

# 高速钢刀具热处理缺陷的原因及预防措施

山西关铝股份有限公司 (运城 044001) 王志杰

笔者从事高速钢刀具热处理技术、生产管理、质量管理工作以来,体会到高速钢刀具在热处理过程中,不可避免地会遇到许多质量缺陷,甚至会因为某种严重缺陷而报废。因此对高速钢刀具热处理所产生的缺陷进行分析处理是一项复杂而细致的工作。首先对热处理所产生的缺陷要全面分析其原因,然后才能采取预防措施,防止“重蹈覆辙”。

高速钢刀具热处理产生的缺陷有硬度低、脱碳、变形、开裂、过热、过烧、腐蚀、萁状断口、表面皱纹和表面蒸镀等。

下面笔者简单分析一下高速钢刀具热处理产生缺陷的原因及预防措施,希望能起到抛砖引玉的作用。

## 一、硬度低

在机械制造行业中,金属切削刀具在机械加工中占有相当重要的地位。目前,在金属切削刀具中应用最广泛的材料是高速钢。高速钢经过热处理应达到60HRC以上的硬度,这是金属切削刀具首先应具备的条件,因此金属切削刀具100%要经过热处理。

实际上在生产实践中,刀具经过热处理后有时硬度低于技术要求,被称为硬度低。下面对硬度低的原因及其防止措施进行分析。

### 1. 产生硬度低的原因

#### (1) 原材料问题

①混料。由于运输、搬运、库存、发料、机加工等各工序管理不严,容易写错材料牌号、发错材料,结果造成混料。把淬火温度高的材料或半成品混入到淬火温度低的材料或半成品中,淬火前又未发现,最终按低的温度加热淬火,要求高温加热的刀具,淬火后硬度必然低。

②原材料质量不合格。原材料含碳量、各种合金元

素的含量低于标准含量或偏下限,碳化物级别不合格,造成热处理后硬度低。

③原材料表面质量不合格。原材料表面氧化脱碳层超标或机械加工没有把表面脱碳层加工掉,造成热处理后表面硬度不合格而心部合格。

④同一种牌号的高速钢材料,由于生产厂家不同、炼钢炉次不同,造成化学成分上下限差异或质量级别差异,如果混在一起,用同一种热处理工艺处理,结果硬度上出现差异,有的硬度偏低。

⑤由于机加工各工序不合格报废,中途补料发生错误又未注明,热处理前火花鉴别也未发现,热处理后部分硬度低。

#### (2) 工艺方法问题

①热处理淬火加热温度过低,加热时间(包括升温时间和保温时间)过短。

②热处理预热温度低,预热次数少,预热时间短,在高温加热时又没有采取补救措施。

③在批量生产中,淬火夹具设计不合理,选择不恰当,装卡量过多或互相重叠,影响了刀具各部分均匀加热。

④对有些刀具为了提高热硬性,有目的的提高淬火温度和加热时间;为了减少变形采用等温度淬火,都会造成残余奥氏体增多,使淬火后硬度暂时偏低。

⑤刀具在热处理淬火加热过程中产生氧化脱碳,返工退火过程中产生氧化脱碳。

⑥刀具由高温炉中提出,在入淬火介质前在空气中预冷时间太长,会产生二次碳化物析出,降低了淬火硬度。

⑦由于分级淬火炉内盐浴成分变化,盐浴熔点提高,在高于620℃以上的温度分级冷却时间过长,也会降低

淬火硬度。

⑧刀具第一次在 200 ~ 500℃ 回火或在 600℃ 以上进行回火，回火时间过长，都会造成硬度低。

⑨回火时由于装炉量过多，尤其是夏季室温高，冷却速度慢，冷不透，就进行下一次回火，造成残余奥氏体向马氏体转变不完全，回火后硬度低。

⑩回火前停留时间过长，回火时间过短，回火次数不够，回火炉温分布不均匀，都会影响二次硬化效果，造成硬度低。

⑪刀具本来硬度是合格的，但在磨削时由于方法不当，造成磨削退火，使表面硬度降低。

(3) 设备方面问题

①插入式电极或埋入式电极马蹄形内侧，因长期使用，前者变细变短，后者氧化腐蚀烧损，使功率下降造成炉温低。

②高温盐浴炉配电盘熔断器（又称保险丝），因频繁的吸闸掉闸被振掉脱落或熔断器被烧坏，造成缺相而又未发现修复，使炉温降低。

③高温炉膛因长期使用，尺寸变大，造成升温速度缓慢，刀具保温时间相对减少，淬火后硬度低。

④辐射高温计和与它相配套的调节式毫伏计，因故测温不准确，实际温度偏低。

⑤校对高温炉温度使用的铂铑-铂热电偶购回后未经复验，就直接用于炉前校对辐射高温计的温度，造成实际温度偏低。

⑥高温加热炉用的计时器，因计时发生失误，造成加热时间不足，使硬度低。

⑦测量硬度用的硬度计因本身有 ±1HRC 的误差，再加上人为操作误差，使测试的硬度偏低。

(4) 操作人员问题

人的因素是决定因素。热处理操作工、有关管理人员、检验测试人员等是决定热处理质量问题的第一重要因素。上述影响质量的各种原因都是人的素质不高造成的，这里不再做详细分析，在以后的各种热处理缺陷的分析中也不再赘述。

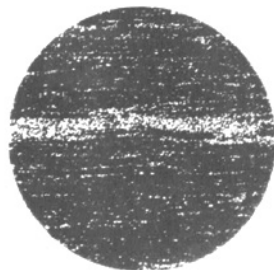
2. 预防硬度低的措施

(1) 加强原材料进厂管理。采购运回库房的原材料要严格入库检验和入库保管，按不同牌号分开存放。对不同钢厂、不同批次的要做好标记。生产线上的在制品

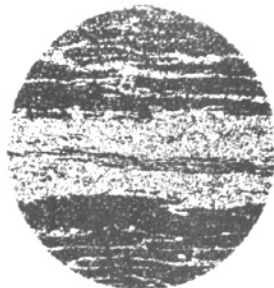
要账、物、卡相符，分批存放，防止混料。

(2) 严格原材料进厂复验。项目包括：火花鉴别、化学成分分析、表面脱碳层厚度及碳化物不均匀度评级等。

图 1 为高速钢原材料碳化物分布照片。试样经淬火后在 680 ~ 700℃ 回火 1h 的情况下观察。图 1a 为 4 级，可制造 φ40mm 以下的一般刀具。图 1b 为 8 级，不能制造高精度的刀具，因为碳化物不均匀度超过 5 级，刀具易产生崩刃和断裂。



(a) 碳化物呈带状分布，带宽 4 ~ 6mm (4 级)



(b) 碳化物呈带状分布，带宽 16 ~ 23mm (8 级)

图 1 高速钢原材料碳化物带状分布 ×100

(3) 在淬火前操作人员要用火花鉴别的方法抽验待处理的刀具，防止错料、混料。

(4) 对要求硬度 ≥65HRC 的刀具可选用高碳含铝、钴超硬型高速钢。

(5) 对于因各工序中途报废补料的刀具，要严格补料手续，要注明补料的牌号和数量。

(6) 严格执行工艺文件中的热处理操作规程，不得随意更改工艺参数。现场质量管理员要深入炉旁，监督工艺流程，加强生产过程的质量控制，确保生产现场出现的问题能得到及时、正确有效的处理。

(7) 对金相组织、硬度在生产现场要坚持首验、中

检和最后检验,防止因条件变化造成硬度低。

(8) 操作工要熟练掌握目测温度的基本功,根据火色、烟雾大小、盐浴翻滚等情况,及时判断炉温的变化。

(9) 热工仪器、仪表、硬度机、标准热电偶等检测仪器要定期鉴定,并做好标识,填好记录,确保检测数据准确可靠。

(10) 热处理设备要建立维修保养制度,做好巡查维修记录,保证设备完好。

(11) 在井式回火炉上要增装一套监控温度的仪表,防止“跑温”而造成大批量的工件硬度低。

(12) 要按磨削工艺进行磨削,防止磨削退火。

(13) 热处理是特殊工种,操作工必须经过专业培训,具备金属学、金属材料学和热处理工艺的专业知识,并经过资格考试合格后持证上岗。其他有关检测人员也要提高自己的业务素质,才能提高服务质量。

### 3. 硬度低的刀具检测与处理

(1) 刀具硬度一般用锉刀和硬度机来检测,对于微型小刀具要用维氏硬度机检测。因回火不充分,残留奥氏体多的刀具可进行一次冷处理,或按正常回火工艺重新回火一次。在夏季回火后要吹冷风强制冷却,在晚上可以放在车间外面冷却,都可达到提高硬度的目的。

(2) 因表面氧化脱碳造成硬度低的刀具,当脱碳层小于留磨量,可以送机加工车间磨去脱碳层,按合格品处理。若脱碳层大于留磨量,还可改为小规格刀具,按次品或非标准刀具处理。

(3) 当表面脱碳层属于贫碳,表面硬度与技术要求差距较少,也可用高速钢铁屑、铁末保护退火补碳后,重新淬火回火。

(4) 因为各种原因造成加热温度低、时间短,分级、等温冷却不当,回火温度过高等原因造成硬度低,只能退火后重新淬火回火。

(5) 因混料造成部分刀具硬度低,可利用工具磨床磨削时产生的火花,将异料挑出来,把硬度低的刀具分出来。

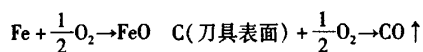
## 二、脱碳

刀具在热处理实践中,绝大部分在盐浴炉中加热。按理说,在盐浴炉中加热不会造成氧化脱碳,实际上由

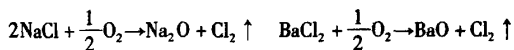
于工业用盐本身不纯,盐浴与空气、水分不断发生化学反应,使盐浴变质,结果造成表面氧化脱碳。刀具脱碳后硬度和耐磨性降低,从而影响刀具的使用寿命。下面着重分析刀具在盐炉中加热产生氧化脱碳的问题。

### 1. 产生氧化脱碳的原因

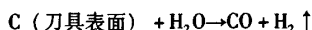
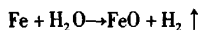
(1) 空气中氧气的作用 空气中的氧溶入盐浴中,氧气与盐浴产生化学反应生成氧化物,都会和刀具表面的铁和碳发生氧化脱碳反应:



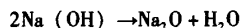
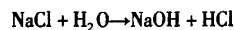
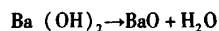
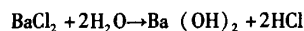
氧与盐浴作用生成金属氧化物:



(2) 水分的作用 工业用氯化钡( $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )本身含有结晶水,空气中含有水分,尤其是梅雨季节,空气潮湿,更容易引起氧化脱碳反应:

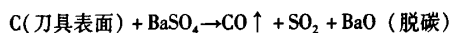
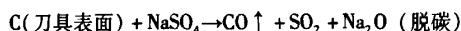
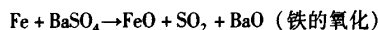
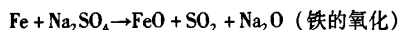


水与盐浴作用产生金属氧化物的反应:

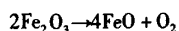


(3) 工业用盐中允许杂质含量的作用 工业用盐技术条件中,氯化钡的纯度 $\geq 96\%$ ,允许杂质硫酸盐( $\text{BaSO}_4$ )总含量 $< 0.5\%$ ;氯化钠的纯度 $> 98\%$ ,允许杂质硫酸盐( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )总含量 $\leq 1\%$ 。

这些硫酸盐在高温状态下,直接和刀具表面产生氧化脱碳反应:

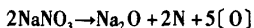


(4) 盐浴中氧化铁的作用 盐浴中的氧化铁的含量来源,像电极氧化铁皮脱落,工作表面生锈,工装卡具表面氧化生锈,都会增加盐浴中氧化铁的含量,最终使刀具表面脱碳。氧化铁皮在高温下产生分解反应:



(5) 硝酸盐的作用 盐浴长期使用,硝酸盐随着工

装卡具不断带入加热的高温盐浴炉中,硝酸盐在高温下发生分解,产生氧和氧化物,它能使刀具表面的碳氧化,使刀具表面脱碳。硝酸钠的分解反应为:



(6) 盐浴炉没有按时脱氧和捞渣 盐浴炉常常在炉底沉积有炉渣,炉渣实际上就是脱氧剂和炉内的氧化物作用生成的沉积物。脱氧的目的就是要减少盐浴中的氧化物,捞渣就是要把炉渣彻底的捞出来,如果脱氧不及时,捞渣不彻底,盐浴中氧化物含量越来越多,刀具脱碳就越来越严重。

(7) 装套筒隔盐加热产生氧化脱碳  $\phi 2.5\text{mm}$  以下的仪表小钻头曾使用过装套筒隔盐加热淬火的方法,这种方法如果操作不当也会产生氧化脱碳。其原因是:套筒内有空气存在;套筒口虽装有木炭,但防止脱碳作用不持久,小套筒本身长期使用会产生脱碳,进而使钻头表面脱碳;套筒加热时间本来就长,遇到淬火条件发生异常变化时,加热、预热的时间会更长;套筒本身因焊接不牢,偶尔发生漏盐。渗漏进去的硝酸盐,会产生严重的氧化脱碳现象。

## 2. 预防脱碳的措施

(1) 把好用盐质量关。热处理用盐必须符合有关国际(部标)工业用盐标准,进厂应进行外观和化学分析检验达到合格水平,其中包括纯度、总水量、允许杂质含量符合技术条件要求,并经试用后方可大量使用。

(2) 盐的库存和领用。盐的库存包装要完整,能清楚的辨认名称、规格、品级、生产厂家、批号。领回车间的各类用盐要根据用途按重量比称量配制,搅拌均匀后分类装箱加盖保存,标记清楚醒目,尽量保持干燥,防止混料、加错盐。

(3) 严格脱氧,认真捞渣。盐浴中含有各种氧化物,是刀具氧化脱碳的主要原因,加入脱氧剂的目的就是防止刀具氧化脱碳。关于脱氧剂的采购和保管同上所述。

首先要严格执行脱氧守则,高速钢加热炉夏季2~3h,冬季4h脱氧一次,8h捞渣一次。高速钢预热炉4h脱氧一次,8h捞渣一次。在捞渣时若炉渣沉积结底,要用钢钎捅松后捞干净。

(4) 脱氧后10~15min用不锈钢棒插入盐面下200mm取样化验,高温盐炉氧化钡( $\text{BaO}$ ) $\leq 0.5\%$ ,氧

化铁( $\text{FeO}$ ) $\leq 0.5\%$ ,中温预热炉氧化物 $< 0.3\%$ 。若炉中氧化物含量不合格应补加脱氧剂。

(5) 使用过的淬火卡具表面因附有残盐会生锈,所以要清洗干净,用前最好进行喷砂处理,投入盐浴前要在烘干炉内烘干。工作表面生锈也要在淬火前清除干净。

(6) 为了防止电极上形成的氧化铁皮落入炉内,用1Cr18Ni9Ti代替20号钢作电极,改插入式电极为埋入式电极。

(7) 盐浴炉经长期使用会产生浑浊、粘稠,不能继续使用,这时就要彻底更换。更换时可以在熔点以上把熔盐全部掏出静置1h,待盐浴沉淀以后,把上面一层清洁的盐浴掏出来继续使用,下层的废盐和渣子报废。

(8) 用真空淬火代替装套筒隔盐加热淬火。

## 3. 脱碳刀具的检查和处理

(1) 热处理现场检查。热处理现场操作工人用细纹三角锉刀检查淬火后刀具表面硬度,锉刀硬度为64~67HRC。当手感打滑,不产生铁屑,无锉刀痕迹,说明硬度高,无脱碳。当锉刀手感不打滑,能锉下铁屑,有锉刀印痕,有软的感觉,说明表面硬度低,有脱碳。

(2) 显微组织检验。将小刀具断面磨平抛光,用4%硝酸酒精溶液浸蚀(见图2)。

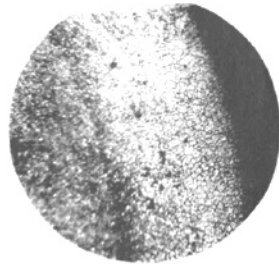


图2 高速钢刀具淬火表面脱碳  $\times 100$

图2为高速钢刀具淬火表面脱碳(淬火后未经回火)。表层组织为铁素体及少量碳化物,心部组织为马氏体、残留奥氏体及碳化物。

(3) 根据脱碳层厚度,用维氏硬度机分别测出脱碳层硬度与心部的硬度,可看出脱碳对硬度的影响大小。

(4) 化验脱碳层的含碳量。将有脱碳层的刀具,进行真空退火,然后将表面脱碳层车成铁屑,化学分析其含碳量。

# 氢在深层离子氮化早期的应用

宁波东力传动设备股份有限公司 (浙江 315033) 田光俭

**【摘要】** 在实际生产中,随着氮化应用范围的扩展,对深层氮化的要求也越来越严格。通过大量的工艺试验研究发现,在离子氮化的前期通入适量的氢能很大限度地提高早期渗氮速度,从而可以初步实现深层离子氮化。

## 1. 离子渗氮

离子氮化是利用辉光放电这一物理现象对金属材料表面强化的氮化法。离子渗氮的渗速较气体渗氮快,并可在低于气体渗氮的温度下进行,并且渗氮工艺周期短,零件畸变小。目前,离子渗氮已经在很多零件上得到了成功应用。

## 2. 设备及试验方法

采用型号为LDM—200的脉冲电源辉光离子氮化炉,供电电源为三相380V、50Hz,辉光脉冲频率为1kHz,辉光输出直流电压连续可调,另配有辅助加热电源,以及可编程序控制器(PLC)和计算机控制系统。随炉试样材料为42CrMo,试样规格45mm×12mm×8mm,试样经抛光清洗烘干后入炉。

打开两台真空泵抽真空,炉压到60Pa左右时,开始打弧。电压逐渐调整到600~800V,电源的导温比约为20%,打开热氮分解炉,通入少量热氮气。待炉内辉光稳定后,且温度升高到某一阶段(300~350℃)时,加大进入炉内的气氮流量,调小蝶阀开启角度,调整炉内气压至工艺要求值,此时工件表面辉光厚度约为3~5mm。

(5) 根据上述检查,若脱碳层深度小于刀具留磨量,可按合格品下转。

(6) 若刀具切削部分脱碳层深度稍大于刀具留磨量,表面硬度在55~60HRC,可采用退火补碳的办法来补救。退火用高速钢铁屑、铁末保护为好,也可用一定比例的铸铁屑保护,然后重新淬火、回火。

(7) 对于加工齿轮的刀具,象齿轮滚刀之类,其

升温到520~570℃后,以0.4~0.6L/min流量通入NH<sub>3</sub>,保温55h后降温冷却,150℃以下出炉(见图1)。

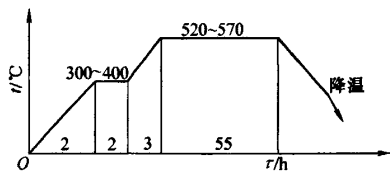


图1 原离子氮化工艺

## 3. 试验结果及分析

离子氮化后,按GB11354—1989标准用硬度法测定硬化层深度为0.43mm,表面硬度620HV<sub>0.3</sub>。

众所周知,离子氮化素以渗入时间短、渗速快而著称。特别是在浅层渗氮时更为突出。例如渗氮层深度在0.3~0.5mm时,离子渗氮的时间仅为普通气体渗氮时间的1/3~1/5。然而,520~570℃保温55h,得到0.43mm渗层的结果还是有些不尽人意。

## 4. 深层离子氮化的可行性

利用渗氮温度和氮势对渗氮层的形成与分解的影响,优化渗氮工艺参数,以更充分地发挥离子氮化在齿形部分热处理后不需磨削加工,一旦产生脱碳,一般作报废处理。对于此类刀具批量大、损失严重,也可退火后重新精铲齿形,重新热处理,可作为自用工具使用。

(8) 对于形状简单的刀具,象车刀之类,若表面脱碳不严重,可改为小规格的同类刀具,也可磨去脱碳层,按非标准刀具处理。MW (20090728)