

难加工材料的加工技术

李企芳 主编

北京科学技术出版社

(京)新登字207号

内 容 提 要

随着科学技术的发展,对机械产品的性能和质量的要求越来越高,因而许多零件采用了新型材料制造。这些新型材料由于成分、组织复杂,机械性能各异,对它们进行加工时,增添了不少困难,形成了所谓难加工材料。

本书正是根据我国在难加工材料的加工方法的研究中所取得的宝贵经验,组织了有关人员编写而成的。书中介绍了难加工材料的各种加工方法以及刀具、加工参数和实用实例,可供有关科技人员参考。

难加工材料的加工技术

李企芳 主编

*

北京科学技术出版社出版

(北京西直门南大街16号)

邮政编码100035

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
人民交通出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 15.5印张 348千字

1992年4月第一版 1992年4月第一次印刷

印数1—2950册

ISBN7-5304-0976-X/T·204 定价: 6.80 元

前 言

随着科学技术和工业的迅速发展，对机械产品的性能要求越来越高，为了提高机械产品的性能和质量，许多机械零件采用了各种新型材料来制造。例如，化工产品为了防锈、防蚀用不锈钢制造；航空发动机为了适应高温、高压、高速的工作条件，使用了高温合金；高速飞机的外壳用比强度很高的钛合金来制作等等。这些新型材料由于成分、组织复杂，机械、物理性能各异，对它们进行加工时，增添了各种困难，形成了所谓难加工材料。

对难加工材料的加工技术问题的探讨，越来越受到有关人员的关注。近几年来，我国在难加工材料加工方法的研究中已取得了许多可喜的成绩。为了把这些科研成果和在生产实践中的宝贵经验予以推广，在全国难加工材料加工技术联络网的协助下，组织了一些同志编写了这本书，供有关科技工作者和工艺人员参考，也可作为机械制造专业的教学参考书。

参加编写的有王天成、王安澜、任敬心、张怀林、张景仕、范忠仁、范茂祥、阮世勋、邱国政、陈尚仁、陈世忠、陈传梁、陈友生、陈定一、陈景榕、李企芳、庞思勤、吴文华、秦美如、翁熙祥、殷声、熊大章等二十二位同志。主编李企芳；审稿汤铭权。

在编写过程中，还得到西北工业大学华定安，北京理工大学于启勋、杨广勇，株洲硬质合金厂田润科，自贡硬质合金厂宋清友，河北机电学院卞铜身等同志的真诚鼓励和热情

帮助，在此谨致以衷心的感谢。

为了便于工厂工艺人员的查阅，在统一的编写提纲下，各章的内容保持相对的独立性和完整性。这样，就有少数的内容会有重复，请读者谅解。

由于我们的水平有限，经验不足，加上时间又比较仓促，本书一定有不少缺点和错误，敬请读者批评、指正。

目 录

难加工材料的切削加工概论	李企芳
第一节 材料的切削加工性	1
一、衡量材料切削加工性的指标	1
二、相对切削加工性等级	2
第二节 影响材料加工性的因素	2
一、材料的机械、物理性能	2
二、材料的化学成分和金相组织	4
三、毛坯状态	5
第三节 我国机械工业中常用的难加工材料	5
一、淬硬钢	6
二、耐蚀、耐磨铸铁	6
三、不锈钢	6
四、高强度钢	7
五、高温合金	7
六、钛合金	8
七、高锰钢	8
八、热喷涂(焊)合金材料	8
九、难加工的有色金属材料	9
十、难加工的非金属材料	9
第四节 难加工材料切削加工的特点	9
一、切削力大	9

二、切削温度高	10
三、加工硬化倾向大	10
四、刀具磨损大	10
第五节 解决难加工材料切削加工问题的途径	11
一、研究易切削材料, 改善材料加工性	11
二、采用合适的热处理工艺	11
三、优化加工条件	11
四、采用特种加工方法	11

第一篇 适用于难加工材料加工用的刀具材料

第一章 对刀具材料性能的要求 李企芳

第一节 高的耐热性	12
第二节 高的硬度和耐磨性	12
第三节 足够的强度和韧性	13

第二章 高性能高速钢和涂层高速钢 陈景榕

第一节 合金元素对高速钢性能的影响	18
第二节 钢种介绍	20
一、通用高速钢	20
二、高性能高速钢	20
三、粉末冶金高速钢	21
四、涂层高速钢刀具	22
第三节 应用实例	24

第三章 硬质合金的新发展 26

第一节 新牌号硬质合金刀片 李企芳	
一、硬质合金的分类	26
二、新牌号硬质合金介绍	32
三、新牌号硬质合金刀片选用举例	32
第二节 涂层硬质合金 鹿思勤	

第四章 陶瓷刀具材料	李企芳
第一节 陶瓷刀片牌号及其切削性能.....	45
第二节 陶瓷刀具使用技术.....	50
第三节 陶瓷刀具切削难加工材料应用实例.....	52
一、淬硬钢切削.....	52
二、硬铸铁加工.....	54
三、高强度钢加工.....	55
第五章 超硬刀具材料	殷 声
第一节 立方氮化硼刀具.....	56
一、立方氮化硼刀具的种类.....	56
二、立方氮化硼刀具的性能.....	57
三、立方氮化硼刀具的应用.....	60
第二节 金刚石刀具.....	66
一、金刚石刀具的种类.....	66
二、金刚石刀具的性能.....	67
三、金刚石刀具的应用.....	72

第二篇 典型难加工材料的切削加工方法

第一章 淬硬钢的切削加工	秦美如 吴文华
第一节 淬硬钢的加工特点.....	78
第二节 淬硬钢的车削.....	79
一、刀具材料的选择.....	79
二、刀具几何参数的选择.....	84
三、切削用量的选择.....	85
四、车削淬硬钢实例.....	87
第三节 淬硬钢的钻削.....	89
第四节 硬齿面的滚削加工.....	90
一、热处理前的切齿要求.....	91

二、滚齿机.....	91
三、硬质合金滚刀.....	92
四、切削用量及切削方式.....	93
五、切削液.....	95
六、硬齿面飞刀加工.....	95
第二章 冷硬铸铁的切削加工张怀林	
第一节 冷硬铸铁性能特点及用途	103
第二节 冷硬铸铁的切削加工性	103
第三节 切削条件的合理选择	106
一、合理选择刀具材料	106
二、合理选择刀具的几何参数	107
三、合理选用切削用量	108
四、其它条件的合理选择	109
第四节 冷硬铸铁车削实例	109
一、冷硬铸铁轧辊辊身表面的车削加工	109
二、高硬度硬面冷硬铸铁轧辊辊身的车削加工	110
三、冷硬铸铁轧辊浇口部分的车削加工	112
四、铸铁轧辊辊颈及梅花头部的车削加工	113
五、其它实例	114
第三章 不锈钢的切削加工张景仕	
第一节 不锈钢的切削特性	116
第二节 车削加工	117
一、外圆车削加工	117
二、不锈钢的切断	122
第三节 孔加工	124
一、钻孔	124
二、铰孔	130
第四节 拉削	136
一、不锈钢拉削的特点	136

二、拉刀材料及结构参数	135
三、拉削切削层的主要参数	138
四、拉削不锈钢时应注意的事项	138
第五节 铣削	139
一、不锈钢铣削的特点	139
二、铣削方式	139
三、铣刀切削部分的材料和铣刀几何角度	141
四、铣削用量	143
五、端铣时工件相对于端铣刀的安装	144
六、不锈钢键槽的铣削加工	147
七、铣刀的许用磨损值和铣刀耐用度	149
第六节 螺纹加工	150
一、螺纹车刀	150
二、车削不锈钢螺纹的切削用量	151
三、切削液	153
四、用丝锥攻制不锈钢螺纹	153
第七节 磨削	160
一、不锈钢磨削的特点	160
二、砂轮的选择	162
三、磨削用量	165
四、切削液与供液方式	167
五、砂轮的修整	169
第四章 高强度钢的切削加工	邱国政
第一节 高强度钢的切削加工特点	171
一、影响高强度钢切削加工性的主要因素	171
二、高强度钢的切削特点	171
第二节 切削高强度钢的途径	172
一、合理选择刀具材料	172
二、合理设计刀具结构的几何参数	179

三、合理选择切削用量	181
四、采用适宜的切削液和供应方式	183
五、提高系统的刚性	184
第三节 高强度钢切削加工举例	184
一、高强度钢车削	184
二、高强度钢铣削	186
三、高强度钢钻削	187
四、高强度钢铰削	190
五、单刃镗刀	198
六、高强度钢的螺纹加工	202
第五章 高温合金的切削加工	任敬心
第一节 高温合金切削过程的特点	205
第二节 高温合金车削	207
一、刀具材料的选择	207
二、刀具几何参数的选择	209
三、切削用量的选择	212
第三节 高温合金的铣削	216
一、刀具材料的选择	216
二、刀具的几何参数	219
三、铣削用量	219
第四节 高温合金钻削	221
一、钻头的材料、构造及几何参数的选择	221
二、钻削用量的选择	223
第五节 高温合金的铰削	224
一、刀具材料的选择	224
二、刀具几何参数的选择	225
三、铰削用量的选择	225
第六节 高温合金攻丝	225
一、丝锥的材料选择	226

二、丝锥结构及几何参数的选择	226
三、切削用量的选择	228
第七节 高温合金的拉削	229
一、棒齿的拉削方式	230
二、拉刀材料及几何参数的选择	232
三、拉削用量的选择	233
四、切削卷曲	233
第八节 高温合金磨削	235
一、砂轮的选择	236
二、磨削用量的选择	236
第六章 钛合金的切削加工	任敬心
第一节 钛合金切削过程的特点	241
第二节 钛合金车削	245
一、刀具材料的选择	245
二、刀具几何参数的选择	245
第三节 钛合金铣削	252
一、刀具材料的选择	252
二、铣刀几何参数的选择	252
三、铣削方式的选择	254
第四节 钛合金钻削	256
一、刀具材料的选择	259
二、钻头结构及几何参数的选择	259
三、钻削用量的选择	261
第五节 钛合金的铰削	264
一、刀具材料的选择	264
二、铰刀几何参数的选择	264
三、铰削用量的选择	265
第六节 钛合金攻丝	266
一、刀具材料的选择	267

二、丝锥结构及几何参数的选择	267
三、跳齿丝锥与修齿丝锥	268
四、攻丝切削用量的选择	270
第七节 钛合金拉削	271
一、刀具材料的选择	271
二、刀具几何参数的选择	271
三、拉削用量的选择	272
第八节 钛合金磨削	273
一、砂轮的选择	274
二、砂轮的修整及磨削液	276
三、磨削用量	276
第七章 热喷涂(焊)合金材料的切削加工	翁熙祥
第一节 喷涂(焊)层切削加工的特点	281
一、刀具耐用度低	281
二、加工过程中存在着振动与冲击	282
三、喷涂(焊)层易剥落或产生裂纹	282
第二节 喷涂(焊)层的车削加工	283
一、刀具材料	283
二、车刀的几何参数	288
三、切削用量	289
第三节 喷涂(焊)层的磨削	291
一、喷涂(焊)层的磨削特点	291
二、砂轮的选择	292
三、磨削用量的选择	295
第八章 非金属材料切削加工	陈世忠、范志仁
第一节 塑料加工	297
一、塑性的分类及其性质	297
二、塑性的切削机理与特点	298
三、塑性切削的典型工序	301

第二节	橡胶的切削	338
第三节	搪瓷磨削加工	342
第四节	玛瑙的磨削	344
第五节	高硬度非金属材料的切削加工	345
第九章	其它难加工材料切削加工概述	李企芳
第一节	高锰钢	350
第二节	钨和高比重合金	351
第三节	钼及其合金	352
第四节	钢结硬质合金	353

第三篇 难加工材料的特种加工方法

第一章	加热切削	356
第一节	等离子加热切削	陈尚仁
一、	加热切削及其种类	356
二、	气体的电离与等离子体	358
三、	等离子体加热切削及其设备	360
四、	等离子加热切削的操作程序	364
五、	等离子加热切削实例	368
第二节	电接触电阻加热切削	陈定一 熊大章
一、	原理及其装置	373
二、	主要工艺参数	374
三、	切削实例	379
第二章	带磁切削	熊大章
第三章	振动切削	阮世勋
第一节	超声波振动车削与刨削	391
第二节	超声波振动钻孔、攻丝	396
第三节	超声波在难加工材料磨削中的作用	399

第四章 电加工	王天成
第一节 电解加工	405
一、基本原理	405
二、工艺特点	405
三、工艺参数	407
四、电解加工的应用	409
第二节 电解磨削	415
一、工作原理	416
二、工艺特点	416
三、工艺参数	417
四、应用举例.....	翁熙祥
五、内孔电解磨削的工艺装备	420
六、电解液的选择	422
七、电解磨削的效果	426
第三节 电解珩磨	427
一、基本原理	427
二、工艺条件	428
三、工艺特点	429
第四节 电火花加工	430
一、基本原理	430
二、工艺特点	430
三、工艺规律	431
四、应用范围	435
第五节 线切割	435
一、工艺特点	436
二、工艺参数	436
三、应用范围	437
第五章 激光束、电子束与离子束加工	陈传梁
第一节 激光束加工	438

一、激光辐射的物理本质	438
二、激光的特性	439
三、激光加工的基本原理及其特点	441
四、激光加工装置	442
五、激光在难加工材料加工中的应用	443
第二节 电子束加工	444
一、电子束加工的原理和特点	444
二、电子束加工装置	445
三、电子束加工的应用	446
第三节 离子束加工	450
一、离子束加工的原理和特点	450
二、离子束加工装置	451
三、离子束加工的应用	452
第六章 砂带磨削	王安澜
第一节 砂带磨削的机理	454
第二节 砂带磨削的特点	455
第三节 砂带磨削难加工材料的范围	456
第四节 应用实例	456
国外难加工材料切削概况	陈友生、范茂祥
第一节 金属切削基础理论的研究	467
第二节 国外新刀具材料概况	468
第三节 难加工材料的切削加工数据	472
第四节 新的切削加工方法	472

难加工材料切削加工性概论

第一节 材料的切削加工性

一、衡量材料切削加工性的指标

所谓材料的切削加工性，就是对材料进行切削加工的难易程度。

材料的加工性不仅和材料本身有关，而且随加工条件、加工要求等不同而异，因此，材料的加工性是一个相对的概念。

衡量材料切削加工性的指标，一般认为有以下四个方面：

1. 刀具耐用度的大小

(1) 在保证切削条件相同的情况下，在切削某种材料时，刀具达到磨钝标准所用的切削时间值（或所经的切削路程值）。

(2) 在保证相同的刀具耐用度前提下，切削某种材料所允许的切削速度值。

2. 加工表面质量的优劣。

3. 切削力或切削功率的大小。

4. 材料的断屑性能。

以上四个衡量指标，分别适用于各种不同的加工场合。例如，自动线、数控机床加工、深孔加工等，对断屑的要求比较突出，因此断屑性能的好坏，往往作为衡量材料切削加

工性的主要指标。

也有些个别情况，如切削加工某些塑料，由于材料的性能特殊，加工的难度往往用以上四个指标还无法衡量。

国外还有用零件加工费用或加工时间作为加工性的综合指标，这在生产中有很大的实用价值。

上述的材料切削加工性的概念，仅适用于两种或几种材料之间的相互比较。但材料种类繁多，加工条件又千差万别，无法进行一一比较，因而也就不能制订出具体数据来指导生产。生产上都用相对加工性来衡量。

二、相对切削加工性等级

设刀具耐用度 t 为一个常数，若取 $t = 60, 30, 15(\text{min})$ ，将其相应的切削速度记作 v_{60}, v_{30}, v_{15} 。对不同材料而言， t 相同，所允许的切削速度 v_t 不同。如果以切削 $\sigma_b = 0.75 \text{ GPa}(75 \text{ kgf/mm}^2)$ 的 45# 钢的 v_{60} 为基准，记作 $(v_{60})_j$ ，其它的被切削材料的 v_{60} 与它的比值，称为相对加工性 K_v 。即：

$$K_v = v_{60} / (v_{60})_j$$

K_v 越小，材料加工的难度越大。目前常用的工件材料，按它们的相对加工性可分为八级，如表 1 所示。

第二节 影响材料加工性的因素

一、材料的机械、物理性能

1. 硬度

硬度对材料加工性影响分以下四种情况：常温硬度，高温硬度，加工硬化和材料中的硬质点。硬度越高、加工硬化越严重、硬质点越多，刀具越容易磨损，切削加工性越差。