

小型工具、量具和 零件的热处理

裘 汲 侯立生 编译

2.1

83

机械工业出版社

小型工具、量具和零件的热处理

裴 汲 侯立生 编译

机械工业出版社

本书主要介绍了常用的机床用刀具、手用工具、手用小农具、量具及一些小型零件的热处理工艺；同时还论述了这些工具和零件在热处理过程中经常产生的缺陷及其防止方法；此外对冷却剂的性能和测试方法也作了介绍。

本书可供中小型工厂从事热处理工作的技术人员及工人阅读。

小型工具、量具和零件的热处理

裘 汲 侯立生 编译

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $3 \frac{14}{16}$ · 字数 80 千字

1966 年 5 月 北京第一版 · 1972 年 10 月 北京第二次印刷

印数 20,001—160,000 · 定价：0.42 元

统一书号：15033·3963

前 言

本书对常用的机床用刀具、手用工具、手用小农具以及一些小零件的热处理工艺，作较完整的介绍；同时对这些工具和零件在热处理过程中经常产生的缺陷和防止方法，进行了系统地分析和叙述，以使有关热处理方面的技术人员和熟练工人，对在生产中所产生的有关问题，有实际应用与参考价值。

此外，本书对冷却剂的性能与测试方法，也有比较详细地介绍。

本书编译材料主要选自日本“金属”第27卷第7号附刊与日本日刊工业新闻社1961年版“金属热处理技术便览”等两书中的部分内容。

由于编译者对这方面的经验较少，内容可能有不足和错误之处，请有关方面指正。

目 录

前 言

一、机床用刀具和工具的热处理	1
1. 車刀的热处理	1
2. 銑刀和滾刀的热处理	6
3. 絲錐和板牙的热处理	9
4. 钻头、鉸刀、冲模的热处理	14
二、金属剪切用刀片和锯片的热处理	19
1. 剪切用刀片的热处理	19
2. 鋸片的热处理	24
三、小型工具的热处理	28
1. 錐刀的热处理	28
2. 凿子等小工具的热处理	31
3. 木工用凿子、刨刀以及鑿刀、剃刀、小刀以及炊事 用刀的热处理	32
四、量具的热处理	35
1. 塞規和卡規的热处理	35
2. 块規的热处理	43
3. 千分尺零件的热处理	49
五、小零件的热处理	53
1. 钟表发条的热处理	53
2. 縫紉机針和縫紉机零件及鋼絲的热处理	56
3. 留声机唱針的热处理	53
六、热处理过程中产生的缺陷及其原因和防止 缺陷的方法	59
1. 裂紋	59

2. 变形	65
3. 淬火后硬度不均匀	87
4. 工具鋼的重复淬火	88
七、淬火剂	90
1. 淬火剂所要求的性能	90
2. 鋼件淬火冷却过程及淬火剂的冷却性能	91
3. 水及水溶液的冷却性能	92
4. 淬火油的性能	95
5. 盐浴及金屬浴的冷却性能	100
6. 攪拌对淬火剂的冷却性能的影响	102
7. 鋼件的表面状态对淬火剂冷却性能的影响	102
8. 淬火油的老化	104
9. 光亮淬火油	105
10. 淬火剂的冷却性能試驗	106
附 录	111
1. 日本碳素工具鋼的种类、化学成分及用途	111
2. 日本合金工具鋼的种类、化学成分及用途	112
3. 日本高速鋼的种类、化学成分及用途	116
参考文献	117

一、机床用刀具和工具的热处理

1. 车刀的热处理

车床上工具一般用得最多的是车刀。车刀的种类很多，如割刀、外圆刀、镗孔刀、样板刀、组合式刀、螺丝车刀等；它们的尺寸大小和外形是比较复杂的。制造车刀所用的材料有碳素工具钢、合金工具钢以及高速钢，但根据车削的钢材以及车床的切削速度的要求，大部分采用高速钢制造车刀。为了使车刀能够发挥切削的最大效能，进行适当的热处理就显得非常重要。

(1) 碳素工具钢和合金工具钢制车刀的热处理

(i) 车刀的锻造及退火 在车刀进行成形锻造时，对锻造所采用的温度应特别注意。首先应避免急剧地加热或过热；尤其是合金工具钢的加热和冷却必须缓慢地进行，以减少或避免在锻造过程中以及冷却过程中产生裂纹。毛坯锻造完成后可放在砂坑中缓冷，不应放置在空气中冷却。锻造温度应在 $1100\sim 900^{\circ}\text{C}$ 的范围内。

车刀毛坯锻造后必须进行退火处理，使在淬火前钢组织中的碳化物得以均匀地分布。合金工具钢最好进行球化处理。球化处理是先将毛坯加热到 $800\sim 850^{\circ}\text{C}$ ，然后以较快的速度下降到 $750\sim 780^{\circ}\text{C}$ 保温，保温持续时间以 40 分/25 毫米计算，然后缓慢冷却，冷却速度可以采用 $30^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ ，到 550°C 后便可进行缓冷。合金工具钢中如含有钨、铬等元素时，则

球化处理温度应尽量低一些，以免由于温度太高生成 WC 碳化物，而降低了钢的可淬性。故这一类合金工具钢最好采用 $650\sim 700^{\circ}\text{C}$ 的等温退火法。

(ii) 车刀的淬火 车刀的淬火方法主要是采用低的淬火温度，以便获得必要的硬度，和在淬火的马氏体中呈现分布均匀的细球状碳化物。一般碳素工具钢的淬火温度是 $760\sim 810^{\circ}\text{C}$ 时在水中淬火；合金工具钢则先预热到 $550\sim 600^{\circ}\text{C}$ ，然后再加热到 $800\sim 850^{\circ}\text{C}$ 在油中淬火。淬火过程中，当温度在 $650\sim 700^{\circ}\text{C}$ (Ar') 时冷却速度要快，继续冷却到 $150\sim 300^{\circ}\text{C}$ (Ar'') 时则应用缓冷的方法。也就是说当奥氏体转变马氏体的温度 $M_s\sim M_f$ 之间时，可以在热浴中淬火，保持一定的时间以后在空气中进行冷却。采用这种淬火方法(分级淬火法)，可以防止车刀产生裂纹和改善变形情况。

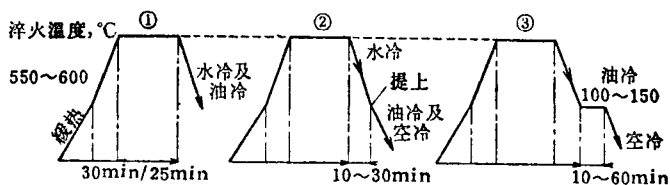


图1 碳素工具钢和合金工具钢的热处理曲线。

(iii) 车刀的回火 淬火后的车刀是硬而脆的，所以必须进行回火以使获得必要的韧性。碳素工具钢和合金工具钢的回火温度一般采用为 $150\sim 180^{\circ}\text{C}$ ，保温时间为 $120\sim 180$ 分钟。

(iv) 注意事项 车刀在热处理过程中，必须注意下列事项：

(a) 车刀在淬火加热过程中，应避免使在刀具的表面

产生脱碳或氧化,因而加热炉以采用盐浴炉或铅浴炉为适宜。如无上项加热炉时,可将车刀放置在铁箱中并用填入木炭和铁屑等办法,以防止上述缺点之产生。

(b) 淬火冷却时最好采用喷水冷却,以使刀具快速冷却。因为刀具在水槽里淬火时,容易在刀具表面形成汽膜影响快速冷却,还容易产生变形、裂纹等情况,硬度也不易均匀。

(c) 加热时应使刀具达到规定的温度和保温时间,如果淬火温度过低或保温时间过短时,就不能使刀具获得高的硬度,因而会降低刀具的寿命。

(d) 如果淬火温度过高而保温时间过长时,则刀具在淬火过程中容易产生热裂现象,变形也较严重,韧性降低,而刀刃就易损坏。

(2) 高速钢车刀的热处理

(i) 车刀的锻造 车刀锻造的目的不只是使刀具成形,同时还为了使钢中的复合碳化物达到细化和均匀的分布。

高速钢的导热性和可锻性都很差,所以必须缓慢加热,加热温度要均匀同时不能使之过热。在锻造时还应避免剧烈地锤击。因此,在装入锻造加热炉之前,应将钢预热到 600°C 的温度,然后徐徐加热到 $1100\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 的始锻温度,到 950°C 温度时应即停锻。锻完后要立即将车刀坯放入热砂里或退火炉中缓冷,然后才能进行退火处理。高速钢在锻造过程中应有一定的锻造比;否则,即使在以后经过适当的热处理,其韧性仍然较差。只有经过充分锻造后的刀具才能获得更好的效果。一般来说,高速钢的锻造比在 10 左右时,其效果最好。

(ii) 退火 高速钢退火方法有: 普通退火法、球化退火法和等温退火法等。不论采用那一种退火方法, 钢的退火显微组织都应该具有细粒状的碳化物并均匀地分布在基体上。

(iii) 淬火 淬火温度对高速钢车刀的性能有极大的关系, 为了使车刀具有最佳的切削性能, 就要采用最大容许的淬火温度来进行淬火。高速钢的理想淬火温度是在复合碳化物处在完全溶解状态。因而, 高速钢刀具的淬火温度, 必须慎重考虑。如果淬火温度过高或在高温中持续时间过长, 就会促使碳化物沿晶界析出而形成网状。淬火的温度还应根据刀具的外形和使用的情况来确定; 应避免车刀的刃尖过热、脱碳, 否则就会严重地影响车刀的质量。

(iv) 加热的方法 大型或特殊形状的车刀, 必须进行两次预热: 第一次预热温度为 $400\sim 550^{\circ}\text{C}$, 第二次预热温度为 $850\sim 900^{\circ}\text{C}$ 。但是小型车刀可以省略第一次预热。预热后立即放入淬火加热炉中, 此时应尽可能快速地使刀具达到淬火温度。

(v) 淬火温度 车刀能否在应用时发挥最好的切削性能, 与淬火、回火后具有高硬度及良好的韧性有很大的关系。淬火温度的高低根据钢的成分有所不同。经过试验: 对 W18Cr4V 高速钢 ($0.70\sim 0.85\% \text{C}$, $3.5\sim 4.5\% \text{Cr}$, $17.0\sim 19.0\% \text{W}$, $0.80\sim 1.20\% \text{V}$) 刀具的淬火温度可采用为 1280°C ; 对 W18Cr4VCo10 高速钢 ($0.70\sim 0.85\% \text{C}$, $3.5\sim 4.5\% \text{Cr}$, $17.0\sim 19.0\% \text{W}$, $1.0\sim 1.50\% \text{V}$, $9.0\sim 11.0\% \text{Co}$), 刀具的淬火温度则为 1300°C 。如果是小型车刀, 则对上述温度稍微降低再行淬火比较安全。

在淬火温度中的保温时间, 必须事先慎重研究。高速钢

加热到高的淬火温度，主要是使钢中的碳化物全部溶入固溶体。但是保温时间过长时则会引起钢的氧化、脱碳及晶粒粗大。淬火之前，必须根据钢的牌号和钢的成分，以及车刀的外形和断面尺寸，来确定在高温中的保温时间。例如：当刀具的断面厚度为 20 毫米时，不含钴的高速钢保温时间为 90 秒，而含钴的高速钢则需 100 秒。淬火温度分别为 1280°C 和 1300°C 。

(vi) 冷却方法 高速钢的淬火冷却剂一般采用油或压缩空气；有时为了防止刀具淬裂及变形，也有的采用热浴淬火法。淬火油的温度采用 $40\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。对形状复杂而容易变形的刀具，则淬火油的温度采用 $100\sim 120^{\circ}\text{C}$ 。当刀具冷却到 $300\sim 100^{\circ}\text{C}$ 之间的温度时，就应使之缓冷。

热浴淬火是在 $400\sim 600^{\circ}\text{C}$ 的铅浴或盐浴中冷却的，待刀具达到与热浴同一温度时，再进行油冷或放在空气中冷却。

(vii) 回火 经过淬火后的车刀应立即进行回火，以增加刀具的硬度和韧性来提高寿命。回火温度为 $560\sim 590^{\circ}\text{C}$ 。回火所采用的温度和回火的持续时间对车刀的质量有决定性的影响。

对于大型车刀，为了防止产生裂纹，当淬火冷却到 200°C 左右时，应立即进行回火。对于一般较小型的车刀，也应在淬火后尽早回火。高速钢在 480°C 的温度回火时，钢的硬度会下降，但当回火温度到达 590°C 时，钢的硬度反而增高。

回火后所产生的效果不仅是由钢的化学成分和回火温度来决定，同时对回火过程中的持续时间也有很大的影响。一般以断面的尺寸来确定持续时间，以每 25 毫米² 所需持续时间为 60 分钟计算。如以刀具大小分类时，则大型车刀可采用

90~120 分钟,中型车刀采用 60 分钟,而小型的车刀可为 50~70 分钟。

对高速钢来说,有时一次回火并不能达到所需要的硬度。因一次回火后钢的硬度虽有升高,但是常会发现硬度不够均匀以及二次马氏体的转变不充分的情况。这就需要采用多次回火的方法。回火的次数,可以根据高速钢的成分和淬火的方法来决定。例如,采用热浴淬火的钢,应该次数多一些。回火的温度,在第二次及三次回火时应比一次回火的温度低一些。关于多次回火,在下一节铣刀与滚刀的热处理中,还有较详尽的叙述。

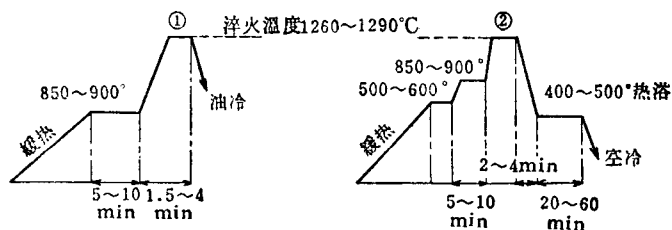


图2 高速鋼車刀的热处理曲线。

2. 铣刀和滚刀的热处理

铣刀和滚刀的外形比较复杂,种类也较多。这些刀具在热处理后,有的需要将整个外圆磨光,也有的只进行局部刃磨,因而在热处理时,都应防止刀具产生脱碳、变形以及淬裂等毛病。

(1) 铣刀和滚刀所采用的钢材

铣刀和滚刀的材料大部分采用高速钢。因此这里只叙述

高速钢的铣刀和滚刀方面的热处理。

高速钢材的显微组织应是微细而均匀分布的复合碳化物的组织。刀具制造之前，应正确地选择钢材的尺寸、形状、锻造比和锻造方式，以便获得需要的组织。要得到合适的结构组织，重要的是钢材一定要经过充分的锻造，否则就会影响到热处理后的冲击值下降，使整个刀具的质量受到影响。

为了节省昂贵的高速钢材，对较大的铣刀和滚刀，多以高速钢刀片镶嵌的方法。这就需要注意对每个刀片材料的选择和加工，否则，只要其中有一个刀片被损坏，将使整个刀具失去切削能力。

（2）铣刀和滚刀的热处理方法

（i）退火 锻坯在锻造完成后，应将锻坯加热到 $850 \sim 900^{\circ}\text{C}$ ，然后随炉缓缓冷却。退火后的硬度应在 $\text{HB}230 \sim 250$ 之间。退火时应防止脱碳。

（ii）淬火 淬火加热时，不论刀具的尺寸大小，都应采用两次预热。第一次预热温度为 $400 \sim 500^{\circ}\text{C}$ ，第二次预热温度为 900°C ，淬火温度尽可能提高，一般采用为 $1270 \sim 1300^{\circ}\text{C}$ 。加热炉最好用盐浴炉以防止脱碳。并采用热浴淬火法，例如在铅浴或硝酸盐浴中冷却，热浴的温度为 $500 \sim 550^{\circ}\text{C}$ 。

（iii）回火 采用多次回火法，加热到 550°C ，反复 2~3 次回火，每次保温时间约为 1 小时。

（3）铣刀和滚刀热处理时的注意事项

（i）淬火加热炉 淬火用加热炉不论用那种型式，都不应使刀具在加热时氧化或脱碳。盐浴炉在使用时，要经常进行盐液脱氧。用铅浴时，不应采用含有杂质的铅，在熔融

的铅液面上应覆上木炭粉以防止氧化，否则将使刀具的切削刃面损蚀。

(ii) **多次回火** 经过多次回火后的刀具，在二次回火后硬度升高较多，并可以减少硬度不均匀的缺点，同时，还可以把二次马氏体进行完全回火。

一次回火虽然可以使马氏体弥散硬化和使残留奥氏体转变，使钢的硬度升高，但同时回火加热过程又可以消除应力，因而能使钢的强度和塑性增高。然而，在回火冷却过程中又发生了残留奥氏体向马氏体转变而引起了新的应力，这种应力的重新产生，降低了钢的机械性能。而在二次回火的加热过程中可以消除一次回火中因马氏体转变而产生的应力，并且能够提高钢的机械性能。但是，在二次回火的冷却过程中，由于钢中仍旧有少量的残余奥氏体向马氏体转变，因而又引起了新的应力（当然比前一次要小一些）。三次回火时就可以消除这些应力。因此，三次回火可以再度改善钢的机械性能。由此可见，多次回火可以比一次回火能够使钢有更高的机械性能；从而提高了刀具的寿命。

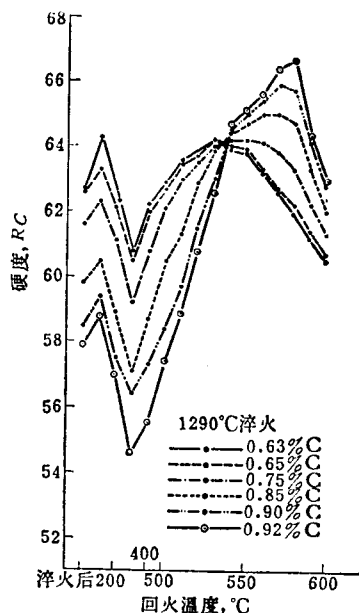


图3 含碳量不同的高速钢的淬火、回火温度与硬度之关系。

(iii) 回火温度和冲击值 选择回火温度的标准, 应该按照刀具的使用情况来决定。铣刀在冲击力不大的条件下操作时, 回火温度应使复合碳化物充分地析出, 力求二次硬度能达到最高值。如果用于冲击力较剧烈的切削时, 则应降低一些二次硬度, 而

使冲击值达到最高值。尤其是大型刀具, 坯料未能达到充分锻造的情况较多, 对刀具的冲击值更应注意。

此外, 刀具经过淬火、回火以后, 可以立刻进行氰化处理, 以提高刀具的寿命。

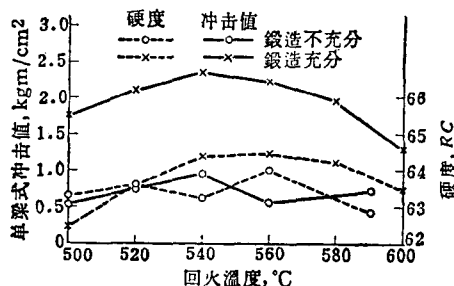


图4 锻造比与冲击值的关系。

3. 丝锥和板牙的热处理

丝锥和板牙有不同的尺寸和外形, 因而经过热处理后的机械加工过程也不一样。某些需要精密尺寸的螺牙, 丝锥就要加以精磨; 对一般应用的丝锥, 热处理后就可以直接使用, 可不再进行任何机械加工。因而, 热处理的工艺规程, 也就根据要求有所不同。

(1) 丝锥和板牙的材料

丝锥是加工阴螺纹用的工具, 而板牙螺牙部分的材料是钢材条件最差的中心部分, 因而对丝锥和板牙材料的选择应加以特别注意。

对丝锥和板牙材料的选择上, 首先应注意材料在热处理

后的变形要少，尤其是刀具的刃尖部分。其次材料必须具有良好的切削加工性，同时还应具有高的韧性和耐磨性。

根据以上的要求，近来采用的原材料一般为：CrW 钢 ($1.0\sim 1.1\% \text{C}$, $0.5\sim 1.0\% \text{Cr}$, $1.0\sim 1.5\% \text{W}$)；或 9CrWMn 钢 ($0.9\sim 1.0\% \text{C}$, $0.9\sim 1.2\% \text{Mn}$, $0.5\sim 1.0\% \text{Cr}$)；或 W18Cr4V 高速钢 ($0.7\sim 0.85\% \text{C}$, $3.5\sim 4.5\% \text{Cr}$, $17.0\sim 19.0\% \text{W}$, $0.8\sim 1.2\% \text{V}$) 等几种。

对制造丝锥和板牙时采用的钢材应进行质量检查，材料的显微组织应是球化组织，碳化物细化和分布均匀。如果钢材的显微组织为层状珠光体和存在着网状碳化物时，不但会降低刀具的韧性，特别是在热处理后刃磨时容易产生磨裂的情况。而且这种缺陷往往会发生于材料的中心部分。当检查与钢材的压延方向平行的断面时，在压延方向有碳化物偏析带出现 (图 5)，这种现象

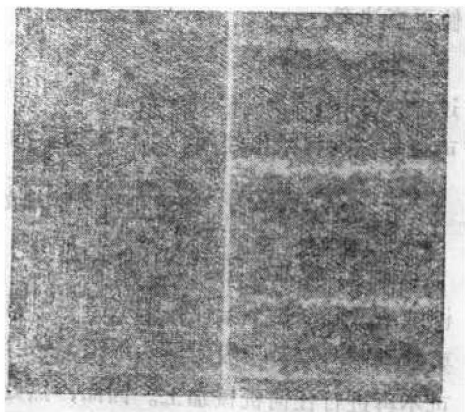


图 5 材料显微组织图。

在目前钢铁工业技术中还不可能完全避免。有这种偏析带存在时就会降低刀具的韧性。对丝锥来说，所攻出的螺纹质量就较差并且丝锥本身也容易折断。板牙的材料如有偏析带时，则这种偏析带正好是在板牙的刃尖处，所以要特别注意这一点。

(2) 絲錐和板牙的热处理方法

(i) 絲錐的热处理 图6所示为絲錐在淬火过程的示意图, 首先淬(A)部分, 然后调头淬(C)部分, 而(B)部分一般是不淬火的。中间部分不淬火, 可以使这部分有韧性, 同时校正时也比较有

利。絲錐热处理时, 不论钢材的成分如何, 均应进行预热, 淬火的温度也应选择得稍低一些。尤其是

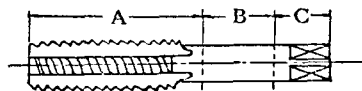


图6 絲錐淬火时示意图。

小直径絲錐, 宁可降低一些硬度, 而必须保持一定的韧性, 要绝对避免采用高温淬火。此外, 淬火加热时间不应过长, 否则也会降低韧性。热处理后絲錐螺纹部分的硬度以 $RC60 \sim 62$ 为适宜。回火时保温时间则应采用长一些。

(ii) 板牙的热处理 圆形板牙的切削刃部应具有一定的硬度, 而其可调节部分则应将硬度降低并须有弹性。图7所示为整个圆形板牙淬火情况; 图8是采用一种夹具进行淬火, 而使切削刃部迅速冷却的淬火方法。但是后一种淬火法并不适用于某些材料制的板牙淬火, 例如含高铬高锰自硬性的钢材就应采用前一种淬火法。回火应在淬火后立即进行, 否则易产生裂损等现象。

板牙的淬火和回火

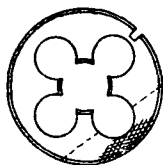


图7 整个圆形板牙淬火情况。

板牙的淬火(只淬切削刃)

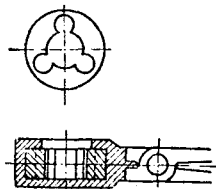


图8 采用夹具淬火。