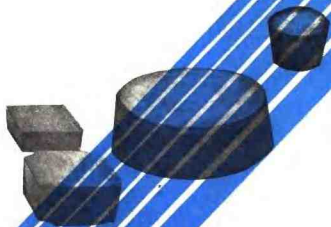


# 新型陶瓷刀具

仇启源 编著



国防工业出版社

## 内 容 简 介

本书系统地介绍了新型陶瓷刀具的化学成分、物理机械性能、刀具结构及应用范围。全书共分八章,除系统论述新型陶瓷刀具的切削性能机理、刀具几何参数和切削用量的选择以及刀具结构特点外,还特别推荐了若干国产新型陶瓷刀具切削各种难切削材料的应用实例及其技术经济效益,有助于各单位在使用新型陶瓷刀具时参考。

本书除能作为生产和使用新型陶瓷刀具的单位参考外,还可供大专院校有关专业师生参考。

## 新型陶瓷刀具

仇启源 编著

\*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经营

国防工业出版社印刷厂印装

\*

787×1092 1/32 印张 9<sup>11</sup>/<sub>16</sub> 208千字

1987年8月第一版 1987年8月第一次印刷 印数: 0,001—2,200册

统一书号: 15034·3209 定价: 2.00元



## 前 言

虽然早在二十世纪初，人们就想应用陶瓷刀具来切削金属。但是真正能在切削加工领域中较广泛地应用陶瓷刀具，还是从七十年代初出现了热压  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  新型陶瓷刀具以后。十几年来，国外对这方面予以极大重视，纷纷在各种生产规模和加工条件下，采用新一代的陶瓷刀具，取得了极为显著的技术经济效益。目前，新型陶瓷刀具不但用于各类高强度钢和淬硬钢的车、铣、镗等切削加工，而且在一般钢、铸铁的切削中也占有相当的比重。最近，日本、西德等国陶瓷刀具使用量已占全部刀具总量的 5~10%。国内，自党的十一届三中全会以来，随着科技战线上各项政策的落实，全国有一批研究机关、高等院校和工厂对新型陶瓷刀具的研制、生产、应用以及切削机理的研究，进行了大量的工作，取得了引人注目的成果。目前，全国已初步形成了年产 30~40 万片新型陶瓷刀片的生产能力——相当于日本七十年代初的生产水平。所有这些，都为新型陶瓷刀具的推广应用，打下了牢固的基础。

作者近年来，结合国内和兵器工业系统难切削材料多和切削加工生产率低下的特点，集中研究和推广应用新型陶瓷刀具来切削高强度钢和超高强度钢，取得了明显的技术经济效益，受到了各使用厂的欢迎和兵器部各级领导的重视。本书初步总结了几年来国内在新型陶瓷刀具切削性能试验研究的成果和各厂在生产上的使用经验。相信这些经验的推广，将

有利于四个现代化和在本世纪末使生产翻番宏伟目标的实现。

一种新型刀具材料的推广应用，除了有关的研究所和高等院校等研究单位要作许多开创性的研究工作外，更重要的是，还要有一支庞大的、乐于应用这种新型刀具材料的使用队伍。新型陶瓷刀具这几年来所取得的成就，正是在新技术革命高潮中，由研制、应用部门共同努力而取得的。

本书主要针对工厂生产实际情况，从新型陶瓷刀具的分类、发展、切削性能机理以及设计和使用等诸方面进行了较全面和系统的论述。本书除能作为生产和使用新型陶瓷刀具的单位参考外，还可供大专院校有关专业师生参考。

由于新型陶瓷刀具在生产中大量应用的时间很短，有关的论著较少，所以许多经验并不成熟，有关切削机理方面的试验研究也只是初步的。本书中有关的论述，只代表作者个人的观点。由于本人才疏学浅，难免有错误和不当之处，愿请读者不吝批评指正。

仇 启 源

于北京工业学院机械工程系

一九八五年六月

## 致 谢

本书在编写过程中,得到了许多热衷于推广和研究新型陶瓷刀具单位的大力支持,特别是兵器部科技局和新技术推广所、山东工业大学、济南市冶金科研所、济南市刀协金切队、石家庄水泵厂、兵器部 203 研究所、山东化工厂、锦华机械厂、江南机器厂、山西柴油机厂以及山海关桥梁厂等单位的热情帮助,谨在此表示深切的谢意。作者还特别感谢对于研究、推广新型陶瓷刀具作出贡献的山东工业大学的艾兴教授和潘敏元副教授、济南市冶金科研所的迟明良所长、官洪志副所长、张建文助理工程师和傅志刚助理工程师、203 研究所的贾崇伦同志、石家庄水泵厂的贾贵良同志、山西柴油机厂的王广林工程师、大同市科委的贾汉臣技师、山海关桥梁厂的孙同有工程师、济南第二机床厂的苏炳昌同志、济南第一机床厂的吕更同志、兵器部新技术推广所的王津工程师和吕连增助理工程师等。没有他们的开创性劳动和提供的成功经验和数据,本书是不可能写成的。

在编写过程中,作者所在机械工程系的主任林汉藩教授、机械制造工艺教研室主任胡永生教授、切削技术研究室主任于启勋教授和研究室的所有人员以及参加陶瓷刀具研究的本科生和研究生都给我以大力支持,刘秋霞同志描了全书插图,在此一并表示感谢。

作 者 一九八五. 六

## 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第一章 导论 .....                   | 1  |
| 一、刀具材料的发展与切削加工 .....           | 1  |
| 二、陶瓷刀具的发展史与各国应用概况 .....        | 10 |
| 1. 陶瓷刀具的发展简史 .....             | 10 |
| 2. 各国研制和应用陶瓷刀具概况 .....         | 13 |
| 三、陶瓷刀片压制方法的发展 .....            | 18 |
| 第二章 陶瓷刀具材料的分类与特性 .....         | 24 |
| 一、氧化铝陶瓷 .....                  | 24 |
| 1. $Al_2O_3$ 陶瓷的物理特性 .....     | 25 |
| 2. $Al_2O_3$ 陶瓷的化学特性 .....     | 27 |
| 3. 切削特性及应用范围 .....             | 29 |
| 二、氧化铝-金属系陶瓷 .....              | 34 |
| 三、氧化铝-碳化物系陶瓷 .....             | 35 |
| 四、氧化铝-碳化物金属陶瓷 .....            | 40 |
| 五、氧化铝-氮化物金属陶瓷 .....            | 45 |
| 六、各国部分陶瓷刀片的牌号及性能 .....         | 45 |
| 第三章 新型陶瓷刀具的切削性能 .....          | 50 |
| 一、陶瓷刀片的物理、机械性能及其对切削性能的影响 ..... | 50 |
| 1. 晶粒平均尺寸及密度对切削性能的影响 .....     | 51 |
| 2. 硬度对切削性能的影响 .....            | 53 |
| 3. 抗弯强度与抗压强度对切削性能的影响 .....     | 55 |
| 4. 抗冲击韧性对切削性能的影响 .....         | 56 |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 5. 抗热震性对切削性能的影响 .....             | 57         |
| 6. 耐热性对切削性能的影响 .....              | 57         |
| 7. 耐磨性对切削性能的影响 .....              | 58         |
| 二、切屑形成及切削速度对切屑形态的影响 .....         | 60         |
| 三、陶瓷刀具切削时的摩擦 .....                | 66         |
| 1. 硬质合金刀具与陶瓷刀具前刀面上摩擦系数的对比 .....   | 66         |
| 2. 切削速度 $v$ 对摩擦系数 $\mu$ 的影响 ..... | 67         |
| 四、陶瓷刀具的车削力 .....                  | 68         |
| 五、新型陶瓷刀具加工时的切削温度 .....            | 72         |
| 六、陶瓷刀具的磨损与耐用度 .....               | 74         |
| 1. 概述 .....                       | 74         |
| 2. 陶瓷刀具的磨损形态 .....                | 75         |
| 3. 新型陶瓷刀具的磨损机理 .....              | 78         |
| 4. 新型陶瓷刀具的磨损曲线 .....              | 83         |
| 5. 新型陶瓷刀具耐用度与切削用量的关系 .....        | 89         |
| 七、新型陶瓷刀具的破损 .....                 | 97         |
| 1. 概述 .....                       | 97         |
| 2. 破损形态 .....                     | 97         |
| 3. 破损试验与评定 .....                  | 100        |
| 4. 提高陶瓷刀具破损耐用度的措施 .....           | 103        |
| 八、新型陶瓷刀具的加工精度和表面质量 .....          | 104        |
| 1. 新型陶瓷刀具的加工精度 .....              | 105        |
| 2. 新型陶瓷刀具的加工表面质量 .....            | 106        |
| <b>第四章 新型陶瓷刀具合理几何参数的选择</b> .....  | <b>113</b> |
| 一、刀具的标注角度 .....                   | 113        |
| 1. 车刀的标注角度 .....                  | 114        |
| 2. 端铣刀的标注角度 .....                 | 118        |
| 二、前刀面和前角的选择 .....                 | 119        |
| 1. 关于负前角的讨论 .....                 | 120        |

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| 2. 负倒角的选用 .....                                | 123 |
| 三、后角的选择 .....                                  | 127 |
| 1. 后角 $\alpha_0$ 合理值的选用 .....                  | 128 |
| 2. 副后角 $\alpha'_0$ 的选用 .....                   | 128 |
| 四、主偏角、副偏角和刀尖形状的选择 .....                        | 129 |
| 1. 主偏角 $\kappa_r$ 与副偏角 $\kappa'_r$ 的合理选用 ..... | 129 |
| 2. 刀尖形状的选择 .....                               | 131 |
| 五、刃倾角的合理选择 .....                               | 132 |
| 1. 避免产生过大的足以引起振动的 $F_y$ 力 .....                | 134 |
| 2. $-\lambda_r$ 要保证形成合理的 $\alpha'_0$ 值 .....   | 134 |
| 六、新型陶瓷车刀合理几何参数选用实例 .....                       | 136 |
| 1. 半精车高强度钢的新型陶瓷刀具 .....                        | 136 |
| 2. 半精车硬镍铸铁时车刀几何参数的选用 .....                     | 137 |
| 第五章 新型陶瓷刀具切削用量的选择 .....                        | 140 |
| 一、刀具耐用度的优化 .....                               | 140 |
| 1. 最大生产率耐用度 .....                              | 141 |
| 2. 最低成本耐用度 .....                               | 142 |
| 3. 最大利润耐用度 .....                               | 144 |
| 二、金属切除率与切削用量的选择 .....                          | 144 |
| 1. 切削深度 $a_p$ 的选择 .....                        | 145 |
| 2. 进给量 $f$ 的选择 .....                           | 146 |
| 3. $v$ 与 $n$ 的计算 .....                         | 147 |
| 三、切削用量选择实例 .....                               | 147 |
| 1. 决定走刀次数 .....                                | 148 |
| 2. 初选进给量 .....                                 | 148 |
| 3. 计算 $v$ 及选定 $n$ .....                        | 148 |
| 四、陶瓷刀具切削用量参考数值 .....                           | 150 |
| 1. 苏联 11M332 陶瓷刀具切削用量推荐表 .....                 | 150 |
| 2. 国产热压新型陶瓷刀具切削用量推荐表 .....                     | 154 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 3. 日本生产的热等静压新型陶瓷刀具切削用量推荐表 | 159 |
| 4. 西德生产的陶瓷刀具切削用量推荐表       | 161 |
| 5. 美国研制、生产的陶瓷刀具切削用量推荐表    | 162 |
| <b>第六章 新型陶瓷刀具的结构设计</b>    | 175 |
| 一、陶瓷刀具结构的发展               | 175 |
| 二、新型陶瓷刀片的形状和合理选择          | 177 |
| 1. 可转位刀片的标记               | 177 |
| 2. 新型陶瓷刀片的尺寸规格            | 177 |
| 3. 新型陶瓷刀片的精度等级            | 180 |
| 4. 可转位陶瓷车刀片的选择            | 182 |
| 三、机夹可转位陶瓷车刀刀杆形状和尺寸的选择     | 185 |
| 1. 刀杆的形状和材料               | 185 |
| 2. 刀杆尺寸的选择                | 186 |
| 四、机夹可转位陶瓷车刀的夹紧机构          | 186 |
| 1. 对可转位车刀夹紧机构的要求          | 187 |
| 2. 几种典型的上压式夹紧机构           | 187 |
| 五、机夹可转位新型陶瓷车刀的几何角度及换算     | 190 |
| 1. 前角 $\gamma_o$ 的计算      | 192 |
| 2. 后角 $\alpha_o$ 的计算      | 192 |
| 3. 刃倾角 $\lambda_s$ 的计算    | 193 |
| 4. 主偏角 $\kappa_r$ 的计算     | 193 |
| 5. 副偏角 $\kappa'_r$ 的计算    | 193 |
| 6. 副后角 $\alpha'_o$ 的计算    | 193 |
| 7. 车刀刀杆角度的换算              | 195 |
| 8. 新型陶瓷车刀结构设计实例           | 198 |
| 六、新型陶瓷刨刀的设计               | 200 |
| 1. 概述                     | 200 |
| 2. 新型陶瓷刨刀设计要点             | 201 |
| 3. 新型陶瓷刨刀的结构设计及几何角度的选择    | 202 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 4. 新型陶瓷精刨刀的结构设计和几何参数的选择 | 202 |
| 七、新型陶瓷铣刀的设计与应用          | 204 |
| 1. 概述                   | 204 |
| 2. 机夹可转位新型陶瓷铣刀的特点       | 206 |
| 3. 可转位新型陶瓷铣刀片的型式、尺寸和选用  | 208 |
| 4. 机夹可转位陶瓷铣刀的定位与夹紧机构    | 212 |
| 5. 机夹可转位新型陶瓷铣刀几何参数的选择   | 217 |
| 6. 机夹可转位新型陶瓷铣刀的结构型式     | 221 |
| 7. 应用实例                 | 223 |
| 8. 机夹可转位新型陶瓷铣刀的合理使用     | 225 |
| 八、其他形式结构的新型陶瓷刀具         | 230 |
| 1. 焊接结构的新型陶瓷刀具          | 230 |
| 2. 粘结结构的新型陶瓷刀具          | 231 |
| 第七章 新型陶瓷刀具的使用           | 233 |
| 一、对机床及工序安排的要求           | 233 |
| 1. 对机床的要求               | 233 |
| 2. 对工序安排的要求             | 237 |
| 二、对零件结构工艺性的要求           | 238 |
| 1. 零件“切入”、“切出”处均应倒角     | 238 |
| 2. 零件上的空刀槽及槽形要适于陶瓷刀具加工  | 239 |
| 三、对零件毛坯的要求              | 240 |
| 1. 对铸件的要求               | 240 |
| 2. 对锻件的要求               | 241 |
| 3. 对热处理件的要求             | 241 |
| 四、零件材料的选择               | 242 |
| 五、断屑及安全防护的要求            | 243 |
| 1. 断屑压板断屑法              | 243 |
| 2. 利用刀具几何参数及切削用量断屑法     | 244 |
| 3. 在刀具上附加一运动来断屑         | 246 |

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 4. 安全防护方面的要求 .....                      | 246 |
| 六、对刀具结构的要求 .....                        | 247 |
| 七、新型陶瓷刀具的刃磨和检验 .....                    | 248 |
| 1. 金刚石砂轮刃磨陶瓷刀具 .....                    | 249 |
| 2. 陶瓷刀片刃磨后的检验 .....                     | 256 |
| 八、技术管理 .....                            | 256 |
| 1. 切削试验 .....                           | 257 |
| 2. 设计与制造刀具 .....                        | 257 |
| 3. 专人负责管理与刃磨 .....                      | 257 |
| 4. 不断为新型陶瓷刀具开发新的领域 .....                | 257 |
| 5. 注意积累新型陶瓷刀具的切削数据 .....                | 258 |
| 第八章 新型陶瓷刀具在国内外的应用实例 .....               | 259 |
| 一、在各种工件材料和工种上的应用实例 .....                | 260 |
| 1. 精车超高强度调质钢 .....                      | 261 |
| 2. 车削高强度调质钢 .....                       | 264 |
| 3. 精车大型精密零件 .....                       | 266 |
| 4. 车削硬镍铸铁、耐磨铸铁、冷硬铸铁、高铬铸铁<br>和含硼铸铁 ..... | 268 |
| 5. 精镗深孔 .....                           | 270 |
| 6. 铣削 ZGMn13 高锰钢 .....                  | 271 |
| 7. 车削镍基 102 喷涂耐磨材料 .....                | 272 |
| 8. 车削含硼塑料 .....                         | 273 |
| 二、切削淬硬钢, 推动以切削代磨削工艺的发展 .....            | 273 |
| 1. 精车淬硬 W18Cr4V 高速钢 .....               | 276 |
| 2. 精车淬硬碳素工具钢 .....                      | 276 |
| 3. 精车淬硬合金工具钢 .....                      | 276 |
| 4. 精镗高强度合金钢导弹头部 .....                   | 276 |
| 5. 精车淬硬钢螺纹量规 .....                      | 276 |
| 6. 镗削淬硬钢平板 .....                        | 279 |

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| 7. 精铣淬硬铸铁 .....                                                | 280 |
| 三、技术经济效益分析 .....                                               | 280 |
| 四、新型陶瓷刀具使用实例一览表 .....                                          | 282 |
| 附表 .....                                                       | 287 |
| 附表 1 $\text{m/min} \rightarrow \text{m/s}$ 换算表 .....           | 287 |
| 附表 2 $\text{kgf/mm}^2 \rightarrow \text{GPa}$ 换算表 .....        | 288 |
| 附表 3 原光洁度等级、代号与表面粗糙度<br>$Ra$ 、 $Rz$ 值对照表 (根据 GB131-83 等) ..... | 289 |
| 附表 4 常用硬度对照表 .....                                             | 290 |
| 附表 5 硬质合金刀具与陶瓷刀具切削性能对比表 .....                                  | 294 |
| 参考资料 .....                                                     | 294 |

# 第一章 导 论

## 一、刀具材料的发展与切削加工

马克思在《资本论》中对劳动工具对于经济发展所起的作用，给予很高的评价，认为：“经济时期不是以生产什么来划分，而是以怎样生产、用什么样的劳动工具生产来划分的。劳动工具不仅是人类劳动力发展的尺度，并且是劳动所在的社会关系的指标”。英国科学家 K. P. 奥克莱(K. P. Oakley)在《人——工具的制造者》一书中更明确地指出“人类是随着新的切削刀具材料的发明而逐渐进步的，人类的历史由此可以划分为石器时代、青铜器时代、铁器时代和钢的时代”<sup>[1]</sup>。纵观切削加工发展的历史，也可以毫无疑问地证实上述观点的正确性。一百多年来，正是由于切削金属用的新刀具材料的不断出现，而大大提高了切削加工的效率。就以精车图 1-1 所示的直径 100mm、长 500mm 的中碳钢件为例，1900 年用碳素工具钢车刀加工时需 105min；1910 年用高速钢车刀加工时需 26min；1930 年用硬质合金车刀加工时需 6min；1970 年用涂层硬质合金车刀加工时需 2min；到七十年代末，采用新型陶瓷车刀以后，可将加工时间缩短到 1min 以内。由此可见，在 70~80 年的时间里，由于刀具材料的发展，切削加工生产率足足提高了 100 倍以上。

在小小的刀尖-切削刃周围的金属体积中，所发生的情况，有高至 981MPa 以上的压力、1000℃以上的高温，并且随着所加工材料的不同，还会发生在高温之下，刀具材料与

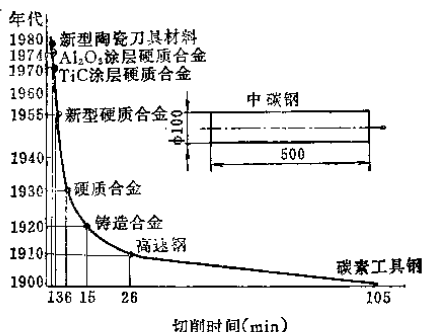


图1-1 历年来刀具材料的发展与切削加工生产率

之相互扩散、粘结以及热电磨损等复杂现象。总之，只有在刀具材料的物理、机械等各方面性能，都远远超过被加工材料的情况下，才能顺利地完金属切削过程。

人类究竟采用怎样的金属来制造机器，除了取决于当时冶炼金属的水平外，在很大程度上还决定于是否能同时也制造出可以顺利地切削这些金属的刀具来。人类用金属切削机床来制造金属零件，还只是最近二百年的事情。虽然早在1760~1860年，各种型式的机床就已出现，并且加工出了足够数量的为工业中所需要的各种形状的零件。但是由于所用的刀具材料主要是由铁匠淬火、回火的碳素工具钢，所以被加工的工件材料，主要只限于铸铁、熟铁和少数铜基合金。很明显，当时只能以很低的切削速度来切削这些金属，切削加工的效率也是很低的。

由于采用了转炉和平炉炼钢法，钢产量很快大大地超过了熟铁，并迅速地代替熟铁成为主要的机械结构材料。但是

钢制零件比熟铁零件要难加工得多，为了要得到合理的刀具寿命而不得不采用更低的切削速度来加工。因此，一直到十九世纪末，切削加工费用在总的生产成本中所占的百分比，变得非常大。迫切需要提高切削速度和采用切削过程自动化来降低切削加工费用。

高速钢刀具的出现，是人类第一次通过刀具材料的革命来提高切削加工生产率的实践结果。1900年，F. W. 泰勒 (F. W. Taylor) 以含 18% 钨并经新法热处理的合金工具钢刀具，在巴黎博览会上作切削表演，在刀尖发红的情况下仍能顺利切削，这引起了观众的极大轰动，该合金工具钢并被誉为高速钢。高速钢的出现，大大提高了切削加工的生产率，并要求完全改变机床结构。高速钢在生产中应用，带来了极大的经济效果。据估计，仅在第一年，美国的机械制造业，由于使用了价值 2000 万美元的高速钢刀具，而增加了 80 亿美元的产值。当时曾有人把高速钢的出现，喻为用机器代替马和用旋转运动代替往复运动<sup>[1]</sup>，可见其对生产所起的作用。

虽然用高速钢刀具切削碳钢时的切削速度可以是碳素工具钢刀具的 4~6 倍而达到  $0.33 \sim 0.5 \text{ m/s}$ 。但是，一方面由于工业中对钢制零件需要量的不断增长，要进一步提高切削速度，首先遇到的困难是刀尖承受不住切削高温而烧掉或引起急剧磨损；另一方面新的机器还要求采用强度和性能更好的钢材来制造零件，这些都给刀具材料提出了新的要求。

有人想找到一种远比钢材坚硬的材料，例如石英、金刚石和刚玉等天然材料来作为刀具材料，但都因为它们韧性太差而不宜制作切削刀具。1891年，美国化学家艾奇逊 (Acheson) 利用电炉碳电极之间的电弧，制造出了坚硬的碳

化硅，但是由于缺乏足够的韧性而只作为一种可以制造优良砂轮的磨料流传至今，仍不能用作切削刀具材料。

当时有很多科学家和发明家试图以电炉来制造人造金刚石而未获成功。法国化学家H. 莫瓦桑 (Hanri Moissan) 却因此而制成了许多新的高熔点的坚硬的碳化物、硼化物和硅化物。几种碳化物的性质如表 1-1 所示。

表 1-1 几种碳化物的性质

| 碳 化 物                         | 密度(g/cm <sup>3</sup> ) | 显微硬度 (HV) | 熔点 (°C) |
|-------------------------------|------------------------|-----------|---------|
| TiC                           | 4.9                    | 3200      | 3200    |
| V <sub>4</sub> C <sub>3</sub> | 5.4                    | 2800      | 2830    |
| NbC                           | 7.8                    | 2400      | 3500    |
| TaC                           | 14.5                   | 1800      | 3880    |
| WC                            | 15.7                   | 2100      | 2870    |

在这些碳化物中，人们首先注意到的是具有较高硬度和良好金属特征的 WC，认为它很有可能成为优良的刀具材料或制作拉丝模。1926 年，德国科学家施洛特(Schröter)先把碳和钨粉一起加热，制造出晶粒尺寸为几 $\mu\text{m}$ 的粉末状碳化钨，再把 WC 粉末和少量铁系金属（如Fe、Ni、Co等）充分混合后冷压成形，最后在氢气保护中以 1300°C 烧结而成为强固的细晶粒 WC。这种不经过冶炼-轧制而用碳化物等粉末直接压制、烧结成金属的方法，称为粉末冶金法。由此而得到的强固 WC 名为硬质合金。因为硬质合金碳化物的含量，大大超过淬硬后高速钢中碳化物的含量(约10~15%)而高达80%以上，所以其耐磨性和耐热性都远远优于高速钢。

从图 1-2 高速钢与硬质合金两种材料的高温硬度对比曲线中可见，当高速钢在 600°C 以上几乎丧失硬度时，WC 硬

质合金仍具有足够的、可以切削钢件的硬度。

以金属钴做粘结剂的 WC 硬质合金, 称为钨钴 硬 质 合 金。它的出现(于本世纪三十年代起就应用于切削加工), 使切削加工的生产能力又发生了一次革命, 其影响有如高速钢刀具出现时那样巨大。硬质合金刀具在第二次世界大战的军火生产中, 发挥了巨大的作用, 并在刀具的几何参数、工艺方法以及机床结构等诸方面都积累了成熟的经验, 从而使硬质合金

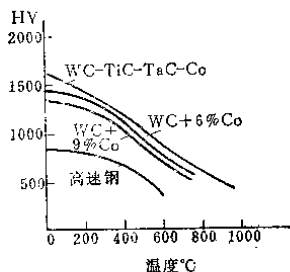


图1-2 高速钢与硬质合金高温硬度的对比曲线

刀具能更有成效地应用。一直到目前为止, 高速钢和硬质合金, 仍然是应用最广泛的两种最重要的刀具材料。

进入本世纪六十年代以来, 由于航空、航天和各项超高压、超高温尖端技术的飞速发展, 不断对零件的结构材料提出新的技术要求。仅以合金钢件的抗拉强度  $\sigma_b$  相比, 从二十年代到六十年代, 平均  $\sigma_b$  由 0.49GPa 增至 1.57GPa, 有些超高强度钢的  $\sigma_b$  可达 2.45~2.65GPa, 即增为二十年代的 5 倍以上。另外, 出于工艺或结构上的需要, 许多零件必须在调质或淬硬以后再切削加工。有些工件材料是耐高温的或抗蠕变的高温合金, 也必然要求刀具材料具有更为优良的高温性能, 才能进行切削。总之, 七十~八十年代的刀具材料, 面临着新的考验, 它所要切削的工件材料的强度、硬度等性能指标, 甚至比二十年代作为刀具材料的碳素工具钢淬