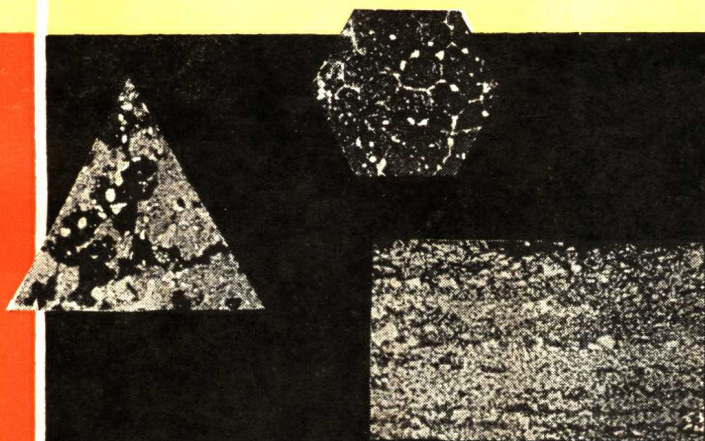


刀具热处理缺陷分析

DAOJU RECHULI QUEXIAN FENXI



黑龙江人民出版社

刀具热处理缺陷分析

刘占英 王恩泽 编著

黑龙江人民出版社

1979年·哈尔滨

内 容 简 介

本书分析和介绍刀具热处理常见缺陷,如硬度低和软点、脱碳、过热和过烧、禁断口、变形、裂纹、腐蚀等的产生原因及防止和处理方法,可供从事热处理的工人、技术人员及大专院校有关专业师生参考。

刀具热处理缺陷分析

刘占英 王恩泽 编著

黑 龙 江 人 民 大 学 出 版

(哈尔滨市道里森林街14-3号)

黑龙江新华印刷厂印刷 黑龙江省新华书店发行

开本 787×1092毫米 1/32·印张 2 2/16·字数 37,000

1979年12月第1版 1979年12月第1次印刷

印数 1—14,000

统一书号: 15093·54

定价: 0.20 元

目 录

一、硬度低和软点	(1)
1. 产生硬度低和软点的原因	(1)
2. 防止硬度低和软点的措施	(4)
3. 硬度低和软点刀具的处理	(5)
二、脱碳	(6)
1. 产生脱碳的原因	(6)
2. 检查脱碳的方法	(9)
3. 防止脱碳的措施	(11)
4. 脱碳刀具的处理	(15)
三、过热和过烧	(16)
1. 产生过热和过烧的原因	(17)
2. 检查过热和过烧的方法	(19)
3. 防止过热和过烧的措施	(19)
4. 过热和过烧刀具的处理	(21)
四、蔡断口	(22)
1. 蔡断口的形成	(22)
2. 检查蔡断口的方法	(23)
3. 防止蔡断口的措施	(23)
五、变形	(25)
1. 产生变形的原因	(25)
2. 检查变形的方法	(28)
3. 防止或减少变形的措施	(29)

4. 变形刀具的处理	(32)
六、裂纹	(34)
1. 产生裂纹的原因	(34)
2. 检查裂纹的方法	(40)
3. 防止裂纹的措施	(40)
七、腐蚀	(43)
1. 产生腐蚀的原因	(43)
2. 防止腐蚀的措施	(45)
3. 腐蚀刀具的处理	(46)
八、返修刀具的热处理	(47)
1. 返修刀具常用热处理方法	(47)
2. 刀具返修时注意事项	(49)
九、典型缺陷实例	(50)

一、硬度低和软点

金屑切削刀具应具有足够的硬度，通常应不低于 HRC 63。如刀具经热处理而硬度低于技术条件要求(硬度低)，或在其表层产生硬度高低不均匀的现象(局部硬度低，即软点)，则刀具在使用时就会因刃口过早磨损(钝)而降低其使用寿命。

1. 产生硬度低和软点的原因

钢的硬度取决于其组织的硬度及各组织组成物的相对量。因此，当刀具在热处理后全部或局部地方产生低碳马氏体、托氏体和托氏体——马氏体组织以及残余奥氏体量过多时，就会产生硬度低或软点。而出现上述现象的主要原因是：

(1) 淬火加热不足

淬火加热不足使刀具在淬火后得不到所需要的组织，从而使硬度降低。淬火加热不足的情况有：

- ①选用的淬火温度过低或加热时间过短；
- ②炉温测量不准，实际淬火温度低；
- ③控温仪表的温度被调低；
- ④控温仪表失灵造成淬火温度低；
- ⑤盐浴炉的变压器配电盘熔断器(保险丝)烧坏或因故障停电使炉温降低；
- ⑥盐浴炉电极因长期使用而变得过短，使炉底温度低，

并因而使位于盐浴炉底部的刀具实际淬火温度低；

⑦加热时间计时器发生故障，减少了刀具加热时间；

⑧由于盐浴炉长期使用，使炉膛尺寸增大、电极变短、变压器外电源电压低、某相电源被切断、变压器档数降低，因而造成升温速度太慢，炉温恢复到控制温度所需要的时间延长，同时，又没有相应延长刀具的淬火加热时间；

⑨高速钢刀具的预热时间过短或预热温度太低，而又没有相应延长高温加热时间；

⑩装卡量过大或装卡方式不合理，不能保证单件加热。

(2) 淬火加热温度过高

对于碳素工具钢和合金工具钢，若淬火温度过高，会使其残余奥氏体量增多而导致硬度降低。

(3) 氧化脱碳

淬火前有氧化脱碳的刀具（刀具毛坯原有的氧化脱碳层没有完全加工掉，刀具淬火前生锈，返修的刀具在退火时产生氧化脱碳等）以及在淬火时产生氧化脱碳的刀具，在淬火后均会造成表层硬度低或软点（刀具局部地方产生氧化脱碳）。

(4) 淬火冷却不当

因淬火冷却不当而造成刀具硬度低或软点的情况主要有下述几种：

①淬火冷却介质选择不当（如钢的淬透性较小而尺寸较大的刀具，若采用了冷却能力较低的淬火介质进行淬火，则会造成硬度低）；

②盐（碱）水溶液淬火介质中的盐（碱）份量过少（如碳素工具钢刀具在食盐水溶液中淬火，若食盐加入量太少，则会

使刀具表面某些地方形成蒸气膜而降低了该处的冷却速度，造成软点；

③水或水溶液淬火介质的使用温度过高（如碳素工具钢刀具在水中淬火时，若冷却介质的温度超过 30°C ，则其在 $650\sim 500^{\circ}\text{C}$ 温度范围内的冷却能力显著下降，因而使刀具局部地方产生托氏体——马氏体组织，造成软点）；

④熔盐淬火介质老化，冷却能力降低；

⑤刀具进行双液淬火时，在水中停留时间过短，或从水中取出后未立即投入油（或盐浴）中；

⑥刀具自加热炉中取出移入淬火介质前，在空气中停留时间过长，或在冷却介质中停留时间过短；

⑦分级或等温淬火介质的温度过高、分级或等温时间过长；

⑧装卡量过大或装卡方式不合理，使某些刀具因冷却速度不够而造成硬度低或软点（特别是当冷却介质无搅拌装置时）。

（5）回火不当

因回火不当而使刀具硬度降低或产生软点的情况主要有下述几种：

①回火温度超过正常使用温度或回火时间过长，使刀具回火过度；

②高速钢刀具经淬火后，第一次回火在较低的温度（ $200\sim 400^{\circ}\text{C}$ ）中进行；

③高速钢刀具因回火次数不够，而使残余奥氏体量过多；

④回火冷却不当（高速钢刀具回火时，其残余奥氏体转

变为马氏体是在回火冷却过程中发生的，若第一次回火后，刀具还未冷至较低的温度便又进行第二次回火，则会因残余奥氏体得不到充分转变而使刀具硬度降低)；

⑤回火保温时间过短，使残余奥氏体不能充分转变以及二次硬化效果不佳；

⑥回火炉温相差较大(如长度超过一米的拉刀，在 RJJ-75-9 炉中回火时，若炉温分布不均，温差较大，则会导致拉刀各部位的硬度不均，产生软点)。

(6) 其它因素

除上述热处理工艺和操作因素外，其它因素亦可使刀具产生硬度低或软点。常见的情况有下述几种：

①异材混入。由于管理不当，把淬火温度高的钢制成的刀具混入淬火温度低的钢制成的刀具中，当按后者进行淬火加热时，则前者便会因加热不足而造成硬度低；

②刀具毛坯原有氧化脱碳层在机械加工时没有完全除去；

③钢材质量不佳(如，含碳量偏低，钢中的非金属夹杂物、碳化物颗粒不均匀等)；

④刀具热处理后虽硬度合格，但在磨削加工或使用中修磨时，因磨糊(磨退火)而使硬度降低。

检查硬度低和软点的方法，一般常采用硬度计测定，也可用锉刀锉削或锉刀刀刃划痕及金相检查法来确定。

2. 防止硬度低和软点的措施

(1) 严格按热处理工艺规程操作，经常检查热处理设备

及控温仪表等的工作状态。

(2) 在淬火冷却设备中, 设置冷却介质的循环或搅拌装置, 提高淬火介质的冷却能力和均匀性。

(3) 对碳素工具钢和合金工具钢刀具, 经常检查其淬火后的硬度; 对高速钢刀具, 经常检查其淬火金相。

(4) 设置监视控温仪表, 防止回火温度过高(回火跑温)。

(5) 在保证刀具(包括刀体)使用性能的前提下, 根据刀具的结构和尺寸选用具有适当淬透性的钢材。

(6) 严格控制钢材的化学成分和原始组织, 加强钢材管理, 防止钢材混料。

(7) 严格按磨削规范进行刀具磨加工。

3. 硬度低和软点刀具的处理

(1) 因残余奥氏体量过多而造成硬度低的碳素工具钢和合金工具钢刀具, 可通过冷处理提高其硬度; 因回火不佳(回火过度除外)造成硬度低的高速钢刀具, 可按正常回火工艺重新回火或进行冷处理(冷处理后还应进行一次回火, 以消除应力, 提高机械性能)提高其硬度。

(2) 因淬火加热不足、淬火冷却不当和回火过度等原因造成硬度低的刀具, 以及因淬火冷却不佳造成软点的刀具, 可重新淬火和回火提高其硬度。

(3) 因氧化脱碳造成硬度低或软点的刀具, 可根据留磨量大小、脱碳层深度以及产生缺陷的部位等, 在不影响其使用性能的情况下, 分别按次品及废品处理。

二、脱 碳

刀具热处理时钢表层碳量减少，称为脱碳。刀具脱碳是因热处理而产生的严重缺陷之一，刀具脱碳后其危害是：

(1) 硬度和耐磨性降低，性能变坏（刀具切削性能与其含碳量的关系如图1所示）；

(2) 引起淬火过热；

(3) 增加淬火变形；

(4) 刀具表层易形成淬火裂纹。

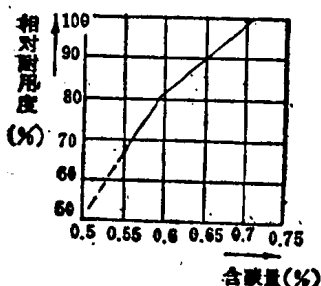


图1. W18Cr4V 钢车刀的
相对耐摩度与其含
碳量的关系

由于刀具热处理多使用盐浴炉，因此，这里着重研究刀具在盐浴炉中加热产生的脱碳问题。

1. 产生脱碳的原因

(1) 盐浴炉用盐中含有杂质

工业用盐不是十分纯净的，其中总含有一定量的杂质，如硫酸盐 (Na_2SO_4 和 BaSO_4) 和碳酸盐 (Na_2CO_3 、 CaCO_3 和 BaCO_3) 等，这些杂质在热处理过程中能与钢发生化学作用，使刀具产生氧化脱碳。

硫酸盐在高温熔融状态下直接与钢作用产生氧化脱碳的过程是：

氧化: $\text{Fe} + \text{Na}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{FeO} + \text{SO}_2 + \text{Na}_2\text{O}$

$\text{Fe} + \text{BaSO}_4 \longrightarrow \text{FeO} + \text{SO}_2 + \text{BaO}$

脱碳: $\text{O}(\text{钢中}) + \text{Na}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{O} + \text{SO}_2 + \text{CO} \uparrow$

$\text{O}(\text{钢中}) + \text{BaSO}_4 \longrightarrow \text{BaO} + \text{SO}_2 + \text{CO} \uparrow$

硫酸盐在高温时(高于 1200°C)发生分解生成氧化物的过程是:

$\text{Na}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{O} + \text{SO}_3$

$2\text{SO}_3 \rightleftharpoons 2\text{SO}_2 + \text{O}_2$

碳酸盐在高温时发生分解生成氧化物的过程是:

$\text{CaCO}_3 \longrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$

$\text{BaCO}_3 \longrightarrow \text{BaO} + \text{CO}_2 \uparrow$

上述反应中生成的氧化物(Na_2O 、 BaO 、 CaO 和 CO_2)及氧均能引起钢的氧化脱碳。

显然,盐浴炉用盐中硫酸盐和碳酸盐等杂质的含量愈多,则愈易引起氧化脱碳。

(2) 盐浴中含有水和氧气

溶入盐浴中的水和氧气与钢作用可引起氧化脱碳。

水直接与钢作用引起氧化脱碳的过程是:

$\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{FeO} + \text{H}_2 \uparrow$

$\text{O}(\text{钢中}) + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CO} + \text{H}_2 \uparrow$

水与熔盐作用产生氧化物的过程是:

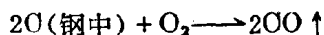
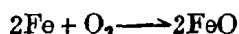
$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NaOH} + \text{HCl}$

$2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$

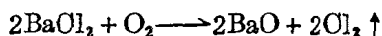
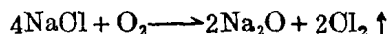
$\text{BaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ba}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl}$



氧气直接与钢作用引起氧化脱碳的过程是：



氧气与熔盐作用产生氧化物的过程是：



盐浴中含有氧气和水的主要原因是由于：

①熔盐浴面与空气接触，使空气中所含的氧气和水进入熔盐中。

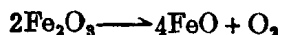
②盐浴炉用盐含有氧气和水。

③盐浴炉用盐所含杂质反应产生氧气和水。

空气愈潮湿、盐浴炉用盐所含氧气和水分愈多，则愈易引起脱碳。

(3) 氧化铁皮落入炉内

若盐浴炉电极和刀具氧化产生的氧化铁皮(Fe_2O_3)、刀具和卡具生锈后产生的氧化铁皮等落入炉内，增加了盐浴中氧化物的含量，则会使刀具产生脱碳。氧化铁皮在高温下分解的生成物是：



(4) 硝酸盐带入炉内

附着在刀具和卡具上的硝酸盐若带入炉内，或加热用盐中混入硝酸盐，均会使盐浴中因氧化物含量增加而引起脱碳。硝酸盐受热反应生成氧化物的过程是：





氧与钢中的碳具有很大的亲和力，因此它能使钢中的碳氧化，从而使钢产生脱碳。

(5) 盐浴炉脱氧不良和除渣不彻底

脱氧的目的是减少或消除盐浴中的氧化物，如脱氧不良，即盐浴中保留较多的氧化物，则易引起刀具脱碳。

盐浴炉中的渣滓是氧化物等的沉积物，如不及时加以彻底清除，就会导致刀具脱碳加剧。实验表明，刀具在盐浴炉内加热深度不同，其脱碳的程度亦异：随着深度的增加，其脱碳程度逐渐加剧。其原因即由于炉底沉积着氧化物所致。

2. 检查脱碳的方法

(1) 锉刀检查法

用三角形细纹锉刀（硬度以 HRC67 左右为好），均匀用力锉削刀具（或试样），在同一位置沿同一方向直锉到锉刀打滑时为止（如刀具产生脱碳，则可锉成“V”字沟），此时，用放大镜观察沟的深度，即可测出脱碳层的深度。

(2) 硬度检查法

可采用 5（或 10）公斤和 50 公斤两种载荷的维氏硬度来检查：采用低载荷测脱碳层的硬度，采用高载荷测非脱碳层（内层）的硬度，比较所测得的硬度值，若用低载荷测得的硬度值比用高载荷测得的硬度值低 HV100~125，则表明刀具脱碳。

(3) 宏观腐蚀检查法

由于脱碳层与非脱碳层在酸溶液中的抗腐蚀能力不同，

因而如把试样放进 70°C 的 20% 盐酸溶液中腐蚀数分钟，然后再用放大镜观察，则脱碳区呈白色，非脱碳区呈黑色。

(4) 显微组织检查法

将试样经 4% 硝酸酒精溶液腐蚀后，放在有刻度尺的显微镜下观察，即可测出脱碳层的深度。

对于高速钢，除可直接采用显微镜观察淬火显微组织的脱碳层外，还可把试样(或刀具)在其正常淬火温度加热足够时间后，移入 $160\sim 200^{\circ}\text{C}$ 的介质中保温 $5\sim 10$ 分钟，再移入 $580\sim 600^{\circ}\text{C}$ 介质中保温 10 分钟后空冷，然后再将其磨制后放在 2~4% 硝酸酒精溶液中腐蚀，则其脱碳层部分呈黑色，未脱碳部分呈白色。此法的原理是：由于脱碳层的马氏体开始转变温度 M_s 点较高，在 $160\sim 200^{\circ}\text{C}$ 停留时脱碳层的奥氏体早已转变为马氏体，而未脱碳部分的奥氏体此时没有发生相变。在 $580\sim 600^{\circ}\text{C}$ 的介质中停留时，脱碳层形成的马氏体得到回火，而未脱碳部分的奥氏体在空冷时才转变为马氏体。因此经腐蚀后脱碳层的回火马氏体呈黑色，而未脱碳部分的淬火马氏体呈白色。

采用此法检查时，由于高速钢牌号不同，或者尽管是同一钢号但因选用的淬火温度不同，则 M_s 点各异，因此在选用 $160\sim 200^{\circ}\text{C}$ 这个温度时，必须注意使其稍高于该钢的 M_s 点。

(5) 钢箔试验检查法

把钢箔(含碳 1%，厚 0.05 毫米，宽 30 毫米，长 150 毫米)放在盐浴里加热(加热时间依加热温度而定，见表 1)。

然后立即投入水中(水温 $10\sim 30^{\circ}\text{C}$)冷却，冷却后将其折断，根据破断情况与表 2 对照，便可判定盐浴引起脱碳的

程度。

钢箔在盐浴中的加热时间

表 1

盐浴温度 (°C)	800	900	1000	1100	1200	1300
加热时间 (分钟)	20	15	10	5	3	2

钢箔判定脱碳标准

表 2

序号	钢箔折断情况	钢箔含 碳量(%)	钢箔脱 碳率(%)	盐液脱碳程度
1	一折便脆断	>0.6	30~40	脱碳较轻
2	折断时有弹性	0.4~0.5	50~60	脱碳较重
3	弯曲到两端重合时才折断	0.2~0.3	70~80	脱碳严重
4	弯曲到两端重合时也不断	<0.2	80~90	脱碳十分严重

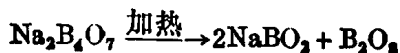
3. 防止脱碳的措施

(1) 严格控制用盐质量，防止硝酸盐等杂质混入，将盐置于干燥处，尽量减少盐中水分。

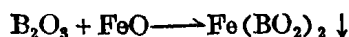
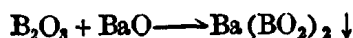
(2) 在盐浴中加入脱氧剂。因盐浴中含有的各种氧化物是引起刀具氧化脱碳的主要原因，若在盐浴中加入脱氧剂则可减少其含量，防止或减轻刀具的脱碳。

脱氧剂的种类较多，常用的有下列几种：

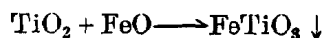
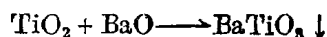
① 硼砂 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)。此种脱氧剂最好在使用前先脱掉其所含结晶水。然后将其加入盐浴中，则其受热发生分解：



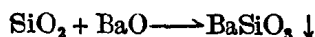
B_2O_3 与盐浴中的氧化物作用生成偏硼酸盐沉淀:



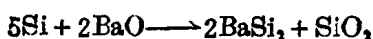
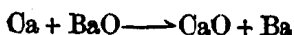
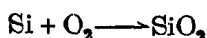
②二氧化钛(TiO_2)。二氧化钛加入盐浴后可与氧化物形成钛酸盐沉淀:



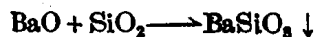
③硅胶(SiO_2)。硅胶加入盐浴后可与氧化物作用生成硅酸盐沉淀:



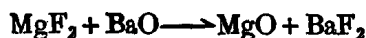
④硅钙铁(Ca-Si合金, Si60~70%, Ca20~30%, 其余为铁铝等)。硅钙铁加入盐浴后可与氧和氧化物作用发生下列反应:



上述反应生成的 SiO_2 可与氧化物生成硅酸盐沉淀:



⑤氟化镁(MgF_2)。氟化镁加入盐浴可与氧化物作用生成不起脱碳作用的氧化镁(MgO), 并与氧化铁(Fe_2O_3)等一起沉淀:



⑥氯化氨(CH_3Cl)。使用时, 可往盐浴中吹入氯化铵气