

国家职业资格培训教程

轧制原料工

中国有色金属工业协会
中国铝业公司 组织编写
有色金属行业职业技能鉴定指导中心

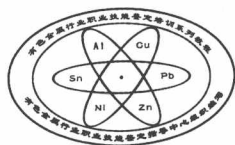
主 编 杨荣东

副主编 陈龙



NLIC 2970759163

中国建材工业出版社



国家职业资格培训教程

轧制原料工

主 编 杨荣东
副主编 陈 龙



NLIC2970759163

中国建材工业出版社

本社网址: www.jcbs.com.cn 本社地址: 北京市西城区丰台大街6号 邮编: 100044 电话: 010-63796000 传真: 010-63796001 电子邮箱: jcbs@163.com

图书在版编目 (CIP) 数据

轧制原料工/杨荣东主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2011. 5

国家职业资格培训教程

ISBN 978-7-80227-921-6

I. ①轧… II. ①杨… III. ①轧制-技术培训-教材
IV. ①TG33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 056830 号

内 容 简 介

本书根据《有色金属加工行业特有工种职业技能鉴定标准汇编——轧制原料工》编写, 是职业技能培训、考核鉴定指导用书。本书介绍了铝、铜两种主要有色金属轧制前原料准备作业的相关知识和操作技能。结合《标准》要求, 本书共分三篇, 分别为轧制原料工专业基础知识、轧制原料加热工技能和轧制原料机加工技能。专业基础部分主要介绍金属切削加工基础、加热炉基础、铸锭加热金属学基础等知识; 技能部分从初级、中级、高级、技师四个等级分别介绍了方、圆铸锭加热工和机加工考核鉴定的知识要求和技能要求的内容, 包括铸锭轧制前加热、均热, 铸锭锯切、车皮、镗孔、刨边和铣面等操作, 常用吊具、刀具、热工仪表、机床、加热炉的基本结构、工作原理和操作、维护、保养方法, 以及操作过程质量控制、生产管理、安全知识和技能培训方法等。

本书可作为轧制原料工考核鉴定前培训和自学教材, 也可供从事有色金属熔铸和轧制工作的有关人员参考。

轧制原料工

主 编 杨荣东

副主编 陈 龙

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本: 710mm×1000mm 1/16

印 张: 30.75

字 数: 646 千字

版 次: 2011 年 5 月第 1 版

印 次: 2011 年 5 月第 1 次

书 号: ISBN 978-7-80227-921-6

定 价: 77.00 元

本社网址: www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

《轧制原料工》编审委员会

主 任：丁学全

副主任：丁跃华 汪 洁 尹晓辉

委 员：谢承杰 伍祚明 代作春 李晓春

杨荣东 牟大强

前 言

为了在有色金属加工生产从业人员中开展职业培训和职业技能鉴定,根据人力资源和社会保障部有关规定,中国有色金属工业协会、中国铝业公司、有色金属行业职业技能鉴定指导中心组织西南铝业公司牵头编写了《国家职业资格培训教程——轧制原料工》(以下简称《教程》)。

《教程》以中国有色金属工业协会颁布的《有色金属行业职业技能鉴定标准——轧制原料工》(以下简称《标准》)为依据,《教程》紧贴《标准》,内容上遵循“以职业活动为导向,以职业技能为核心”的指导思想,突出职业培训特色;结构上针对轧制原料工职业活动领域,按照《标准》中划分的职业功能模块,分初级工、中级工、高级工、技师四个级别编写。《教程》的基础知识部分覆盖《标准》的“基本要求”;“操作技能部分”对应于《标准》的“职业功能”、“技能要求”和“相关知识”。

本书介绍了铝、铜两种主要有色金属轧制前原料准备作业的相关知识和操作技能。结合《标准》要求,本书共分三篇,轧制原料工专业基础知识、轧制原料加热工技能、轧制原料机加工技能。专业基础部分主要介绍金属切削加工基础、加热炉基础、铸锭加热金属学基础等知识;技能部分介绍了方、圆铸锭加热工和机加工考核鉴定的知识要求和技能要求的内容,包括铸锭轧制前加热、均热,铸锭锯切、车皮、镗孔、刨边和铣面等操作,常用吊具、刀具、热工仪表、机床、加热炉的基本结构、工作原理和操作、维护、保养方法,以及操作过程质量控制、生产管理、安全知识和技能培训方法等。

本书是轧制原料工考核鉴定前培训和自学教材,也可供从事有色金属熔铸和轧制工作的有关人员参考。

由于第一次组织编写《国家职业资格培训教程——轧制原料工》职业技能培训教程,不足之处在所难免,欢迎广大读者提出宝贵意见和建议,以便再版时完善。

编 者
2011年3月

目 录

第 1 篇 轧制原料工专业基础知识

第 1 章 金属切削加工基础知识	3
1.1 工件和切削运动	3
1.2 切削刀具	4
1.3 切削要素和切削过程	17
1.4 切削润滑知识	21
1.5 切削加工质量	26
1.6 切削加工常用设备	28
第 2 章 加热炉基础知识	36
2.1 加热炉热源	36
2.2 加热炉用耐火材料	44
2.3 炉内传热和炉内气氛	53
2.4 加热炉类型和基本结构	58
2.5 加热炉的控制	71
第 3 章 铸锭加热基础知识	90
3.1 金属学基础知识	90
3.2 铸锭组织	103
3.3 铸锭加热的基本原理	107
3.4 铸锭加热制度	111

第 2 篇 轧制原料加热工技能

第 1 章 加热工初级技能	119
1.1 生产准备	119
1.2 生产操作	134
1.3 质量控制	153
1.4 设备保养与维护	155
第 2 章 加热工中级技能	167
2.1 生产准备	167
2.2 生产操作	186

2.3 质量控制	213
2.4 设备保养与维护	234
第3章 加热工高级技能	243
3.1 生产操作	243
3.2 质量控制	250
3.3 设备管理	258
3.4 生产管理	267
3.5 培训与指导	276
第4章 加热工技师技能	279
4.1 生产操作	279
4.2 质量控制	284
4.3 设备管理	290
4.4 生产管理	301
4.5 技术总结与工艺改进	308
4.6 培训与指导	322
第3篇 轧制原料机加工技能	
第1章 机加工初级技能	327
1.1 生产准备	327
1.2 生产操作	327
1.3 质量控制	331
1.4 设备保养与维护	337
第2章 机加工中级技能	358
2.1 生产准备	358
2.2 生产操作	365
2.3 质量控制	388
2.4 设备保养与维护	399
第3章 机加工高级技能	411
3.1 生产操作	411
3.2 质量控制	421
3.3 设备管理	429
3.4 生产管理	440
3.5 培训与指导	449
第4章 机加工技师技能	453
4.1 生产操作	453
4.2 质量控制	463

4.3 设备管理	463
4.4 生产管理	474
4.5 技术总结与工艺改进	474
4.6 培训与指导	480
参考文献.....	481

第 1 篇

轧制原料工专业基础知识

第 1 章

纤维纸基生产工伴感降降

第1章 金属切削加工基础知识

金属切削加工是通过金属切削刀具与工件之间的相对运动,从工件上切除多余的金属,使工件达到规定的几何形状、尺寸精度和表面质量的一种机械加工方法。任何切削加工都必须具备三个基本条件:工件、切削运动和切削工具。

切削加工基本形式有锯切、车削、铣削、钻削、镗削、刨削、拉削和磨削等。

1.1 工件和切削运动

1.1.1 工件表面

切削过程中,工件上始终存在着三个不断变化的表面,即待加工表面、已加工表面和过渡表面,如图 1-1-1 所示。

待加工表面:工件上有待切除的表面。

已加工表面:工件上由刀具切削后而形成的表面。

过渡表面:工件上由切削刃切成的那部分表面。当用单刃刀具切削时,它将在工件或刀具的下一转或者下一次切削行程中被切除;而用多刃刀具切削时,它将被随后的一个切削刃切除。

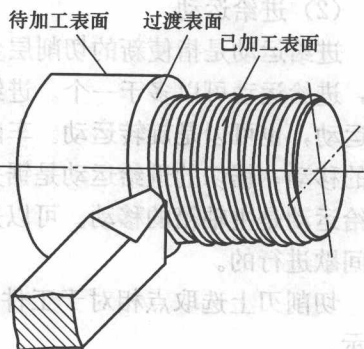


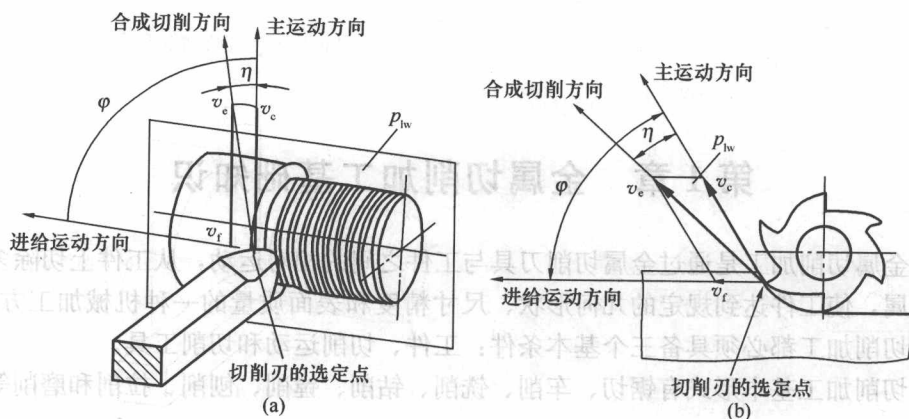
图 1-1-1 工件上的表面

1.1.2 切削运动

切削运动是指切削过程中刀具与工件之间的相对运动。切削运动可分为主运动及进给运动两类。所有运动的方向都是刀具相对于工件来确定的,如图 1-1-2 所示。

(1) 主运动

主运动是刀具与工件之间使刀具的前刀面逼近工件材料以进行切削加工的相对运动。在切削过程中,必须有且只有一个主运动,它的速度最高,消耗的功率最大。主运动可以是直线运动,也可以是旋转运动。例如:在车削加工中,工件的回转是主运动;而在铣削、磨削、镗削及锯切加工中,则铣刀、砂轮、镗杆、锯片的回转是主运动,刨削的主运动是刀具(如牛头刨床)或工件(如龙门刨床)的往复直线运动等。



v_c —主运动的瞬时速度； v_f —进给运动的瞬时速度； v_e —合成切削运动的瞬时速度

图 1-1-2 切削运动

(a) 车削；(b) 铣削

切削刀上选取点相对于工件主运动的瞬时速度称为切削速度，用矢量 v_c 表示。

(2) 进给运动

进给运动是指使新的切削层金属不断地投入切削，从而切出整个工件表面的运动，进给运动可以多于一个。进给运动可以是间歇的，也可以是连续的；可以是直线运动，也可以是旋转运动。车削的进给运动是刀具的移动；铣削的进给运动是工件的移动；锯切的进给运动是锯头的移动；刨削的进给运动是刀架的移动；镗削的进给运动是主轴箱的移动。可以是与主运动同时连续进行的，也可能是与主运动交替间歇进行的。

切削刀上选取点相对于工件的进给运动的瞬时速度称为进给速度，用矢量 v_f 表示。

(3) 合成切削运动

合成切削运动是由主运动与进给运动合成的运动。合成切削运动的瞬时速度用矢量 v_e 表示。

1.2 切削刀具

1.2.1 刀具材料的基本要求

在切削加工时，刀具切削部分与切屑、工件相互接触，承受着巨大的压力和强烈的摩擦，刀具在高温下进行切削的同时，还承受着切削力、冲击和振动，工作条件十分恶劣，因此刀具材料必须满足以下基本要求。

(1) 高硬度和耐磨性。目的是为满足刀具抵抗机械摩擦磨损的需要。刀具材料的硬度必须高于被加工材料的硬度才能切下金属，这是刀具材料必备的基本要求，

现有刀具材料硬度都在 60HRC 以上。刀具材料越硬,其耐磨性越好,但由于切削条件较复杂,材料的耐磨性还决定于它的化学成分和金相组织的稳定性。

(2) 足够的强度和韧性。目的是为满足刀刃在承受重载荷及机械冲击时不致破损的需要。强度是指刀具抵抗切削力的作用而不会导致刀刃崩碎与刀杆折断所应具备的性能,一般用抗弯强度来表示。冲击韧性是指刀具材料在间断切削或有冲击的工作条件下保证不崩刃的能力,一般来说,刀具材料硬度越高,冲击韧性越低,刀具越脆。硬度和韧性是相互矛盾的,这也是刀具材料应克服的一个关键。

(3) 高的耐热性。目的是为满足刀具热稳定性的需要。耐热性又称红硬性,是衡量刀具材料性能的主要指标。它综合反映了刀具材料在高温下保持硬度、耐磨性、强度、抗氧化、抗粘结和抗扩散的能力。

(4) 良好的导热性和较小的膨胀系数。目的是为提高加工精度的需要。

(5) 稳定的化学性能和良好的抗粘结性能。目的是提高刀具抗化学磨损的需要。

(6) 良好的工艺性能和经济性。目的是为了便于使用和推广。为了便于制造,刀具材料应有良好的工艺性,如锻造、热处理及磨削加工性能。在制造和选用刀具时应综合考虑经济性,如超硬材料及涂层刀具材料费用都较高,但其使用寿命长,在成批大量生产中,分摊到每个零件中的费用反而有所降低。

1.2.2 刀具材料

常用的刀具材料主要有工具钢(包括碳素工具钢、合金工具钢和高速钢)、硬质合金、陶瓷和超硬刀具材料(金刚石、立方氮化硼)等四大类。目前使用量最大的刀具材料是高速钢和硬质合金。碳素工具钢和合金工具钢是早期使用的刀具材料,由于耐热性较差,现在已较少使用,主要用于手工工具或低速切削刀具,如锉刀、拉刀、丝锥和板牙等。以下介绍高速钢和硬质合金刀具材料。

1.2.2.1 高速钢

1. 高速钢的特点

高速钢是一种含碳(C)、钨(W)、钼(Mo)、铬(Cr)、钒(V)等元素的高合金钢,热处理后具有高的强度和高的韧性,其红硬温度可达 $600\sim 660^{\circ}\text{C}$ 左右。与碳素工具钢和合金工具钢相比,它的耐热性显著提高,允许的切削速度提高两倍以上,用其制造的刀具切削速度可达 $60\text{m}/\text{min}$ 以上,而得名高速钢。它具有较好的工艺性能,可以制造刃形复杂的刀具,如钻头、丝锥、成形刀具、铣刀、车刀、锯片和齿轮刀具等。刃磨时切削刃易锋利,故又名锋钢。

2. 高速钢的分类

高速钢根据切削性能,可分为普通高速钢和高性能高速钢;根据化学成分可分为钨系、钨钼系和钼系高速钢;根据制造方法,可分为熔炼高速钢和粉末冶金高速钢。

(1) 普通高速钢

普通高速钢工艺性能好, 切削性能可满足一般工程材料的常规加工要求。常用的品种有:

1) 钨系高速钢。典型牌号为 W18Cr4V, 热处理硬度可达 63~66HRC, 抗弯强度可达 3500MPa, 耐磨性好。

2) 钨钼系高速钢。典型牌号为 W6Mo5Cr4V2, 目前正在取代钨系高速钢, 具有碳化物细小分布均匀, 耐磨性高, 成本低等一系列优点。热处理硬度 63~66HRC, 抗弯强度达 4700MPa, 韧性及热塑性比 W18Cr4V 提高 50%。常用于制造各种工具, 例如钻头、丝锥、铣刀、铰刀、拉刀、齿轮刀具等, 可以满足加工一般工程材料的要求。只是它的脱碳敏感性稍强。

3) 钼系高速钢。典型牌号为 W9Mo3Cr4V, 这是近几年发展起来的新品种。强度及热塑性略高于 W6Mo5Cr4V2, 硬度为 63~64HRC, 与韧性相配合, 容易轧制、锻造, 热处理工艺范围宽, 脱碳敏感性小, 成本更低。

(2) 高性能高速钢

高性能高速钢是在普通型高速钢中增加一些合金元素的新钢种, 耐磨性和耐热性有显著提高, 其常温硬度可达 67~70HRC, 切削速度可达 50~100m/min, 耐用性为普通高速钢的 1.5~3 倍, 能用于不锈钢、耐热钢和高强度钢等难加工材料的切削加工。常用的品种有:

1) 高碳系高速钢。典型牌号为 9W18Cr4V, 因含碳量高 (0.9%), 故硬度、耐磨性及热硬性都比较好。用其制造的刀具在切削不锈钢、耐热合金等难加工材料时, 寿命显著提高, 但其抗弯强度为 3000MPa, 冲击韧性较低, 热处理工艺要求严格。

2) 高钒系高速钢。典型牌号有 W12Cr4V4Mo 及 W6Mo5Cr4V3 (美国牌号 M3), 含钒量达 3%~4%, 使耐磨性大大提高, 但随之带来的是可磨性变差。高钒系高速钢的使用及发展还需要依赖于磨削工艺及砂轮技术的发展。

3) 钴高速钢。典型牌号有 W2Mo9Cr4VCo8 (美国牌号 M42)。含钴量 8%, 钴能促使碳化物在淬火加热时更多地溶解在基体内, 利用高的基体硬度来提高耐磨性。这种高速钢, 硬度、热硬性、耐磨性及可磨性都很好。热处理硬度可达 67~70HRC。钴高速钢可制成各种刀具, 用于切削难加工材料效果很好, 又因其磨削性能好, 可制成复杂刀具, 但钴高速钢价格昂贵, 约为普通高速钢的 5~8 倍。

4) 铝高速钢。典型牌号为 W6Mo5Cr4V2Al、W6Mo5Cr4V5SiNbAl 等, 主要加入铝 (Al) 和硅 (Si)、铌 (Nb) 元素, 来提高热硬性、耐磨性。热处理硬度可达到 68HRC, 热硬性也不错。但是这种钢易氧化及脱碳, 可塑性、可磨性稍差, 仍需改进。

(3) 粉末冶金高速钢

粉末冶金高速钢是把高频感应炉熔炼好的高速钢钢水置于保护气罐中, 用高压

惰性气体（如氩气）雾化成细小的粉末，然后用高温（1100℃）、高压（300MPa）压制、烧结而成。它克服了一般熔炼方法产生的粗大共晶偏析，热处理变形小，韧性、硬度较高，耐磨性好。用它制成的刀具，可切削各种难加工材料。

(4) 涂层高速钢

涂层高速钢是一种复合材料，基体是强度、韧性好的高速钢，而表层是具有高硬度、高耐磨性的其他材料。涂层高速钢刀具的切削力小、切削温度下降约 25%，切削速度、进给量可提高一倍左右，刀具寿命显著提高。

1.2.2.2 硬质合金

1. 硬质合金的组成与特点

硬质合金是由高硬度、高熔点的金属碳化物和金属粘结剂，经过粉末冶金工艺制成的。硬质合金刀具中常用的碳化物有 WC、TiC、TaC、NbC 等，粘结剂有 Co、Mo、Ni 等。

常用的硬质合金中含有大量的 WC、TiC，因此硬度、耐磨性、耐热性均高于高速钢。常温硬度达 89~94HRA，红硬温度高达 800~1000℃。切削钢时，切削速度可达 220m/min 左右。在合金中加入了熔点更高的 TaC、NbC 后，可使红硬温度提高到 1000~1100℃，切削钢的切削速度进一步提高到 200~300m/min。但是硬质合金的抗弯强度低、韧性差，怕冲击振动，工艺性能较差，不易做成形状复杂的整体刀具。表 1-1-1 列出了各种硬质合金牌号及应用范围。

表 1-1-1 各种硬质合金牌号及应用范围

合金牌号	应 用 范 围
YG3X	铸铁、有色金属及其合金的精加工、半精加工；不能承受冲击载荷
YG3	铸铁、有色金属及其合金的精加工、半精加工；不能承受冲击载荷
YG6X	铸铁、冷硬铸铁、高温合金的精加工、半精加工
YG6	铸铁、有色金属及其合金的半精加工和粗加工
YG8	铸铁、有色金属及其合金、非金属材料的粗加工，也可用于断续切削
YC6A	冷硬铸铁、有色金属及其合金的半精加工，亦可用于高锰钢、淬硬钢的半精加工和精加工
YT30	碳素钢、合金钢的精加工
YT15 YT14	碳素钢、合金钢在连续切削时的粗加工、半精加工，亦可用于断续切削时碳素钢、合金钢、铸铝精加工
YT5	碳素钢、合金钢的粗加工，可用于断续切削
YW1	高温合金、高锰钢、不锈钢等难加工材料及普通钢材、铸铁、有色金属及其合金的半精加工和精加工
YW2	高温合金、高锰钢、不锈钢等难加工材料及普通钢材、铸铁、有色金属及其合金的粗加工和半精加工

2. 普通硬质合金的分类

普通硬质合金按其化学成分与使用性能分为四类：即钨钴类、钨钛钴类、钨钛钽（铌）钴类和碳化钛基类。

1.2.3 刀具的组成要素

刀具的组成要素如图 1-1-3 所示。

刀柄：刀具的夹持部分。

安装面：刀柄上与基面相平行或相垂直的平面，在刀具的制造、刃磨及测量时要用它来进行定位。

刀具轴线：此为一条假想的直线，它与刀具制造、刃磨及使用时供夹持用的定位表面之间保持一定的几何关系。刀具轴线通常是刀柄或刀具定位孔的中心线。

切削部分：由切削刃及刀面构成的刀具工作部分。在多刃刀具上，每一刀齿都有一个切削部分。

刀楔：刀具切削部分上由前刀面及后刀面之间的部分。

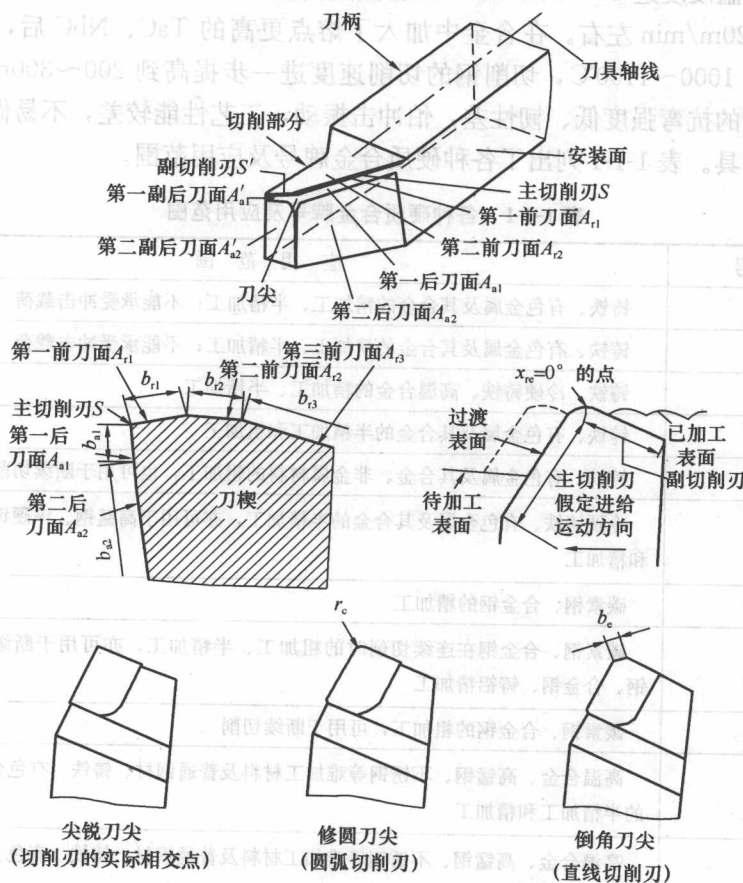


图 1-1-3 刀具的组成

前刀面 (A_r): 刀具切削部分上与切屑直接相接触的表面。当前刀面由几个相互倾斜的表面组成时, 则由切削刃开始依次称为第一前刀面、第二前刀面……, 符号为 A_{r1} 、 A_{r2} ……其宽度用 b_{r1} 、 b_{r2} 等来表示。前刀面还有主副之分。与后刀面相交而形成主切削刃的那部分前刀面, 称为主前刀面, 简称前刀面 A_{r1} ……; 与后刀面相交而形成副切削刃的那部分前刀面, 称为副前刀面, 其标记符号是 A'_{r1} 、 A'_{r2} ……。

后刀面 (A_a): 刀具切削部分上与工件上被切成的表面相对的表面。当后刀面由几个相互倾斜的表面组成时, 则由切削刃开始依次称为第一后刀面、第二后刀面等, 符号为 A_{a1} 、 A_{a2} ……, 它们的宽度分别为 b_{a1} 、 b_{a2} ……。后刀面也有主副之分。与前刀面相交而形成主切削刃的那部分后刀面, 称为主后刀面, 简称后刀面 A_{a1} ……; 与前刀面相交而形成副切削刃的那部分后刀面, 称为副后刀面, 其标记符号是 A'_{a1} 、 A'_{a2} ……。

主切削刃 (S): 用来进行切削工作的前刀面的边缘, 即为刀具的切削刃。由主偏角 (主切削刃与进给运动方向的夹角) $k_r = 0^\circ$ 的一点开始的一段切削刃, 它至少有一部分是用来切成工件过渡表面的, 称为主切削刃。在刀具的刀尖是尖锐的情况下, 则认为刀尖处的主偏角为 0° , 而在刀具切削刃上任何一点的主偏角都不为零的情况下 (如圆柱形铣刀), 则整条切削刃都是主切削刃。

副切削刃 (S'): 除主切削刃之外的其余部分切削刃, 称为副切削刃, 它是由主偏角 $k_r = 0^\circ$ 的一点开始, 沿与主切削刃相反的方向延伸。它不参与工件过渡表面的切成工作。有些刀具 (如切断车刀、锯片、铣刀等) 的切削部分可具有两条副切削刃。

切削刃钝圆半径 (r_n): 前刀面与后刀面之间过渡部分的圆弧半径, 在垂直于切削刃的法平面内测量它的大小。过去也称切削回弧半径。

刀尖: 位于主切削刃与副切削刃交接处的相当小的一部分刃口。它可能是主切削刃与副切削刃的实际交点, 也可能是圆弧形或直线形的过渡切削刃。

刀尖圆弧半径 (r_c): 在基面内测量的圆弧过渡切削刃的半径, 简称刀尖半径。过去全称圆弧过渡切削刃半径。

倒角刀尖长度 (b_c): 在基面内测量的直线过渡切削刃的长度, 也称过渡刃长度。

切削刃选定点: 为了定义刀具的几何角度而在切削刃上任选的一点。它可以在主切削刃上, 也可以在副切削刃上。当选在副切削刃上时, 则所定义的均为副切削刃角度。

1.2.4 刀具的几何角度

刀具要从工件上切下金属, 就必须使刀具切削部分具有合理的几何形状。为了确定和测量刀具各表面和各刀刃在空间的相对位置, 必须建立用以度量各刀刃、各