

技工学校机械类通用教材

金属工艺学

技工学校机械类通用教材编审委员会 编



机械工业出版社

本书供技工学校机械类冷、热加工工种的学生使用。

全书内容共分四篇。第一篇为金属学基础知识,介绍金属的内部构造、结晶和塑性变形理论,以及铁碳合金状态图;第二篇为材料与热处理,介绍常用金属材料 and 热处理的一般知识,并附加一章非金属材料;第三篇为热加工工艺,简述铸造、压力加工、焊接的加工方法及其工艺特点;第四篇为冷加工工艺,介绍车、刨、钻、铣、磨、齿轮加工和钳工加工的常用设备和工艺过程。学完本书后,可对金属材料及其加工的全过程有一概貌性的了解,能为学习专业课程准备较为全面的技术基础知识。

本书原按一九七八年制订的全国技校金属工艺学教学大纲编写,后根据一九七九年八月青岛审稿会议的意见,作了部分修改,因而个别地方与大纲略有出入,使用时可按各地实际情况及工种特点适当增删。

本书由朱渊澄、陈明深、吴伯庆、潘金龙、陈耀林等同志编写,并由姚湘元、李秀珍、刘学参、王希孟、戴忠寿等同志参加审稿。

金 属 工 艺 学

技工学校机械类通用教材编审委员会 编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号),
(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

广西民族印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本787×1092 1/16·印张17·插页1·字数414千字
1980年8月北京第一版·1985年4月广西第六次印刷
印数 1,076,501—1,311,500·定价2.30元

*

统一书号: 15033·4950

前 言

建国以来,我国的技工教育事业曾得到很大发展。技工学校的广大干部、教师辛勤劳动,努力工作,积累了不少教学经验,并编写过一套比较完整的技工学校教材,对保证教学质量、培训合格的技术工人,支援祖国的社会主义建设,发挥过积极的作用。

文化大革命中,由于林彪、“四人帮”对我国教育事业的严重破坏,技工学校的教学文件和设备几乎损失殆尽,教师队伍备受摧残。

粉碎“四人帮”以后,技工学校迅速得到恢复和发展,对教学计划、教学大纲和教材的需要均甚感迫切。

为了满足教学需要,不断提高技工学校的培训质量,加速实现我国的四个现代化,国家劳动总局和第一机械工业部委托上海市劳动局、上海市第一机电工业局负责全国机械类技工学校教材的编写工作。这次编写的教材共二十二种。计有:语文、数学、物理、化学、工程力学、机械基础、金属工艺学、电工与电子基础、机械制图、车工工艺学、钳工工艺学、铣工工艺学、磨工工艺学、刨工工艺学、铸工工艺学、锻工工艺学、木模工艺学、焊工工艺学、热处理工艺学、电工工艺学、冷作工艺学和工业企业管理基本常识。这套教学计划、教学大纲和教材,分别适用于二年制(招收高中毕业生)和三年制(招收初中毕业生)技工学校(其中数学,语文,物理,化学主要是供招收初中毕业生的学校使用的)。

在教学计划、教学大纲和教材的编写中,我们在坚持以生产实习教学为主的原则的同时,还强调了基本理论和基本技能的训练,注意了新技术、新工艺的吸收。在教学计划说明中,对各门课程的授课目的,提出了明确的要求,以便使这套教学文件能够更好地适应四个现代化的需要。

由于编写时间仓促,加之编写经验不足,这套教材可能尚存在不少缺点和错误,我们恳切地希望同志们提出批评指正,以便作进一步的修改。

技工学校机械类通用教材编审委员会

一九七九年五月

目 录

前 言	
绪 论	1

第一篇 金属学基础知识

第一章 金属的性能	3
§ 1-1 金属的物理性能和化学性能	3
§ 1-2 金属的机械性能	5
§ 1-3 金属的工艺性能	15
复习题	16
第二章 金属的构造与结晶	17
§ 2-1 纯金属的构造	17
§ 2-2 金属的结晶	18
§ 2-3 金属的铸态组织	21
§ 2-4 合金的构造	23
§ 2-5 合金的结晶及其状态图	24
复习题	26
第三章 金属的塑性变形和再结晶	27
§ 3-1 塑性变形的概念	27
§ 3-2 金属的冷塑性变形	29
§ 3-3 回复和再结晶	30
§ 3-4 金属的热塑性变形	31
复习题	33
第四章 铁碳合金状态图	34
§ 4-1 纯铁的同素异构转变	34
§ 4-2 铁碳合金的基本组织	35
§ 4-3 铁碳合金状态图	37
复习题	46

第二篇 材料和热处理

第五章 碳素钢	47
§ 5-1 常存杂质对钢性能的影响	47
§ 5-2 碳素钢的分类	48
§ 5-3 碳素结构钢	49
§ 5-4 碳素工具钢	53
§ 5-5 铸钢	54
复习题	55
第六章 钢的热处理	56

§ 6-1 钢在加热时的组织转变	56
§ 6-2 钢在冷却时的组织转变	58
§ 6-3 退火与正火	62
§ 6-4 钢的淬火	63
§ 6-5 钢的回火	67
§ 6-6 钢的表面热处理	71
复习题	75
第七章 合金钢	76
§ 7-1 合金元素对钢性能的影响	76
§ 7-2 合金钢的分类及编号	78
§ 7-3 合金结构钢	79
§ 7-4 合金工具钢	82
§ 7-5 特殊性能钢	85
复习题	87
第八章 铸铁	88
§ 8-1 铸铁的石墨化及其影响因素	88
§ 8-2 灰口铸铁	89
§ 8-3 可锻铸铁	92
§ 8-4 球墨铸铁	94
§ 8-5 合金铸铁	97
复习题	98
第九章 钢铁的简易鉴别	100
§ 9-1 火花鉴别法	100
§ 9-2 断口鉴别法	104
§ 9-3 钢的涂色标志	106
复习题	106
第十章 有色合金	107
§ 10-1 铝与铝合金	107
§ 10-2 铜与铜合金	110
§ 10-3 钛与钛合金	114
§ 10-4 轴承合金	116
§ 10-5 粉末合金和硬质合金	119
复习题	121
第十一章 金属的腐蚀及防止方法	122
§ 11-1 金属的腐蚀	122
§ 11-2 防腐方法	123
复习题	124
第十二章 非金属材料	125
§ 12-1 工程塑料	125
§ 12-2 复合材料	126
§ 12-3 胶粘剂	127
§ 12-4 其他非金属材料	128
复习题	130

第三篇 热加工工艺

第十三章 铸造	131
§ 13-1 砂型的制造	131
§ 13-2 铸造合金和熔炼	138
§ 13-3 浇注、落砂和清理	140
§ 13-4 铸件常见缺陷和防止方法	141
§ 13-5 特种铸造	142
复习题	146
第十四章 金属压力加工	147
§ 14-1 金属的加热和锻造温度范围	147
§ 14-2 自由锻和模锻	149
§ 14-3 板料冲压	156
§ 14-4 轧制和拉制	159
§ 14-5 少无切削加工工艺	161
复习题	165
第十五章 焊接	166
§ 15-1 电弧焊	166
§ 15-2 气焊和气割	174
§ 15-3 其他焊接方法	179
§ 15-4 常用金属材料的焊接	181
§ 15-5 焊接缺陷及焊缝质量的分析与检查	182
复习题	186

第四篇 冷加工工艺

第十六章 金属切削加工基本知识	187
§ 16-1 切削运动和切削用量	187
§ 16-2 金属切削刀具	189
§ 16-3 切屑的形成及其种类	192
§ 16-4 切削力	193
§ 16-5 切削热和冷却润滑液	193
§ 16-6 工件材料的切削加工性	194
§ 16-7 金属切削机床的分类与型号	195
复习题	197
第十七章 车削	198
§ 17-1 普通车床	198
§ 17-2 车刀种类及车床工作	204
§ 17-3 其他车床	208
复习题	209
第十八章 刨削与拉削	210
§ 18-1 刨削	210

§ 18-2 刨床类机床	212
§ 18-3 拉削	215
复习题	216
第十九章 钻削和镗削	217
§ 19-1 钻削	217
§ 19-2 钻床	220
§ 19-3 镗削	221
复习题	222
第二十章 铣削	223
§ 20-1 铣削过程的分类及特点	223
§ 20-2 铣刀及其应用	225
§ 20-3 铣床及铣床附件	227
§ 20-4 铣床上能完成的工作	230
复习题	233
第二十一章 磨削	234
§ 21-1 磨削特点	234
§ 21-2 砂轮	235
§ 21-3 磨削工艺及磨床	237
复习题	240
第二十二章 齿轮加工	241
§ 22-1 仿形法	241
§ 22-2 展成法	242
复习题	245
第二十三章 钳工加工	246
§ 23-1 划线	246
§ 23-2 錾削	248
§ 23-3 锯割	250
§ 23-4 锉削	251
§ 23-5 攻丝和套扣	254
§ 23-6 刮削和研磨	256
§ 23-7 铆接	259
§ 23-8 装配的基本知识	260
复习题	263

常用符号表

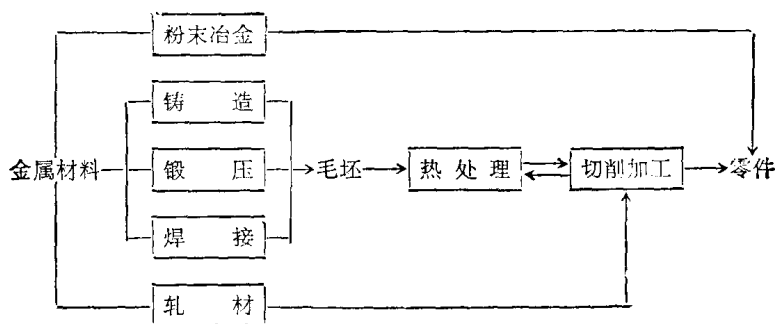
A	——奥氏体
$\text{\AA}$	——埃(10^{-8} 厘米)
a	——晶格常数($\text{\AA}$)
A_{c1}	——加热下临界点($^{\circ}\text{C}$)
A_{c3}	——亚共析钢加热上临界点($^{\circ}\text{C}$)
A_{cm}	——过共析钢加热上临界点($^{\circ}\text{C}$)
A_k	——冲击功(公斤力·米)
a_k	——冲击韧性(公斤力·米/厘米 ²)
A_{r1}	——冷却上临界点($^{\circ}\text{C}$)
A_{r3}	——亚共析钢冷却上临界点($^{\circ}\text{C}$)
$A_{r_{cm}}$	——过共析钢冷却上临界点($^{\circ}\text{C}$)
F	——铁素体
Fe_3C	——渗碳体
HB	——布氏硬度
HRC	——洛氏 C 标硬度
HV	——维氏硬度
L	——液体相
Ld	——高温莱氏体
L'd	——低温莱氏体
M	——马氏体
M_s	——马氏体开始转变温度($^{\circ}\text{C}$)
M_f	——马氏体转变终了温度($^{\circ}\text{C}$)
P	——珠光体
V	——冷却速度
δ	——延伸率(%)
σ_b	——抗拉强度(公斤力/毫米 ²)
σ_s	——屈服极限(公斤力/毫米 ²)
σ_p	——比例极限(公斤力/毫米 ²)
$\sigma_{0.2}$	——条件屈服极限(公斤力/毫米 ²)
σ_{-1}	——疲劳强度(公斤力/毫米 ²)
ψ	——断面收缩率(%)

绪 论

现代工业生产中,不论是机器制造、冶金矿山、交通运输,还是建筑、化工、轻纺、电子仪表以至宇航工业,金属材料都是不可缺少的。因而,研究金属材料及其加工工艺是非常重要的,尤其对于机器制造行业的技术工人更有其特殊重要的意义。

金属工艺学是一门综合性的技术基础课,它是介绍金属材料以及如何把金属材料制成机器零件的加工方法的一门课程。

在实际生产中,用冶炼所得的金属材料制成机器零件的过程,可概括起来用图表加以说明:



金属工艺学包括以下四部分内容:

金属学基础知识: 介绍金属与合金的结晶构造及其性能、成分、组织之间关系的有关知识。

材料和热处理: 介绍各种常用的金属材料,如钢、铁、有色金属,及其热处理的基本知识。此外,由于非金属材料的应用日益扩大,因此也简单介绍一些常用的非金属材料。

热加工工艺: 包括制成毛坯的各种基本方法,如铸造、压力加工、焊接等。

冷加工工艺: 包括切削加工基本知识,简单介绍车、铣、刨、磨、钳等基本加工方法以及常用齿轮零件的加工。

我国是使用金属材料最早的国家之一。我国使用铜的历史约在四千年以前。大量出土的上古时代青铜器,说明在商代(公元前1562~1066年)就有了高度发达的青铜技术。例如河南安阳出土的司母戊大方鼎,带耳高1.37米,横1.1米,宽0.77米,重达875公斤。这是商殷祭器,体积庞大、花纹精巧、造型精美,在当时的条件下要浇铸这样大的器物,如果没有大规模的劳动分工和熟练的铸造技术,是不可能成功的。

世界上铁的应用也以我国为最早。河北藁城出土的一件商代铁刃铜钺,说明约公元前1400年我国劳动人民就已经掌握锻打和铸接铜与铁的技术。在春秋中期(公元前700~600年)我国发明了生铁冶炼技术,现有春秋晚期的白口生铁实物出土,而欧洲直到十四世纪才炼出生铁。战国早期洛阳地区已能用白口生铁铸件经热处理得到可锻铸铁。据了解,欧洲在十八世纪才有白心可锻铸铁,美洲十九世纪才开始生产黑心可锻铸铁,比我国晚了两千多年。

我国古代的炼钢技术也有很高的成就。块铁(海绵状熟铁)渗碳的制钢技术发明于公元前五到四世纪。西汉末年发明炒钢技术,并记载在东汉《太平经》上,这是两步炼钢法的开始。当

英国于十八世纪中叶发明炒钢法时,马克思曾给以极高的评价,认为具有划时代的意义。我国较之要早一千七百年以上。

在冶金、熔铸、锻造、热处理、切削加工等各个方面,我国劳动人民都有过辉煌的成就,并在各种史籍资料中得到记载。中国的这些发明和发现往往远远超过同时代的欧洲,特别是在十五世纪之前更是如此。我国古代的科学技术确在很多领域占有过遥遥领先的地位。只是到了近代,由于封建制度的日益腐败,解放前百余年间外国的侵略和国内统治阶级的愚昧反动,才使我国科学技术的发展停滞落后了。

金属工艺学内容广泛,是为深入学习专业课和掌握熟练的操作技能打下基础的课程,教学中必须根据工种的要求,认真贯彻“少而精”的原则,突出重点,紧密结合生产实际,尽量满足实际工作中对材料及工艺知识的需要。学生在学习时,也应与各专科工艺学和实习劳动中的材料和工艺问题结合起来,加强理论与实践的联系,以巩固所学的知识。

第一篇 金属学基础知识

第一章 金属的性能

机械工业生产中使用的金属材料种类很多, 要正确合理地选用材料, 充分发挥其性能潜力, 达到既节约金属又保证产品质量的目的, 就必须掌握金属材料的性能。

§ 1-1 金属的物理性能和化学性能

金属的物理性能, 包括重度、熔点、导热性、导电性、热膨胀性和磁性等。金属的化学性能是指金属在化学作用下表现的性能, 如耐腐蚀性和热安定性等。

一、重度

重度是物体重量和其体积的比值; 金属的重度即是单位体积金属的重量, 符号用 γ 表示, 计算公式如下:

$$\gamma = \frac{G}{V} (\text{克力/厘米}^3)$$

式中 G ——物体的重量(克力);

V ——物体的体积(厘米³);

γ ——物体的重度(克力/厘米³)。

在飞机、导弹、宇宙火箭、人造卫星的设计制造中, 零件的重量是个关键问题。同一金属由于温度不同, 成分纯杂和加工方法不同, 都可能影响它的重度。在实际工作中, 常用重度公式计算大型零件的重量。一般将重度小于 5 (克力/厘米³) 的金属称为轻金属, 重度大于 5 (克力/厘米³) 的金属称为重金属。

二、熔点

金属或合金的熔化温度, 称为熔点。金属都有固定的熔点。

属于难熔的金属有钨、钼、铬、钒等, 属于易熔的金属有锡、铅、锌等。

三、热膨胀

金属和合金受热时, 它的体积会增大, 冷却时则收缩。金属的这种性能称为热膨胀性。热膨胀的大小, 用线胀系数或体胀系数来表示。线胀系数的计算公式如下

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1 t} (\text{厘米/厘米}^\circ\text{C})$$

式中 l_1 ——膨胀前长度(厘米);

l_2 ——膨胀后长度(厘米);

t ——升高的温度($^\circ\text{C}$);

α ——线膨胀系数(厘米/厘米 $^\circ\text{C}$)。

体胀系数是线胀系数的三倍。在实际工作中应该考虑热膨胀的影响,例如铸造冷却时工件的体积收缩,精密量具因受温度变化而引起读数误差等。

例 有一车工,车削一根长 1000 毫米的黄铜棒,车削时铜棒温度由 10°C 升高到 30°C ,求这时铜棒的长度为多少?试说明该车工在测量铜棒长度时应考虑什么因素。(黄铜线膨胀系数为 0.0000178 厘米/厘米 $^{\circ}\text{C}$)

解

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1 t} \text{ (厘米/厘米 } ^{\circ}\text{C)}$$

$$\alpha = 0.0000178 \text{ (厘米/厘米 } ^{\circ}\text{C)}$$

$$l_1 = 1000 \text{ 毫米,}$$

$$t = 30^{\circ} - 10^{\circ} = 20^{\circ}\text{C}$$

代入公式:

$$0.0000178 = \frac{l_2 - 1000}{1000 \times 20}$$

$$l_2 = 0.0000178 \times 20000 + 1000 = 1000.356 \text{ 毫米}$$

说明由于铜棒车削时受热膨胀的影响伸长了,因此在测量铜棒时不应仍以 1000 毫米来测量,要考虑铜棒的热膨胀量。

四、导热性

金属在加热或冷却时能够传导热能的性质称为导热性。为比较金属的导热性,设导热性最好的银的导热率为 1,则铜的导热率为 0.9,铝为 0.5,铁为 0.18,汞为 0.02 等。

金属导热性的具体数值用金属的导热系数 λ 表示。即规定在每 1 厘米²的金属面积上,以每厘米长的金属在每秒升温一度时所传导的热量卡作标准。导热系数的单位是卡/厘米·秒 $^{\circ}\text{C}$ 。

导热性好的金属散热也好,在制造散热器、热交换器等零件时,就要注意选用导热性好的金属。

五、导电性

金属能够传导电流的性能,称为导电性。

导电性的好坏,用电阻系数表示,电阻系数越小,导电性就越好。导电性最好的是银,其次是铜和铝,工业上常用铜、铝或它们的合金做导电结构材料,用导电性较差(即电阻很高)的合金材料做电热元件或零件。

长一米截面积一平方毫米的物体在一定温度下所具有的电阻数,叫做电阻系数,用符号 ρ 表示。单位是 $\frac{\text{欧姆} \cdot \text{毫米}^2}{\text{米}}$ 。

六、磁性

金属能导磁的性能,称为磁性。具有导磁能力的金属都能被磁铁吸引。如铁、镍、钴等都具有较高的磁性,也称为磁性金属。但对于某些金属来说,磁性也不是固定不变的,当温度升高时,磁性金属或合金有的会消失磁性,如铁在 770°C 以上就没有磁性。

七、耐腐蚀性

金属材料在常温下抵抗氧、水蒸汽等介质腐蚀的能力,称为耐腐蚀性。

八、热安定性

金属在高温下对氧化的抵抗能力称为热安定性。如工业用的锅炉、加热设备、汽轮机、喷

表 1-1 常用金属的物理性能

金属名称	符 号	密 度* $\rho(20^{\circ}\text{C})$ (克/厘米 ³)	熔 点 ($^{\circ}\text{C}$)	导 热 系 数 λ (卡/厘米·秒· $^{\circ}\text{C}$)	线膨胀系数 $\alpha(0\sim 100^{\circ}\text{C})$ ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	电 阻 系 数 $\rho(0^{\circ}\text{C})$ (10^{-6} 欧姆·厘米)
银	Ag	10.49	960.8	1.0	19.7	1.5
铝	Al	2.6984	660.1	0.53	23.6	2.655
铜	Cu	8.96	1083	0.94	17.0	1.67~1.68(20°C)
铬	Cr	7.19	1903	0.16	6.2	12.9
铁	Fe	7.87	1537	0.18	11.76	9.7
镁	Mg	1.74	650	0.367	24.3	4.47
锰	Mn	7.43	1244	0.0119(-192°C)	37	185(20°C)
镍	Ni	8.90	1453	0.22	13.4	6.84
钛	Ti	4.508	1677	0.036(α)	8.2	42.1~47.8
锡	Sn	7.298	231.91	0.150	2.3	11.5
钨	W	19.3	3380	0.397	4.6(20°C)	5.1

* 密度: 单位体积的质量。 $\rho = \frac{m}{V}$ (克/厘米³), m 物体的质量, V 物体的体积。

气发动机、火箭、导弹等, 有许多零件在高温下工作, 制造这些零件的材料, 就要求有良好的热安定性。

§ 1-2 金属的机械性能

机械零件在使用过程中, 受到不同形式外力的作用, 如拉伸力、压缩力、剪切力等, 所谓金属的机械性能, 是指金属抵抗外力的能力。

机械性能的基本指标有强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

当金属材料受外力作用时, 这种外力称为载荷(或称负荷、负载); 受外力后形状改变, 称为变形。载荷因其作用性质不同, 可以分为静载荷、冲击载荷和交变载荷等。

静载荷 是指大小不变或变动很慢的载荷。

冲击载荷 是指突然增加的载荷。

交变载荷 是指大小或方向作周期性变换的载荷。

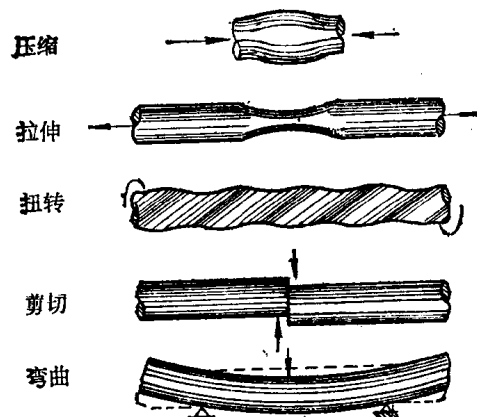


图 1-1 金属在受载时的变形分类

材料受载荷作用后的变形, 可分为拉伸、压缩、剪切、扭转和弯曲等。图 1-1 是金属材料在不同载荷作用下的变形情况。图 1-2 是铆钉受剪切载荷的情况。

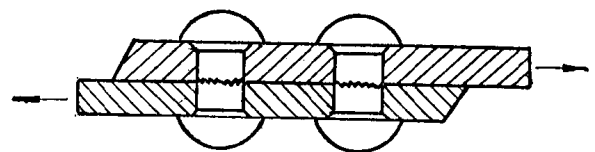


图 1-2 剪切载荷(铆钉)

一、强度

材料的强度可通过拉伸试验求得。

拉伸试样 进行拉伸试验时,采用如图 1-3a 所示的拉伸试样。试样可分为长短两种,长试样 $L_0:d_0=10$,短试样 $L_0:d_0=5$ 。一般工厂采用的试样直径 $d_0=10$ 毫米。

拉伸试样放在拉伸试验机上,按规定标准加载,随着载荷增加,试样产生伸长变形直至断裂,如图 1-3b 所示。

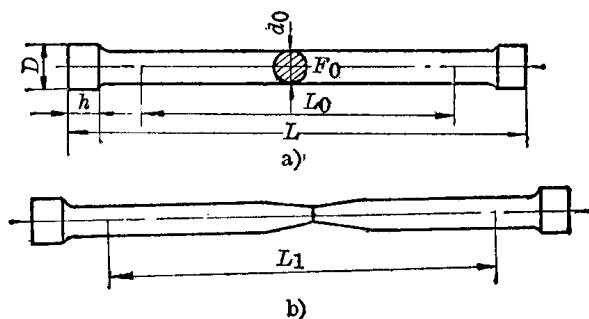


图 1-3 钢的标准拉伸试样

a) 拉伸前 b) 拉伸后

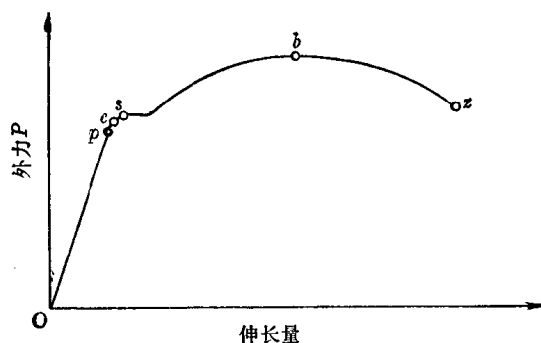


图 1-4 低碳钢的拉伸曲线图

根据载荷与变形量的相应变化可绘出曲线图,称为拉伸曲线图。

拉伸曲线图 图 1-4 为低碳钢的拉伸曲线图,低碳钢拉伸时可分为三个阶段:

Ope 为弹性变形阶段。当作用在试样上的载荷在一定限度 P_p 之内时,载荷与伸长量成正比,外力去除后,试样恢复原来的形状和尺寸。当载荷超过 P_p 而不大于 P_s 时,试样的伸长不再与外力成正比关系,但还属于弹性变形阶段,即当外力去除后变形立即消失。

esb 为弹性-塑性变形阶段。 s 点出现的水平线段表示在载荷不变的情况下试样继续伸长,即材料丧失了抵抗塑性变形的能力,称为材料的“屈服”。发生塑性变形后,由于内部结构变化,产生加工硬化,要使金属继续变形,必须再增加载荷,这样,载荷继续增加,试样则均匀伸长。达到 b 点后,开始出现缩颈现象,变形则集中在缩颈处。

bz 为断裂阶段。由于缩颈出现后截面剧烈减小,试样不足以抵抗外力的作用,因此在 z 点发生断裂。

强度的衡量指标 根据拉伸曲线上各种特殊点的外力与原截面的关系,可以测定材料的强度指标。

所谓强度就是指受外力作用下抵抗变形和破坏的能力。为了便于比较各种材料的强度,常用单位面积上材料的抗力来表示,称为应力。应力的计算为:

$$\sigma = \frac{P}{F} (\text{公斤力/毫米}^2)$$

式中 σ ——应力(公斤力/毫米²);

P ——外力(公斤力);

F ——横截面面积(毫米²)。

拉伸曲线上各特殊点的强度计算如下:

1. 抗拉强度 材料受拉而不致断裂的最大应力称为强度极限。符号为 σ_b 。

计算公式如下:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} (\text{公斤力/毫米}^2)$$

式中 P_b ——试样能承受的最大载荷(公斤力);

F_0 ——拉伸前试样的截面积(毫米²);

σ_b ——强度极限(公斤力/毫米²)。

机械零件在选用金属材料时不允许超过它的强度极限。材料的强度极限越高,能承受的应力越大。

2. 比例极限 材料承受外力的作用,载荷与变形成正比时的最大应力,称为比例极限;符号为 σ_p 。

计算公式如下:

$$\sigma_p = \frac{P_p}{F_0} \text{ (公斤力/毫米}^2\text{)}$$

式中 P_p ——试样受载与变形成正比时能承受的最大载荷(公斤力);

F_0 ——拉伸前试样的截面积(毫米²);

σ_p ——比例极限(公斤力/毫米²)。

3. 屈服极限 金属材料受拉时,在载荷不增加的情况下仍能发生明显塑性变形时的应力称为屈服极限。符号为 σ_s 。

计算公式如下

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \text{ (公斤力/毫米}^2\text{)}$$

式中 P_s ——屈服时的载荷(公斤力);

F_0 ——拉伸前试样的截面积(毫米²);

σ_s ——屈服极限(公斤力/毫米²)。

有许多金属或合金材料,并没有明显的屈服现象发生,为表明这些材料的屈服极限,规定以试样产生伸长量为试样长度的0.2%时的应力作为材料的“条件屈服极限”,用 $\sigma_{0.2}$ 来表示。

屈服极限是选用金属材料时非常重要的机械性能。机械零件所受的应力,一般都应小于屈服极限,否则就会产生明显的塑性变形。

二、塑性

金属材料在受力时能够产生显著的变形而不破裂的性能称为塑性。试样在拉伸试验时产生塑性变形,使试棒伸长、断面收缩,以此衡量材料的塑性。

1. 延伸率 延伸率是试样拉断后标距增长量与原始标距长度之比值的百分率,即

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中 l_0 ——试样的原始标距长度(毫米);

l_1 ——试样拉断后标距长度(毫米);

δ ——延伸率(%)。

2. 断面收缩率 断面收缩率是试样断口面积的缩减量与原截面面积之比值的百分率。即

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$

式中 F_0 ——拉伸前试样的截面积(毫米²);

F_1 ——试样断后细颈处最小截面积(毫米²);

ψ ——断面收缩率(%)。

延伸率和断面收缩率用以衡量材料的塑性, 数值越大, 表示塑性越好。良好的塑性材料, 有利于进行锻压、冷冲和冷拔等成型工艺。

3. 冷弯试验 在船舶、锅炉等工业部门, 由于需要进行大量的弯曲和冲压等冷变形加工,

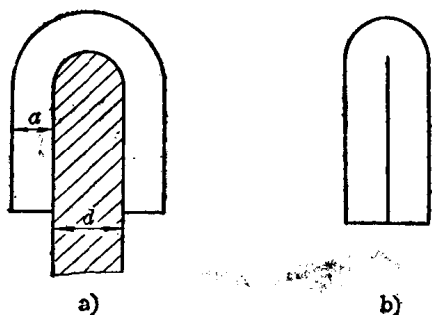


图 1-5 180° 冷弯试验

a) $d=1.5a$ b) $d \rightarrow 0$

因此常用冷弯试验衡量材料在室温时的塑性。试验时, 试样在规定的冷弯条件下弯到规定的角度, 一般根据试样弯曲表面有无裂纹或折断等破坏情况来评定材料的质量。冷弯条件依材料及试样的厚度不同而异, 在材料的相关技术标准中加以规定。因此, 冷弯试验的目的仅为在一定的弯曲条件下比较材料的塑性。图 1-5 为钢板的冷弯性能试验。在冷弯 180° 无裂纹的情况下, 弯心直径 d 愈大, 冷塑性变形的能力愈差; 弯心直径越小塑性越好。

下面举例说明强度、塑性的计算方法。

例 有一根钢试棒, 原始长度 100 毫米, 直径 10 毫米。做拉伸试验时, 载荷增加至 2669 公斤力时开始出现屈服现象; 载荷达 4710 公斤力时, 试样被拉断。结果测得在变形后长度是 116 毫米, 细颈处直径是 7.75 毫米。试求钢试样的屈服极限、强度极限、延伸率和断面收缩率。

解

(1) 求试样的截面积

$$F_0 = \frac{\pi D^2}{4}, \quad D = 10 (\text{毫米})$$

$$F_0 = \frac{3.14 \times 10^2}{4} \approx 78.5 (\text{毫米}^2)$$

(2) 求屈服极限 σ_s

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} (\text{公斤力/毫米}^2), \quad P_s = 2669 (\text{公斤力}), \quad F_0 = 78.5 (\text{毫米}^2)$$

$$\sigma_s = \frac{2669}{78.5} = 34 (\text{公斤力/毫米}^2)$$

(3) 求强度极限 σ_b

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} (\text{公斤力/毫米}^2), \quad P_b = 4710 (\text{公斤力}), \quad F_0 = 78.5 (\text{毫米}^2)$$

$$\sigma_b = \frac{4710}{78.5} = 60 (\text{公斤力/毫米}^2)$$

(4) 求延伸率 δ

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%, \quad l_1 = 116 (\text{毫米}), \quad l_0 = 100 (\text{毫米})$$

$$\delta = \frac{116 - 100}{100} \times 100\% = 16\%$$

(5) 求断面收缩率 ψ

先求收缩细颈面积

$$F_1 = \frac{\pi D_1^2}{4}, \quad D_1 = 7.75 (\text{毫米}),$$

$$F_1 = \frac{3.14 \times 7.75^2}{4} = 47.1 (\text{毫米}^2)$$

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\% \quad F_0 = 78.5 (\text{毫米}^2) \quad F_1 = 47.1 (\text{毫米}^2)$$

$$\psi = \frac{78.5 - 47.1}{78.5} \times 100\% = 40\%$$

三、硬度

金属材料对磨损和外力所能引起变形之抵抗能力的大小称为硬度，它表示金属材料的坚硬程度。硬度是重要的机械性能指标之一。硬度试验操作既简单，又迅速，不一定要有专门试样，且并不破坏零件，因而被广泛使用。根据测得的硬度值，还能估计金属材料的近似强度值。

硬度测定的方法很多，最常用的有布氏硬度试验法、洛氏硬度试验法和维氏硬度试验法三种。

1. 布氏硬度 布氏硬度试验是以已知直径的淬火小钢球，在一定载荷作用下压入试验金属材料表面，保持一定时间，然后除去载荷，使金属表面留下一个压痕，如图 1-6 所示。

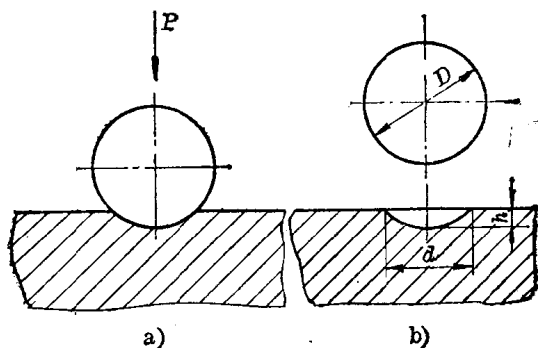


图 1-6 布氏硬度测定过程示意图

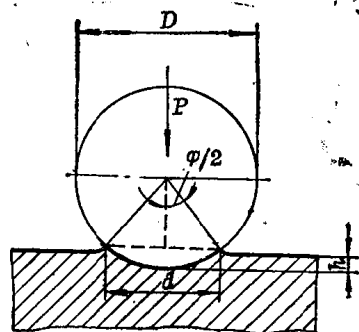


图 1-7 计算布氏硬度压痕面积示意图

图 1-7 为计算布氏硬度压痕面积示意图，压痕的单位面积上所受的 average 压力，即为布氏硬度值，符号为 HB。布氏硬度虽有单位，但在实际应用上只是表明硬度的数值，而不标明单位。

$$HB = \frac{P}{F} (\text{公斤力/毫米}^2)$$

式中 P ——压力载荷(公斤力);

F ——压痕面积(毫米²);

HB——布氏硬度值。

压痕面积的计算如下:

$$F = \pi D \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$$

则

$$HB = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

由于压力载荷 P 和淬火钢球直径 D 是一定的，所以测出压痕直径 d 即可求出 HB 值。在实际应用中根据 P 、 D 与 d 的关系，可直接由硬度表(见表 1-2)中查得 HB 的硬度值。