



9SiCr钢丝锥热处理工艺与实践

■ 金荣植

某公司自用M8×1规格丝锥（见图1和图2），原采用W6Mo5Cr4V2（M2）高速工具钢制造，虽然使用寿命较长，但其材料昂贵，热处理成本高，随着高速钢价格的快速上涨，导致其产品的加工成本增高。对此，改用价格相对便宜的合金工具钢9SiCr制造，并进行热处理工艺试验。结果表明，9SiCr钢通过合理的热处理，基本可以达到丝锥的使用性能要求，并满足自用加工要求，获得较高的性价比。

一、丝锥材料与性能分析

作为切削用工具钢，应该具备的主要性能是耐磨性、韧性、热硬性（或高温硬度）等。表1为切削用碳素工具钢（如T7、T8、T9、T10、T11、T12、T13）、合金工具钢（如9SiCr、CrWMn、Cr2、9Mn2V、GCr6、Cr12MoV、Cr12Mo）与高速工具钢（如W18Cr4V、W9Mo3Cr4V、W6Mo5Cr4V2）的相对性能指标。

通过表1可以看出，在几种类型工具钢中，碳素工具钢（如

T12）的耐磨性和热硬性最低，淬硬深度最浅，而且淬火畸变与开裂倾向大，但其价格低廉，故适宜制造形状简单的工具；合金工具钢（如9SiCr）与碳素工具钢在性能上大体相似，只是由于含有合金元素，故淬透性好，淬火时采用油冷或热浴冷却，以减少淬火畸变和开裂，同时有较高的力学性能和回火稳定性，适用于制造形状较复杂的手工工具和切削性能要求不高的切削工具；高速工具钢（如W6Mo5Cr4V2）的耐磨性和热硬性最好，淬硬层深度深，淬火畸变与开裂倾向小。但其韧性低，价格昂贵，故适宜制造切削速度较高的机用切削工具。

9SiCr钢作为典型的高碳低合金工具钢，其淬透性、淬硬性、韧性、耐磨性及回火稳定性较好，热处理畸变小，可用于制造低速切削工具。该钢的碳化物分布均匀，不易析出网状碳化物，并易于正火消除，通过正火

可以消除网状及粗片状碳化物组织。9SiCr钢通过合理的热处理（淬火与回火）可以满足丝锥的使用性能要求。由于该公司自用M8×1规格丝锥主要用于手工操作，因此最终选用9SiCr钢制造M8×1规格丝锥并进行工艺试验。

二、9SiCr钢质量要求

9SiCr钢的化学成分与退火组织要求如下。

（1）化学成分要求 9SiCr



图1 M8×1规格丝锥照片

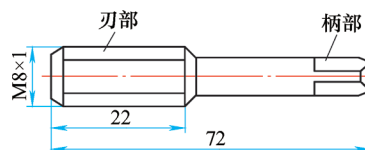


图2 M8×1规格丝锥结构示意图

表1 切削用碳素工具钢、合金工具钢与高速钢的相对性能指标

材料类型	耐磨性	韧性	热硬性	淬硬层深度	成本
碳素工具钢	2~4	3~7	1	浅	1
合金工具钢	4	3	3	中	3
高速钢	7~9	1~3	8~9	深	5

钢的化学成分应符合GB/T 1299—2000规定。其化学成分要求见表2。

(2) 退火组织要求 9SiCr钢的退火珠光体级别和网状碳化物级别分别按GB/T 1298—1986和GB/T 1299—2000的第一级别图和第二级别图评定, 珠光体 ≤ 5 级, 网状碳化物 ≤ 3 级($\phi \leq 60\text{mm}$)。

三、9SiCr钢丝锥的技术要求

9SiCr钢制丝锥用于加工内螺纹, 由于切削时丝锥要承受较大摩擦力和扭转力, 因此丝锥整体要求较高整体强度和较高的韧性, 刃部要求高的硬度和耐磨性, 心部要求高的韧性和强度, 柄部要求较高的强度与硬度。

9SiCr钢制M8×1规格丝锥技术要求如下:

(1) 硬度要求 丝锥刃部硬度要求60~63HRC, 柄部硬度要求45~50HRC。

(2) 金相组织要求 丝锥热处理马氏体要求 ≤ 3 级。

四、9SiCr钢丝锥的热处理工艺试验

1. 热处理设备

9SiCr钢丝锥淬火加热采用RDM-45-8型盐浴炉, 低温回火采用RJ2-35-6型井式回火炉。

2. 热处理工艺试验

(1) 加工工艺流程 下料→机械加工→预热→淬火加热→冷却→柄部退火→回火→清洗→表面喷砂清理→磨削加工。

(2) 装夹 采用丝锥专用夹具, 丝锥垂直立放, 每个夹具放置40个丝锥。

(3) 一次预热 为了减小丝锥弯曲畸变, 对其进行一次预热, 其加热温度为600~650℃, 保温时间为15min左右。

(4) 淬火加热 9SiCr钢丝锥通常选择淬火温度为850~870℃, 对于较小规格丝锥(如M8)可选择下限淬火温度840~850℃, 以减小畸变。

淬火加热保温时间。第一次试验采用保温时间3.5min, 淬油, 效果不理想, 硬度偏低, 为58~60HRC。第二次试验延长保温时间至7min, 采用碱液淬火-油冷方式, 效果理想, 硬度(63~64HRC)检验结果合格。

(5) 淬火冷却 第一次试验(淬火加热保温时间3.5min)采用L-AN32全损耗系统用油淬火, 刃部硬度为58~60HRC, 试验结果硬度偏低。第二次试验(淬火加热保温时间7min)改用 $w_{(\text{NaOH})}=40\%\sim 50\%$ 的碱水溶液, 以提高冷却能力, 采用碱液淬火-油冷方式, 试验结果硬度63~64HRC, 硬度合格。

(6) 中间检验 在每夹具中抽检6支丝锥进行检验, 其淬火后硬度为63~64HRC, 金相组织检验为马氏体3级(见图3), 合格。

(7) 柄部退火 采用盐浴炉进行550~600℃快速加热退火, 加热时只允许柄部的1/3~1/2浸入盐浴中, 加热时间15~20s。

硬度46~50HRC。

(8) 回火 丝锥淬火后应及时进行回火, 以免产生裂纹。

丝锥整体回火温度为170~190℃, 保温时间2h, 回火次数1次, 空冷, 硬度为62~63HRC。

五、终检

(1) 畸变与开裂 丝锥经喷砂处理后, 外观检验未发现表面裂纹出现; 丝锥弯曲畸变可以满足技术要求。

(2) 硬度 采用HR-150A型洛氏硬度计检测硬度, 9SiCr钢丝锥刃部硬度为62~63HRC, 柄部硬度46~50HRC, 完全达到丝锥技术要求。

(3) 金相组织 采用4XB型金相显微镜检查金相组织, 9SiCr钢丝锥金相组织为回火马氏体。

六、工艺分析

从工艺要求可以看出, 9SiCr钢丝锥的热处理, 不仅要满足其技术要求, 获得较高的使用寿命, 而且对弯曲畸变有一定的要求。因此, 热处理时应注意以下一些问题。

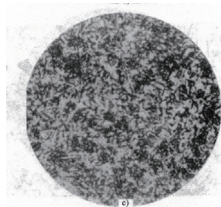


图3 9SiCr钢丝锥淬火组织(500×)

表2 9SiCr钢的化学成分(质量分数) (%)

C	Si	Mn	P	S	Cr
0.85~0.95	1.20~1.60	0.30~0.60	≤ 0.030	≤ 0.030	0.95~1.25

(1) 对淬火前组织的要求。为了得到高而均匀的淬火硬度,较小的淬火畸变,以及较高的使用寿命,淬火前9SiCr钢材应经过退火(正火)预备热处理,并经复检合格后方可投产。

(2) 600~650℃盐浴炉预热的目的主要是减小加热应力,对减少丝锥畸变有利。

(3) 淬火加热温度选择下限840~850℃,是为减小淬火畸变。

(4) 淬火。为获得较高的淬火硬度,淬火冷却介质由L-AN32全损耗系统用油改为碱水溶液,冷却方式采用碱液淬火-油冷。

(5) 由于丝锥淬火时柄部与刃部一起硬化,淬火后必须进行柄部盐浴快速退火,以提高柄部的强度与韧性,防止使用中产生脆性断裂。

(6) 最终低温回火的目的是使淬火马氏体转变为回火马氏体,达到规定的硬度,同时消除内应力,进一步提高强度与韧性。回火温度以170~190℃为宜。因为9SiCr钢在220~280℃回火时,有回火脆性,因此,不宜提高回火温度。而回火温度过低又容易造成回火不足。

七、生产应用

1. 应用

各取10只两种材料(W6Mo5Cr4V2、9SiCr)丝锥进行切削试验,被切削材料为45钢(正火态,硬度197~217HBW),加工深度15mm,油冷却,表3为

W6Mo5Cr4V2钢与9SiCr钢丝锥切削结果。

由表3可以看出两种不同材料制成的丝锥在试验规范相同条件下进行对比试验,W6Mo5Cr4V2高速工具钢制成的丝锥平均切削89个孔,而9SiCr制成的丝锥平均切削68个孔,基本满足使用性能要求,并达到性价比要求。通过综合测算,可降低产品加工成本约18.2%。

2. 结论

通过生产应用表明,9SiCr钢制丝锥基本满足该公司自用需要,并降低了生产成本。

八、先进的离子镀TiN涂层技术应用

为了进一步提高丝锥的使用寿命,国内外已将离子镀TiN涂层技术应用于丝锥表面强化处理。国外已对高速工具钢丝锥进行离子镀TiN涂层,并取得理想的效果。由于TiN涂层具有很高的耐磨性,可使丝锥使用寿命提高几倍,目前TiN涂层丝锥产品已作为高质量商品销售。

国内对W4Mo3Cr4VSiN高

速工具钢丝锥进行了相关试验,丝锥经淬火+3次回火后,采用TJ/8K型离子镀专用设备进行丝锥表面的TiN涂层试验,经TiN涂层处理后丝锥表面呈金黄色(见图4),TiN涂层厚度约2.5μm,涂层硬度1921HV,M8机用丝锥在S4012A台式丝锥机上加工汽车联轴器花键万向叉,丝锥使用寿命由常规处理(淬火、回火)的621件提高到1870件,使用寿命提高2倍以上。丝锥掉齿和啃扣失效形式基本消失,基本为正常的磨损失效。

受到先进的离子镀TiN涂层技术在高速工具钢丝锥上成功应用的启发,该公司下一步准备与相关公司或高校合作,对材料价格相对便宜的9SiCr钢丝锥,经常规淬火、回火后,进行TiN涂层试验,以进一步提高其使用寿命。



图4 TiN涂层高速钢丝锥示意

表3 W6Mo5Cr4V2与9SiCr钢丝锥切削结果

丝锥材料	切削情况/孔数	失效形式
W6Mo5Cr4V2	89	主要为磨损,少数崩刃
9SiCr	68	主要为磨损

作者简介:金荣植,高级工程师,副总工程师,黑龙江省热处理学会理事,中国热处理协会理事,已在专业杂志上发表论文90余篇,其中有5篇被美国工程索引(EI)收录,1篇获中国热处理行业协会优秀论文奖,已出版7部热处理著作,获省、市科技成果各一项,获4项发明专利和2项实用新型专利。

MW 20160417