# 影响刀具高寿命应用的相关因素

东风汽车有限公司刃量具厂技术部　杨　锴



制造业的快速发展必须要有刀具行业的大力支撑。我厂作为东风公司一家专业生产刃量具的企业，已经积累了四十余年的生产经验。涉及到的刀具材料主要有碳素工具钢、合金工具钢和高速钢。涉及到的热处理工艺和设备为分级等温盐浴淬火、真空热处理淬火及感应热处理和表面PVD涂层，设备为盐浴炉、真空炉和高频感应设备、PVD涂层设备。盐浴炉使用频繁，主要用于处理大批量高速钢刀具及其他合金钢刀具，而真空炉由于自身存在的一些缺陷仅用于处理滚丝轮及搓丝板等小批量刀具。

通过生产实践，我们认为影响刀具寿命的主要因素有：材料（原材料的碳化物偏析程度、大块角状碳化物和大颗粒碳化物）、硬度、韧性、热处理过程（淬火加热温度及晶粒度、碳化物溶解的程度、回火情况、过热级别）。其中淬火加热温度是比较敏感的，稍有疏忽就会出质量问题。

（1）材料方面　高速钢中的碳化物偏析程度高会降低塑性，削弱基体的强度，锻造时易裂，刀具在使用中易崩刃及磨损；热处理时过热敏感性增大，沿碳化物带状处易裂；碳化物堆积处的残留奥氏体含量增加，易致局部回火不足；大块碳化物使低倍组织变差，在外力作用下易产生应力集中而解理开裂。

（2）硬度和韧性方面　低硬度不会高寿命，但硬度高未必就好。硬度高很耐磨，但是韧性差易崩刃，导致永久性失效。

（3）热处理过程　在保证强度和韧性的前提下，淬火加热必须确保碳化物尽可能多地溶入基体中，而在冷却时应尽量避免碳化物析出，以保证回火后得到最大的二次硬化效果。

作为刀具的制造者应严格控制高速钢原材料进厂时的入库检验，采用锻造改善碳化物的分布情况使其破碎并分布均匀，从源头上把关。这方面我厂是有切身教训的。我分别于2011年7月、2012年5月在《金属加工（热加工）》上发表的《剃齿刀失效分析及质量改进》、《大型拉刀失效分析及改进措施》中均论及到非正常失效刀具刃齿部位碳化物问题。图1和图2分别是失效剃齿刀刃齿部位碳化物不均匀度和碳化物堆积情况，图3是非正常失效$\phi$136mm的大型花键拉刀刃齿距齿顶10mm处碳化物不均匀度级别情况，由此可见一斑。

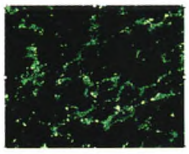


图1　5级　100×

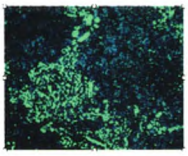


图2　3级　500×

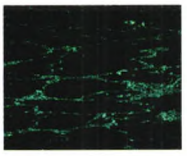


图3　6A级　100×

刀具制造单位热处理应寻求个性化，有的刀具应适当过热，有的刀具严禁过热。比如对于丝锥而言切削时热硬性已经不再是主要考核指标，更应注意的是韧性。调整淬火加热温度以增强韧性是必要的，晶粒度应控制的更细一些；而对于大规格复杂刀具使用的大直径原材料本身碳化物偏析程度就比较严重，应适当降低淬火加热温度，加热时间也不能过长，以防热裂，而且由于淬火后残留奥氏体含量比较高，回火时组织转变较多，组织应力较大，冷速不能太快，应注意缓慢冷却。检验刀具热处理指标时只测硬度不看金相是有很大风险的，刀具热处理行业的老专家赵步青先生曾反复强调“硬度只是表面现象，金相组织才是本质”，这是我们刀具热处理工作者需要谨记之处。

刀具能否高寿命在参数设计上也应多方论证。比如加工曲轴用螺旋槽丝锥的螺旋角时若设计的较大，则前角也大。虽对提高刃口锋利度，减少切削变形和摩擦，减少切削热量，降低攻螺纹扭矩有利，但又会降低切削刃强度，造成排屑不畅或切屑堵塞，致使丝锥折断。因此，正确设计刀具参数才能提高刃口耐磨性。

刀具的使用能否达到高寿命是个系统工程。除了良好的参数设计，原材料及热处理工艺上需要格外注意之外，保证刃磨质量使得磨损的刀齿被完全修锋，管理上确保刀具磨损到一定量时强制换刀修磨，不造成“勒刀”，并辅以刀具涂层性能的正常发挥，再加上振动小、刚度好的设备保证，我们才能用好刀具，实现刀具的高寿命。

# 深冷技术在航空发动机特型刀具上的应用

湖南株洲中航工业南方工模具分公司热处理厂　李　平



我公司生产的航空发动机特性刀具型面复杂，加工成本高，且材料昂贵，热处理一直采用常规盐浴炉淬火处理，在使用过程中存在使用寿命短（崩块、卷刃）、磨损严重的情况，如何提高刀具使用寿命是一个亟待解决的问题。

2008年开始着手研究采用深冷处理工艺提高刀具使用寿命的工艺方法。所谓深冷处理，就是用液氮作为冷却介质将淬火后金属材料的冷却过程继续下去，达到远低于室温的某一温度，促使常规热处理后所存在的残留奥氏体得到进一步转化，从而改善金属材料性能。

深冷处理过程中细微碳化物的析出，是属于“原子挤出”机制。刀具骤冷到－120℃会发生宏观体积收缩，从而引起内部微区变形造成晶格畸变，使马氏体内部的间隙碳原子进一步承受压应力而被“挤出”间隙位置。在－120℃温度条件下碳原子的热震动非常微弱，因此碳原子不会发生“扩散逸出”。当深冷结束后刀具在回升到室温20℃的过程中，存在近150℃的温差，因此刀具相当于进行了一次低温回火，故被挤出的碳原子可以通过在缺陷附近偏聚最终形成弥散分布的细微碳化物。细微碳化物的弥散分布还可以阻碍位错运动，造成弥散强化效果，提高了刀具的耐磨性、韧性，使刀具使用寿命成倍地提高。

我们首先从从一根 25mm×35mm×600mm的M42锻料上截取长130mm的4根料，制作4把20mm×30mm×120mm刨刀，分别标号为1#、2#、3#、4#，将其中1#、2#刨刀进行深冷处理，3#、4#刨刀进行常规热处理，分别用4把热处理好的刀具在刨床上进行切削CrWMn钢的刀具磨损试验。两组试验所得刀具使用寿命结果见附表。从刀具使用寿命对比表和使用后刀具表面磨损状态观察，深冷处理能明显地提高刀具的耐磨性，使刀具的切削寿命成倍提高。

**刀具使用寿命对比**

| 刀具编号 | | 刀具性质 | 使用寿命/h |
|---|---|---|---|
| 第1组 | 1# | 经深冷处理 | 4.2 |
| | 3# | 常规热处理 | 2 |
| 第2组 | 2# | 经深冷处理 | 4.1 |
| | 4# | 常规热处理 | 1.8 |

于是，我们选择加工XX型发动机上的火焰稳定器的组合铣刀进行现场实物试验，火焰稳定器材料为GH625，很难加工，最早时有50%的废品率，通过改进刀具尺寸，废品率下降到20%左右，但是铣刀使用寿命很短，一套组合铣刀仅能加工火焰稳定器2～3个，加工成本持续攀升。

我们将经过深冷处理的组合铣刀15套和常规热处理的组合铣刀15套发到现场使用，从操作人员记录数据中可以清楚地看出，经过深冷处理的组