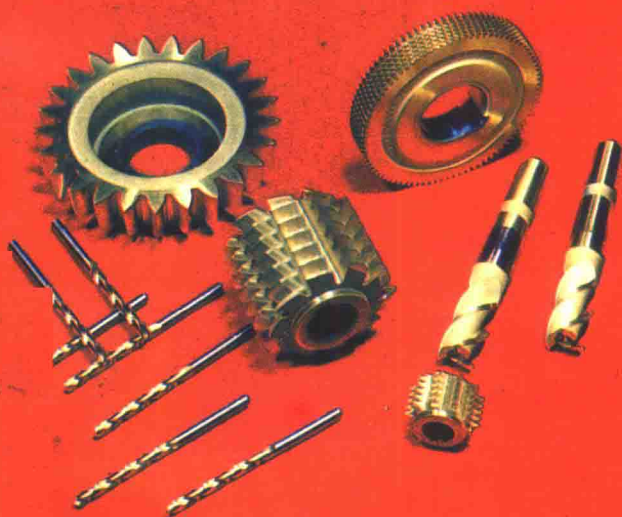


氮化钛涂层高速 钢刀具的应用

● 中国齿轮专业协会 编

● 机械工业出版社



氮化钛涂层高速钢 刀具的应用

中国齿轮专业协会 编

机械工业出版社

内 容 简 介

本书简要地介绍了氮化钛涂层高速钢刀具的经济效益,涂层的基本原理和特点,使用时应注意的事项以及提高其切削性能的各种方法。书中列举了我国一些工厂的生产实例供读者借鉴,并对所举实例进行了分析。

本书可供从事机械制造方面的工程技术人员、技术工人阅读,也可供大专院校有关专业的师生参考。

氮化钛涂层高速钢刀具的应用

中国齿轮专业协会 编

责任编辑:张绪江

封面设计:郭景云

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)

北京市大兴兴达印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $2^{3/4}$ ·字数57千字

1991年10月北京第一版·1991年10月北京第一次印刷

印数 0,001—3,000·定价3.00元

ISBN 7-111-03128-8/TG·689

前 言

刀具经氮化钛 (TiN) 涂层后, 使用寿命可以大大延长, 切削硬度也可以进一步提高, 尤其对于结构复杂的齿轮刀具, 涂镀后其经济效益更为显著。中国齿轮专业协会秘书处根据协会会员的要求, 在1990年于郑州召开的氮化钛涂层刀具推广应用研讨会的基础上, 组织有关人员编写了这本小册子, 供齿协成员及有关人员在使用氮化钛涂层刀具时作为参考。

本书以涂层高速钢滚齿刀和插齿刀作为主要阐述对象, 也介绍了钻头和丝锥的使用情况。由于以实用为主, 因此列举了国内一些工厂的使用实例, 并对之进行分析, 以便读者应用时有所借鉴。同时以较大的篇幅介绍了日本同行在这方面的应用研究成果, 他们的先进经验是值得我们学习的。我们希望本书能给齿协会员单位及众多的机械加工厂带来良好的经济效益。

为了满足一些单位希望委托刀具涂镀或购置涂镀设备的需要, 我们增加了附录部分, 附录1列出了部分生产涂镀设备的厂家和单位, 附录2是可承接涂镀任务的部分单位, 供大家参考。

齿轮是重要的机械基础件, 它对整机质量有重大影响。齿轮厂的技术进步是发展机械工业的重要一环。但是, 由于我国目前齿轮制造厂隶属关系复杂, 跨部门、跨专业司局、体制交叉的状态十分严重, 难于进行宏观管理, 也不便于各齿轮厂之间的信息交流和水平提高。中国齿轮专业协会作为

一个跨部门、跨行业的专业协会，旨在弥补这方面的不足，即通过齿协的各种活动，一方面起到政府与企业之间的桥梁作用，将协会会员组织起来；另一方面要达到促使会员互相交流、共同进步的目的。为此，我们今后还将根据协会会员的要求，陆续组织人员编写有关改善工厂管理、提高经济效益、提高技术水平的各种小册子，为促进会员厂的进步和发展而努力。

我们也衷心地期待协会会员单位及关心齿轮行业发展的各界人士对本书提出宝贵的批评和指导性意见。

中国齿轮专业协会秘书处

1991.6.30

常用代号

一、齿轮参数:

- m 模数 mm
 z 齿数
 b 齿宽 mm
 α 分度圆压力角 ($^{\circ}$)
 β 分度圆螺旋角 ($^{\circ}$)

二、刀具参数

- m 刀具模数 mm
 N 滚刀槽数
 d_e 滚刀外径
 Z 插刀齿数
 a 名义压力角 ($^{\circ}$)

三、切削用量参数

- V 切削速度 m/min
 n 刀具转速 r/min
 f 滚刀轴向走刀量 mm/r
 h 切削深度 mm
 T 刀具耐用度 m或mm

四、其它有关代号

- HRC 洛氏硬度
HBS 布氏硬度 (钢球)
C 碳元素

W 钨元素

Cr 铬元素

V 钒元素

Mo 钼元素

Co 钴元素

M 美国刀具材料代号

AISI 美国钢铁学会 (American Iron and Steel
Institute)

TiN 氮化钛 (Titanic Nitride)

CBN 立方氮化硼 (Cubic Boron Nitried)

目 录

前言

常用代号

第1章 氮化钛涂层刀具应用简况	1
第2章 金属切削过程	4
第3章 氮化钛涂层工艺简介	6
3.1 多弧离子镀.....	7
3.2 空心阴极离子镀.....	7
3.3 热阴极等离子弧离子镀.....	8
第4章 氮化钛膜的特点	10
4.1 氮化钛膜的物理化学和力学性能.....	10
4.2 氮化钛膜层质量.....	11
第5章 氮化钛涂层高速钢刀具的切削性能	13
5.1 耐用度.....	13
5.2 切削效率.....	14
5.3 切削速度.....	15
5.4 切削硬材料的能力.....	15
5.5 抗“粘刀”能力.....	16
第6章 氮化钛涂层刀具应用实例	17
6.1 正火材料的切削加工.....	17
6.2 调质材料的切削加工.....	37
6.3 锡青铜材料的滚切.....	49
6.4 螺纹加工.....	49
6.5 钻削加工.....	53

第7章 对涂前高速钢刀具的要求	59
7.1 硬度.....	59
7.2 表面粗糙度.....	59
7.3 刃口.....	59
7.4 退磁.....	60
7.5 清洁度.....	60
第8章 提高涂层高速钢刀具切削性能的办法	61
8.1 缩小滚刀外径.....	61
8.2 增加滚刀头数.....	62
8.3 减小刀具后角.....	63
8.4 改善前后面的表面粗糙度.....	64
8.5 选择合适的刀具材料.....	65
8.6 选择合适的切削方法.....	66
8.7 选择合适的切削液.....	67
8.8 选择合适的切削用量.....	67
8.9 串刀.....	68
8.10 合适的齿轮毛坯的外圆倒角	69
第9章 涂层刀具的刃磨	70
9.1 磨钝标准.....	70
9.2 磨损区必须全部磨掉.....	70
9.3 刃磨时砂轮的磨削深度.....	71
9.4 冷却液.....	71
9.5 采用立方氮化硼砂轮.....	71
附录1 我国生产涂层设备的部分厂家和单位	72
附录2 承接刀具涂层任务的部分单位	74
参考文献.....	76
编后语.....	77

第1章 氮化钛涂层刀具应用简况

从原始人茹毛饮血、刀耕火种到今天卫星上天、宇宙航行，全都离不开各种刀具的使用，不过所用刀具材料及处理方法各有不同罢了。因此，也可以说切削工具的水平，代表着社会或国家的发展水平。

刀具材料及处理方法的进步，又大大促进了工作母机的发展和生产率与产品质量的提高。古人有云：“工欲善其事，必先利其器”，就是这个道理。

近代工业与科学技术的发展，切削刀具材料从碳素工具钢到高速钢、硬质合金、复合材料等均有了很大的进步。到目前为止，广泛应用的还是高速钢与硬质合金材料。但是，为了进一步提高这些材料的切削性能，人们在刀具材料上进行了碳氮共渗、渗氮和渗硫等各种处理。近年来，又成功地在高速钢或硬质合金刀具表面涂上一层氮化钛（TiN）超硬薄膜（简称“涂层”）。经氮化钛涂层处理的刀具，其切削性能进一步得到改善。

在高速钢刀具表面镀上一层氮化钛硬质薄膜后的刀具，实质是由高速钢基体、硬质膜层和中间层所组成的复合材料刀具。基体保持刀具的形状和强度；膜层提高刀具表面的硬度和降低摩擦系数；中间层改善薄膜形成条件和提高膜层与基体间的结合力。因此，涂层后的刀具具有较高的抗磨损和抗“粘刀”性能。

大量生产试验证明，经氮化钛涂层的高速钢刀具可提高

切削效率30%~100%，延长刀具寿命 $\ominus$ 1~10倍，还可改善工件加工表面粗糙度及精度，可加工中硬材料（HRC30~45）及难加工材料。

目前，在工业发达国家，涂层高速钢刀具的使用率已占高速钢刀具的50%~70%，在汽车工业中，几乎全部采用涂层高速钢齿轮刀具来加工齿轮，其滚削速度可达70~150m/min，插齿冲程数约为600~1000次/min，可加工中等硬度的齿轮。

我国从80年代初开始研究涂层的物理气相沉积技术，到80年代中期，涂层技术逐渐开始进入工业应用。齿轮制造厂通过对涂层刀具的试验性应用，逐步认识到应用涂层刀具是延长刀具寿命提高切削加工效率的有效途径，并取得较好的经济效益。如常州齿轮厂自1987年开始逐步应用涂层刀具，并购置了小型刀具涂层设备，以满足本厂生产的需要。这项技术推广应用之后，1989年少投入10台插齿机和5台滚齿机，共新增利税26.08万元，获得综合经济效益127.37万元。郑州齿轮厂1987年生产齿轮、花键轴58.54万件，消耗插齿刀和滚刀共985把，1988年齿轮和花键轴产量激增为102万件，由于使用了涂层滚刀和涂层插刀，滚刀和插刀消耗量反而比1987年减少81把，节省经费15万元以上。南阳汽车齿轮厂推广使用涂层刀具后，每件齿轮耗刀费只占原刀具消耗费的32%，并节省工时和磨刀费用。详细数据如表1-1所示。其它一些使用涂层刀具的工厂，均取得不同程度的经济效益。

现在我国氮化钛涂层技术已基本成熟，能生产大、中、小不同类型的装备，可供工具厂和机械加工厂选用。有些大

$\ominus$ 刀具的耐用度=刀具两次重磨之间的切削长度(m)或切削时间(h)；
刀具的寿命=刀具的耐用度 $\times$ 磨刀次数。

表1-1 经济效益对比分析

刀 具 名 称	工 件 名 称	年 生 产 件 数	未 涂 滚 刀		
			每把刀加 工总件数	每把刀 单价 (元)	每件耗刀 费 (元)
剃前滚刀 m4.25	一轴 1030	6,672	1,400	240	0.17
剃前滚刀 m5.5	中间轴	4,558	928	680	0.73
涂 层 滚 刀			节约工时费	节约刀具费	年节约总值
每把刀加 工总件数	每把刀 单价 (元)	每件耗刀费 (元)	(元)	(元)	(元)
6,500	355	0.05	414	800.64	1,214.14
3,520	891	0.25	469	2,187.84	2,658.84

型工具厂还从国外引进了先进的涂层技术装备。因此，我国已具备了大量生产和使用涂层刀具的条件。但是如何使涂层刀具在切削加工中广泛应用，并充分发挥其优越性，还需要我们在生产实践中去摸索、掌握和应用。本书主要介绍这方面的技术知识，同时还收集了若干应用实例，供各使用单位参考。

第2章 金属切削过程

为了便于广大机械工人阅读，并有助于进一步了解本书的内容，这里简单阐述一下金属切削过程。

图2-1是金属切削过程的简图。这个简图可以代表一般的车、铣、刨、滚、插、拉、铰和攻螺纹等各种切削过程的共性方面。由于刀具切削时，切屑要从刀具的前刀面流出，在切削力 P_1 的作用下，在前刀面与切屑之间产生摩擦力 F_1 。在刀具的后隙面上，由于刀具后隙面与已加工面的相对运动和切削区金属的弹性变形，也产生作用于刀具后隙面的摩擦力 F_2 。切削过程中金属被切除所耗的功以及 F_1 、 F_2 所做的功，均将变为热的形式，分别向刀具、切屑及工件传导。因

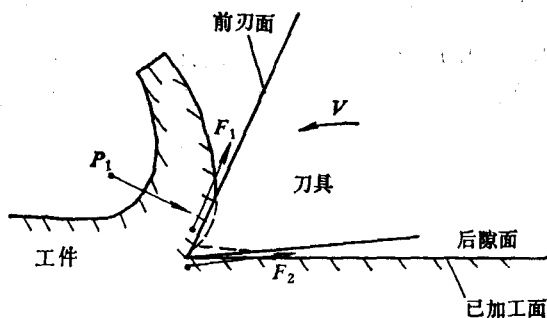


图2-1 金属切削过程简图

此，切削过程中刀具承受摩擦力与切削热的作用，这两大作用是导致刀具磨损和失效的主要原因。

当切削速度高时，切屑从前刀面流出量大，温度高，切削力 P_1 也增加，容易形成所谓“月牙洼”磨损，其形状如图2-1刀具前刀面上圆弧形虚线所示；当切削速度较低，切削深度较大时，刀具后隙面磨损比较显著，如图2-1刀具后隙面上虚线所示。

因此，要使刀具耐用，除要求刀具基体有一定的硬度及韧性外，减少前刀面和后隙面的摩擦系数或提高刀具的热硬性，都具有良好的效果。而刀具表面的氮化钛涂层恰恰在这些方面具有明显的作用。

本书主要例子均针对齿轮切削加工，但对其它类型零件的切削加工，也具有参考价值。

第3章 氮化钛涂层工艺简介

涂层技术，即在一种材料表面上沉积另一种材料薄膜的技术，它可通过多种办法来实现，例如：化学气相沉积（Chemical Vapor Deposition简称CVD）、物理气相沉积（Physical Vapor Deposition简称PVD）和等离子体化学气相沉积（Plasma Chemical Vapor Deposition简称PCVD）等。

化学气相沉积技术是利用气相物质的热分解、热合成或化学传输等的作用，在固体表面上生成固态沉积层的过程。这一过程的沉积温度一般在 1000°C 左右，因此，它主要应用于硬质合金刀具的涂层。

物理气相沉积技术是利用热蒸发或辉光放电、弧光放电等物理过程在基体表面沉积所需涂层的过程。这一过程的沉积温度可控制在 $200\sim 500^{\circ}\text{C}$ 范围内，故它适用于高速钢刀具的表面强化。

等离子体化学气相沉积技术是将气体放电等离子体技术应用于化学气相沉积，促进化学反应，从而降低了化学气相沉积的温度，可在 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ 获得氮化钛涂层，从而扩大了化学气相沉积的应用范围。

我们通常见到的氮化钛涂层高速钢刀具多采用物理气相沉积技术制备。这里着重介绍属于物理气相沉积技术的几种涂层工艺。

3.1 多弧离子镀

图3-1为多弧离子镀工作原理图。将被蒸发的膜材（例如钛）做成若干个阴极靶，它装在膜室的四周或顶部。把阴极靶接电源负极，并与阳极真空室之间产生弧光放电，使靶材蒸发并离化，离化率可达60%~90%，钛离子与通入真空室内的离化氮气合成氮化钛，沉积在刀具表面上。

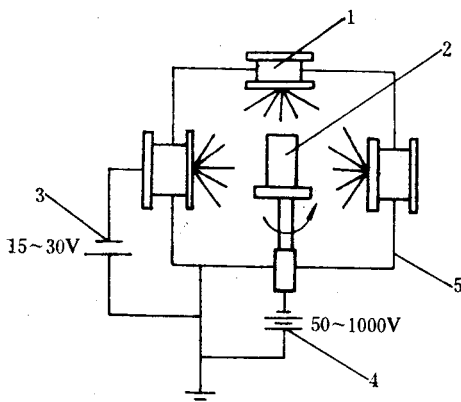


图3-1 多弧离子镀工作原理示意图

- 1—阴极靶 2—工件基体 3—主弧电源 4—基板负偏压电源
5—阳极真空室

3.2 空心阴极离子镀

空心阴极离子镀是采用空心热阴极等离子电子蒸发源（Hollow Cathode Discharge简称HCD）的一种离子镀技术。目前已成功地应用于刀具的表面强化。

图3-2为空心阴极离子镀工作原理图。装置的主体部分真空镀膜室是由一具水平放置的HCD枪（负极）和水冷铜坩埚（正极）等组成，待涂层工件装在坩埚上方转架上（施

负偏压)，镀前将真空抽至 $10^{-2} \sim 10^{-3}$ Pa，然后通入工作介质氩气，在 $1 \sim 10^{-1}$ Pa下接通引弧电源，使电子枪与坩埚之间产生异常辉光放电。在电场与聚焦磁场作用下，高密度电子束 90° 偏转射向坩埚，使金属钛迅速熔化和蒸发。真空室内注入反应气体氮气时，便可在工件表面沉积牢固的氮化钛膜层。

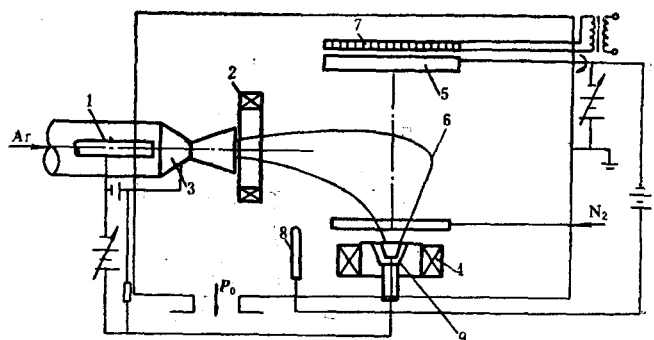


图3-2 空心阴极离子镀工作原理示意图

- 1—空心Ta阴极（HCD枪） 2—平行场聚焦极 3—辅助阳极
4—坩埚聚焦极 5—工件基体 6—电子束 7—加热器
8—高压轰击极 9—坩埚

3.3 热阴极等离子弧离子镀

图3-3为热阴极等离子弧离子镀工作原理图。镀膜机的蒸发机构由热阴极室（离子化室）、阳极蒸发器（坩埚）和直流电弧电源组成。镀前将镀膜室抽空到 10^{-5} Pa，然后将氩气通入离子化室（部分氩气分子被热电子电离），通过镀膜室被抽出，此时镀膜室压力为 10^{-1} Pa。当接通弧源并引弧后，