

# 刀具材料 和 刀具的选用

■ 郑文虎 编著

国防工业出版社  
National Defense Industry Press

# 刀具材料和刀具的选用

郑文虎 编著

国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

本书以简明的文字、图和表,较系统地介绍了现代刀具材料和刀具的选用。全书分为刀具材料、刀具材料的选用、刀具几何参数和切削用量的选用、可转位刀片与刀具和数控刀具及使用等五章,共 151 个题目。工件材料除普通材料外,还有各种难切削材料的加工。

本书内容除供机械加工技术工人学习外,还可供机械加工技术工艺人员和相关专业学校师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

刀具材料和刀具的选用/郑文虎编著. —北京:国防工业出版社,2012. 1

ISBN 978-7-118-07827-5

I. ①刀... II. ①郑... III. ①刀具(金属切削) — 材料 IV. ①TG704

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 253666 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

\*

开本 710 × 960 1/16 印张 12 字数 212 千字

2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 29.00 元

---

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

# 前 言

“工欲善其事,必先利其器”。刀具在机械制造中的切削加工占有必不可少的重要地位。现代机械制造业中的零件基本上都通过刀具切削加工制造而成,而机械制造业又在国民经济中占有重要而突出的地位。现代金属切削机床又以数控机床为主向高速、高自动化快速发展,与之相配套的刀具材料与刀具,也随着科学技术的进步,得到了快速发展与进步,许多高性能的刀具材料和刀具得到了广泛的应用,又促进了切削加工水平大幅度地提高。常言道“好马配好鞍”,再加上优秀的技术工人和数控编程人员(“骑手”),就会产生事半功倍的优质、高效和低成本的效果。

本书除较系统地介绍了现代性能优良的刀具材料和各种刀具外,还提供了这些刀具材料和刀具切削各种工件材料时的相关参数与切削性能的比较,具有较强的实用性,也是实践经验的总结。本书分为刀具材料、刀具材料的选用、刀具几何参数和切削用量的选用、可转位刀片与刀具和数控刀具及使用等五章,共 151 个题目。

在编写的过程中,得到了中国北车集团北京南口轨道交通机械有限责任公司的大力支持,同时也参考了其他作者的相关资料和文献,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平所限,书中难免有不全和错误之处,恳请读者指正。

编者

2011年8月20日

# 目 录

第一章 刀具材料.....	1
1. 刀具材料在机械加工中的地位是什么? .....	1
2. 刀具材料分哪几大类? .....	1
3. 金属切削刀具材料应具备哪些基本性能? .....	2
4. 普通高速钢有哪几种? 其性能是什么? .....	2
5. 高性能高速钢有哪几种? 其性能是什么? .....	3
6. 粉末冶金高速钢有哪些性能? .....	5
7. 涂层高速钢有哪些性能特点? .....	5
8. 我国硬质合金分哪几大类? .....	6
9. 硬质合金的性能特点是什么? .....	6
10. 国际标准化组织(ISO)怎样对硬质合金分类? .....	7
11. 钨钴(WC + Co)类硬质合金有哪些牌号和性能与用途? .....	9
12. 钨钛钴(WC + TiC + Co)硬质合金有哪些牌号和性能与用途? .....	10
13. 通用(YW)类硬质合金有哪些牌号和性能与用途? .....	11
14. 碳化钛(TiC)基硬质合金有哪些牌号、性能和用途? .....	12
15. 超细晶粒硬质合金有哪些牌号、性能和用途? .....	12
16. 专用铣削用硬质合金有哪些牌号、性能和用途? .....	13
17. 还有哪些性能良好的硬质合金牌号及用途? .....	14
18. 我国从国外引进硬质合金有哪些牌号、性能和用途? .....	16
19. 硬质合金涂层的材料有哪些? 各有什么特点? .....	19
20. 涂层硬质合金有哪些牌号和用途? .....	21
21. 陶瓷刀具材料有哪几种类? 各有哪些性能特点? .....	25
22. 陶瓷刀具材料有哪些牌号、性能和用途? .....	25
23. 金刚石刀具材料有哪几种? .....	28
24. 金刚石刀具有哪些特点? .....	29
25. 金刚石刀具有哪些用途? .....	29
26. 立方氮化硼刀具材料有哪些性能特点? .....	30
27. 立方氮化硼刀具适合于切削哪些工件材料? .....	31

<b>第二章 刀具材料的选用</b> .....	32
1. 选用刀具材料有哪些原则? .....	32
2. 切削碳钢选用哪些刀具材料? .....	33
3. 切削一般铸铁时选用哪些刀具材料? .....	33
4. 切削合金钢选用哪些刀具材料? .....	34
5. 切削铝合金选用哪些刀具材料? .....	34
6. 切削铜和铜合金选用哪些刀具材料? .....	35
7. 切削不锈钢选用哪些刀具材料? .....	35
8. 切削钛合金选用哪些刀具材料? .....	36
9. 切削冷硬铸铁和耐磨合金铸铁选用哪些刀具材料? .....	38
10. 切削淬火钢选用哪些刀具材料? .....	39
11. 切削高温合金选用哪些刀具材料? .....	39
12. 切削复合材料选用哪些刀具材料? .....	42
13. 切削高强度钢选用哪些刀具材料? .....	44
14. 切削高锰钢选用哪些刀具材料? .....	45
15. 切削工程陶瓷选用哪些刀具材料? .....	45
16. 切削硬质合金选用哪些刀具材料? .....	46
17. 车削砂轮选用哪些刀具材料? .....	46
18. 切削橡胶选用哪些刀具材料? .....	47
19. 切削塑料选用哪些刀具材料? .....	47
20. 切削难熔金属选用哪些刀具材料? .....	48
21. 切削热喷涂(焊)材料选用哪些刀具材料? .....	49
<b>第三章 刀具几何参数和切削用量的选用</b> .....	55
1. 刀具的结构要素有哪些? .....	55
2. 确定刀具几何角度有哪些参考基准平面? .....	55
3. 刀具有哪几个角度? 其定义是什么? .....	56
4. 什么是刀具的标注角度和工作角度? .....	57
5. 前角有哪些作用? 其选择原则是什么? .....	57
6. 后角有哪些作用? 其选择的原理是什么? .....	58
7. 主偏角和副偏角有哪些作用? 其选择原则是什么? .....	58
8. 刃倾角有哪些作用? 其选择原则是什么? .....	59
9. 什么是切削力? 影响切削力的因素有哪些? .....	60
10. 什么是单位切削力? 什么是切削功率? 怎样计算? .....	61
11. 切削热是怎样产生和传出的? .....	62
12. 切削温度对切削加工有什么影响? .....	62

13. 切削用量和刀具几何参数对切削温度有什么影响? .....	63
14. 什么是积屑瘤?它对切削加工有哪些影响? .....	64
15. 刀具磨损的原因有哪些? .....	64
16. 刀具的磨损形式有哪几种?其磨损过程分哪几阶段? .....	65
17. 什么是刀具的磨损限度、刀具耐用度和刀具寿命? .....	66
18. 怎样选择刀具的负倒棱和刃口钝圆半径? .....	66
19. 选择切削用量的原则和方法是什么? .....	67
20. 切削碳钢怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	68
21. 切削合金钢怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	69
22. 切削一般铸铁时怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	69
23. 切削冷硬铸铁和耐磨合金耐磨铸铁怎样选择刀具几何参数和 切削用量? .....	70
24. 切削铝合金怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	70
25. 切削铜和铜合金怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	72
26. 切削淬火钢怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	73
27. 切削高温合金怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	74
28. 切削钛合金怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	74
29. 切削不锈钢怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	75
30. 切削高强度钢怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	75
31. 切削高锰钢怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	76
32. 切削软橡胶怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	77
33. 切削复合材料怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	78
34. 切削塑料怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	79
35. 切削钨及其合金怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	80
36. 切削钼材怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	80
37. 切削铌怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	81
38. 切削钽怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	81
39. 切削锆怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	82
40. 车削砂轮怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	82
41. 车削硬质合金怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	83
42. 切削工程陶瓷怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	84
43. 切削热喷涂(焊)材料怎样选择刀具几何参数和切削用量? .....	84
<b>第四章 可转位刀片与刀具</b> .....	<b>85</b>
1. 什么是可转位刀具? .....	85
2. 可转位刀具有哪些种类和用途? .....	85

3. 可转位刀片的型号怎样表示? .....	87
4. 可转位刀片有哪些夹紧方式和夹紧结构? .....	93
5. 怎样选择可转位刀片形状? .....	98
6. 怎样选择可转位刀片后角? .....	99
7. 怎样选择可转位刀片的精度等级? .....	99
8. 怎样选择可转位刀片的固定形式? .....	100
9. 怎样选择可转位刀片的切削刃长度? .....	100
10. 怎样选择可转位刀片的刀尖圆弧半径? .....	100
11. 怎样选择可转位刀片切削刃截面形状? .....	101
12. 怎样选择可转位刀片的断屑槽型? .....	102
13. 可转位螺纹刀片有哪些种类? 型号怎样表示? .....	104
14. 可转位螺纹车刀刀杆型号怎样表示? .....	108
15. 可转位铣刀的型号怎样表示? .....	112
16. 有哪些可转位面铣刀和结构型号及基本尺寸? .....	114
17. 有哪些可转位立铣刀的结构和型号及基本尺寸? .....	119
18. 可转位浅孔钻有哪些性能特点和基本尺寸? .....	127
19. 有哪些深孔钻? 它们各自有哪些特点? .....	130
20. 有哪些套料钻? 各有哪些特点? .....	133
21. 铰刀有哪些类型和用途? .....	135
22. 可转位双刃镗刀有哪些型式和特点? .....	140
23. 有哪些微调镗刀典型结构及特点? .....	142
24. 可转位车刀的型号怎样表示? .....	144
25. 可转位车刀的通用尺寸包括哪些? .....	147
26. 固定型车刀刀柄有哪些形状和夹紧方式? .....	148
27. 有哪些旋转型刀柄? 各有哪些用途? .....	149
28. 可转位刀具有哪些种类和用途? .....	150
29. 可转位刀具有哪些特点? .....	152
30. 有哪些特殊结构功能刀具? .....	153
<b>第五章 数控刀具及使用</b> .....	<b>155</b>
1. 数控刀具有哪些特点及其在数控加工中的地位与作用? .....	155
2. 怎样选择外圆车刀? .....	155
3. 怎样选择内圆车刀? .....	157
4. 常用的切断与切槽车刀有哪几种结构? .....	159
5. 切断和切槽车刀有哪几种及其用途? .....	159
6. 怎样选择切断和切槽刀刀头的形状和宽度? .....	159

7. 怎样选择切断刀的切削用量? .....	161
8. 可转位螺纹刀片有哪些类型? .....	161
9. 可转位车螺纹的刀杆有哪几种? .....	162
10. 车削螺纹的方法有哪几种? .....	163
11. 怎样选择车削螺纹时切削用量? .....	164
12. 怎样选择车削螺纹时的切削液? .....	165
13. 车削螺纹时轴向与法向装刀各有什么特点? .....	166
14. 铣削加工有哪些特点? .....	166
15. 怎样选择铣削方式? .....	166
16. 怎样选择端面铣刀的几何参数? .....	168
17. 端面铣刀的主偏角对切削过程有什么影响? 各用于什么场合? .....	169
18. 立铣刀有哪些种类和用途? .....	169
19. 怎样选择整体硬质合金立铣刀? .....	169
20. 可转位立铣刀有哪些用途? .....	171
21. 可转位球头立铣刀有哪些用途? .....	171
22. 采用立铣刀加工时有哪些常见的问题及解决措施? .....	172
23. 采用平面铣刀加工时常出现哪些问题及解决措施? .....	174
24. 可转位铣刀的齿距有哪些类型? .....	175
25. 铣削操作有哪些要求和走刀路线? .....	175
26. 怎样进行车—铣复合铣削? .....	176
27. 可转位三面刃铣刀有哪些结构和用途及基本尺寸? .....	177
28. 整体硬质合金锯片铣片有哪几种类型和用途及基本尺寸? .....	180
29. 还有哪些整体硬质合金刀具? .....	181
30. 怎样提高数控机床加工效率? .....	181
<b>参考文献</b> .....	<b>183</b>

# 第一章 刀具材料

## 1. 刀具材料在机械加工中的地位是什么？

刀具、机床和工件组成切削加工工艺系统。而刀具又是最活跃、最基本的重要因素。刀具切削性能的好与差,取决于刀具材料性能和结构,它直接影响到切削加工的可能性、生产效率、加工成本、加工精度以及加工表面质量的优劣。刀具材料的发展与进步,极大地推动着人类社会文化和物质文明的进步与发展。刀具技术与机床技术的结合,工件材料与刀具材料交替发展,推动切削加工技术不断向前发展,呈现高质量、高速度、操作数控化的现代局面。这当中,刀具材料起着决定性的作用。在某种意义上讲,金属切削发展史,就是刀具材料发展史。刀具材料每一次进步,都给机械加工带来一次革命性的进步。

刀具、机床和工件,是机械加工三要素,缺一不可。而制造刀具材料的优劣,将直接影响机械加工的质量、效率与成本,所以刀具材料及刀具材料合理的选用,可以最大发挥机床的性能,多快好省地把工件加工出来。充分认识刀具材料的重要地位和作用以及各种刀具材料的性能、特点和适用范围,是做好金属切削为主的机械加工必备的条件。

据相关资料统计,切削加工的劳动量占全部机械制造劳动量的40%左右,约70%的各种零件都需用刀具来切削加工。全世界钢产量的10%~13%(约2亿多吨)是被刀具切削掉,而成为切屑,可见刀具在机械加工的地位是何等重要。

## 2. 刀具材料分哪几大类？

现代刀具材料一般分为以下五大类:

- (1) 高速钢。包括普通高速钢、高性能高速钢和涂层高速钢刀具。
- (2) 硬质合金。包括K类(YG)硬质合金、M类(YW)硬质合金、P类(YT)硬质合金、超细晶粒(YS)硬质合金、TiC基硬质合金(金属陶瓷)和涂层硬质合金刀具(片)。
- (3) 陶瓷。包括 $Al_2O_3$ 基陶瓷和 $Si_3N_4$ 基陶瓷。
- (4) 立方氮化硼(PCBN)。
- (5) 金刚石。包括天然金刚石、人造聚晶金刚石复合片(PCD)、人造厚膜钎焊金刚石(CVD)和金刚石涂层刀具(片)。

## 9. 金属切削刀具材料应具备哪些基本性能？

在金属切削过程中,刀具的切削部分承受着高温、高压、摩擦、冲击和振动等恶劣条件的影响。为了使切削过程顺利进行,刀具材料应具备以下基本性能。

(1) 高的硬度和耐磨性。刀具材料的常温硬度必须大于 62HRC,而且必须高于工件材料硬度 30% 以上,否则就无法切削。刀具材料还必须具备高温硬度,它是刀具材料耐热性的重要指标。一般刀具材料的常温硬度的差别不是太大,由于高温硬度的不同,而使切削速度相差几倍。显微硬度是刀具材料金相组织硬度的指标。其中基体组织的硬度,硬质点的硬度、大小、数量和分布情况对刀具耐磨性有显著影响。实践证明,刀具材料的硬度相差 1HRC(1HRA),刀具的耐用度相差 1 倍。所以说,刀具材料的硬度和刀具的耐磨性成正比的关系。刀具材料硬度大小的顺序是:金刚石 > 立方氮化硼 > 陶瓷 > 金属陶瓷 > 硬质合金 > 高速钢。

(2) 较高的耐热性。刀具材料的耐热性,是指刀具切削时能承受高温,同时具备抗氧化的能力。现代的高速切削和工件材料硬度高的切削,其切削温度可达 1000℃ 左右。为了满足在这种条件下能顺利切削,要求刀具材料的耐热性应在 900℃ 以上。刀具材料耐热性大小的顺序是:立方氮化硼 > 陶瓷 > 硬质合金 > 金刚石 > 高速钢。

(3) 足够的强度和韧性。刀具材料的强度一般是指抗弯强度,用  $\sigma_{bb}$  表示。刀具在切削时,要承受很大的切削力、冲击力和振动。如果刀具材料没有足够的强度,在切削时就会造成脆性断裂和崩刃等现象,使切削无法进行。所以,在选择刀具材料时,除硬度等特性外,应尽可能选用抗弯强度高的刀具材料牌号。刀具材料的抗弯强度大小顺序是:高速钢 > 硬质合金 > 陶瓷 > 金刚石和立方氮化硼。

(4) 良好的工艺性。为了便于压制成形、机械加工、锻造、焊接、热处理,要求刀具材料具有可加工性。

除上述基本性能要求外,还要求刀具材料抗黏结性好,以避免或减小刀具的微粒被切屑和工件带走,从而影响已加工表面质量和造成刀具黏结磨损。再有刀具材料的导热系数,直接影响切削区切削温度的高低。导热系数高的刀具材料,切削区的温度就相对低,刀具耐用度就高。

## 10. 普通高速钢有哪几种? 其性能是什么?

(1) 钨系高速钢。典型的牌号是 W18Cr4V(简称为 W18),是我国以前用得最多的一种高速钢。它有很好的综合性能,淬火、回火后的常温硬度为 62HRC ~ 65HRC,抗弯强度  $\sigma_{bb}$  为 3500MPa,600℃ 时的高温硬度为 48.5HRC,可以用来制造各种刀具。它的优点是磨削性能好,这是由于它含钨量较少。这种钢由于含碳化物多,故淬火时过热倾向性小,塑性变形抗力也较大。缺点是碳化物分布不均匀,

剩余碳化物颗粒大,而影响刀具耐用度。还有它的强度和韧性相对较差及热塑性差,现在已逐步被钨钼高速钢 W6Mo5Cr4V2 (M2) 和含铝高速钢 W6Mo5Cr4V2A1 (M2A1) 所取代。

(2) 钨钼系高速钢。典型牌号是 W6Mo5Cr4V2 (简称 M2)。它是将高速钢一部分钨用钼代替,其抗弯强度比 W18 钢高 10% ~ 15%, 韧性高 50% ~ 60%。常温硬度为 62HRC ~ 66HRC, 在 600℃ 高温时, 硬度为 49HRC。由于在钢中加入 5% 的钼, 改善了钢的磨削加工性, 减小了磨削烧伤的危险性。它的优点是热塑性非常好, 缺点是热处理脱碳倾向大。

W9Mo3Cr4V (简称 W9)。它是我国研制的一种含钨较多含钼较少的普通高速钢。其硬度为 65HRC ~ 66.5HRC, 抗弯强度  $\sigma_{bb}$  为 4000MPa ~ 4500MPa, 冲击韧性高于 M2, 具有较好的硬度和韧性。这种钢易轧、易锻, 热处理温度范围较宽, 脱碳敏感性小, 磨削加工性好, 刀具耐用度比 W18 和 M2 高。

W8Mo2Cr4V2NA1 (简称 W8), 它也是我国研制成的一种低合金高速钢。这种钢加入了氮和铝, 碳化物分布均匀, 颗粒细小, 硬度为 66HRC ~ 67HRC, 热硬性比 W18 和 M2 高, 在 650℃ 时约高 4HRC ~ 5HRC。抗弯强度  $\sigma_{bb}$  为 3500MPa。刀具耐用度分别比 W18 和 M2 高得多。

## 5. 高性能高速钢有哪几种? 其性能是什么?

高性能高速钢是在普通高速钢成分中, 再增加一些含碳量, 含钒量, 还添加钴、钼等合金元素, 以提高硬度、耐磨性和耐热性的新的钢种。这类钢的耐热性比普通高速钢高, 在 630℃ ~ 650℃ 时, 仍可保持 60HRC 的硬度, 其刀具耐用度是普通高速钢的 1.5 倍 ~ 3 倍。除用来切削一般材料外, 它们更适合于加工奥氏体不锈钢、高温合金、钛合金、超高强度钢等难切削材料。这类钢有不同牌号, 只有在各自的条件下, 才能获得良好的切削效果。

(1) 高碳高速钢。牌号有 9W6Mo5Cr4V2 (简称 CM2) 和 9W18Cr4V (简称 9W18)。它比普通高速钢的含碳量高 0.20% ~ 0.25%, 使钢中合金元素全部形成碳化物, 而提高了钢的硬度、耐磨性和耐热性, 但强度和韧性稍微有所降低。它们的硬度为 66HRC ~ 68HRC, 在 600℃ 时的硬度为 51HRC, 比 W18 高 3.5HRC。用于切削不锈钢、奥氏体不锈钢、钛合金等难切削材料时, 效果很好, 刀具耐用度比普通高速钢高 2 倍 ~ 3 倍。

(2) 钴高速钢。牌号有 W6Mo5Cr4V2Co5、W8Mo5Cr4V2Co6Si、W9Mo4Cr4V2Co3、W9Cr4V2Co10、W12Mo3Cr4V2Co8。它们的硬度为 66.5HRC ~ 67HRC, 在 600℃ 高温下的硬度为 54HRC, 因加入钴后, 使 600℃ 高温硬度提高了 6HRC ~ 7HRC。它们的常温抗弯强度  $\sigma_{bb}$  只有 2040MPa ~ 2950MPa。可在 500℃ 高温的抗弯强度却增加到了 2600MPa ~ 3220MPa。如用 W9Cr4V2Co10 含钴高速钢刀具加工 270HB ~ 340HB 镍基耐热合金 GH2036、GH4037 和铸造高温合金 K403 等, 铣削时刀具耐用度比 W18

提高 2 倍 ~ 3 倍,车削时刀具耐用度比 W18 提高 1.5 倍 ~ 2 倍。

(3) 高钒高速钢。通常把含钒量 3% 以上的高速钢称为高钒高速钢。牌号有 W12Cr4V4Mo、W6Mo5Cr4V3、W9Cr4V5。钒在钢中与碳形成大量的碳化钒 (VC); VC 的硬度 (2800HV) 比 WC (2400HV) 高,因而使高速钢的硬度达到 65HRC ~ 67HRC,它的抗弯强度  $\sigma_{bb}$  为 3200MPa。同时钒能细化钢的晶粒。降低钢的过热敏感性,使钢的耐磨性大大提高,刀具耐用度为普通高速钢的 2 倍 ~ 4 倍。它适合于加工不锈钢、耐热合金、高强度钢。缺点是磨削加工性不好,但采用 CBN 硬度高、导热好的砂轮,可大大改善高钒高速钢的磨削加工性,使其变得易于磨削。

(4) 高钒含钴高速钢。在高钒高速钢中加入适量的钴,可在提高钢的耐磨性基础上使钢的高温硬度提高。牌号有 W9Cr4V5Co3、W12Cr4V5Co5。它们的硬度为 66HRC ~ 68HRC,抗弯强度  $\sigma_{bb}$  为 3000MPa,最适合于加工高温合金,其刀具耐用度比一般高速钢高 2 倍以上。

(5) 超硬高速钢。高速钢的硬度值达到 67HRC ~ 70HRC 时,称为超硬高速钢。这类钢主要是为加工高温合金、钛合金、奥氏体不锈钢和高强度钢。

① 含钴超硬高速钢。典型牌号是 W2Mo9Cr4Co8 (简称 M42), W10Mo4Cr4V3Co10 (简称 HSP-15)、M6Mo5Cr4V2Co8 (简称 M36)、W12Cr4V5Co5 (简称 T15)、W12Mo3Cr4V3CoSi (简称 Co5Si)。这些牌号中最常用的是 M42,它的硬度为 69HRC ~ 70HRC,在 600℃ 高温时的硬度为 55HRC ~ 60HRC,抗弯强度  $\sigma_{bb}$  为 2700MPa ~ 3800MPa。其他牌号的硬度为 66HRC ~ 69HRC,抗弯强度  $\sigma_{bb}$  为 2350MPa ~ 3000MPa,高温 (600℃) 硬度为 54HRC ~ 55.5HRC。它们适用于加工铁基高温合金、铸造高温合金、镍和镍合金、钛合金、超高强度钢,可用中硬 (400HB) 齿面的加工,其刀具耐用度比普通高速钢高 2 倍 ~ 4 倍。

② 含铝超硬高速钢。典型牌号是 W6Mo5Cr4V2Al (简称 501 钢)、W10Mo4Cr4V3Al (简称 5F-6 钢)。它们的硬度为 67HRC ~ 69HRC,在 600℃ 高温时的高温硬度为 54HRC ~ 55HRC。抗弯强度  $\sigma_{bb}$  为 3500MPa ~ 3800MPa。加入铝后可阻止钢的晶粒长大,同时在切削时的高温作用下,空气中的氮和氧与高速钢刀具表面发生反应,生成氮化铝和氧化铝薄膜,就可减小刀一屑之间的摩擦系数,减轻刀一屑之间的黏结。含铝高速钢的硬度、耐磨性、强度和韧性都比较高,可以说是国内性能最好的高速钢,可以与美国的 M42 相比。501 钢的刀具耐用度比 W18 高 4 倍 ~ 6 倍。

③ 含氮超硬高速钢。牌号是 W12Mo3Cr4V3N (简称 V3N),硬度为 67HRC ~ 70HRC,在 68HRC 时,抗弯强度  $\sigma_{bb}$  略低于 M42,但韧性却不低。在加工高强度钢和奥氏体合金时,V3N 钢的切削性能与 M42、Co5Si 等含钴高速钢相当,刀具耐用度比 W18 高 3 倍 ~ 10 倍。还适用于切削奥氏体钢、镍基高温合金、钼、钛等合金。

④ 含 SiNbAl 超硬高速钢。牌号有 W18Cr4V4SiNbAl (简称 B212) 和 W6Mo5Cr4V5SiNbAl (简称 201)。它们分别属于钨系和钨钼系高碳高钒含硅、铌、

铝超硬高速钢。硬度为 67HRC ~ 69HRC, 抗弯强度为 2300MPa ~ 3600MPa。在钢中加入硅能提高钢的硬度和热稳定性。铌与碳形成稳定的碳化铌, 并能阻止晶粒长大, 细化晶粒, 提高钢的耐磨性, 提高基体的强度和韧性。这两种高速钢的硬度虽然低于 M42, 但用于加工不锈钢、高温合金、高强度和超高强度钢等难切削材料时, 效果为佳。其刀具耐用度比 W18 大幅度提高, 可达几十倍, 有时还超过 M42 钢。它们的缺点是由于含钒量高, 磨削加工性较差, 可采用 CBN 砂轮磨削, 以改善它的磨削加工性。

## 6. 粉末冶金高速钢有哪些性能?

粉末冶金高速钢是 20 世纪 70 年代开发出的新的高速钢品种。它是把炼好的高速钢水, 用高压氩气或纯氮气使钢水雾化成细小的粉末, 高速冷却获得细小(直径约 100 $\mu$ m) 而均匀的结晶组织, 然后将粉末在高温( ~ 1100 $^{\circ}$ C)、高压( ~ 100MPa) 下压制成紧密的钢坯, 再锻轧制成各种型材, 用来制作刀具。它比熔炼的高速钢有以下优点:

(1) 粉末冶金高速钢解决了熔炼高速钢的碳化偏析的问题, 使碳化物在钢中分布均匀, 无偏析现象, 不论截面积尺寸多大, 碳化物级别均为 1 级, 碳化物晶粒极细, 为 1 $\mu$ m ~ 2 $\mu$ m, 从而提高了钢的强度、韧性和硬度, 使刀具的耐磨性提高 20% ~ 30%, 刀具耐用度比熔炼高速钢提高 2 倍 ~ 3 倍。

(2) 在化学成分相同的情况下, 粉末冶金高速钢比熔炼高速钢的硬度提高 1HRC ~ 1.5HRC, 热处理后的硬度可达 67HRC ~ 70HRC, 600 $^{\circ}$ C 高温时的硬度比熔炼高速钢高 2HRC ~ 3HRC。还可在现有高速钢中加入高硬度碳化物(TiC 和 NbC), 制造成超硬高速钢。

(3) 由于粉末冶金的工艺特点, 保证了粉末冶金高速钢的物理、力学性能各向同性, 减少热处理内应力变形, 而能制造各种刀具。

(4) 由于粉末冶金高速钢碳化物细小均匀, 当含钒量为 5% 时, 其磨削加工性相当于熔炼高速钢含钒 2%, 所以磨削效率比熔炼高速钢高 2 倍 ~ 3 倍。

国内粉末冶金高速钢的牌号有 FT15 (W12Cr4V5Co5)、FR71 (W10Mo5Cr4V2Co12)、PVN (W12Mo3Cr4V3N)、GF1 (W18Cr4V)、GF2 (W6Mo5Cr4V2)、GF3 (W10Mo5Cr4V3Co9)。

粉末冶金高速钢不仅适合加工一般工件材料, 而且特别适用于加工高温合金、钛合金、镍基合金、奥氏体不锈钢和高强度钢等难切削材料, 其刀具耐用度为一般熔炼高速钢的 3 倍 ~ 10 倍。

## 7. 涂层高速钢有哪些性能特点?

高速钢刀具的硬度为 62HRC ~ 70HRC(766HV ~ 1037HV), 采用物理气相沉积法

(PVD)涂覆  $2\mu\text{m} \sim 6\mu\text{m}$  的 TiC 或 TiN 涂层,可使刀具表层硬度提高到 2000HV ~ 3200HV(83HRC 以上),超过硬质合金的硬度,使刀具表层的耐热性达到  $1000^{\circ}\text{C}$  以上,切削速度可提高 50% ~ 100%,刀具耐用度可提高 2 倍 ~ 10 倍。如果涂层后再刃磨前刀面或后刀面后,其刀具耐用度还可以提高 2 倍左右。涂层高速钢刀具的切削力可减小 20% ~ 40%,切削热可降低 20%,涂层后可减小摩擦和抗磨料磨损与黏结磨损。还可以采用 PCVD 涂层工艺方法,在高速钢刀具表面涂金刚石或 CBN。因为 PCVD 工艺涂层温度高于 PVD,低于 CVD,并低于高速钢的回火温度( $550^{\circ}\text{C}$ )。

## 8. 我国硬质合金分哪几大类?

我国常用的硬质合金有以下 7 大类:

(1) 钨钴类(WC + Co)硬质合金。它的硬质相是 WC,黏结相是 Co,其代号为 YG,相当于 ISO 标准的 K 类。

(2) 钨钛钴类(WC + TiC + Co)硬质合金。它的硬质相是 WC 和 TiC,黏结相是 Co,其代号为 YT,相当于 ISO 标准的 P 类。

(3) 钨钛钽(铌)钴类(WC + TiC + TaC(NbC) + Co)硬质合金。它是在 YT 类合金成分中添加 TaC(NbC)而成的,其代号为 YW,相当于 ISO 标准的 M 类。

(4) 碳化钛(TiC)基硬质合金。它是以 TiC 为硬质相,以镍(Ni)和钼(Mo)作黏结剂的硬质合金,其代号为 YN。这类硬质合金也常称为金属陶瓷。

(5) 超细晶粒硬质合金。这类合金的 WC 粒径在  $0.5\mu\text{m}$  以下。超细晶粒结构过去多用于 YG(K)类硬质合金,近来也用于 YT(P)类和 YW(M)类硬质合金,其代号为 YS 或 YD。

(6) 表面涂层硬质合金。它是在韧性较高的硬质合金刀具(片)上,采用 PVD 或 CVD 工艺,在表面上沉积一层几个  $\mu\text{m}$  厚度的硬度高、耐磨性好的金属或非金属化合物(TiC、TiN、TiAlN、金刚石、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  等),提高刀具使用性能。

(7) 钢结硬质合金。它的硬质相仍是 WC 或 TiC,其黏结相是高速钢,其代号为 YE。它是介于硬质合金和高速钢之间的一种硬质合金。

## 9. 硬质合金的性能特点是什么?

硬质合金是由难熔金属硬质化合物(WC、TiC、TaC、NbC)为硬质相和金属钴为黏结相,经过粉末冶金而制成的一类刀具材料。由于硬质合金中的碳化物熔点高( $2400^{\circ}\text{C} \sim 3140^{\circ}\text{C}$ )、硬度高(1800HV ~ 3200HV)、弹性模量高(291GPa ~ 710GPa)、化学稳定性好和热稳定性好,其硬质、耐磨性和耐热性,都远高于高速钢。

硬质合金的硬度为 89HRA ~ 94HRA(74HRC ~ 83HRC),大大高于高速钢的硬度 83HRA ~ 86.5HRA(62HRC ~ 70HRC)。硬质合金的耐热性为  $800^{\circ}\text{C} \sim 1000^{\circ}\text{C}$ ,远远高于高速钢的耐热性  $600^{\circ}\text{C} \sim 650^{\circ}\text{C}$ ,在  $1000^{\circ}\text{C} \sim 1100^{\circ}\text{C}$  时还能保持 73HRA ~

76HRA 的硬度。由于硬质合金的常温硬度和高温硬度高,它的耐磨性和切削速度分别比高速钢高 15 倍~20 倍和 4 倍~10 倍。硬质合金的抗弯强度  $\sigma_{bb}$  一般为 900MPa~2200MPa。由于科技的进步,有的硬质合金抗弯强度  $\sigma_{bb}$  可达 3500MPa~4000MPa,高于高速钢的抗弯强度,用于制造小直径的钻头、立铣刀和较大直径的薄锯片铣刀,各种丝锥等。用硬质合金刀具取代高速钢刀具,是切削刀具的发展趋势,这也是数控机床广泛应用的结果。据有关资料的介绍,硬质合金刀具占切削刀具的 80% 以上,可见它的性能优良和广泛应用。

### 10. 国际标准化组织 (ISO) 怎样对硬质合金分类?

国际标准化组织 (ISO) 和我国国家标准中 (GB 2075—1980) 对切削加工用硬质合金按适用于加工的范围进行分类,分为 P、M、K 三大类。其中 P 类用于切削加工长切屑的黑色金属,用蓝色作标志;M 类用于切削加工长切屑或短切屑的黑色金属和有色金属,用黄色作标志;K 类用于切削加工短切屑的黑色金属、有色金属和非金属,用红色作标志。每一类硬质合金,又按硬质合金的性能和被加工工件材料的材质及加工条件不同,又分若干组,详见表 1-1。

表 1-1 切削加工用硬质合金的应用范围分类和用途分组

应用范围分类			用途分组			性能提高方向	
代号	被加工材料	颜色	代号	被加工材料	适应的加工条件	切削性能	合金性能
P	长切屑的黑色金属	蓝色	P01	钢、铸钢	高切屑速度、小断面切削、无振动条件下的精车和精镗	↑ 切削速度 ↓ ↓ 进给量	↑ 耐磨性 ↓ 韧性
			P10	钢、铸钢	高切屑速度、中等或小断面切削的车削、仿形车削、车螺纹及铣削		
			P20	钢、铸钢,长切屑可锻铸铁	中等切屑速度和中等切屑断面条件下的车削,仿形车削和铣削,小断面切削的刨削		
			P30	钢、铸钢,长切屑可锻铸铁	中或低速、中等或大断面切削以及不利条件下的车、铣、刨		
			P40	钢、含砂和气孔的铸铁	低速、大切屑角、大断面切削以及不利条件下的车、铣、插和自动机床加工		
			P50	钢、含砂和气孔的中或低强度钢	需要韧性很好的硬质合金的加工;在低切屑速度、大切屑角、大断面切削以及不利条件下的车削、铣削、插削和自动机床加工		

(续)

应用范围分类			用途分组			性能提高方向	
代号	被加工材料	颜色	代号	被加工材料	适应的加工条件	切削性能	合金性能
M	长切屑或短切屑的黑色金属和有色金属	黄色	M10	钢、铸钢、锰钢、灰口铸铁和合金铸铁	中或高切削速度、小或中等断面切削等条件下的车削	↑ 速度 ↓ 切削进给量	↑ 耐磨性 ↓ 韧性
			M20	钢、铸钢、奥氏体钢或锰钢、灰口铸铁	中等切削速度和切削断面条件下的车削、铣削		
			M30	钢、铸钢、奥氏体钢、灰口铸钢、耐高温合金	中等切削速度、中等或大断面切削的车削、铣削、刨削		
			M40	易切钢、低强度钢、有色金属及轻合金	车削、切断、自动机床加工		
K	短切屑的黑色金属、有色金属及非金属材料	红色	K01	特硬灰口铸铁,肖氏硬度大于85的冷硬铸铁、高硅铝合金、淬火钢、高耐磨塑料、硬纸板、陶瓷	车削、精车、镗削、铣削、刮削	↑ 速度 ↓ 切削进给量	↑ 耐磨性 ↓ 韧性
			K10	布氏硬度高于220的灰口铸铁、短切屑的可锻铸铁、淬火钢、硅铝合金、铜合金、塑料、玻璃、硬橡胶、硬纸板、瓷器、石材	车削、铣削、钻削、镗削、拉削、刮削		
			K20	布氏硬度低于220的灰口铸铁、有色金属铜、黄铜、铝	车、铣、刨、镗、拉,要求韧性很好的硬质合金		
			K30	低硬度灰口铸铁、低强度钢、压缩木	在不利条件下和允许具有大切削角的车削、铣削、刨削、插削加工		
			K40	软木或硬木、有色金属	在不利条件下和允许具有大切削角车、铣、刨、插切削加工		