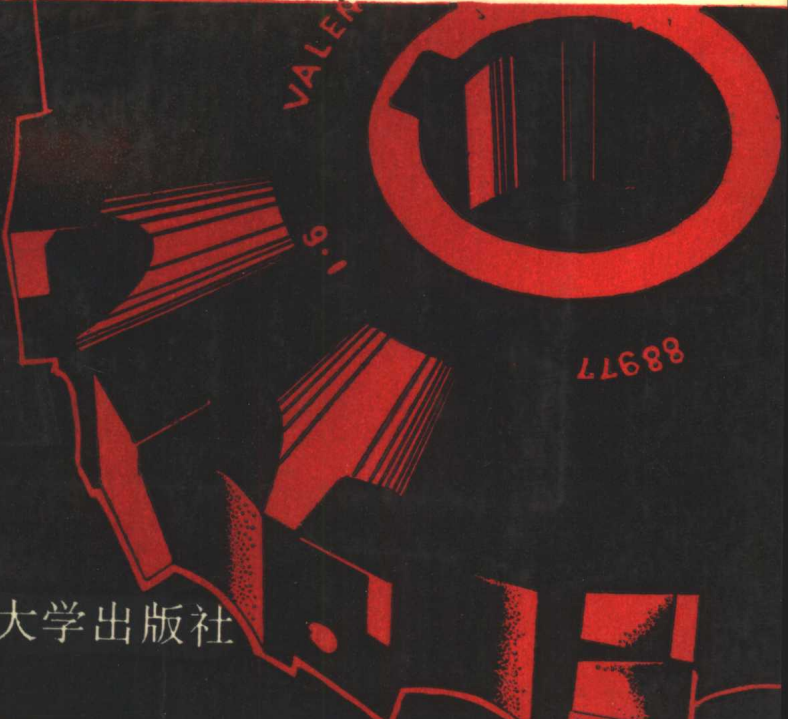


现代刀具材料

肖诗纲 编著



重庆大学出版社

现代刀具材料

肖诗纲 编著

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书从刀具材料应适应切削加工的需要而不断发展,而材料切削性能的提高又推动切削加工技术的发展与提高的相互推动和促进的角度论述了各类刀具材料的物理、机械性能和切削性能特点及其适用范围,并着重介绍了各类刀具材料的新发展、新品种和新牌号,特别是国内近些年开发的一些刀具新材料。

本书可作为机械制造专业的学生和研究生补充教材,也可供教师和从事刀具设计、刀具制造、机械加工工艺及刀具材料生产方面的工程技术人员参考。

现代刀具材料

肖诗纲 编著

重庆大学出版社出版发行
新华书店经销
重庆印制一厂印刷

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 9.375 字数: 203 千
1992年2月第1版 1992年2月第1次印刷

印数: 1—3000

标准书号: ISBN 7-5624-0341-4 定价: 2.62元
TH·20

前 言

新刀具材料对提高切削加工生产率起着巨大的推动作用，因此，开发、推广和使用新刀具材料是机械制造领域中新技术革命的重要内容之一。

本书是根据《机械制造(冷加工)类专业教材编审委员会刀具编审组1985~1990年教材编审规划》中“新刀具材料”的要求编写的，使学生在学完《金属切削原理及刀具设计》课程中刀具材料一章的基础上扩大和深化刀具材料方面的知识。

本书共分六章，除第一章概述刀具材料的发展和性能评价外，其余五章分高速钢、硬质合金、涂层刀具材料、切削用陶瓷及超硬刀具材料五大类，分别介绍这几类刀具材料的国内外发展及使用简况、性能特点及适用范围三部分内容；此外，还根据各类刀具材料目前的使用情况，分别介绍各自的特点和存在的问题。例如：高性能高速钢的使用，硬质合金在一些复杂刀具中的扩大应用，涂层高速钢刀具的有效应用，陶瓷刀具材料韧性的提高，立方氮化硼刀具的扩大使用等问题。在内容的取舍上，本书着重介绍新品种、新牌号刀具材料。例如，新牌号通用高速钢、超硬高速钢、粉末冶金高速钢、涂层高速钢刀具，含碳化钽的硬质合金、碳(氮)化钛基硬质合金、超细晶粒硬质合金、涂层硬质合金刀具；

含不同化合物的氧化铝基陶瓷、氮化硅基陶瓷、碳化硅晶须增强陶瓷、氧化锆陶瓷刀具以及金刚石—硬质合金、立方氮化硼—硬质合金复合刀片等。在各类刀具材料中，尽力列入了国内研制和生产的一些新牌号。

本书初稿完成后承蒙许香谷教授详细审阅并提出许多宝贵意见，编者致以深切谢意。

在本书编写过程中，很多单位和个人都给作者提供宝贵资料，作者在此一并致以谢意。

本书出版之日，正值中国高校金属切削研究会成立十周年之际，谨以此书向在我国高校组织和推动《金属切削原理及刀具》课程教学改革和科学研究工作中作出了重大贡献的金属切削研究会十周年庆祝大会献礼，并感谢金切界的同行们过去对作者各方面工作给予的支持和帮助。

由于作者水平有限，收集资料不全，如有错误及挂一漏万之处，敬请读者批评指正。

编著者

1990年2月于重庆大学

目 录

第一章 新刀具材料开发——提高切削加工生产率的重要途径	1
一、刀具材料在切削加工中的重要性	2
二、刀具材料的发展简史及发展趋势	11
三、我国刀具的生产发展简况	21
四、不同刀具材料的基本性能分析与评价	25
1. 硬度	27
2. 强度	27
3. 韧性	28
4. 耐磨性	29
5. 耐热性(热稳定性)	32
6. 热物理性能	34
7. 耐热冲击性	36
8. 抗粘结性	37
9. 化学稳定性	39
第二章 高速钢——在复杂刀具中仍占统治地位的刀具材料	49
一、高速钢刀具的发展及使用简况	50
二、高速钢刀具的性能特点	56
1. 硬度及耐磨性	56
2. 强度及韧性	58
3. 耐热性	59
4. 工艺性能	59

三、根据国家资源发展新牌号的通用高速钢	67
四、提高高性能高速钢的应用水平	69
五、扩大粉末冶金高速钢的使用范围	74

第三章 硬质合金——仍在扩大使用范围的刀具

材料	79
一、硬质合金刀具的发展及使用简况	80
二、硬质合金刀具的性能特点	91
1. 硬度	93
2. 强度	93
3. 韧性	93
4. 热物理性能	95
5. 耐热性	95
6. 抗粘结性	96
7. 化学稳定性	97
三、新品种、新牌号硬质合金的开发	99
1. 添加TaC(NbC)的硬质合金	100
2. TiC(N)基硬质合金(金属陶瓷)	102
3. 超细晶粒硬质合金	129
四、扩大硬质合金在各类刀具中的使用	132
1. 硬质合金齿轮刀具	133
2. 硬质合金模具铣刀及立铣刀	136
3. 硬质合金螺纹刀具	137
4. 硬质合金拉刀	140

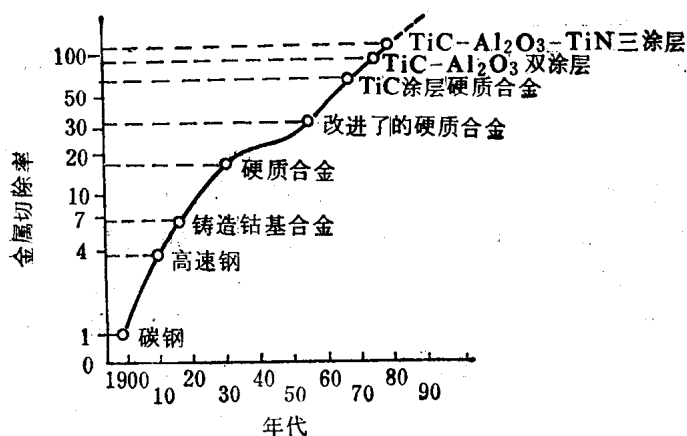
第四章 刀具表面涂层——正以惊人速度开发新刀

具材料的技术	141
一、概述	142
二、涂层硬质合金刀具	144

1. 涂层硬质合金刀具的发展及使用简况	144
2. 涂层硬质合金刀具的性能特点	149
3. 涂层硬质合金刀具的适用范围	156
三、涂层高速钢刀具	163
1. 涂层高速钢刀具的发展及使用简况	163
2. 涂层高速钢刀具的性能特点	166
3. 涂层高速钢刀具的有效应用	174
第五章 切削用陶瓷——80年代取得突破性进展的	
刀具材料	181
一、陶瓷刀具的发展及使用简况	182
二、陶瓷刀具的性能特点	187
1. 高的硬度及耐磨性	187
2. 高的高温性能	190
3. 良好的抗粘结性能	191
4. 化学稳定性好	191
5. 摩擦系数低	192
三、氧化铝基陶瓷刀具性能提高的主要方法	194
1. 采用亚微细晶粒	196
2. 改进陶瓷的工艺方法	197
3. 在 Al_2O_3 基体中加入金属（非金属）或（和）其化 合物	197
四、几种氧化铝基陶瓷刀具简介	200
1. Al_2O_3 -TiC陶瓷刀具	200
2. Al_2O_3 - ZrO_2 陶瓷刀具	201
3. Al_2O_3 -SiC晶须（ Al_2O_3 -SiC _w ）增强陶瓷刀具	205
4. Al_2O_3 -TiB ₂ 陶瓷刀具	216
5. Al_2O_3 -TiN陶瓷刀具	217
6. Al_2O_3 -SiC陶瓷刀具	219

五、氮化硅基陶瓷刀具	221
1. Si_3N_4 基陶瓷刀具的性能特点及使用范围	222
2. $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-Al}_2\text{O}_3$ (Sialon)陶瓷刀具	227
3. $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-TiC}$ -金属陶瓷刀具	233
4. $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}$ 晶须($\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiCw}$) 增强陶瓷刀具	236
5. $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}$ 陶瓷刀具	236
6. 涂层 Si_3N_4 陶瓷刀具	236
六、其他陶瓷刀具	237
1. 氧化锆陶瓷刀具	237
2. 硼化钛陶瓷刀具	240
第六章 超硬刀具材料——在超精加工及硬脆材料	
加工中有特殊功能的刀具材料	241
一、概述	242
二、金刚石刀具	243
1. 金刚石刀具的发展及使用简况	243
2. 金刚石刀具的性能特点	255
3. 金刚石刀具的适用范围	263
三、立方氮化硼刀具	266
1. 立方氮化硼刀具的发展及使用简况	266
2. 立方氮化硼刀具的性能特点	274
3. 立方氮化硼刀具的适用范围	280
参考资料*	285

第一章 新刀具材料开发——提高切削加工生产率的重要途径



一、刀具材料在切削加工中的重要性

在金属机械加工中，切削加工是最基本而又可靠的精密加工手段，在机械、电机、电子等各种现代产业部门中都起着重要的作用。据统计，切削加工的劳动量约占全部机械制造劳动量的30~40%，约70%的各种零部件要用刀具切削加工^[85]。而切削加工技术发展、革新的历史就是刀具材料发展的历史。

统计数字表明，由金属加工部门切下的切屑约占每年钢产量的10~15%^[95]。现在世界钢产量为7亿吨，据联合国国际研究中心预测，到本世纪末世界钢产量可达17~19亿吨，那时将会有2亿吨钢被切掉成废屑^[85]，其中被刀具切掉的约1亿吨^[23]。

大量的切削加工必然会带来大量的耗费。例如，1971年美国切削加工费用为400亿美元，1974年增加到600亿美元，1980年美国用于金属切削加工的总费用约为1150亿美元，1981年为1250亿美元^[28]，仅用于切削刀具及切削液的费用就高达39亿美元^[26]。据报导，80年代中期世界各工业发达国家用于金属切削方面的费用总计达2500亿美元，其中切削刀具费用为60多亿美元，占总费用的2~3%^[85]。尽管这一比例很小，但它直接影响到产品制造成本中高达500亿美元费用的节约或浪费^[85]。

我国拥有金属切削机床约320万台，每年消耗在切削加工上的费用估计为60~100亿元^[5, 85]。

在决定切削加工效率的主要因素，如机床、刀具和工件

中，刀具是最活跃的因素。一台价值25万美元的CNC机床，其效率的发挥决定于价值30美元的立铣刀。而刀具耐用度的高低、刀具消耗和加工成本的多少、加工精度和加工表面质量的优劣等等，在很大程度上都取决于刀具材料的正确合理选择。

采用新刀具材料可大大提高切削加工生产率。

几十年来，由于新刀具材料的出现及刀具材料本身性能

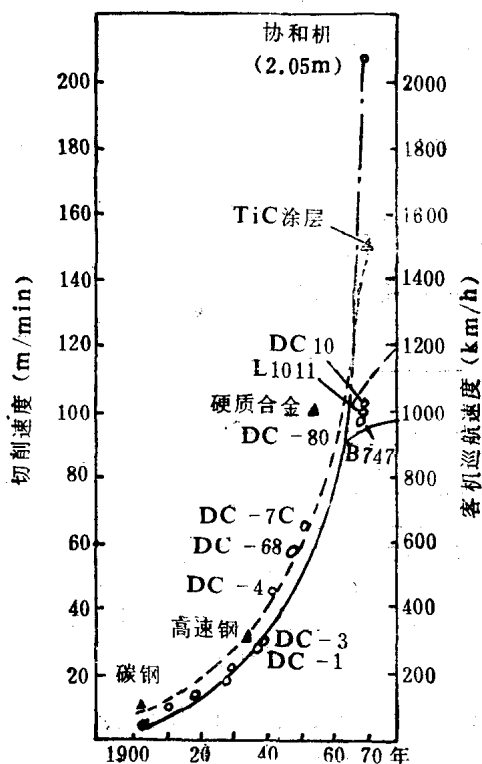


图1-1 不同年代各种刀具材料切削速度的变化及与客机巡航速度的比较(CIRP)^[126]

的改进，切削速度得以显著提高（图1-1）。

切削速度的提高无疑会提高切削加工生产率。

图1-2为车削 $\phi 100 \times 500\text{mm}$ 碳钢棒料时，不同刀具材料加工时的生产率变化。1900年前，用碳素工具钢刀具加工，由于切削速度很低，加工时间为105min；到了70年代，采用了涂层硬质合金，加工时间缩短到1.5~1min；80年代初采用多涂层硬质合金刀具的切削时间则缩短到0.7min。由此可见，由于刀具材料的改进，切削加工时间缩短了100多倍。

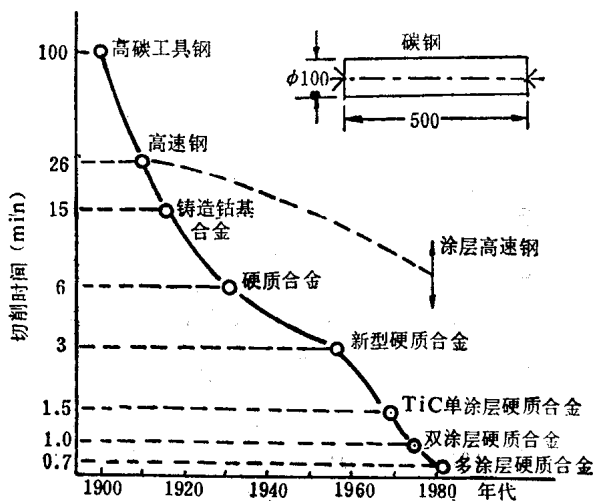


图1-2 不同时代刀具材料的发展和切削生产率的提高^[58]

在齿轮加工中，由于普遍采用了涂层滚刀及高刚性、大功率机床，与10年前相比，切削速度及进给量大约都提高了一倍。如汽车厂使用的滚齿速度由50~70m/min提高到80~

120m/min, 进给量由 1.5~2mm/r 提高到 3~5mm/r。汽车变速箱齿轮加工与过去15年相比, 切削时间缩短为1/10, 加工周期缩短为 1/8^[84]。

在平面铣削中, 由于采用了高精度、高效率可转位硬质合金或陶瓷刀片端铣刀, 使铣削加工达到了一个很高的水平。表 1-1 列出的数字并非最高水平, 有些工厂已超过了它。

有人预测, 到2000年, 硬质合金刀具车削和铣削低碳钢的最高切削速度将由现在的300~400m/min提高到500~800m/min, 陶瓷刀具切削灰铸铁的速度将由现在的600~800m/min提高到1000~1500m/min^[84]。

图 1-3 为 1975~1985年10年间由于新刀具材料的应用使切削速度和进给量提高的示意图。

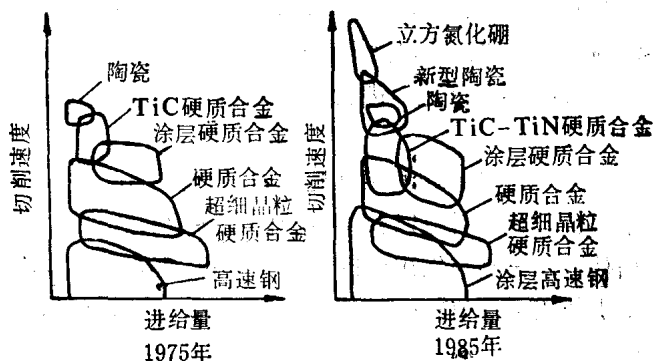


图1-3 不同时代各种刀具材料
适应切削范围的变迁^[123]

新刀具材料的采用可以降低刀具的消耗。

由于刀具切削性能的改进, 使以金额或以件数计算的硬

表1-1 国内外铣削加工水平 (加工Ⅰ级铸铁)^[104]

项目 国别	切削速度 (m/min)	进给速度 (mm/min)	加工表面平面度 (mm)	加工表面粗 糙度Ra(μm)
国外	400~600	2000~6000	0.01~0.02/1000	0.8~0.4
国内	<100	500	0.08/1000	3.2~1.6
国内试验已达到	400	2080	0.02~0.04/1000	0.8~0.4

质合金刀具使用量大约减少了5~20%。美国切削刀具市场从1982年开始以不变价格计,已缩小到1968年的水平。用于切削的硬质合金占硬质合金总产量的比重有明显下降。1960~1974年间占50%^[85],1978~1979年占45%,1982~1984年占40%^[86]。

苏联在1965~1980年的15年中工具工业的高速钢和硬质合金消耗量几乎降低了50%,在1981~1985年的五年计划中又规定减少9~10%的刀具消耗量^[85]。

日本1987年度高速钢齿轮刀具的总产量仅为1986年的82.4%^[85]。

以上这些进展都和使用高性能刀具材料有关。

采用新刀具材料可以获得巨大的经济效益。

据估计,在高速钢出现的最初几年里,美国的工程制造业,由于使用了价值2000万美元的高速钢,而增加了80亿美元的产值^[63]。

苏联由于采用了人造金刚石和其他超硬材料工具,在第10个五年计划期间获得1亿卢布的经济效益^[87]。

一般情况下,刀具相对于机床的价格是相当低的。但是,由于刀具是易消耗件,故总的刀具消耗费用是很大的。例

如，美国刀具工业从1963年到1973年刀具产值由4.6亿美元增加到9.3亿元，十年增加了一倍。从1973年至1981年，年平均增长13.5%。从1976年到现在十几年间美国消耗的刀具费用增长情况见表1-2。美国1977年的机床净产值为10.93亿美元，而工具（包括刀具和量具）的净产值为15.83亿美元，几乎是机床产值的1.5倍^[85]。

表1-2 美国最近几年的刀具消耗^[28]

年代	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1991 (预计)
刀具消耗 (亿美元)	12.8	13.4	16.7	20.2	21	23	52

欧洲切削刀具的费用也在迅速增长。1980年刀具产值为21.7亿美元，1986年增至36.5亿美元，1988年则达44.2亿美元^[107]。

联邦德国刀具产值由1967年的4亿马克增至1981年的16.7亿，后者为前者的4倍^[28]。最近几年的产值变化见表1-3。1988年的刀具产值比1980年增长将近一倍^[107]。

表1-3 联邦德国最近几年刀具生产（销售）变化^[107]

年 代		1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
刀具产值 (亿马克)	高速钢	9.19	9.01	9.81	11.33	12.34	12.36	12.54
	硬质合金	8.10	8.47	9.92	11.75	13.26	12.13	13.29
	合计	17.29	17.49	19.74	23.08	25.60	24.49	25.74

日本刀具产值从1966年的220亿日元增加到1974年的900亿日元，1981年的产值则达1700多亿日元^[28]。根据日本的一些统计，刀具产值为机床产值的30%左右^[84]。

苏联专业工具厂的刀具产值从1966年的2亿卢布增加到

1980年的8亿卢布、14年间增加了3倍^[28]。联邦德国Gorham学院对西方世界刀具消耗的需求估算列于表1-4。

表1-4 西方世界刀具消耗的估算及预测^[85] (亿美元)

年份	刀具总需求	高速钢刀具需求	硬质合金刀具需求	陶瓷刀具需求
1984	55	27	22	6
1989	78	37	32	9
1994	102	46	38	18

我国刀具产值1981年为4亿元，1985年为6.6亿元，1988年为7.7~8亿元。预计1991年将达9.1~9.7亿，1993年达10.1~10.9亿，1995年将达11~12亿元。

由以上数据可以看出，各国消耗在刀具上的费用都是很大的，因此降低刀具费用的潜力也是很可观的。

表1-5 几个工业国家和我国的刀具总产值及劳动生产率^[85,107]

国 别	刀具总产值		劳动生产率 (美元/人)
	1981年	1985年	
美国 (亿美元/ 亿人民币)	23/85.56	21/78.12	50000 (1980年) 100000 (1987年)
日本 (亿日元 /亿人民币)	1717/44.98	1892/49.57	56000 (1980年)
联邦德国 (百万 马克/亿人民币)	1667/33.44	2308/46.16	47000 (1980年)
苏联 (百万卢布 /亿人民币)	723/36.15	—	16000 (1983年) 7450 (1980年)
中国 (亿人民币)	3.99	6.62	8748 (1985年) (元人民币/人) 9076 (1986年) 11772 (1989年)