



零件热处理裂纹的分析与对策 (三)

哈尔滨第一工具厂 (黑龙江 150020) 祝国华 战祥丽

12. 渗碳与淬火裂纹

进行渗碳的零件,通常采用 $w_c = 0.1\% \sim 0.25\%$ 的低碳钢。渗碳深度一般为 $0.5 \sim 2\text{mm}$ (根据零件的性能要求而确定),渗碳层的 w_c 以 $0.9\% \sim 1.1\%$ 为佳。零件渗碳后淬火,由于表面层含碳量高,其表面层能获得比内部大的马氏体膨胀量,使表面受压应力,从而防止了淬火裂纹的发生。但是当渗碳过度时反而容易引起淬火开裂,这是因为渗碳过度,渗碳层就会成为硬而脆的碳化物层,容易产生淬火裂纹。

过度渗碳还会出现网状渗碳体而导致晶界裂纹。再有渗碳若浓度不均匀时,则淬火时会发生不同的组织转变而引起裂纹。若渗碳后的冷却速度过快,在应力作用下也能引起裂纹,这种情况多发生在合金元素含量较多的渗碳钢件中。

13. 淬火加热炉与淬火裂纹

淬火裂纹与加热炉的关系也是很重要的,若淬火加热炉满足不了零件淬火加热要求,会影响产品的质量。比如工件外形很大,而炉膛较小,在加热时工件外边沿距炉子加热体太近而造成工件外层边沿的过热,特别是那些带有尖角的零件,会因热效应更容易造成工件过热而发生淬火裂纹。

根据生产实践,工件在盐浴炉中进行淬火加热时,工件的外边沿距电极的距离不得小于 50mm ,以防引起工件表面过热和不慎使工件接触到电极引起串电烧伤工件。如果加热炉的功率不够或电极长期使用变细变短等原因造成炉子升温缓慢,影响工件的加热质量,为保证工件加热充分,相应加热时间要延长,易引起工件的脱碳。加热炉的发热体(电极、电阻丝等)布置不合理或使用中部分损坏造成了炉温不均。再有淬火裂纹与加热炉的类型也有很大关系。最不容易发生淬火裂纹的是真空加热炉,因为真空炉是辐射加热,具有加热缓慢、炉温均匀、无氧化脱碳等优点,是一种不容易引起淬火裂纹的加热炉。

燃料炉多是以重油或液化石油气作为燃料的火焰加热炉,零件与这种火焰直接接触的部分常常发生过热,此外,使用这种燃料时从燃料中产生的氢

气会渗入到钢件表面而产生脆性,助长了淬火裂纹的形成,这就是燃料炉淬火裂纹发生率高的原因,现在这种燃料加热炉使用的越来越少了。盐炉与电炉虽然不如真空炉,但比燃料炉要好得多,也比较经济适用,所以到目前为止,盐浴炉和电炉仍被广泛使用。不过我们应重视先进的真空热处理技术,在有条件的情况下,要采用和推广真空热处理。

14. 钢材质量与淬火裂纹

钢材中的非金属夹杂物、疏松、缩孔和气孔等缺陷使钢材致密性较差,非金属夹杂物强烈地破坏了钢的连续性,若非金属夹杂物成大块状存在其危害更大,是产生淬火裂纹的起源。另外,缩孔、气孔是应力集中的一些缺口,热处理时容易由此开裂。

钢中存在严重的碳化物偏析时,对钢材质量的影响非常大。这种情况多见于过共析高合金钢中,因该类钢成分的特点是组织中存在较多的二次碳化物和共晶碳化物,这些碳化物未经过压力加工(如锻造等)前呈明显的带状偏析,使钢产生很大的脆性,淬火时产生的内应力如不能为材料的塑性变形所抵消和缓解时,便会引起淬火零件的开裂,裂纹多见于碳化物偏析最严重的地方。在高速钢中碳化物堆集处,颗粒较小的碳化物数量较少,奥氏体晶粒容易长大,故在正常温度下也会容易造成局部过热。碳化物级别过高,会使淬火奥氏体合金度不一致,从而造成工件在冷却时马氏体转变不一致性和不同步性,使内应力增加从而会引起淬火裂纹。

某厂在热处理一批 $W18Cr4V$ 钢制齿轮滚刀时(规格为 $M10$), 1280°C 油淬后发现有两件齿轮滚刀内孔壁产生了很深的纵向裂纹,沿裂纹剖开,其断面经腐蚀后,金相检查可见明显的碳化物宽带,碳化物不均匀度为 9 级,因此判定裂纹由此原因造成的。钢中若存在数量较多的大块角状碳化物时,淬火时粗大的角状碳化物对阻碍晶粒长大的作用小,使晶粒容易长大,从而容易引起钢的过热,强度降低,而产生淬火裂纹。

碳素工具钢和合金工具钢如因退火不佳而形成片状珠光体和网状碳化物等,容易使零件产生裂纹。这是因为网状碳化物使钢的强度和钢性大为降



低。相同成分的钢，片状珠光体与珠状球光体相比较，前者较后者在较低的淬火温度下结束相变，因而在较低温度下其晶粒即开始长大，从而可引起钢的过热，强度降低。

防止因钢材质量不佳造成淬火裂纹，应做好如下几方面的工作：

(1) 对进厂的钢材一定要严格检验，不合格的钢材坚决拒之门外。

(2) “漏网之鱼”何时都有，不合格的钢材不能投入生产。

(3) 对碳素工具钢和合金工具钢要进行良好的退火，防止网状碳化物的产生。

(4) 对一些碳化物偏析比较严重的大规格、高合金工具钢工件，淬火前要对坯件进行锻造加工，使碳化物不均匀度得到良好的改善。

(5) 对一些特大规格的高速钢刀具虽然进行了锻造，但碳化物偏析仍较严重，以及由于各种原因不能进行锻造加工来改善碳化物不均匀度的长棒形大直径刀具（如直径 $\geq 90\text{mm}$ 的大规格高速钢拉刀等产品，其直径越大，碳化物偏析越明显），所以应在保证各项性能质量要求的前提下，应尽量采用比较安全合理的热处理工艺。

可按下面的工艺进行生产：

淬火：第一次预热 $550 \sim 600^\circ\text{C}$ ；第二次预热 $850 \sim 900^\circ\text{C}$ ；高温加热（W18Cr4V 为 $1270 \sim 1275^\circ\text{C}$ ，W9Mo3Cr4V 为 $1225 \sim 1230^\circ\text{C}$ ，W6Mo5Cr4V2 为 $1220 \sim 1225^\circ\text{C}$ ）。第一次分级冷却 $580 \sim 620^\circ\text{C}$ ；第二次分级冷却 $400 \sim 450^\circ\text{C}$ ；等温冷却 $250 \sim 280^\circ\text{C}$ 。第一次预热时间不少于 60min ，第二次预热时间为高温加热时间的 2 倍，两次分级冷却时间与高温加热时间相同，等温时间为 $60 \sim 120\text{min}$ 。

回火：在第一次回火中，刀具等温冷却后空冷至 $50 \sim 60^\circ\text{C}$ ，然后放入 $250 \sim 300^\circ\text{C}$ 的盐浴炉中预热 30min ，再移入回火炉中缓慢升温至 560°C 保温 60min ，随后出炉在空气中缓冷至室温。冬季天冷要放入铁筒或空闲炉中缓冷至室温，及时进行第二次回火。因大量残余奥氏体基本上在第一次回火冷却过程中完成回火马氏体的转变，会产生很大内应力，为尽快消除这些内应力，应及时进行第二次回火。第二、三、四次回火前同样要进行 $250 \sim 300^\circ\text{C}$ 预热 30min ，以减少回火加热过快造成的应

力，这是避免发生回火裂纹非常有效的措施。

15. 锻造与淬火裂纹

工件在锻造时会因各种原因如冶金缺陷，像非金属夹杂、缩孔及气泡等在锻造时均能引起裂纹。另外锻造时工件入炉时温度过高、升温太快、加热温度过高、锻造时变形太大以及变形不均、终锻温度过低及锻造后冷速过快等原因都能引起锻造裂纹，这些裂纹有的深藏在内部，有的暴露在表层。

有些锻造裂纹热处理前未被发现，但在热处理时扩展了，使工件在淬火工序发生了开裂。某厂曾有三件由 254mm (10in) 钢锭锻成的 9Cr2 钢轧辊，粗加工后辊身直径 200mm ；第一件在淬火时裂为两段，当即停止了另两件淬火并进行分析。通过对两件未淬火的轧辊做超声波探伤，均发现内部缺陷严重，并集中分布在相当于钢锭冒口的一端。进行横向切片检查发现裂纹已扩展到接近轧辊的表面，并在心部发现有铸锭在凝固收缩时产生的孔洞。这样的钢件发生淬火开裂就不足为怪了。热

(20040828)

《提高模具寿命应用技术实例》

一书已正式出版

由中国热协前常务副秘书长王德文研究员级高工主编，机械工业出版社出版的《提高模具寿命应用技术实例》一书，现已与读者见面。本书以实用技术为主，兼有一定的理论分析，旨在更好地有助于解决生产实际中的技术问题。全书内容共 12 章，近 70 万字，包括有热压、冷挤压、塑料成形用模具材料及其热处理技术的发展和运用，表面改性技术及真空热处理技术的发展和运用，润滑剂等；有成形工艺及设计结构合理化，合理选用模具材料，采用强韧化技术及工艺，采用表面改性技术，改进制造工艺、提高模具使用性能，选用合适的润滑剂，改进模的使用和维护条件，采用综合技术措施等 400 余例实用技术。

该书是综合了作者的科技成果及现场实践经验和国内外的实用先进技术的有实用价值的参考书，对提高模具行业的模具性能和使用寿命及经济效益有大的帮助。

本书适用于模具企业中的工程技术人员参阅应用，也可供院校模具专业的师生及科研单位的模具科研工作者参考。

咨询电话：010-68369328，13611172889 王德文

联系地址：北京首体南路 2 号机械院东区 6-2-305

邮政编码：100044