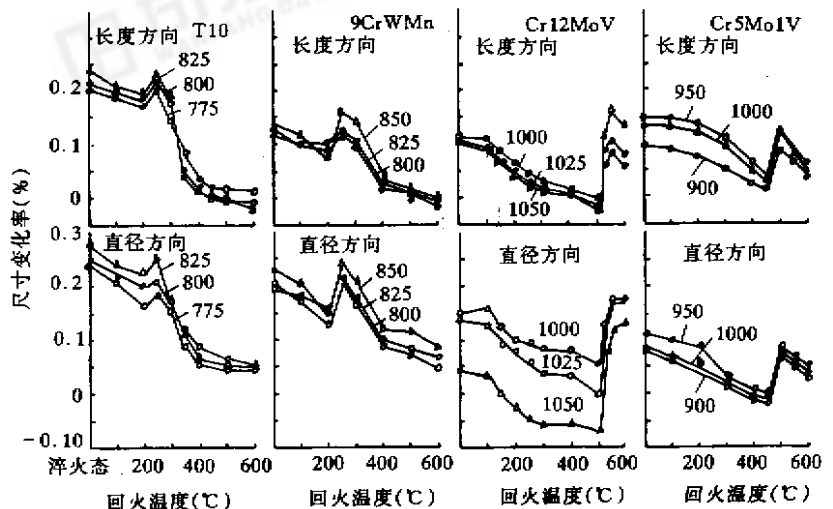


图2 4种模具钢的回火温度与尺寸变化率的关系

(5) 设置合理的工艺孔、槽。

(6) 充分消除再凝固层，以便在健全的状态下使用。

(7) 利用矢量平移原理，对切割前哨已集中的部分内应力做切通引流分散释放。

3.6 韧性不足

韧性不足的原因可能是淬火温度过高，且保温时间过长引起晶粒粗化造成的，或由于没有避开回火脆性区进行回火。

3.7 磨削裂纹

当工件内有大量的残留奥氏体时，在磨削热的作用下，发生回火转变，从而产生组织应力，导致工件开裂。

其预防措施是：淬火后进行深冷处理或多次重

万方数据

复回火（模具回火一般为 2~3 次，即使是冷加工用低合金工具钢也是如此），最大限度地降低残留奥氏体量。

参 考 文 献

- 1 日本热处理技术协会，热处理指南(上)，北京 机械工业出版社，1987。
- 2 不二越热处理研究所，热处理须知(上)，北京 机械工业出版社，1988。
- 3 安正昆，钢铁热处理，北京 机械工业出版社，1985。
- 4 朱 隼，模具制造中的裂纹及预防，金属热处理，1989，(12)

第一作者 杨凌平，河南南阳市北京路 16 号，华骏电源工业有限公司，邮编 473006

(收稿日期 2000 年 8 月 18 日)