



国家示范院校数控加工重点建设项目系列教材

Machinery Manufacturing
Technical basis

机械制造 技术基础

主 编 李志江



 科学出版社

国家示范院校数控加工重点建设项目系列教材

机械制造技术基础

李志江 主 编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书为国家中等职业教育改革发展示范学校数控加工项目建设成果。在编写本书的过程中,编者对徐州市及苏南地区的部分具有代表性数控加工类企业进行了深入调研,采用了工学结合模式下的工作过程系统化编写方式。书中介绍的许多任务来自于企业产品,体现了校企合作的最新成果。

本书以实用为主、够用为度的原则,精选案例,并适当增加部分“四新”知识。在编写方式上,尝试性地进行了项目化任务式编写。在表现形式上,图表并存,简明扼要。本书主要内容包括毛坯加工、普通机床加工、数控机床加工、特种加工、机械加工工艺规程制定、典型零件加工及部件装配等。

本书可作为中等职业学校、技师学院或技工学校数控技术应用、机械制造及自动化、机电技术应用、机电一体化等机械类、机电类专业教材,也可作为成人教育或职业培训类教材,并可供机械加工制造类的工程技术人员和工人学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/李志江主编. —北京:科学出版社, 2014

(国家示范院校数控加工重点建设项目系列教材)

ISBN 978-7-03-040143-4

I. ①机… II. ①李… III. ①机械制造工艺-高等学校-教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 046474 号

责任编辑:李太铼 李欣 / 责任校对:柏连海

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014 年 5 月第一次印刷 印张:16 3/4

字数:300 000

定价:35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<双青>)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62137154

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

本书为国家中等职业教育改革发展示范学校数控加工项目建设成果，是根据江苏省职业学校数控专业教学指导方案及国家职业技能鉴定标准的相关要求编写的。在编写本书的过程中，编者本着科学严谨、务实创新的原则，对徐州市及苏南地区的部分代表性数控加工类企业就人才结构、专业发展、人才需求、职业岗位等进行了调研，确立了工学结合模式下的工作过程系统化编写思路。

本书采用了项目化任务式编写方式，反映了当前的教学改革经验及企业生产对教学内容的新要求。书中的任务有的直接来自于企业产品，有的进行了转化，编者力求把数控加工企业岗位的知识、技能相互融合，渗透到每一个任务中，让学生在“做中学”、“学中做”，以便实现与企业的零距离对接。

本书作为机械制造类专业的专业理论课教材，本着为专业课服务的思想，在内容上删繁就简，力求做到实用为主、够用为度；注意精选案例，有深度、有梯度，并适当增加部分“四新”知识，体现了当前机械加工制造行业的最新技术。在表现形式上，图表并存，简明扼要，一目了然。在编写方式上，尝试性地进行了项目式编写，每个项目下设有若干工作任务，每个项目及任务都相互独立，便于教师及学生有选择地教与学。

本书可作为中等职业学校、技师学院或技工学校数控技术应用、机械制造及自动化、机电技术应用、机电一体化等机械类、机电类专业教材，也可作为成人教育或职业培训类教材，并可供机械加工制造类的工程技术人员和工人学习参考。

本书由江苏省徐州技师学院李志江担任主编。本书的编写分工如下：刘阳编写任务 2.1，席凤征编写任务 3.1，陈康玮编写任务 3.2，陈琛编写任务 4.1，其他各部分内容由李志江编写。全书由江苏省徐州技师学院滕跃高级讲师和徐州工程机械集团有限公司毕可顺工程师审稿。在编写本书的过程中得到了江苏省徐州技师学院各级领导和广大教师的大力支持，在此一并表示感谢。另外，本书参考了大量文献及资料，在此向这些作者一并表示感谢。

由于时间仓促，加之编者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请各位专家和广大读者批评指正。

目 录

课程导入	1
项目 1 毛坯加工	6
任务 1.1 铸造加工	7
1.1.1 铸造的分类及特点	8
1.1.2 砂型制作	9
1.1.3 浇注、落砂与清理	15
1.1.4 套筒的铸造工艺	17
1.1.5 特种铸造与铸造新工艺	18
任务 1.2 锻压加工	22
1.2.1 锻造的分类及特点	22
1.2.2 金属的加热和锻件的冷却	23
1.2.3 自由锻	25
1.2.4 压盖自由锻造工艺	30
1.2.5 模锻	31
1.2.6 冲压	34
任务 1.3 焊接加工	36
1.3.1 焊接的特点及应用	37
1.3.2 焊条电弧焊	37
1.3.3 中板立位对接焊件的加工工艺	44
1.3.4 其他常用焊接方法	46
项目 2 普通机床加工	50
任务 2.1 车削加工	51
2.1.1 车床	52
2.1.2 常用车床夹具及工件装夹	54
2.1.3 车刀	58
2.1.4 车削加工方法	62
2.1.5 螺纹阶梯轴加工工艺	68
任务 2.2 刨削加工	70
2.2.1 刨床	71
2.2.2 刨刀	72
2.2.3 工件装夹	73
2.2.4 刨削方法	74
2.2.5 简易 V 形架刨削加工工艺	77
2.2.6 插削加工	78



任务 2.3	钻削加工	80
2.3.1	钻床	81
2.3.2	钻削刀具	82
2.3.3	工件装夹	86
2.3.4	钻削方法	88
2.3.5	制作孔板	91
2.3.6	镗削加工	92
任务 2.4	铣削加工	97
2.4.1	铣床	98
2.4.2	工件装夹	100
2.4.3	铣刀	103
2.4.4	铣削用量与铣削方式	105
2.4.5	铣削方法	108
2.4.6	V形架的铣削加工	114
2.4.7	万能分度头	115
任务 2.5	磨削加工	118
2.5.1	磨床	119
2.5.2	砂轮	120
2.5.3	工件装夹	125
2.5.4	外圆磨削方法	126
2.5.5	台阶轴磨削工艺	129
2.5.6	平面磨削加工	130
项目 3	数控机床加工	135
任务 3.1	数控车削加工	136
3.1.1	数控车床	136
3.1.2	数控车刀	138
3.1.3	数控车削用量	140
3.1.4	数控编程指令	141
3.1.5	螺纹小轴工艺制定与编程	154
任务 3.2	数控铣削加工	158
3.2.1	数控铣床	158
3.2.2	数控铣床常用刀具	161
3.2.3	数控铣床常用夹具	162
3.2.4	数控铣床的对刀	163
3.2.5	数控铣程序编制	164
3.2.6	字母二维轨迹编程与加工	168
项目 4	特种加工	172
任务 4.1	电火花线切割加工	173
4.1.1	电火花线切割概述	173



4.1.2	线切割机床	174
4.1.3	工件的装夹	175
4.1.4	线切割机床的操作	177
4.1.5	对刀样板加工	180
任务 4.2	其他特种加工简介	183
4.2.1	电火花成形加工	183
4.2.2	激光加工	185
4.2.3	超声波加工	187
4.2.4	电子束加工	190
4.2.5	离子束加工	193
项目 5	机械加工工艺规程制定	196
任务 5.1	认识机械加工工艺规程	197
5.1.1	机械加工工艺过程	197
5.1.2	机械加工工艺规程	200
任务 5.2	机械加工工艺规程编制	204
5.2.1	制定工艺规程的技术依据	205
5.2.2	制定工艺规程的步骤	205
5.2.3	齿轮轴工艺规程的制定	210
项目 6	典型零件加工	220
任务 6.1	轴类零件加工	221
6.1.1	轴类零件概述	222
6.1.2	轴类零件的主要技术要求	223
6.1.3	轴类零件的加工工艺分析	223
6.1.4	输出轴的加工工艺	224
任务 6.2	套类零件加工	226
6.2.1	套类零件概述	227
6.2.2	套类零件的主要技术要求	228
6.2.3	套类零件的加工工艺分析	228
6.2.4	连接盘的加工工艺	229
任务 6.3	箱体类零件加工	231
6.3.1	箱体类零件概述	232
6.3.2	箱体类零件的主要技术要求	233
6.3.3	箱体类零件的加工工艺分析	234
6.3.4	减速器壳体的加工工艺	234
项目 7	部件装配	238
任务 7.1	装配工艺规程制定	239
7.1.1	装配工艺过程	239
7.1.2	装配的组织形式	240



7.1.3 装配方法	241
7.1.4 装配工艺规程的编制	241
任务 7.2 减速器装配	246
7.2.1 减速器的结构与装配技术要求	247
7.2.2 减速器的装配工艺过程	247
附录 常用机床组、系代号及主参数	253
主要参考文献	257

课程导入

一、机械制造业的地位与作用

机械制造业在国民经济中占有极其重要的地位，它为国民经济的发展提供了各种必要的技术装备，是国民经济的基础，是一个国家经济实力和科学技术发展水平的重要标志，世界各国均把发展机械制造业作为振兴和发展国民经济的战略重点之一。

机械制造业的发展和进步，在很大程度上又取决于机械制造技术的水平和发展。在科学技术高度发展的今天，现代工业对机械制造技术提出了更高的要求。特别是计算机科学技术的发展，使常规机械制造技术与信息技术、数控技术、传感技术、液气光电等技术有机结合，为机械制造技术的发展带来了新的机遇，也给予机械制造业许多新的技术和新的概念，使得机械制造技术向智能化、柔性化、网络化、精密化、绿色化和全球化方向发展成为趋势。

新中国成立前，我国的机械工业十分落后。建国 60 多年来，尤其是改革开放 30 多年来，我国充分利用国内外的技术资源优势，在引进、消化、吸收的基础上进行自主创新，使机械制造技术得到了突飞猛进的发展。特别是近几年来，伴随着载人飞船的上天、嫦娥探月工程的实施，我国机械制造技术的发展令世界瞩目。

中国是制造大国，离制造强国和创新强国还有一段距离，我们在生产能力、技术水平、管理水平和劳动生产率等方面与国外先进国家相比都还有一定的差距，因此，大力发展机械制造技术，赶超世界先进水平，已成为机械制造业的头等大事。

21 世纪机械制造技术发展的总趋势集中表现在以下几方面：

1. 向高柔性化、高自动化方向发展

目前，以解决中小批量生产自动化问题为主要目标的计算机数控(CNC)、加工中心(MC)、计算机辅助设计/计算机辅助制造(CAD/CAM)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)等高新技术的发展，使产品的生产周期缩短，提高了生产效率，保证了产品质量，产生了良好的经济效益。

2. 向高精度化方向发展

在科学技术发展的今天，对产品的精度要求越来越高，精密加工和超精密加工已成为必然。航空航天、军事等领域尖端产品的加工精度已达纳米级($0.001\mu\text{m}$)，所以必须



采用高精度、通用可调的数控专用机床，高精度、可调式组合夹具，以及与之相配套的高精度的刀具、量具和检测技术。

3. 向高速度、高效率方向发展

高速切削、强力切削可极大地提高加工效率，降低能源消耗，从而降低生产成本，但要具有与之相配套的加工设备、刀具材料、刀具涂层、刀具结构等才能实现。

4. 向绿色、环保方向发展

减少机械加工对环境的污染及能源的消耗，实现绿色制造是国民经济可持续发展的需要，也是机械制造业面临的新课题。目前的机械制造业发展是绿色、环保、无污染。作为国家支柱产品的机械制造业，要力争在为经济发展服务的同时，为创建绿色家园、美丽国家做贡献。

二、机械加工的基础知识

机械制造涉及毛坯的加工、金属的切削加工、机械加工工艺流程的制定和装配等相关知识，其中切削加工是机械制造的主要内容。所谓切削加工是指利用切削工具从工件上切除多余材料，以获得符合要求的零件的加工方法，包括钳加工和机械加工。在现代机器制造中，大多数的机械零件，特别是尺寸公差和表面粗糙度要求较高的零件，一般要经过机械加工而得到。

1. 切削运动

金属材料在机床上切削时，工件与刀具的相对运动称为切削运动。切削运动包括主运动和进给运动。

主运动是切除工件表面多余材料所需的最基本的运动。在切削加工中，主运动只有一个，通常速度最高，所消耗的功率最大。

进给运动是使新的金属层继续投入切削的运动。进给运动可以有一个或多个，速度较低，消耗功率较小。

如图 0.1 所示，这两种运动在不同的加工形式中是不同的。

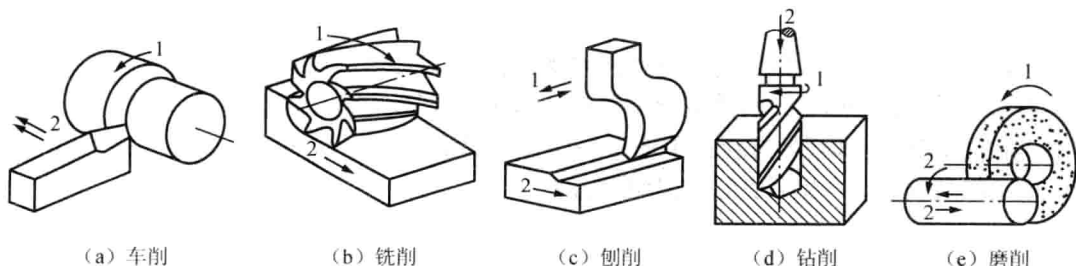


图 0.1 常见切削加工方法的切削运动

1—主运动；2—进给运动

2. 三种表面

在切削过程中，工件上会形成三种表面，如图 0.2 所示。

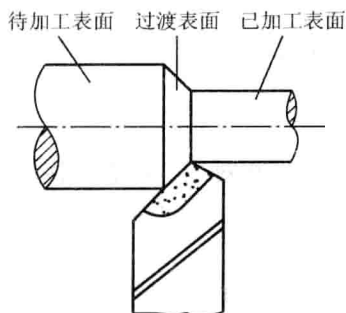


图 0.2 工件上的三种表面

- 1) 待加工表面：工件上有待切除的表面。
- 2) 过渡表面：工件上正在被切削的表面。
- 3) 已加工表面：工件经刀具切削后形成的表面。

提示

工件上三种表面的划分只是为了便于对切削过程的研究。在切削加工过程中，工件的三种表面始终处于不断变化之中。

3. 切削用量

切削用量是在切削加工过程中的切削速度、进给量和背吃刀量的总称，也称为切削三要素。图 0.3 所示为车外圆时的切削用量示意图。切削用量直接影响工件加工质量、刀具的磨损和使用寿命、机床的动力消耗及生产效率等，因此必须合理选择。现以车削加工为例进行说明。

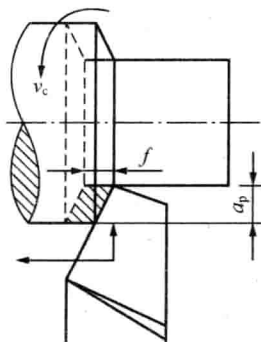


图 0.3 车外圆时的切削用量



(1) 切削速度 v_c

切削速度是切削加工时刀具切削刃上选定点相对于工件在主运动的瞬时速度(线速度), 单位是 m/min (m/s)。车削加工时的瞬时速度计算公式为

$$v_c = \pi d n / 1000$$

式中 d ——待加工表面直径, mm ;

n ——转速, r/min 。

(2) 进给量 f

进给量是刀具在进给运动方向上相对于工件的位移量。车削加工的刀具位移量常用工件每转一转的刀具位移量来表述和度量, 单位为 mm/r 。

(3) 背吃刀量 a_p

背吃刀量是指工件已加工表面和待加工表面之间的垂直距离, 单位为 mm 。在车床上车外圆的计算公式为

$$a_p = (D - d) / 2$$

式中 D ——待加工表面直径, mm ;

d ——已加工表面直径, mm 。

三、本课程的主要内容、学习方法及要求

机械制造技术基础是机械类专业的基础课程, 主要包括毛坯加工、普通机床加工、数控机床加工、特种加工、机械加工工艺规程制定、典型零件加工和部件装配等内容。通过本课程的学习, 可以获得机械加工制造的常用方法及零部件装配的基础知识, 对机械制造过程形成一个较为完整的认识。

通过本课程的学习, 应达到以下要求:

1. 熟悉一般机械加工制造的工艺过程。
2. 掌握机械加工制造常用设备的类型、特点及适用范围。
3. 掌握金属切削加工的常用方法及工艺特点。
4. 了解特种加工的基础知识。
5. 熟悉机械加工工艺规程制定的基础知识。
6. 掌握典型零件的加工工艺。
7. 熟悉典型零部件装配的方法。
8. 了解机械加工制造的新工艺和新方法。

本课程与生产实践联系非常紧密, 要有足够的感性认识, 才能掌握机械加工制造技术的概念、理论和综合实践技术。所以, 在教学中要特别注意理论联系实际, 要尽量采用一体化的教学方式, 让学生在“做中学、学中做”; 条件不具备的可以采用案例教学、企业现场参观、多媒体教学等方式进行弥补, 以加深学生对专业知识的理解和掌握。



复习与思考

1. 21 世纪机械制造技术发展的总趋势是什么?
2. 什么是切削运动? 切削运动分为哪两种?
3. 切削过程中工件上形成哪几种表面?
4. 什么是切削用量?

项目 1

毛坯加工

项目教学目标

【知识目标】

1. 了解铸造、锻造、焊接等的分类和特点。
2. 掌握铸造、锻造、焊接等的方法和应用。
3. 熟悉手工铸造、自由锻造、焊条电弧焊的常见缺陷及其产生原因。

【能力目标】

1. 能根据零件图正确设计加工工艺。
2. 会对零件进行加工，并能达到一定的技术要求。

在金属学中，把高于金属再结晶温度的加工叫作热加工，热加工一般用来制造毛坯。毛坯的加工一般分为铸造加工、锻压加工和焊接加工等。由于毛坯加工时常常加热，所以有时也把毛坯加工称为热加工。热加工能使金属零件在成形的同时改善它的组织，或者使已成形的零件改变结晶状态以改善零件的力学性能。



任务 铸造加工

知识目标

1. 了解铸造的分类和特点。
2. 掌握砂型铸造的方法和应用。
3. 熟悉铸件常见缺陷及其产生原因。

能力目标

1. 能根据零件图设计铸造工艺过程。
2. 会选择合适的造型材料采用手工造型方法完成砂型铸造。

工作任务

采用砂型铸造方法手工铸造如图 1.1 所示的套筒，材料为 HT200，数量 10 件，要求达到图样规定技术要求。

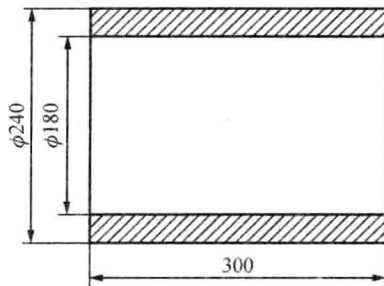


图 1.1 套筒

相关知识

铸造(图 1.2)是将熔融金属浇注、压射或吸入铸型型腔中，待其凝固后获得一定形状和性能铸件的方法。铸造所得到的金属零件或毛坯称为铸件，如图 1.3 所示。铸件被广泛应用于机械零件的毛坯制造，在拖拉机及其他农业机械中，铸件的质量比达40%~70%，在金属切削机床和内燃机行业中占70%~80%，在重型机械设备中更是高达90%左右。



图 1.2 铸造



图 1.3 铸件



1.1.1 铸造的分类及特点

1. 铸造的分类

铸造按生产方式不同,一般分为砂型铸造和特种铸造两类。

(1) 砂型铸造

砂型铸造是用型砂紧实成形的铸造方法。砂型铸造的一般工艺过程:造型→制芯→烘干、合型→浇注→落砂→清理→检验,如图1.4所示。

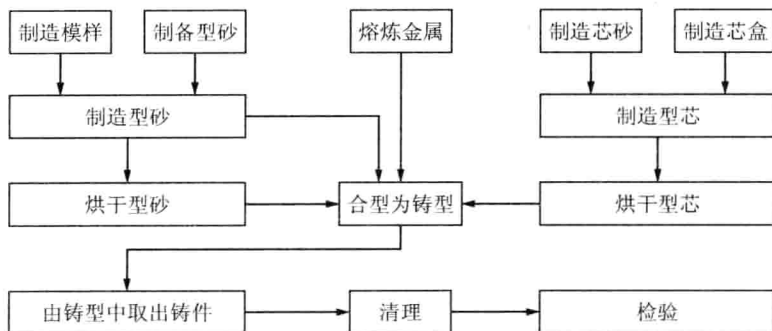


图 1.4 砂型铸造的工艺过程

砂型铸造简单易行,原材料来源广,铸造成本低,见效快,目前在铸造生产中占主导地位。用砂型铸造的铸件,约占铸件总质量的90%。

(2) 特种铸造

除砂型铸造以外的其他铸造均称为特种铸造。常用的特种铸造有金属型铸造、压力铸造、离心铸造、熔模铸造、壳型铸造、陶瓷铸造、连续铸造等。

提示

铸造一般可按以下四步进行:制造具备和零件形状相适应的空腔铸型;制备成分、温度合格的液态金属;将液态金属溶液注入铸型的空腔中;凝固后取出并清理铸件。

2. 铸造的特点

铸造的特点如下:

- 1) 可以铸造各种形状复杂的铸件,如箱体、机架、床身、气缸等。
- 2) 铸件的尺寸与质量几乎不受限制,小至几毫米、几克,大至十几米、数百吨均可以铸造。
- 3) 生产设备简单,投资少,原料来源广,成本低,所以铸件成本低廉。
- 4) 铸件的形状、尺寸与零件非常接近,减少了切削加工的工作量,可以节省大量金属材料。精密铸造件甚至不用任何加工就可使用。
- 5) 铸造生产工序繁多,工艺过程较难控制,容易产生缺陷。
- 6) 铸件的尺寸均一性较差,尺寸精度较低。



7) 铸造生产的工作环境差, 温度高, 粉尘多, 劳动强度大。

1.1.2 砂型制作

1. 造型材料与砂型

(1) 造型材料

造型材料是制造砂型和砂芯的材料, 包括砂、黏土、有机或无机黏结剂和其他附加物。

1) 砂: 通常指硅砂, 主要成分是 SiO_2 , 其为耐火颗粒。粒度一般为 $0.075\sim 1\text{mm}$ 。砂一般分为原砂和旧砂。原砂即为天然砂, 旧砂即为使用过的型砂、芯砂, 经处理后可掺入原砂中使用。

提示

砂的粒度和形状对型砂、芯砂的性能影响很大, 砂粒要粗细均匀, 透气性好。

2) 黏土: 二维层状构造水化酸铝, 其颗粒尺寸小于 $2\mu\text{m}$ 。

3) 黏结剂: 可使型砂、芯砂具有一定的强度和可塑性。

4) 附加物: 能改善型砂、芯砂性能的物质。如加入煤粉可以防止铸件表面粘砂; 加入木屑可以改善透气性和退让性等。

(2) 型砂和芯砂

按一定比例配合、混制, 符合造型要求的材料称为型砂。按一定比例配合、混制, 符合制芯要求的材料称为芯砂。

因砂型在浇注和凝固过程中要承受熔融金属的冲刷、静压力和高温作用, 并要排出大量的气体, 型芯要承受凝固时的收缩力, 因此型砂、芯砂应具有以下几方面的性能。

1) 可塑性: 型砂、芯砂在外力作用下可以成形, 外力消除后仍能保持其形状的性能。可塑性好, 砂型易于成形, 可以获得清晰的砂型, 可以保证精确的轮廓。

2) 强度: 型砂、芯砂抵抗外力破坏的能力。砂型应具有足够的强度, 以抵抗金属溶液的冲击和压力, 防止出现冲砂、塌箱等事故。

3) 耐火度: 型砂在高温熔融金属的作用下不软化、不熔融烧结及不黏附在铸件表面上的性能。耐火度差时会出现铸件表面粘砂, 给清理和切削加工带来困难。

4) 透气性: 金属溶液浇入砂型后, 砂型中的气体透出的性能。如果透气性差, 砂型中产生的气体和熔融金属内部分离出的气体会留在熔融金属内不能排出, 导致铸件出现缺陷。

提示

型砂透气性可用紧实砂样的孔隙度表示。孔隙度是指在标准温度和 0.1MPa 压力下, 1min 内通过 1cm^2 截面面积和 1cm 高试样的空气量 (cm^3)。

5) 退让性: 铸件冷却收缩时, 砂型与型芯的体积可以被压缩的性能。退让性差时, 铸件收缩会受到较大阻碍, 使铸件产生较大的内应力, 甚至产生变形或裂纹等缺陷。