

高速钢刀具的深冷与 QPQ 的复合处理

李 桑, 罗德福

(西华大学材料科学与工程学院, 四川 成都 610039)

摘 要: 深冷处理能有效提高高速钢刀具的基体强度, 而 QPQ 工艺则可提高其表面耐磨性, 用这两种方法对高速钢刀具进行复合处理将明显提高刀具的使用寿命。

关键词: 高速钢刀具; 深冷处理; QPQ 工艺

中图分类号: TG156.91; TG156.8+2

文献标识码: A

文章编号: 1008-1690(2010)02-0070-003

Combination of Cryogenic Treatment and QPQ Process for High Speed Steel Cutting Tool

LI Shen, LUO De-fu

(College of Materials Science and Engineering, Xihua University, Chengdu 610039, Sichuan)

Abstract: Cryogenic treatment can improve matrix strength of high speed steel cutting tool while QPQ treatment can increase its wear resistance. If high speed steel cutting tool is firstly QPQ treated and then cryo-treated, its service life will be appreciably prolonged.

Key words: high speed steel cutting tool; cryogenic treatment; QPQ technology

目前, 在金属切削加工领域中高速钢仍占据主导管地位, 我国每年高速钢刀具的使用量超过几十亿件, 价值高达 200 多亿元。另一方面, 对新材料性能要求的不断提高(尤其是耐磨性和硬度)使得难切削加工零件的产量日益增加, 这又对高速钢刀具的性能提出了一个巨大的挑战^[1]。深冷处理可以有效提高高速钢基体的韧性和耐磨性, 而 QPQ 技术被广泛用于处理各种耐磨、耐蚀金属零件。

1 深冷处理

一般的 W6Mo5Cr4V2 高速钢成品刀具经过 1 200 °C 盐浴加热、油淬及 3 次 560 °C 回火后还残留少量奥氏体。奥氏体较软, 在切削过程中容易被所加工的零件划出犁沟, 在交变应力的作用下产生疲劳剥落, 造成附近碳化物颗粒悬空, 很快与基体脱离, 产生剥落坑, 形成粗糙度较大的表面^[2]。而深冷处理可看作是普通淬火处理的延伸。由于 W6Mo5Cr4V2 高速钢的 M_f 点在室温以下, 要使残留奥氏体转变成马氏体, 深冷处理可以提供有效的化学驱动力。

当试样冷却到 -196 °C 时会发生宏观体积收

缩引起内部微区变形而造成晶格畸变, 使马氏体内的间隙碳原子进一步承受压应力而被“挤出”间隙位置。在 -196 °C 温度下, 碳原子的热震动非常微弱, 因此碳原子不会发生“扩散逸出”。当深冷结束后试样温度回升到室温的过程中, 存在近 200 °C 左右的温差, 因此试样相当于进行一次低温回火, 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微细碳化物。正由于微细碳化物的形成, 使得马氏体的轴比降低, 从而降低马氏体晶格畸变能, 有利于提高钢的冲击韧度。微细碳化物的弥散分布还可阻碍位错运动, 造成弥散强化效果^[3]。

深冷处理后原来的残留奥氏体被碎化成更小粒径的马氏体。从公式 $\sigma_s = \frac{2\mu\gamma}{k'_y} \cdot \sqrt{d}$ (式中 μ 为切变模量, γ 为比表面能, k'_y 为一参数, d 为晶粒直径)^[4] 可知, 晶粒直径越小, 裂纹扩展所需的应力 σ_s 就越大。深冷处理细化了奥氏体晶粒, 故而改变了金属断裂过程中的能量吸收状态, 导致钢的强韧性得以提高。

2 QPQ 处理

QPQ 是金属表面盐浴渗氮技术的简称。确切

收稿日期: 2009-09-23

作者简介: 李 桑(1982-), 男, 山东济南人, 硕士研究生, 主要从事金属盐浴氮碳共渗的研究。联系电话: 13551034087 13173051869, E-mail: lishen_zf@sina.com

地说这是一种金属表面低温氮碳共渗技术。它的主要工序:

(1)清洁表面 主要是为了去除表面的油污和锈斑,通常可采用的方法有抛光、喷砂、酸洗。

(2)预热 主要是为了在工件表面形成一层FeO,这层氧化膜的存在有利于下一道工序中活性氮原子的渗入。预热温度为400℃左右,这样可以防止工件进入渗氮炉后骤然升温而引起畸变、渗氮炉温度的下降以及避免把清洗后的残留水分带入渗氮炉引起盐浴飞溅。

(3)渗氮 这是整套QPQ工艺中最为关键的一步,是把工件浸入520~580℃熔盐中吸收由CNO⁻分解出的氮原子和碳原子,直接决定了渗层的形貌和深度。

(4)氧化 氧化工序的作用是把工件从渗氮炉中带出的残留渗氮盐分解完全,以免将渗氮盐中微量的CN⁻排放到环境中引起污染,还可以在工件表面形成致密的Fe₃O₄氧化膜以提高工件的抗蚀性。

若对工件外观质量要求较高,可以在氧化后抛光再氧化一次。因为抛光可有效去除渗氮工序引起的表面疏松而降低表面粗糙度,所以抛光再氧化的工件外观看起来更美观。

一般所处理的工件由外到内随着氮势的降低依次为Fe₂₋₃N、Fe₄N,这两种组分构成了化合物层;再往内氮势的降低不足以与铁形成以上两种化合物,氮原子就溶解在αFe中以固溶体的形式存在,这就是介于化合物层和基体之间的扩散层。化合物层的硬度很高,但韧性较差;扩散层的硬度没有化合物层的高,但也可以有效改善高速钢的表面硬度,但它的韧性要高于化合物层。高速钢刀具工作时一般都需要承受很高的冲击载荷,所以用QPQ技术处理高速钢刀具时只能形成扩散层而不宜形成化合物层^[5]。

3 QPQ与深冷技术的复合

QPQ技术可有效提高表面硬度,深冷可提高基体的韧性和耐磨性,把这两种技术有机结合起来则可以更限度地发挥高速钢刀具的潜能。

4 初步试验结果

本试验采用的钻头为成都量具刃具有限公司生产的φ8W6Mo5Cr4V2高速钢成品麻花钻,每一工艺条件做3件,在钻床上测试钻孔数,最后取这3件钻头的平均钻孔数来衡量经此工艺处理的钻头的寿命。

QPQ处理工艺:预热(400℃×20min)+渗氮

(在CNO⁻浓度为32%的渗氮盐浴中于550℃保温10min,15min,20min)+氧化(400℃×20min)。

深冷处理工艺:在室温下缓慢冷却至-190℃(降温速率为5℃/min),在深冷箱中保温适当时间后缓慢升温至室温(升温速率为8℃/min)。

切削条件参照JB/T 50189-1999制定:进给量0.13mm/r,主轴转速800r/min,试坯硬度为32.5~34.5HRC,切削液流量不小于5L/min,钻孔为25mm不通孔。在钻削过程中,当麻花钻出现下列情况之一时,即应停止试验。

(1)连续3孔出现严重噪声,或机床产生剧烈振动;

(2)麻花钻的后面磨损值:直柄麻花钻达0.8mm,锥柄麻花钻达1mm;

(3)麻花钻的刃带沿轴心线方向磨损:直柄麻花钻达1.5mm,锥柄麻花钻达2mm;

(4)崩刃的长度或宽度:直柄麻花钻达1mm,锥柄麻花钻达1.5mm;

(5)由于麻花钻内在质量导致的折断。

试验结果列于表1。

表1 麻花钻使用寿命统计
Table1 Service life of twist drills

编号	工艺条件	平均钻孔数/个
0	未处理	3
1	QPQ处理20min	5
2	QPQ处理15min	11
3	QPQ处理10min	8
4	QPQ处理10min+ -190℃×4h 立即560℃回火1h	14
5	深冷处理8h	5

由以上试验结果可看出,无论是QPQ处理的钻头还是QPQ处理后再深冷处理的钻头,其使用寿命均有了大幅度的提高。

QPQ处理的时间不宜超过20min,处理20min的钻头在做切削试验时其中有一件横刃的一角崩落,其他条件下处理的钻头未发生这种情况,也就是说钻头韧性已经不足,应适当缩短渗氮时间。

QPQ处理后再深冷的钻头是以上各组中性能最好的。

以上结果虽然显示出QPQ处理后再深冷的钻头寿命得到了很大的提高,但结果还不是十分令人满意。下一步工作除了尽力确保QPQ和深冷处理本身的质量外,还应该关注如何合理安排深冷、回火、预热、渗氮等各道工序。

细长零件热处理后的校直

吴元徽

(南京工业职业技术学院机械系, 江苏 南京 210046)

Straightening for Slender Parts after Heat Treating

WU Yuan-hui

(Mechanical Department, Nanjing Institute of Industry Technology, Nanjing 210046, Jiangsu)

中图分类号: TG156.35

文献标识码: B

文章编号: 1008-1690(2010)02-0072-002

细长零件热处理容易弯曲畸变, 整体加热和整体淬硬的细长零件更容易畸变。通常采用的校直方法有热校直法、冷压校直法、回火校直法和热点校直法等多种, 本文介绍作者经过多年实践摸索出的利用细长零件在淬火后冷却到 M_s 点附近 ($300 \sim 150^\circ\text{C}$) 奥氏体稳定性良好的特点, 进行淬火状态热校直的方法, 能有效地解决细长零件淬火后出现的弯曲畸变问题。

此方法适用于所有合金钢淬火工件的校直, 如 9Mn2V、CrWMn、40CrMo、20CrMnTi、Cr12MoV 钢等, 尤其适用于淬透性好的高合金钢, 如 W18Cr4V 和 GCr15 等高速钢或轴承钢。具体地说, 凡是在 M_s 点上、下温度区间采用分级淬火能达到工艺要求硬度的细长零件, 均可采用这种热校直法。

1 淬火状态热校直法

下面以一矩形截面的细长件 GCr15 钢制导轨为例, 介绍其热处理后采用淬火状态热校直法 (以

下简称热校直法) 的矫正过程。

1.1 校直案例

GCr15 钢制导轨, 外型尺寸为 $25\text{ mm} \times 25\text{ mm} \times 1\,000\text{ mm}$, 经整体淬火后, 其硬度为 $58 \sim 62\text{ HRC}$, 要求热处理后畸变量 $\leq 0.5\text{ mm}$, 现用热校直法对其进行矫正。

1.2 分析

GCr15 是一种最常用的轴承钢, 淬透性较好。工件淬火后硬度较高, 校直起来难度较大, 故应采用热校直法进行矫正。导轨淬火后的弯曲畸变一般有三种情况: 一个弯、二个弯 (反弯或“S”形弯)、扭弯。

1.3 校直步骤

将工件从加热设备中取出, 垂直放入淬火介质中进行淬火, 注意控制工件在淬火介质中的冷却时间, 并观察工件在淬火介质中的颜色来判断工件的温度。当工件开始冒淡蓝色烟雾时, 立即从淬火介质中取出, 此时工件温度约为 200°C 左右, 其基体组织

收稿日期: 2009-02-16

作者简介: 吴元徽 (1963-), 男, 安徽歙县人, 副教授, 高级工程师, 主要从事金属材料及热处理研究。联系电话: 13913915657, E-mail: wuyh@niit.edu.cn

此外, 深冷对 QPQ 渗层的影响还未见有文献报道。深冷后由于内部奥氏体转变成马氏体带来的体积膨胀是否会影响到表面渗层的压应力, 回火对表面渗层压应力的恢复是否能达到深冷以前的水平, 深冷引起的晶粒细化是否有助于渗氮过程中活性氮原子沿晶界渗入从而获得性能更高的渗层, 弥散碳化物的析出是否会影响 QPQ 工艺的抗蚀性等问题, 还需要在下一步工作中继续探讨。

参考文献

- [1] 黄敏纯. 低温工艺条件下刀具的相变与耐磨性研究[J]. 农业机械学报, 2003, 34(5): 147.
- [2] 黄敏纯, 高诚辉, 林述温. 提高刀具寿命的超冷处理工艺研究[J]. 现代制造工程, 2002, (3): 42-43.
- [3] 安丽丽, 李钢, 李士燕. 深冷处理对 W6Mo5Cr4V2 钢强度和冲击磨损性能影响的研究[J]. 理化检验-物理分册, 2002, 38(7): 284-285.
- [4] 肖纪美. 金属的韧性和韧化[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1980: 256-257.
- [5] 李惠友, 罗德福, 林训华. QPQ 技术的原理与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007: 55-57.