



浅析模具失效的基本因素

浙江省温州热处理厂 (325027) 赵昌盛 居建村

模具的生产和使用水平,是衡量一个地区工业水平的标志,它在基础工业中占有重要地位。目前在机械、电子电器、轻工等行业中,模具的使用量大、面广。随着国民经济发展,人们对模具的品种、规格和使用寿命的要求也越来越高,因此提高模具的性能和质量已成为人们普遍关注的大事。根据有关资料和生产实际经验,下面笔者就模具的设计、选材、机械加工方法、热处理工艺及装配使用对模具失效的影响谈一些想法,并探讨减少模具失效的一些措施。

1. 采用先进的设计手段,合理设计模具

许多模具的失效可归因于设计,即所制定的机械加工过程或热处理工艺与设计不相适应。设计错误包括:尖角、圆角半径过小、凹槽、窄槽和截面突变,孔的位置不当造成薄壁、断面太薄以及间隙配合不当、槽具形状不对称造成偏心受载和模具磨损不均等。另外,模具技术要求不合理也是模具早期失效的原因之一。

设计模具时,要充分利用 CAD 系统功能对产品进行二维和三维设计,这样可保证产品原始信息的统一性和精确性,避免人为因素造成的错误,提高模具的设计质量。

2. 合理选择模具材料

一般根据模具的工作条件、生产批量以及材料本身的强韧性来选择模具材料,应尽可能选择品质好的钢材。

去年本人曾撰文专门阐述了 Cr12、Cr12MoV 钢材热处理断裂的失效分析,认为模具热处理后产生断裂的原因,很大一部分是由于模具钢材材料质量太差引起的,因此建议模具生产厂家,选择模具材料时要选质量信得过的厂家,同时对钢坯进厂时要进行质量检测,提供的模块坯料其化学成分要符合国家标准和国际上的有关规定,大型模块(100kg 以上)要采用电渣重熔钢。要确保内在质量,避免出现成分偏析、杂质超标等内部缺陷,同时要采用超声波探伤等无损检测技术检查,以确保每件模坯内部质量良好,避免出现冶金缺陷,将废品的发生消除在萌芽状态。

在国外,精冲模具材料常采用 D₂、SKD₁₁ 电渣

重熔钢,即为了消除模具钢一次冶炼铸锭中的缺陷。如瑞士、德国选用的模具钢都是经过二次精炼的,而国内很少对模具钢进行二次精炼。

3. 模具钢的锻造

不能简单地把锻造理解为毛坯成形。锻造不但可以将铸锭或成形材中的气孔、疏松、缩孔和微裂纹焊合起来,提高锻坯的致密度,而且可以碎化、细化共晶碳化物,把粗大的枝晶状共晶碳化物打散打碎,提高碳化物分布的均匀性,细化碳化物的粒度。

特别是对于 Cr12MoV 钢和 W6Mo5Cr1V2 钢,由于其碳化物分布的均匀性对热处理工艺和模具寿命有很大影响,因此模具毛坯需经多次锻拔、锻打来提高其碳化物的均匀度。

Cr12MoV 钢的锻造,要求其碳化物均匀度达 3 级以上。其工艺要点为:①选择碳化物均匀度较高的棒料作锻造原料。②预料:880~900℃,速度为 1mm/min。③加热:1080~1100℃,速度为 1.5 mm/min。④用综合锻造法锻粗、拔长 6 次,分 2 次完成,900℃终锻,锻后在 550℃炉内保温。⑤球化退火:加热至 860~880℃保温 2.5~4h,炉冷至 730~740℃,保温 4~6h,炉冷至 550℃出炉空冷。

锻造后的模具毛坯必须进行球化退火或锻后余热淬火,并于 750℃左右高温回火,使锻后毛坯中的碳化物晶粒细化并有效地改善模具钢的碳化物偏析,并可最大限度地消除模具钢(特别是碳素工具钢)中的网状碳化物。

4. 合理选择热处理工艺

热处理不当是导致模具早期失效的重要原因,据某厂统计,约占模具早期失效因素的 35%。

对于模具热处理,一般人都认为是模具加工后的热处理,这是不准确的。模具热处理包括锻造后的球化退火,粗加工后去除加工应力的回火或低温回火,精加工后的淬火与回火,电火花线切割后的去应力低温回火。只有冷热加工很好地相互配合,才能保证良好的模具使用寿命。

对于采用不同的材料、不同加工方法的模具应采用不同的热处理工艺,以便有效地提高模具的寿命。对 Cr12、Cr12MoV 模具热处理失效的研究表



明:对小型简单模具,一般热处理工艺即可解决模具热处理失效问题;对于较大型模具,由于材料本身质量太差(碳化物级别高,碳化物偏析严重),热处理后断裂现象严重。如果能在模具粗加工后安排一次高温调质工序(调质的淬火温度为1100~1150℃,高温回火温度为720~760℃,保温4~6h后炉冷至500℃以下空冷,也就是一些资料介绍的固溶处理),将使碳化物细化,棱角圆整化,同时使奥氏体晶粒超细化,减少模具最终热处理后失效,并可提高模具的使用寿命。

快速加热法由于加热时间短,氧化脱碳倾向减少,晶粒细小,对碳素工具钢制大型模具来说淬火变形小,综合力学性能好。一些厂家对高速钢采用“低淬、高回”的工艺比较好,淬火温度偏低,回火温度偏高,可大大提高硬度。尽管模具硬度略有降低,但对提高因折断或疲劳破坏的模具寿命却极为有利。对3Cr2W8V钢制热挤压模具的热处理施行“高淬、高回(1150℃淬火、600℃回火)”,使模具具有一定的高硬度和较好的韧性,也取得较好效果。由此看来有些人单一的强调“模具硬度越高,使用寿命越长”的观点是片面的,一些模具采取“低淬、高回”或“高淬、高回”,硬度虽然略有降低,但只要韧性有所提高,模具的使用寿命也就有所增加。

模具淬火后存在很大的残留应力,它往往引起模具变形甚至开裂。为了减少残留应力,模具淬火后应及时进行回火,且回火要充分,否则容易产生裂纹。对碳素工具钢采用200℃回火1h,残留应力消除50%,回火2h,残留应力消除约75%~80%;而500~600℃回火1h,残留应力消除达90%。某厂CrWMn钢模具在淬火后回火1h,使用不久便断裂,而当回火2.5h,使用中则未发现断裂现象。这说明回火不均匀,虽然表面硬度达到要求,但由于工件内部组织不均匀,残留应力消除不充分,将诱发晶间微裂纹的扩张,导致模具早期断裂失效。

回火后一般为空冷,在回火冷却过程中,材料内部可能出现新的拉应力,一般应缓冷到100~120℃以后再出炉,或在高温回火后再增加一次低温回火。

5. 模具的表面强化处理

模具经表面强化后硬度高、摩擦系数低,能充分发挥材料的潜力,有效地减小模具的失效。模具的表面强化处理方法主要可分为三种:

(1) 改变表面的化学成分,如渗金属、渗碳、渗氮、渗硼和TD处理。

(2) 不改变化学成分,如激光淬火、真空淬火、低温和超低温处理。

(3) 表面形成硬化层,如镀硬铬、热喷涂、化学气相沉积(VCD)、物理气相沉积(PVD)等,在工件表面形成TiC、TiN等超硬物质。

表面的强化处理,通过扩散、涂覆、浸渗、溅射、硬化等改变表面成分和组织,可以得到内部韧、表面强、耐磨、耐热、耐蚀、耐疲劳、抗咬合的特殊性能,从而将模具的寿命提高几倍至几十倍。

一般热处理厂可把常规热处理和表面强化工艺结合起来,即人们常说的“复合热处理”,也可明显提高模具使用寿命。

6. 合理确定机械加工制造工艺和加工精度

采用先进设备和技术,确保每副模具具有高精度和互换性,也是减少模具失效的有效途径。

制造工艺首先要解决好加工后引起的变形,并保证残留应力不能太大。粗加工时最好不要使表面粗糙度 $R_a > 3.2\mu m$ 。特别注意在模具工作部分转角处要光滑过渡,以减少热处理产生的热应力。

模腔表面加工时留下的刀痕、磨痕都是应力集中的部位,也是早期裂纹源和疲劳裂纹源,因此我们在模具加工时一定要留足打磨余量。既使加工后没有刀痕,也要由钳工用风动砂轮(或其他方法)打磨抛光,但要注意防止打磨时产生局部过热,烧伤表面或降低表面硬度。

模具电加工表面有硬化层,应对其进行180℃左右的低温回火来消除其残留应力,此外磨削时,如磨削热过大也会产生磨削裂纹。

模具制造和装配精度对模具失效的影响也很大。装配精度高,底面平直,平行度好,冲头与凹模垂直度高、间隙均匀,也可有望获得较高的寿命。

当然模具在使用过程中,操作人员严格遵守操作规范也是提高模具使用寿命的重要方面。

7. 结语

综上所述,模具的失效和使用寿命不仅仅和热处理有关,而且和模具的设计、选料、机械加工、装配使用等紧密相连,尤其要强调冷热工艺间的协调配合。因此,在制造模具时,要严格工艺规范,严把每道工序的质量关,如发生模具不正常失效,要仔细分析产生的原因,找出解决的方法。
(20030928)