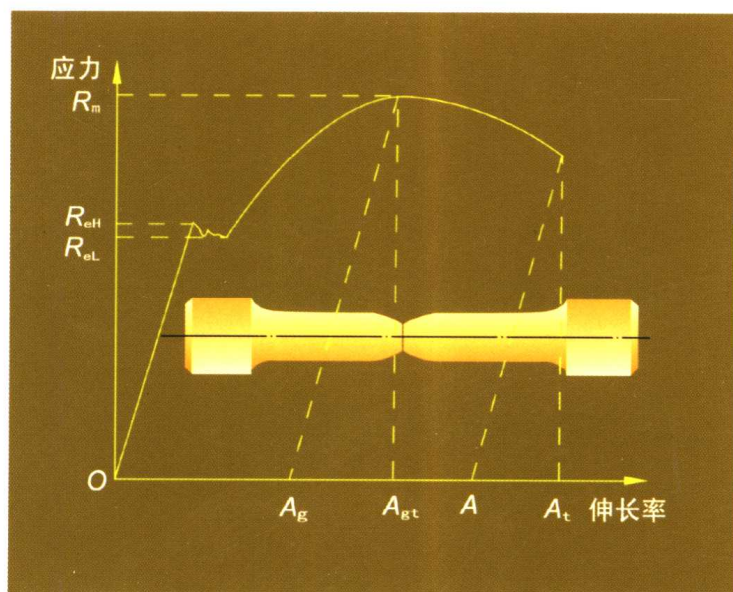


LIXUEXINGNENGSHIYAN

机械工业理化检验人员培训教材



力学性能试验

机械工业理化检验人员技术培训和资格鉴定委员会 编



5

上海科学普及出版社

机械工业理化检验人员培训教材

力学性能试验

机械工业理化检验人员技术培训和资格鉴定委员会 编

上海科学普及出版社

内 容 提 要

本书是在 1989 年原机械电子工业部理化检验人员资格培训教材《力学性能》的基础上编写而成的。本书以现行的国家标准为基础,针对机械行业理化检验工作的实际需要,按照突出重点、确保质量、基础理论与操作技能并重的原则进行编写。全书共分 13 章,较为系统地介绍了钢材取样基本知识、金属的常规力学性能(拉伸、压缩、弯曲、剪切、扭转、硬度、冲击等)试验方法、金属工艺性能试验方法、金属疲劳、断裂韧性、高温强度试验方法、塑料的力学试验方法以及电测力学、试验数据的统计处理的基本知识等。

本书供机械工业一级和二级理化检验人员技术培训使用,并作为三级理化检验人员的基础参考书,也可供冶金、化工、航空航天等其他行业从事力学性能试验工作者以及相关的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

力学性能试验/机械工业理化检验人员技术培训和资格鉴定委员会编.

上海:上海科学普及出版社,2003.5

机械工业理化检验人员培训教材

ISBN 7-5427-2374-X

I. 力... II. 机... III. 金属—力学性能试验—技术培训教材 IV. TG115.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 012903 号

机械工业理化检验人员培训教材

力学性能试验

机械工业理化检验人员技术培训和资格鉴定委员会 编

上海科学普及出版社出版发行

(上海中山北路 832 号 邮政编码 200070)

各地新华书店经销 上海译文印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 17.5 字数 422 000

2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—4 300

ISBN 7-5427-2374-X/TH·18 定价:44.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题

请向出版社联系调换

机械工业理化检验人员培训教材

编辑委员会名单

主任委员: 杨学桐 (中国机械工业联合会)

副主任委员: 贺大钝 (上海材料研究所)

阎育镇 (中国机械工业联合会)

房士义 (山东省机械工业办公室)

委 员: 鄢国强 (上海材料研究所)

王 滨 (上海材料研究所)

马冲先 (上海材料研究所)

蔡宏伟 (上海材料研究所)

陈世朴 (上海交通大学)

马宝钿 (西安交通大学)

云大泰 (天津市检测技术研究所)

刘世良 (一汽集团公司工艺处)

杨明宪 (四川省机械工业理化计量中心)

王承忠 (上海钢铁研究所)

张 乔 (沈阳铸造研究所)

编审人员名单

总 主 编: 鄢国强 (上海材料研究所教授级高级工程师)

《力学性能试验》

卷 主 编: 王 滨 (上海材料研究所教授级高级工程师)

编 写: 陈运远 (上海材料研究所教授级高级工程师)

凌树森 (上海材料研究所教授级高级工程师)

奚建法 (上海材料研究所工程师)
李振厦 (上海材料研究所教授级高级工程师)
王承忠 (上海钢铁研究所教授级高级工程师)
凌霄 (上海材料研究所高级工程师)
丁富连 (宝钢股份有限公司技术中心高级工程师)
李嘉清 (上海材料研究所高级工程师)
何伟康 (上海汽轮机有限公司高级工程师)

卷 主 审: 凌树森 (上海材料研究所教授级高级工程师)
陈运远 (上海材料研究所教授级高级工程师)

《金 相 检 验》

卷 主 编: 蔡宏伟 (上海材料研究所高级工程师)
编 写: 曾振鹏 (上海交通大学教授)
李 晋 (上海材料研究所教授级高级工程师)
强明道 (上海材料研究所高级工程师)
龚应时 (上海材料研究所高级工程师)
张静江 (上海汽车工业质量检测研究所高级工程师)
陆 慧 (上海材料研究所助理工程师)
袁家栋 (上海工具厂高级工程师)
杨 力 (上海材料研究所高级工程师)

卷 主 审: 唐汝均 (上海材料研究所教授级高级工程师)

《化 学 分 析》

卷 主 编: 马冲先 (上海材料研究所教授级高级工程师)
编 写: 胡晓燕 (北京钢铁研究总院教授级高级工程师)
戴亚明 (上海材料研究所高级工程师)
葛 皓 (杭州制氧机研究所高级工程师)
张宏鹤 (上海材料研究所工程师)
陶美娟 (上海材料研究所工程师)
刘 瑾 (上海材料研究所工程师)

卷 主 审: 吴 诚 (上海材料研究所教授级高级工程师)

前 言

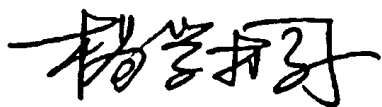
《机械工业理化检验人员培训教材》经编委会和编审组全体人员的努力,经过多位专家、作者的辛勤工作,现和广大理化检验人员见面了。

理化检验工作是一项理论和实践性都很强的工作,对于提高机械工业产品的内在质量和企业竞争力,对于开拓市场和提高用户满意度都是十分重要的,而切实提高机械工业理化检验人员的理论水平、业务素质及实际操作能力是当前机械工业理化检验工作的重要环节和基础工作。

机械工业理化检验工作有着非常良好的专业基础和规范性的科学程序,曾为机械工业的发展做出了重要的贡献。近年来,随着机械工业的发展和信息技术在机械工业的广泛应用,新技术、新材料、新仪器、新理论都不断对机械工业理化检验工作提出了新要求,而由于种种原因,机械工业理化检验工作没有得到应有的发展,理化检验人员也没有得到相应的重视和培养,这种局面必须得到改善。

这套教材就是为了在加强机械工业理化检验人员培训过程中,根据现行标准和技术要求精心编写的,作者皆为长期从事该项工作的专家,因此,这套教材具有先进性、实用性、科学性和权威性。

机械工业理化检验工作一贯得到质检总局有关司局领导的支持和帮助,得到上海材料研究所等单位的支持和协助,对此,一并表示感谢。



2003 年 2 月

目 录

第一章 钢材力学性能试验取样基本

知识 1

第一节 试样类型及取样原则 1

一、力学性能试验的试样类型 1

二、取样的原则 1

三、切取样坯的方法 2

第二节 钢材的取样位置 3

一、型钢 3

二、条钢 4

三、钢板 7

四、钢管 8

第三节 焊接接头的取样 9

一、焊接试板的制备 9

二、样坯的切取 9

思考题 12

第二章 金属材料的拉伸试验 13

第一节 材料在拉伸过程中的物理现象

及有关力学性能术语 13

一、应力及应变 13

二、拉伸时的物理现象 14

三、术语 16

第二节 金属拉伸试样 17

一、拉伸试样的分类 17

二、试样的形状及尺寸 18

三、加工要求 20

第三节 试验设备 20

一、拉力试验机 20

二、引伸计 20

三、高低温试验辅助装置 21

第四节 强度指标和塑性指标的测定 22

一、准备工作 22

二、强度指标测定 23

三、塑性指标测定 28

第五节 弹性模量及泊松比的测定 30

一、弹性模量的测定 30

二、泊松比的测定 32

第六节 应变硬化指数 n 值和平面

塑性应变比 r 值的测定 33

一、应变硬化指数 n 值的测定 33

二、塑性应变比 r 值的测定 34

第七节 高、低温拉伸试验 36

一、高温拉伸试验 36

二、低温拉伸试验 37

第八节 拉伸试验结果处理及数值的

修约 38

一、试验结果的处理 38

二、数值修约 39

三、拉伸试验的力学性能指标修约 39

第九节 影响拉伸试验结果的主要

因素 40

一、试样形状、尺寸及表面粗糙度的

影响 40

二、试样装夹的影响 40

三、试验速度的影响 41

思考题 41

第三章 金属压缩、弯曲和剪切试验 42

第一节 金属压缩试验 42

一、压缩试验的工程应用及特点 42

二、压缩试验时的力学分析 42

三、压缩试样 43

四、试验设备 44

五、压缩力学性能测定 45

六、压缩试验的破坏特征 48

第二节 金属弯曲试验 48

一、弯曲试验的工程应用及特点 48

二、弯曲试验的力学分析 48

三、弯曲试样 52

四、弯曲试验设备 53

五、脆性和低塑性材料的弯曲力学

性能测定 54

第三节 金属剪切试验 57

一、剪切试验的工程应用及特点 57

二、金属剪切试验时的力学分析 58

三、剪切试样 58

四、试验设备	59	二、试样及试验设备	82
五、剪切性能测定	61	三、试验操作要点	84
思考题	62	四、试验结果处理	84
第四章 金属扭转试验	63	五、维氏硬度和布氏硬度的比较	85
第一节 金属材料扭转时的力学性质	63	六、应用范围及优缺点	86
一、扭转时切应变	63	第四节 肖氏硬度试验	86
二、扭转时切应力	64	一、试验原理	86
第二节 扭转试样及试验设备	65	二、试样及硬度计	86
一、扭转试样	65	三、试验操作要点	87
二、试验设备	66	四、试验结果处理	88
第三节 金属扭转力学性能指标的		五、应用范围及优缺点	88
测定	66	第五节 里氏硬度试验	88
一、试验条件	66	一、试验原理	88
二、规定非比例扭转应力 τ_p 的测定	66	二、试验设备	89
三、屈服点 τ_s 、上屈服点 τ_{su} 和下屈服		三、试样	89
点 τ_{sl} 的测定	67	四、操作要点	90
四、抗扭强度 τ_b 与最大非比例切应变		五、试验结果处理	91
γ_{max} 的测定	67	六、应用范围及优缺点	91
五、切变模量 G 的测定	68	第六节 各种硬度及硬度与强度之间	
六、真实规定非比例扭转应力与真实		的换算	91
抗扭强度的测定	68	思考题	92
七、测试结果数值的修约	68	第六章 金属夏比冲击试验	93
第四节 扭转试样的断裂分析	69	第一节 冲击试验原理	93
第五节 全尺寸零部件实体扭转试验		第二节 夏比冲击试样与试验设备	94
简介	69	一、冲击试样	94
思考题	70	二、冲击试验机	96
第五章 金属硬度试验	71	三、温度控制系统	97
第一节 布氏硬度试验	71	四、温度测量系统	97
一、试验原理	71	第三节 常温冲击试验	97
二、相似原理的应用	72	一、试验前准备工作	97
三、试样及试验设备	73	二、试验操作要点	98
四、试验操作要点	74	三、冲击试验结果处理及试验报告	98
五、试验结果处理	76	第四节 高温和低温冲击试验	99
六、应用范围及优缺点	76	一、低温冲击试验	99
第二节 洛氏硬度试验	76	二、高温冲击试验	100
一、试验原理	76	第五节 金属韧脆转变温度及低温系	
二、试样及试验设备	77	列冲击	101
三、试验操作要点	78	一、金属的冷脆现象及韧脆转变	
四、试验结果处理	80	温度	101
五、表面洛氏硬度	80	二、测量方法	101
六、应用范围及优缺点	81	三、脆性断面率的测定	102
第三节 维氏硬度试验	81	四、侧膨胀值的测定	104
一、试验原理	81	第六节 影响冲击性能测定的主要	

因素	105	第六节 金属管工艺性能试验	126
一、与材料有关的因素	105	一、金属管扩口试验	126
二、与样品取样和制备有关的因素	105	二、金属管弯曲试验	127
三、与试验机有关的因素	106	三、金属管卷边试验	128
四、与试验过程有关的因素	106	四、金属管压扁试验	129
第七节 应变时效敏感性试验	106	思考题	131
一、试验原理	106	第八章 金属疲劳试验	132
二、试样	106	第一节 疲劳试验的工程意义和分类	132
三、试验操作要点	107	一、疲劳的定义及疲劳试验的重	
四、试验结果表示	107	要性	132
第八节 落锤试验	107	二、疲劳试验的分类	132
一、试验原理	107	三、疲劳破坏的特征	133
二、试样	108	第二节 循环应力	134
三、试验装置	109	第三节 高周疲劳试验	135
四、试验操作要点	109	一、S-N 曲线和疲劳极限	135
五、落锤试验的应用	111	二、金属弯曲疲劳试验	136
思考题	111	第四节 低周疲劳试验	143
第七章 金属工艺性能试验	112	一、低周疲劳现象和特点	143
第一节 金属弯曲试验	112	二、试样及试验设备	144
一、试样	113	三、试验方法	146
二、试验设备	114	思考题	151
三、试验方法	116	第九章 金属断裂韧性试验	152
四、试验结果评定	117	第一节 断裂力学的基本概念	152
第二节 金属杯突试验	117	一、线弹性断裂力学	152
一、试样	117	二、弹塑性断裂力学	157
二、试验设备	118	第二节 平面应变断裂韧性 K_{IC} 的	
三、试验方法	118	测定	161
四、试验结果评定	119	一、平面应变断裂韧性 K_{IC} 的定义	
第三节 金属线材扭转试验	119	及测试要求	161
一、试样	120	二、试样的制备	161
二、试验设备	120	三、 K_{IC} 的计算	164
三、试验方法	120	四、 K_{IC} 有效性的检验	165
四、试验结果评定	121	第三节 金属裂纹尖端张开位移 CTOD	
第四节 金属顶锻试验	122	的测定	166
一、试样	122	一、裂纹尖端张开位移 CTOD	166
二、试验设备	122	二、试样的制备	166
三、试验方法	122	三、试验方法和试验结果的处理	167
四、试验结果评定	123	第四节 金属材料延性断裂韧度 J_{IC} 的	
第五节 金属反复弯曲试验	123	测定	170
一、试样	123	一、 J 积分和断裂韧度 J_{IC}	170
二、试验设备	124	二、试验方法和试验结果的处理	173
三、试验方法	125	第五节 疲劳裂纹扩展速率 da/dN 的	
四、试验结果评定	126	测定	175

一、疲劳裂纹扩展的特点和规律	175	三、几种基本受力类型的应力测定	220
二、试样的制备	176	思考题	221
三、试验方法和试验结果的处理	178	第十二章 塑料力学性能测试	222
第六节 疲劳裂纹扩展门槛值 ΔK_{th} 的		第一节 塑料的特性及试样制备	222
测定	180	一、塑料力学性能测试的特点	222
一、研究和测定 ΔK_{th} 的目的	180	二、试样的制备	222
二、试验的准备	181	三、测试标准环境的要求	223
三、测定 ΔK_{th} 的 3 种方法	181	四、塑料试样状态调节	223
思考题	184	五、试验机的要求	223
第十章 金属高温强度试验	185	第二节 拉伸性能试验	223
第一节 高温下金属材料的力学性能	185	一、试验原理	223
一、高温下金属材料的力学行为	185	二、试样类型和尺寸	223
二、高温强度试验的重要性	185	三、试验速度的选择	224
三、高温下金属材料的力学性能	185	四、拉伸应力-应变曲线	225
第二节 高温蠕变试验	186	五、试验步骤及要点	225
一、蠕变现象与特征	186	六、试验结果的计算和表示	225
二、蠕变试验方法	188	第三节 弯曲性能试验	226
三、试验结果的处理	190	一、试验原理	226
第三节 持久强度试验	192	二、试样尺寸	227
一、持久强度的定义和技术意义	192	三、试验方法要点	227
二、持久塑性和缺口敏感性	192	四、试验结果的计算和表示	228
三、持久强度试验方法	193	第四节 压缩性能试验	229
四、试验数据的处理	195	一、试验原理	229
第四节 应力松弛试验	200	二、试样尺寸	229
一、应力松弛现象与理论	200	三、试验设备	230
二、应力松弛试验方法	201	四、试验步骤要点	230
三、数据处理与评定	206	五、试验结果的计算	230
第五节 高温试验的温度控制与测量	207	第五节 硬度试验	231
一、温度控制的要求	207	一、邵氏硬度试验	231
二、温度控制系统的组成	208	二、洛氏硬度试验	232
三、温度测量	209	三、球压痕硬度试验	233
思考题	211	第六节 冲击性能试验	234
第十一章 电测力学	212	一、简支梁冲击试验	235
第一节 电阻应变计	212	二、悬臂梁冲击试验	238
一、电阻应变计	212	思考题	240
二、电阻应变计的主要性能指标	214	第十三章 试验数据的统计处理	241
三、电阻应变计的粘贴和接线工艺	214	第一节 试验数据的表示法	241
第二节 电阻应变仪	216	一、试验数据的列表表示法	241
一、电桥测量电路的工作原理	216	二、试验数据的图形表示法	242
二、电阻应变仪的应用	217	三、试验数据的方程表示法	244
第三节 电阻应变测量及应力计算	218	第二节 概率论和数理统计的基本	
一、应力与应变	218	概念	245
二、温度补偿	219	一、概率论基础	245

二、数理统计的基本概念及应用	248	第五节 误差理论的基本概念	258
第三节 力学性能试验结果的统计		一、真值及近似真值	258
处理	249	二、误差的定义及分类	258
一、静强度试验结果的统计处理	249	三、几种常用的误差表示法	260
二、疲劳试验结果的统计处理	250	四、误差的传递	260
第四节 试验结果的不确定度	251	思考题	262
一、测量不确定度的定义	251		
二、测量不确定度的分类	251		
三、不确定度的评定步骤	256		
四、试验结果及其不确定度的有效			
位数	257		
五、不确定度的报告及表示	257		

附录 金属力学及工艺性能试验	
国家标准目录	264
参考文献	267

第一章 钢材力学性能试验取样基本知识

力学性能试验是对材料的各种力学性能指标进行测定的一门实验学科,其测定的对象被称为试样。所谓试样,就是经机加工或未经机加工后具有合格尺寸且满足试验要求状态的样坯。由于很多力学性能试验都带有破坏性,不可能将一批材料都作为试样进行试验来评价该材料的质量,而只能抽取一批材料中的一部分进行试验,根据试验的结果对这批材料的质量做出某种判别,因此,试样的真正意义在于它能代表所在的一批材料,这样,正确取样就成了准确评定材料性能的重要环节。

第一节 试样类型及取样原则

一、力学性能试验的试样类型

力学性能试验的试样可分为 3 种类型。

(一) 从原材料上直接取样

即从原材料上直接切取样坯,然后加工成标准规定的试样,如型材、棒材、板材、管材和线材等,并根据有关标准,在一定的部位取出一定尺寸的样坯,加工成所需的拉伸、弯曲、冲击试样。

(二) 从产品(结构或零部件)的一定部位上取样

即从产品(结构或零部件)的一定部位(一般是最薄弱、最危险的部位)上切取样坯,加工成一定尺寸的试样。通过对这些试样进行力学性能试验,并和实验应力分析相配合,可进一步校正设计计算的正确性,同时在失效分析和安全评估中有重要的作用。

(三) 把实物作为样品

即把结构或零部件作为样品,直接进行力学性能试验,如弹簧、螺栓、齿轮、轴承等。

二、取样的原则

(一) 取样对力学性能试验结果的影响

取样部位、取样方向和取样数量是对材料性能试验结果影响较大的 3 个因素,被称为取样三要素。

1. 取样部位 由于金属材料在冷热变形加工过程中,变形量不会处处均匀,材料内部的各种缺陷分布和金属组织也不均匀,因此,在产品的不同部位取样时,力学性能试验结果必然不同。如大直径圆钢的中心部位的抗拉强度就低于其他部位的抗拉强度,槽钢在其腰部不同高度处取样,其拉伸性能也有差异等等。

2. 取样方向 钢材轧制或锻造时,金属沿主加工变形方向流动,晶粒被拉长并排成行,且夹杂也沿主加工变形方向排列,由此造成材料性能的各向异性。纵向试样(试样纵向轴线与主加工方向平行)和横向试样(试样纵向轴向与主加工方向垂直)有较大的差异,如薄板材料纵向试样的抗拉强度,下屈服强度都高于横向试样,断面收缩率更是远远大于横向试样。

3. 取样数量 某些力学性能指标对试验条件和材料本身的特性十分敏感,因此,一个

试样的试验结果的可信度太低,但取样数量太多,则造成人力、材料和时间的浪费,为了确定最小取样数量,须根据试验类型、产品和材料性能的用途、试验结果的分散性以及经济因素对具体问题进行具体分析。如冲击性能试验结果往往就比较分散,一般每次取 3 个试样进行试验。

(二) 样品的代表性

由于取样部位、方向对试验结果有影响,因此必须对取样的部位和方向做统一的规定,这样不同的人或不同的试验室对同一产品所做的力学性能试验结果才可以相互比较。我国国家标准 GB/T 2975—1998《钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备》对钢和钢产品力学性能试验的取样位置包括取样方向做了一般性的规定。此外,不少产品标准和协议也都根据产品的特点明确规定了取样部位和方向。这些标准规定取样部位时,有的是出于该部位能代表产品的平均性能,如大直径的圆钢,中心的强度比靠近表面部位低,故把半径的 1/2 部位规定为取样位置;有的是出于取样方便,如线材,在长度方向上性能无明显差异,就规定在两头部位取样等。对原材料产品按这些标准规定的位置取样时,就认为其具有代表性。

当在实际零部件上取样时,一般取其最危险、最薄弱的部位,因为最薄弱、最危险处的力学性能决定了产品的性能。此外,还应考虑试样的受力状态与零部件的受力状态相一致,否则试验就失去了意义。

三、切取样坯的方法

常用的样坯切取方法有冷剪法、火焰切割法、砂轮片切割法、锯切法等,无论采取哪种方法,都应遵循以下原则:

- (1) 样坯都应在外观及尺寸合格的钢材上切取;
- (2) 切取样坯时,应防止因过热、加工硬化而影响其力学及工艺性能;
- (3) 取样时,应对样坯和试样作出不影响其性能的标记,以保证始终能识别取样的位置和方向。

采用火焰切割法取样时,由于材料是在火焰喷嘴下熔化而使样坯从整体中分离出来,在熔化区附近,材料承受了一个从熔化到相变点以下大温度区域,这一局部的高温将会引起材料性能的很大变化,因此,必须留有足够的切割余量,以便通过试样加工将过热区的材料去除以不影响试样的性能。这一余量的规定为:一般应不小于钢材的厚度或直径,但最小不得少于 20 mm。对于厚度或直径大于 60 mm 的钢材,其切割余量可根据供需双方协议适当减少。同理,采用冷剪法切取样坯时,在冷剪边缘会产生塑性变形,厚度或直径越大,塑性变形的范围也越大,为此,必须按表 1-1 留下足够的剪割余量。

表 1-1 冷剪样坯所留加工余量

厚度或直径/mm	加工余量/mm
≤4	4
>4~10	厚度或直径
>10~20	10
>20~35	15
>35	20

第二节 钢材的取样位置

GB/T 2975—1998《钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备》对型钢、条钢、钢板和钢管的拉伸、冲击和弯曲试验的取样位置做了一般性规定。其中当在钢材表面切取弯曲试样时,如机加工和试验机能力允许,应制备成全截面或全厚度的弯曲试样;如机加工和试验机能力有限,则弯曲试样也应至少保留一个原表面。

一、型钢

对于型钢,即我们常说的 L 型钢、槽钢、T 型钢、工字钢、乙字钢等,应在腿长 $1/3$ 处取拉伸、弯曲和冲击样坯;但对于腿部有斜度的型钢(如工字钢、槽钢),应在腰部 $1/4$ 处取样(经协商认同也可在腿部取样),如图 1-1 所示。

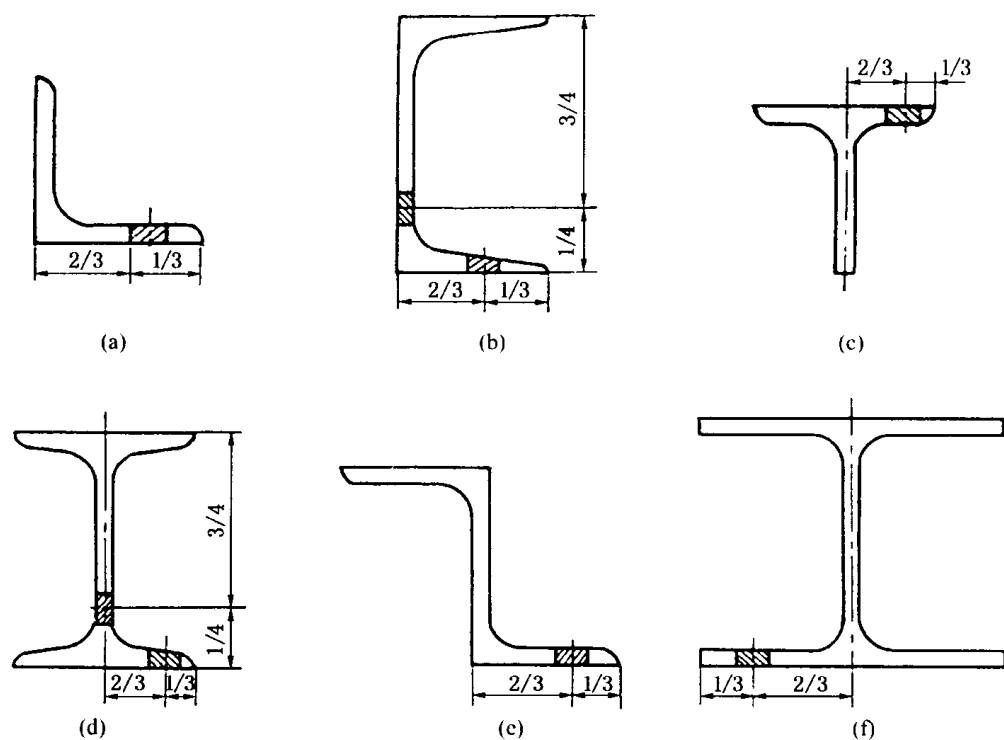
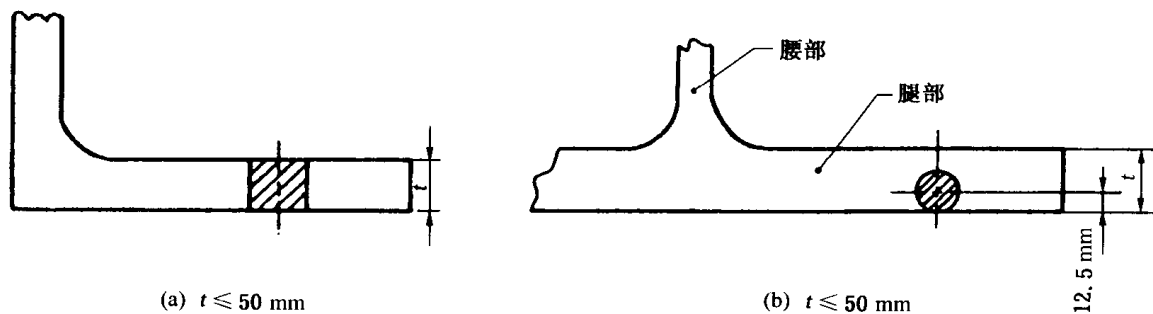


图 1-1 在型钢腿部宽度方向切取样坯的位置

型钢中切取拉伸样坯时,应尽可能取腿部全厚度样坯。如试验机能力不够时,则在其样坯中心线为厚度 $1/4$ 或距底部 12.5 mm 处取样,取两者数字较大者,见图 1-2。型钢中冲击样坯的方向,见图 1-3。



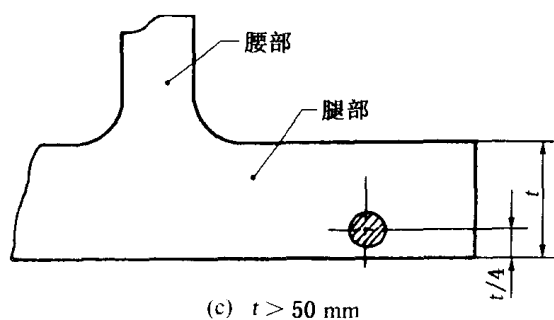


图 1-2 在型钢腿部厚度方向切取拉伸样坯的位置

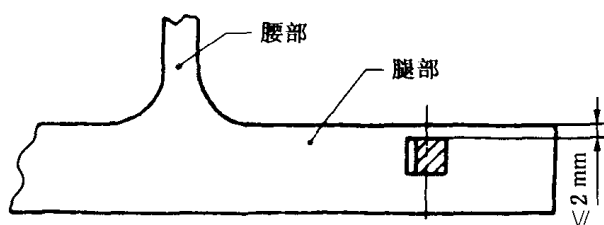


图 1-3 在型钢腿部厚度方向切取冲击样坯的位置

二、条钢

条钢包括圆钢、六角钢和矩形截面钢。条钢取拉伸样坯时,如试验机能力允许时,应尽可能取全截面做拉伸试验;如试验机能力不够时,圆钢按图 1-4 取样,六角钢按图 1-5 取样,矩形截面钢按图 1-6 取样。

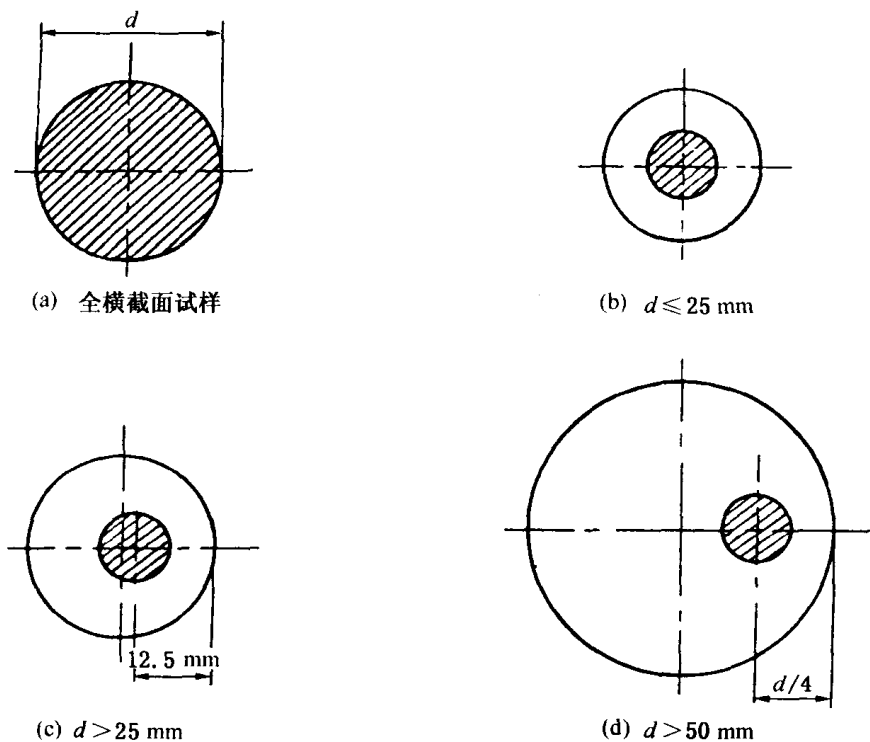


图 1-4 在圆钢上切取拉伸样坯的位置

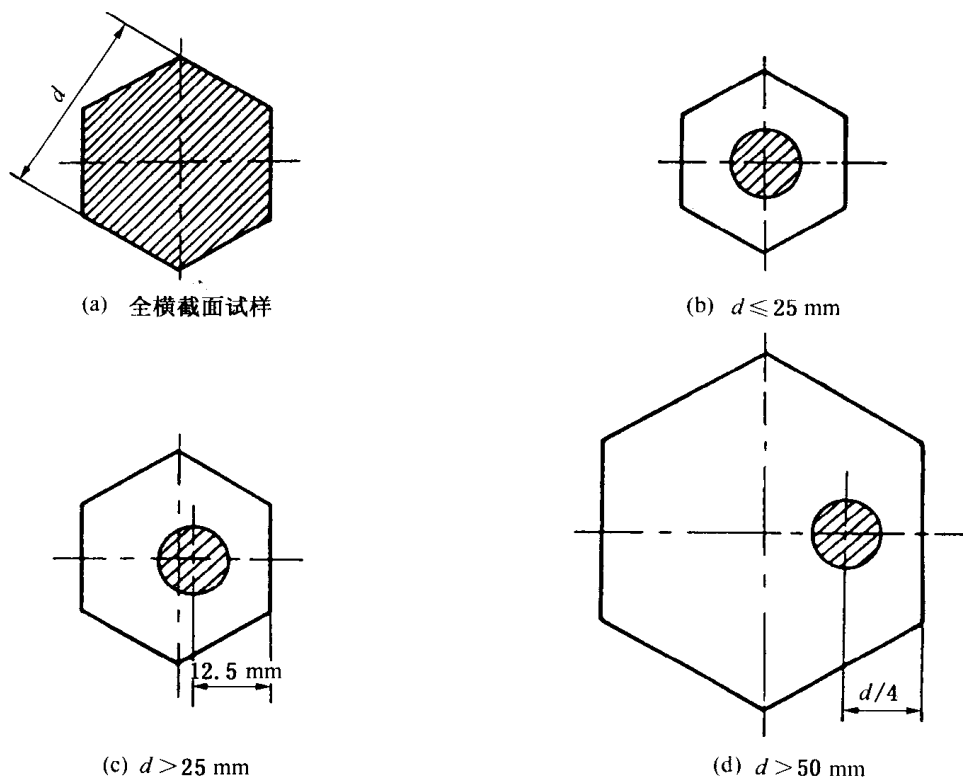


图 1-5 在六角钢上切取拉伸样坯的位置

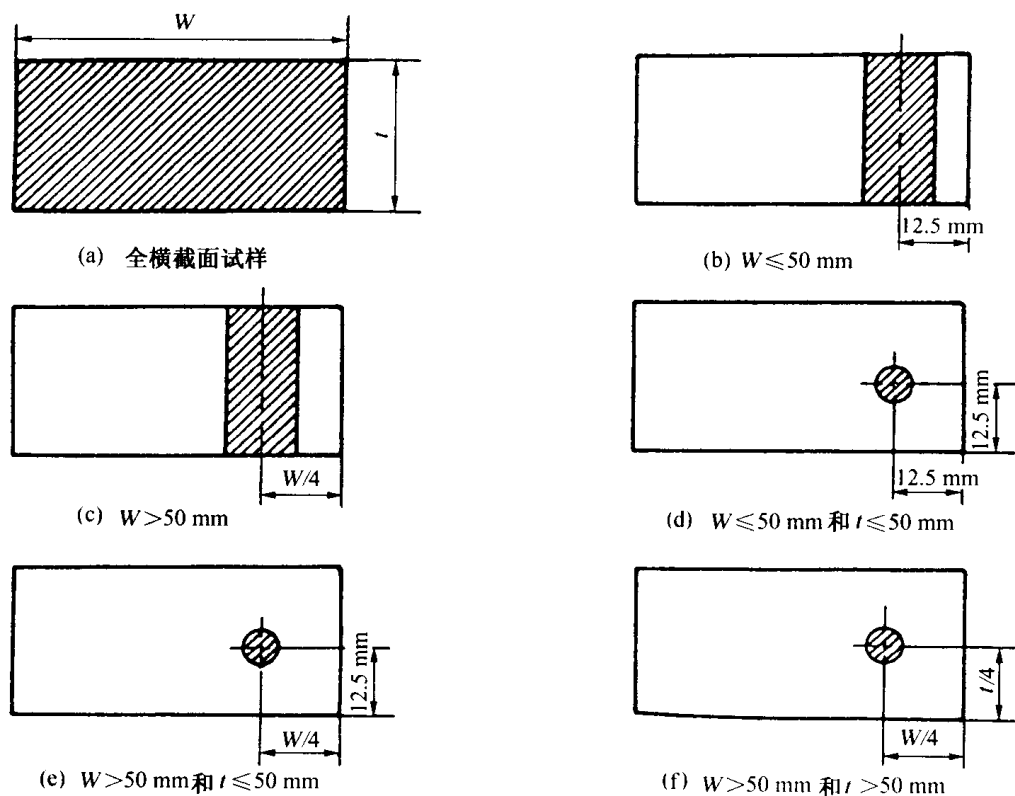


图 1-6 在矩形截面条钢上切取拉伸样坯的位置

圆钢、六角钢和矩形截面钢上切取冲击样坯的位置分别见图 1-7、图 1-8 和图 1-9。

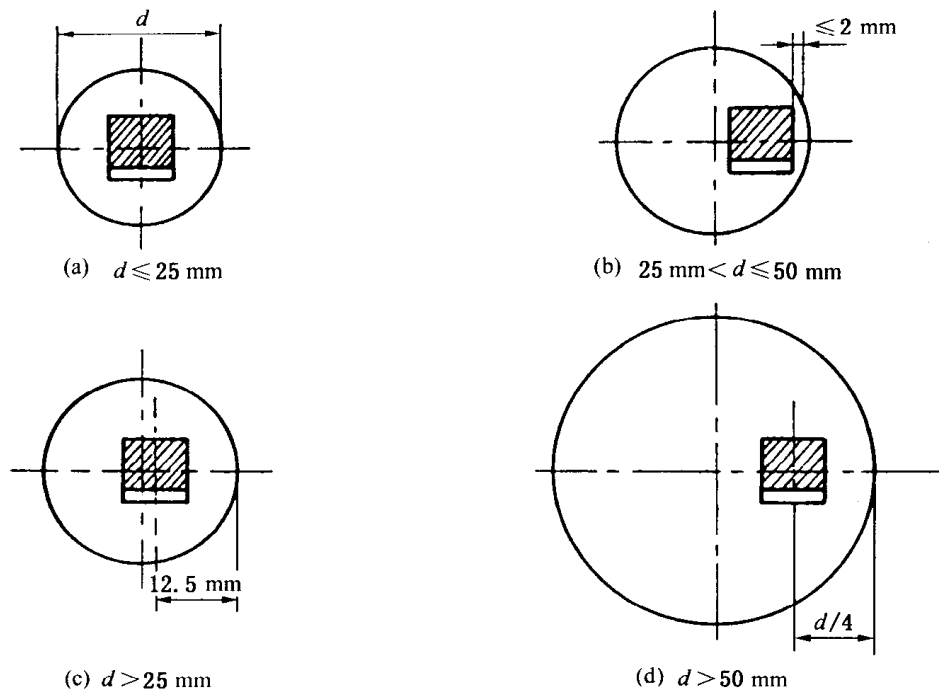


图 1-7 在圆钢上切取冲击样坯的位置

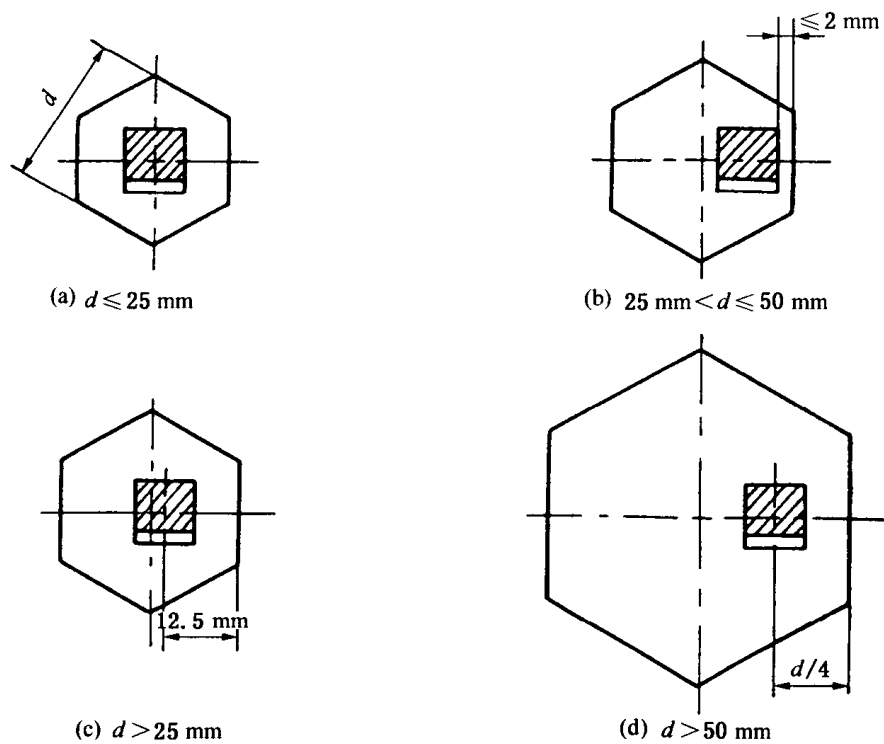


图 1-8 在六角钢上切取冲击样坯的位置