

普通高等教育机电类规划教材

金工实习

(下册)

黄明宇 徐钟林 主编

45

机械工业出版社
China Machine Press



金工实习

下册

2011年 11月 1日

513

TG-45

567

2

普通高等教育机电类规划教材

金工实习

(下 册)

主 编 黄明宇 徐钟林
参 编 孔繁群 朱益民
主 审 周骥平



机械工业出版社

本书为普通高等教育机电类规划教材，是根据教育部颁布的“金工实习教学基本要求”的精神，并结合培养应用型工程技术人才的实践教学特点编写的。

本书分为上、下两册。上册共六章，主要介绍金工实习基本知识以及铸造、锻压、焊接、塑料成型加工、热处理和表面处理等实习内容；下册共九章，主要介绍切削加工基础知识以及车工、铣工、刨工、磨工、钳工、数控加工、特种加工、零件制造工艺综合分析等实习内容；同时还包括有关的技术经济分析和一部分适合于在实习中开设的金工实验内容。每章均附有相关工种的实习安全技术和复习思考题。本书突出实用，注重对工程素质的培养，适当加大了新技术、新工艺和新材料内容在金工实习中的比重。

本书可作为高等工科院校机械类和非机械类本科生的金工实习教材，也可供高职高专、成人教育学院和职大、电大、函大等的同类专业选用。

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：高文龙 版式设计：冉晓华 责任校对：张晓蓉
汪光灿

封面设计：姚毅 责任印制：付方敏

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·12.875 印张·495 千字

0 001—5 000 册

定价：33.00 元（上下册）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话（010）68993821、68326677—2527
封面无防伪标均为盗版

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主任委员：邱坤荣

副主任委员：黄鹤汀

左健民 高文龙 沈世德

王晓天 蔡慧官 章 跃

秘 书：周骥平

委 员：（按姓氏笔划为序）

沈世德 周骥平

徐文宽 唐国兴

韩雪清 戴国洪

李纪明 吴建华

鲁屏宇 王 钧

赵连生

序

人类满怀激情地跨入了充满机遇与挑战的 21 世纪。这个世纪是经济全球化、科技创新国际化的世纪，是新经济占主导地位的世纪，是科学技术突飞猛进、不断取得新突破的世纪。这个世纪对高等教育办学理念、体制、模式、机制和人才培养等各个方面都提出了全新的要求，培养的人才必须具备新思想新观念、不断创新、善于经营和开拓市场、有团队精神等素质。

机械高等工程教育是我国高等教育的重要组成部分，21 世纪对它的挑战同样是严峻的。随着现代科学技术的迅猛发展，特别是微电子技术、信息技术的发展，它们与机械技术紧密结合，从而形成传统制造技术、信息技术、自动化技术、现代管理技术等相交融、渗透的先进制造技术，使制造业和制造技术的内涵发生了深刻的变化。面向 21 世纪的机械制造业正从以机器为特征的传统技术时代迈向以信息为特征的系统技术时代。制造技术继续沿着 20 世纪 90 年代展开的道路前进。制造技术和自动化水平的高低已成为一个国家或地区经济发展水平的重要标志。而目前我国的制造技术与国际先进水平还有较大差距，亟需形成我国独立自主的现代制造技术体系。面对这一深刻的变化和严峻的形势，我们必须认真转变教育思想，坚持以邓小平同志提出的“三个面向”和江泽民同志提出的“四个统一”为指导，以持续发展为主题，以结构优化升级为主线，以改革开放为动力，以全面推进素质教育和改革人才培养模式为重点，以构建新的教学内容和课程体系、深化方法和手段改革为核心，努力培养素质高、应用能力与实践能力强、富有创新精神和特色的应用性的复合型人才。

基于上述时代背景和要求，由国家机械工业局教编室、机械工业出版社、江苏省教育厅（原江苏省教委）、江苏省以及部分省外高等工科院校成立了教材编审委员会，并组织编写了机械工程及自动化专业四个系列成套教材首批 31 本，作为向新世纪的献礼。

这套教材力求具有以下特点：

(1) 科学定位。本套教材主要用于应用性本科人才的培养。

(2) 强调实际、实践、实用，体现“浅、宽、精、新、用”。所谓“浅”，就是要深浅适度；所谓“宽”，就是知识面要宽些；所谓“精”，就是要少而精，不繁琐；所谓“新”，就是要跟踪应用学科前沿，跟踪技术前沿，推陈出新，反映时代要求，反映新理论、新思想、新材料、新技术、新工艺；所谓“用”，就是

要理论联系实际，学以致用。

(3) 强调特色。就是要体现一般工科院校的特点、特色，符合一般工科院校的实际教学要求，不盲目追求教材的系统性和完整性。

(4) 以学生为本。本套教材尽量体现以学生为本、以学生为中心的教育思想，不为教而教，要有利于培养学生自学能力和扩展、发展知识能力，为学生今后持续创造性学习打好基础。

当然，本套教材尽管主观上想以新思想、新体系、新面孔出现在读者面前，但由于是一种新的探索以及其他可能尚未认识到的因素，难免有这样那样的缺点甚至错误，敬请广大教师和学生以及其他读者不吝赐教，以便再版时修正和完善。

本套教材的编审和出版得到了国家机械工业局教编室、机械工业出版社、江苏省教育厅以及各主审、主编和参编学校的大力支持和配合，在此，一并表示衷心感谢。

普通高等教育机械工程及自动化专业机电类规划教材编审委员会

主任 邱坤荣

2001年元月于南京

前 言

本书为普通高等教育机电类规划教材，是根据教育部颁布的高等工科院校“金工实习教学基本要求”的精神，并结合培养应用型工程技术人才的实践教学特点编写的。

本书分为上、下两册。上册的内容以热加工实习为主，包括绪论、金工实习基本知识、铸造、锻压、焊接、塑料成型加工、热处理和表面处理等；下册主要包括机械加工、钳工、数控加工和特种加工等内容。

本书具有以下主要特色：①注重对学生工程素质和综合能力的培养，在介绍各种工艺方法和设备的同时，还注意帮助学生建立关于质量、经济、安全、环保、市场等意识；②处理好新、旧教学内容之间的关系，加强了对有关的先进制造技术和新工艺、新材料内容的介绍；③为了充实和深化实习的内容，编入了一部分与实习结合紧密且在实习的条件下便于进行的金工实验，以提高学生在实习中的学习兴趣和智力负荷，训练科学严谨的作风；④编写时，力求注重实用，简明扼要，生动易懂，图文并茂，加强针对性和指导性，以利于教师的讲课和学生的学习及应用。

本书下册共九章，第一、五、八章由徐钟林编写，第二章由黄明宇编写，第三、四章由孔繁群编写，第六章由朱益民编写，第七章由黄明宇和朱益民编写，第九章由徐钟林和孔繁群编写。本册由南通工学院黄明宇和扬州大学徐钟林任主编，由扬州大学周骥平教授主审。

本书编写过程中，参考了许多有关的教材和资料，并得到了南通工学院和扬州大学教材建设资金的资助。扬州大学黄鹤汀为本教材的编写和出版做了大量的工作，在此一并致以谢意。

由于编者水平所限，书中不当之处在所难免，望读者批评指正。

编 者

2002年2月

目 录

序	
前言	
绪论	1
第一章 切削加工基础知识	4
第一节 概述	4
第二节 刀具材料	6
第三节 机床基本知识	8
第四节 零件的加工质量	14
第五节 工艺和夹具基本知识	18
第六节 常用量具	21
复习思考题	28
第二章 车工	30
第一节 概述	30
第二节 卧式车床	32
第三节 车刀	36
第四节 工件的装夹及所用附件	42
第五节 车削的基本工作	47
第六节 典型零件车削工艺	62
第七节 车削质量与缺陷分析	66
第八节 其他类型车床	68
第九节 切削因素对表面粗糙度的影响实验	69
复习思考题	72
第三章 铣工	74
第一节 概述	74
第二节 铣床	77
第三节 铣刀	79
第四节 铣床附件及工件装夹	81
第五节 铣削的基本工作	88

第六节 典型零件的铣削加工	93
复习思考题	100
第四章 刨工	101
第一节 概述	101
第二节 刨床	103
第三节 刨刀	107
第四节 工件的装夹	108
第五节 刨削的基本工作	109
第六节 插削和拉削	110
复习思考题	113
第五章 磨工	114
第一节 概述	114
第二节 磨床	115
第三节 砂轮	118
第四节 工件的装夹	122
第五节 磨削的基本工作	124
第六节 其他磨削简介	130
复习思考题	134
第六章 钳工	136
第一节 概述	136
第二节 钳工的基本工作	137
第三节 胶接	167
第四节 装配	169
第五节 管道加工	174
第六节 钳工综合训练作业件示例	179
复习思考题	181
第七章 数控加工	182
第一节 概述	182
第二节 数控机床	184
第三节 数控编程	186
第四节 数控车床及其基本操作	190
第五节 数控铣床及其基本操作	193
第六节 加工中心简介	194
第七节 先进机械制造技术简介	195

复习思考题	196
第八章 特种加工	197
第一节 概述	197
第二节 电火花加工	198
第三节 电火花线切割加工	202
第四节 超声加工	213
第五节 其他特种加工	214
复习思考题	215
第九章 零件制造工艺综合分析.....	217
第一节 制造工艺基本概念	217
第二节 典型零件的制造工艺分析	224
复习思考题	230
参考文献.....	231

绪 论

金工实习是一门实践性的技术基础课。它是工科机械类学生必修的金工系列课程的重要组成部分，是一般工科学生工程训练的主要环节之一。

一、金工实习的内容、目的、意义及要求

金工实习是金属工艺学实习的简称。因为传统上的机械都是用金属材料加工制造的，所以人们将有关机械制造的基础知识叫做金属工艺学。但是，随着科学和生产技术的发展，机械制造所用的材料已扩展到包括金属、非金属和复合材料在内的各种工程材料，机械制造的工艺技术也已越来越先进和现代化，因此金工实习的内容也就不再局限于传统意义上的金属加工的范围。现在，金工实习的主要内容是包括铸造、锻压、焊接、塑料成形、钳工、车工、铣工、刨工、磨工、数控加工、特种加工、零件的热处理及表面处理等一系列工种的实习教学，从而使学生能了解到，机械产品是用什么材料制造的，机械产品是怎样制造出来的。

可见，金工实习最直接的目的，就是以实习教学的方式向学生传授关于机械制造生产的基本知识。但从更完整的意义上来看，金工实习不仅包括学习机械制造方面的各种加工工艺技术，而且还提供了生产管理和环境保护等方面的综合工程背景。由于大多数工科专业的同学们在进入大学之前的学习阶段中，较少接触制造工程环境，缺乏对工业生产实际的了解，因此，他们在金工实习过程中，一方面参加有教学要求的工程实践训练，弥补过去在实践知识上的不足，增加在在大学学习阶段和今后的工作中所需要的工艺技术知识与技能；另一方面，通过在生产劳动中接触工人、工程技术人员和生产管理人员，受到工程实际环境的熏陶，初步树立起包括质量意识、安全意识、管理意识、经济意识、市场意识和环保意识等在内的工程意识，增强了劳动观念、集体观念、组织纪律性和敬业爱岗精神，提高了综合素质。总之，金工实习是工科专业学生在大学学习阶段中一次较集中较系统的全方位的工程实践训练，是加强实践能力培养和开展素质教育的良好课堂，它在造就适应新世纪要求的高素质的工程技术人才的过程中，起到的作用是其他的课程所难以替代的。

金工实习的教学要求是：①使学生了解现代机械制造的一般过程和基本知识，熟悉机械零件的常用加工方法及其所用的主要设备和工具；了解新工艺、新技术、新材料在现代机械制造中的应用；②使学生对简单零件初步具有选择加工方法和进行工艺分析的能力，在主要工种方面应能独立完成简单零件的加工制造，并培养一定的工艺实验和工艺实践的能力；③培养学生的生产质量和经济观

念、理论联系实际和认真细致的科学作风以及热爱劳动和爱护公物等的基本素质。

二、金工实习的学习方法

金工实习强调以实践教学为主，学生应在教师的指导下通过独立的实践操作，将有关机械制造的基本工艺理论、基本工艺知识和基本工艺实践有机地结合起来，进行工程实践综合能力的训练。除了实践操作之外，金工实习的教学方法还有操作示范、现场教学、专题讲座、电化教学、参观、实验、综合训练、编写实习报告等。由于金工实习的教学特点与同学们长期以来所习惯了的课堂理论教学有很大的不同，因而在学习方法上应当进行适当的调整，以求获得良好的学习效果。对此提出以下几点建议：

(1) 充分发挥自身的主体作用 金工实习教学与课堂理论教学相比的显著区别之一，就是学生的实践操作成为了主要的学习方式，这就更加突出了学生在教学过程中的主体地位。因此，适当地摆脱对教师和书本的依赖性，学会在实践中积极的自主的学习是十分重要的。在实习之前，要自觉地有计划地预习有关的实习内容，做到心中有数；在实习中，要始终保持高昂的学习热情和求知欲望，敢于动手，勤于动手；遇到问题时，要主动向指导教师请教或与同学交流探讨。要充分利用实习时间，争取得到最大的收获。

(2) 贯彻理论联系实际的方法 首先要充分树立实践第一的观点，坚决摒弃“重理论、轻实践”的错误思想。在实习的初期，应该通过听取和观摩实习指导教师的讲解和示范，以及自己的操作练习，学会使用相关的机器设备和工具，掌握一定的工艺技能，体会生产的过程和组织。然而，随着实习进程的深入和感性知识的丰富，在实践操作的过程中还要勤于动脑，使形象思维与逻辑思维相结合。要善于用学到的工艺理论知识来解决实践中遇到的各种具体问题，而不要仅仅满足于完成了实习零件的加工任务。在实习的末期或结束时，要认真做好总结，努力使在实习中获得的感性认识更加系统化和条理化。这样，用理论指导实践，以实践验证和充实理论，就不仅可以使理论知识掌握得更牢固，而且也能使实践能力得到进一步的提高。

(3) 学会综合地看问题和解决问题的方法 金工实习是由一系列的单工种实习组合而成，这就容易造成学生往往只从所实习的工种出发去看待和解决问题，从而限制了自己的思路，所以要注意防止这一现象。一般说来，一件产品是不会只用一种加工方法制造出来的，因此要学会综合地把握各个实习工种的特点，学会从机械产品生产制造的全过程来看各个工种的作用和相互联系。这样，在分析和解决实际问题的時候，就能够做到触类旁通，举一反三，使所学的知识和技能能够融会贯通地加以应用。

(4) 注意培养创新意识和创新能力 金工实习是同学们第一次全身心投入的

生产技术实践活动，在这个过程中，经常会遇到新鲜事物，时常会产生新奇想法，要善于把这些新鲜感与好奇心转变为提出问题和解决问题的动力，从中感悟出学习、创造的方法。实践是创新的唯一源泉，要善于在实践中发现问题，勤奋钻研，永不满足，这样就一定能够使自己的创新意识和创新能力不断得到发展，从而将来能做出超越前人的成果。

三、金工实习与其他课程的关系

金工实习是一门实践性技术基础课，它与工科机械类和非机械类专业所开设的许多课程都有着密切的联系。

金工实习与工程制图课程的关系。工程制图课程是金工实习的先修课和平行课。金工实习时，学生必须已具有一定的识图能力，从而能够看懂实习加工工件的零件图。学生从实习中获得的对机器结构和零件的了解，将会对其后继续深入学习工程制图课程提供极大的帮助。

金工实习与金工理论教学课程的关系。金工实习是金工理论教学课程（机械工程材料、材料成形技术基础、机械加工工艺基础）必不可少的先修课。金工实习是让学生熟悉机械制造的常用加工方法和常用设备，具有一定的工艺操作和工艺分析技能，培养工程意识和素质，从而为进一步学习好金工理论课程的内容打下坚实的实践基础。金工理论教学则是在金工实习的基础上，更深入地讲授各种加工方法的工艺原理和工艺特点以及有关的新材料、新工艺、新技术的知识，使学生具有能够分析零件的结构工艺性并能够正确选择零件的材料、毛坯种类和加工方法的能力。

金工实习与机械设计及制造系列课程的关系。金工实习也是机械设计及制造系列课程（机械原理、机械设计、机械制造技术、机械制造设备、机械制造自动化技术、数控技术等）的十分重要的先修课。认真完成金工实习，必将为这些后继的重要的专业课学习提供丰富的机械制造方面的感性认识，从而使同学们在学到这些专业课乃至将来进行毕业设计或从事实际工作时，依然能够从中受益匪浅。

第一章 切削加工基础知识

第一节 概 述

一、切削加工的实质和分类

切削加工是利用切削刀具（或工具）和工件作相对运动从毛坯（铸件、锻件、型材等）上，切除多余的金属层，以获得尺寸精度、形状和位置精度、表面质量完全符合图样要求的机器零件的加工方法。经过铸工、锻工、焊工所加工出来的大都为零件的毛坯，一般是很少能够在机器上直接使用的，机器中绝大多数零件一般要经过切削加工才能获得。因而，切削加工对保证产品质量和性能、降低产品成本有着重要的意义。

切削加工分为钳工和机械加工（简称机工）两大部分。

钳工一般是指通过工人手持工具对工件进行切削加工，其主要内容有划线、錾削、锯切、锉削、刮削、研磨、钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹、套螺纹、机械装配和修理等。钳工使用的工具简单、方便灵活，能完成机工不便完成的工作，是机械制造、装配和修理工作中不可缺少的重要工种。随着生产的发展，钳工机械化的内容也逐渐丰富起来了。

机械加工是指通过工人操纵机床对工件进行切削加工，其主要加工方式有车削、钻削、镗削、铣削、刨削、磨削等（图 1-1），所使用的相应为车床、钻床、镗床、铣床、刨床、磨床等。

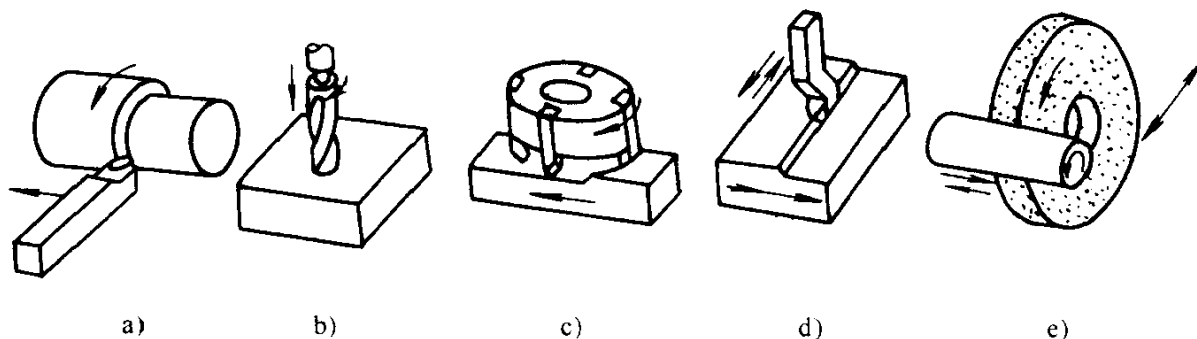


图 1-1 机械加工的主要方式

a) 车削 b) 钻削 c) 镗削 d) 刨削 e) 磨削

二、切削运动

切削加工是靠刀具和工件之间的相对运动来实现的。各种机床为实现加工所

必需的加工刀具与工件间的相对运动称为切削运动。根据在切削过程中所起的作用不同，切削运动分为主运动和进给运动。

1. 主运动

主运动是提供切削可能性的运动。即没有这个运动，就无法切削。其特点是在切削过程中速度最高，消耗动力最大。如在图 1-1 中车削时的工件、铣削时的铣刀、磨削时的砂轮和钻削时的钻头的旋转运动，刨削时刨刀的往复直线运动都是主运动。

2. 进给运动（又称走刀运动）

进给运动是提供继续切削可能性的运动。即没有这个运动，就不能连续切削。其特点是切削过程中速度低、消耗动力小。如在图 1-1 中，车刀、钻头及铣削时工件的移动，牛头刨刨削时工件的间歇移动，磨削外圆时工件的旋转和往复轴向移动及砂轮周期性横向移动都是进给运动。

切削加工中主运动只有一个，进给运动则可能是一个或几个。

主运动和进给运动可以由刀具单独完成（如钻床上钻孔），也可以由刀具和工件分别完成（如铣削、车床上钻孔）。主运动和进给运动可以同时进行（如车削、铣削、钻削、磨削），也可交替进行（如刨削）。

三、切削用量三要素

切削运动使工件产生三个不断变化的表面（图 1-2）：待加工表面是工件上有待切除表面；已加工表面是工件上经刀具切削后产生的新表面；过渡表面（又称切削表面）是工件上由切削刃形成的那部分表面。

切削用量三要素是指切削速度、进给量和背吃刀量（旧称切削深度）。它表示切削时各运动参数的数量，是切削加工前调整机床运动的依据。车削外圆、铣削平面和刨削平面时的切削用量三要素如图 1-2 所示。

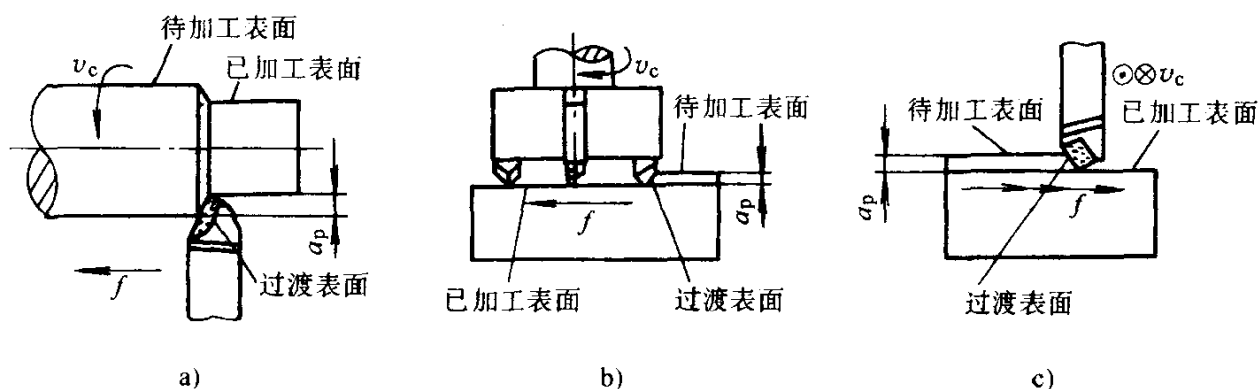


图 1-2 切削用量三要素

a) 车削用量三要素 b) 铣削用量三要素 c) 刨削用量三要素

(1) 切削速度 切削刃选定点相对于工件的主运动的瞬时速度。用符号“ v_c ”表示，其单位为 m/s。

(2) 进给量 刀具在进给运动方向上相对工件的位移量。可用刀具或工件每转或每行程的位移量来表述和度量。用符号“ f ”表示，其单位为 mm/r 或 mm/行程。

(3) 背吃刀量 在通过切削刃基点并垂直于工作平面的方向上测量的吃刀量。用符号“ a_p ”表示，其单位为 mm。

切削用量三要素是影响加工质量、刀具磨损、生产率及生产成本的重要参数。粗加工时，一般以提高生产率为主，兼顾加工成本。可选用较大的背吃刀量和进给量，但切削速度受机床功率和刀具耐用度等因素的限制而不宜太高。半精、精加工时，在首先保证加工质量的前提下，考虑经济性。可选较小的背吃刀量和进给量，一般情况下选较高的切削速度。在切削加工时可参考切削加工手册及有关工艺文件来选择切削用量。

第二节 刀具材料

刀具是切削加工中影响生产率、加工质量和生产成本的最活跃的因素。本节只讨论刀具材料方面的知识，有关刀具其他知识将在后面几章中分别介绍。

一、刀具材料应具备的性能

在切削过程中，刀具切削部分是在较大的切削压力、较高的切削温度以及剧烈摩擦条件下工作的。在切削余量不均匀或断续的表面时，刀具还会受到很大的冲击与振动。因此，刀具切削部分的材料必须具备下列性能。

1. 高硬度和高耐磨性

硬度是指材料抵抗其他物体压入其表面的能力。刀具要从工件上切除多余的金属，其硬度必须大于工件材料硬度。一般常温硬度应超过 60HRC 以上。

耐磨性是指材料抵抗磨损的能力。耐磨性与硬度有密切关系，硬度愈高，均匀分布的细化碳化物愈多，则耐磨性愈好。

2. 足够的强度和韧度

切削时刀具主要承受各种应力与冲击。一般用抗弯强度 σ_b 和冲击韧度 a_K 来衡量刀具材料的强度和韧度的高低，它们能反映刀具材料抗断裂、崩刀的能力。但是，强度与韧度高的材料，必然引起其硬度与耐磨性下降。

3. 高的耐热性与化学稳定性

耐热性是指在高温下刀具材料保持硬度、耐磨性、强度和韧度的能力。可用高温硬度表示，也可用红硬性（维持刀具材料切削性能的最高温度限度）表示。耐热性愈好，材料允许的切削速度愈高，它是衡量刀具材料性能的主要指标。

化学稳定性是指刀具材料在高温下不易与工件材料或周围介质发生化学反应的能力。化学稳定性愈好，刀具的磨损愈慢。