



绪 论

1.1 机械制造工程实训的目的

机械制造工程实训是高等院校各专业教学计划中一个重要的实践性教学环节,是学生获得工程实践知识、建立工程意识、训练操作技能的主要教育形式;是学生接触实际生产、获得生产技术及管理知识、提高综合素质、进行工程师基本素质训练的必要途径。机械制造工程实训的目的是:

(1) 建立起对机械制造生产基本过程的感性认识,学习机械制造的基础工艺知识,了解机械制造生产的主要设备。在实训中,学生要学习机械制造的各种主要加工方法及其所用主要设备的基本结构、工作原理和操作方法,并正确使用各类工具、夹具、量具,熟悉各种加工方法、工艺技术、图纸文件和安全技术,了解加工工艺过程和工程术语,使学生对工程问题从感性认识上升到理性认识。这些实践知识将为以后学习有关专业技术基础课、专业课及毕业设计等打下良好的基础。

(2) 训练实践动手能力,启发创新意识,培养初步的创新能力。我国工程教育专业认证标准中明确提出,课程体系必须包括工程实践,应设置完善的实践教学体系,开展实习、实践,培养学生的实践能力和创新能力。在实训中,学生通过直接参加生产实践,操作各种设备,使用各种工具、夹具、量具,独立完成简单零件的加工制作全过程,以培养对简单零件具有初步选择加工方法和分析工艺过程的能力,并具备操作主要设备和加工作业的技能。通过创新认知课程、创意制作课程、项目竞赛活动等,激发学生的好奇心和探究欲,进而启发学生的创新意识,学习创新方法,培养创新能力。

(3) 全面开展素质教育,树立实践观点、劳动观点和团队协作观点,培养高质量人才。机械制造工程实训一般在学校工程训练中心的现场进行。实训现场不同于教室,它是生产、教学、科研三结合的基地,教学内容丰富,实习环境多变,接触面宽广。这样一个特定的教学环境,正是对学生进行思想作风教育的好场所、好时机。例如:增强劳动观念、遵守组织纪律、培养团队协作的工作作风;爱惜国家财产、建立经济观点和质量意识、培养理论联系实际和一丝不苟的科学作风;初步培养学生在生产实践中调查、观察问题的能力,以及学会理论联系实际、运用所学知识分析问题、解决工程实际问题的能力。这都是全面开展素质教育不可缺少的重要组成部分,也是机械制造工程实训为提高人才综合素质、培养高质量人才需要完成的一项重要任务。

1.2 机械制造工程实训的要求

对高等院校学生进行机械制造工程实训的总要求是：深入实践，接触实际，强化动手，注重训练。根据这一要求，提出以下具体要求。

- (1) 全面了解机械零部件的制造过程及基础的工程知识和常用的工程术语。
- (2) 了解机械制造过程中所使用的主要设备的基本结构特点、工作原理、适用范围和操作方法，熟悉各种加工方法、工艺技术、图纸文件和安全技术，并正确使用各类工具、夹具、量具。
- (3) 独立操作各种设备，完成简单零件的加工制造全过程。
- (4) 了解新工艺、新技术的发展与应用状况及数控加工、快速成形、智能制造等现代制造技术在生产实际中的应用。
- (5) 充分结合生产实际及创新设计，培养学生的质量意识、安全意识、经济观念、创新能力等基本素质以及勇于实践、精益求精、追求卓越的工匠品质。

1.3 机械制造工程实训的内容

任何机器和设备都是由相应的零件组装而成，只有制造出合乎技术要求的零件，才能装配出合格的机器。一般的机械生产过程可简单归纳为

毛坯制造 → 切削加工 → 装配和调试

传统的机械加工方法是将原材料制成毛坯，然后由毛坯经切削加工制成零件。而现代新技术、新工艺的应用及发展，使加工方法发生了很大的改变，以适应零部件的加工需求，并提高加工精度及效率。如3D打印技术，将零件的加工方法由“切除”改为“增加”，即通过电脑控制把打印材料一层层叠加起来，最后形成实物零件。

机械制造工程实训是对产品的制造过程进行实践性教学的重要环节，也是学生创新能力培养的重要环节，因此其具体内容包括如下三个方面。

- (1) 传统机械加工基础实训，培养学生了解机械加工的基本操作技能及各种工艺知识，如金属切削训练、材料成形训练等。
- (2) 现代制造技术实训，培养学生了解各种现代制造技术工艺知识，工业模块化、系统化及智能制造理念，如现代切削加工训练、特种加工训练、逆向工程训练、先进测量技术训练、智能制造认知等。
- (3) 创新实践训练，培养学生的创新意识、协作意识、自主学习能力以及知识、技能的综合运用能力，如创新认知课，创意制作，以项目为载体的创新训练等。

1.4 机械制造工程实训的考核

机械制造工程实训的考核是整个实训的重要环节，它既可以检查学生实训的效果，又可以衡量教师指导的能力，对提高实训教与学的质量起着十分重要的评估作用。

工程实践与训练的考核可按以下内容进行评定。

- (1) 平时表现：考核实训人员的实训态度、组织纪律和实训单元作业的完成情况。
- (2) 操作能力：考核实训人员各工种独立操作技能的掌握水平。
- (3) 实训报告：考核实训人员按实训报告要求独立完成实训报告的质量，此部分内容逐渐改为线上完成。
- (4) 理论考试：考核实训人员应知应会方面的理论知识。

1.5 学生实训守则

1. 关于考勤的规定

- (1) 实训学生必须严格遵守工程训练中心所规定的实训作息时间上下班，不得迟到、早退或中途离开。迟到半小时以上，取消当天实训资格，迟到、早退时间超过一小时视为旷课一天，未经实训指导人员同意擅自离开者，作旷课论处。
- (2) 实训学生若有事请假必须提前办理请假手续，将请假条交给当天的实训指导老师并批准后，方可请假。
- (3) 实训学生请病假，必须持有校医院证明。
- (4) 实训学生因故请假(事假、病假)所耽误的那部分实训内容不予补修。

2. 关于实训的注意事项

- (1) 遵守工程训练中心的一切规章制度，服从训练中心的课程安排和实训指导老师的指导。
- (2) 实训时按规定穿戴好劳动保护用品，不带与实训无关的书刊报纸、娱乐用品等进入训练中心，不允许穿拖鞋、凉鞋、高跟鞋、吊带衣服等进入工程训练中心。
- (3) 实训时遵守组织纪律，按时上下班，不串岗，不迟到、不早退，有事请假。
- (4) 尊重实训指导老师，注意听讲，仔细观察实训指导老师的示范。
- (5) 爱护国家财产，注意节约用水、电、油和原材料。
- (6) 实训时认真操作，不怕苦，不怕累，不怕脏。
- (7) 严格遵守各实训工种的安全技术规程，做到文明实训，保持良好的卫生风貌。

3. 关于操作机器设备的规定

- (1) 一切机器、设备未经许可，不准擅自动手，如触动电闸、开关或拨动机床手柄等。
- (2) 操作机器、设备时，必须严格遵守安全操作规程。
- (3) 实训时应注意保养和爱护机器设备，正确使用和妥善保管工具、量具，无故损坏和丢失者，要视情节轻重折价如数赔偿。
- (4) 每次实训完毕，应按规定做好清洁和整理工作。

1.6 机械制造工程实训的安全规则

在机械制造工程实训中，如果实训人员不遵守工艺操作规程或者缺乏一定的安全知识，很容易发生机械伤害、触电、烫伤等工伤事故。因此，为保证实训人员的安全和健康，必须进



行安全实训知识的教育,使所有参加实训的人员都要树立起“安全第一”的观念,懂得并严格执行有关的安全技术规章制度。

安全实训的基本内容就是安全。为了更好地实训,实训必须安全。安全实训的最基本条件是保证人和设备在实训中的安全。人是实训中的决定因素,设备是实训的手段,没有人和设备的安全,实训就无法进行。特别是人身的安全尤为重要,不能保证人身的安全,设备的作用无法发挥,实训也就不能顺利地、安全地进行。

我国对不断改善劳动条件、做好劳动保护工作、保证生产者的健康和安全历来十分重视,国家制定并颁布了《工厂安全卫生规程》等文件,为安全生产指明了方向。安全生产是我国在生产建设中一贯坚持的方针。

实训中的安全技术有冷、热加工安全技术和电气安全技术等。

冷加工主要指车、铣、刨、磨和钻等切削加工,其特点是使用的装夹工具和被切削的工件或刀具间不仅有相对运动,而且速度较高。如果设备防护不好,操作者不注意遵守操作规程,很容易造成各种机器运动部位对人体及衣物由于绞缠、卷入等引起的人身伤害。

热加工一般指铸造、锻造、焊接和热处理等工种,其特点是生产过程伴随着高温、有害气体、粉尘和噪声,这些都严重恶化了劳动条件。在热加工工伤事故中,烫伤、灼伤、喷溅和砸碰伤害约占事故的70%,应引起高度重视。

电力传动和电气控制在加热、高频热处理和电焊等方面的应用十分广泛,实训时必须严格遵守电气安全守则,避免触电事故。

避免安全事故的基体要点是:

(1) 绝对服从实训指导人员的指挥,严格遵守各工种的安全操作规程,树立安全意识和自我保护意识,确保充足的体力和精力。

(2) 严格遵守衣着方面的要求,按要求穿戴好规定的工作服及防护用品。

(3) 注意“先学停车再学开车”;工作前应先检查设备状况,无故障后再实训。

(4) 重物及吊车下不得站人;下班或中途停电,必须关闭所有设备的电气开关。

(5) 必须每天清扫实训场地,保持设备整洁、通道畅通。

(6) 清除切屑必须使用钩子或刷子等工具。



工程材料及热处理基础知识

实训目的和要求

- (1) 了解工程材料的种类及应用范围；
- (2) 了解常用金属材料的力学性能及符号的含义；
- (3) 掌握常用金属材料牌号表示的内容；
- (4) 掌握热处理的定义、目的、分类及使用范围；
- (5) 按照实训要求,能独立操作常用的热处理工艺(退火、正火、淬火、回火)。

安全操作规程

- (1) 实习操作时必须穿戴好防护用品。
- (2) 进出炉时必须先断电。炉内工件装得不宜太多,不要使工件与电阻丝接触。
- (3) 淬火时应随时测试温度,硝酸盐和油脂淬火时应隔开。
- (4) 淬火工件应平稳和全部浸入淬火液中。淬火槽应有盖子,如淬液着火,应立即盖好盖子,并马上灭火。
- (5) 经过加热的热处理件不得靠近可燃物。
- (6) 下班后要切断火源、电源。

2.1 金属材料的主要性能

用来制造零件的金属材料应具有优良的使用性能及工艺性能。所谓使用性能,是指机器零件在正常工作情况下金属材料应具备的性能,它包括机械性能(或称之为力学性能)、物理和化学性能。而工艺性能是指零件在冷、热加工制造过程中,金属材料应具备的与加工工艺相适应的性能。

2.1.1 金属材料的力学性能

所谓力学性能,是指零件在载荷作用下所反映出来的抵抗变形或断裂的性能。力学性能指标是零件在设计计算、选材、工艺评定以及材料检验时的主要依据。由于外加载荷性质的不同(例如拉伸、压缩、扭转、冲击及循环载荷等),所以对金属材料的力学性能指标要求也将不同。常用的力学性能指标包括强度、硬度、塑性、应力强度因子和断裂韧性、冲击韧性及疲劳强度等。

1. 强度

金属材料在外力作用下抵抗破坏(过量的塑性变形或断裂)的性能叫做强度。由于外力的作用方式有拉伸、压缩、弯曲、剪切等,所以强度也分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度、屈服强度。一般以测定材料的抗拉强度(σ_b)为主。

2. 硬度

硬度是衡量金属材料软硬程度的指标。目前常用的测定硬度的方法为压入法。它是用特定的几何形状压头在一定载荷作用下,压入被测试样材料表面,根据被压入的程度来测定其硬度值。所以硬度值的物理意义是金属材料表面抵抗局部压入塑性变形的能力。

常用的硬度的指标有布氏硬度(HBS或HBW)及洛氏硬度(HRA、HRB、HRC)。

1) 布氏硬度

布氏硬度测定原理是用一定大小的载荷将一定直径的淬火钢球或硬质合金球压入被测金属表面,保持一定时间后卸载,根据载荷 P 和压痕的表面积 $F_{\text{凹}}$ 求出应力值作为布氏硬度值。布氏硬度试验法用于测定硬度不高的金属材料,如铸铁,有色金属,一般经退火、正火后的钢材等。

2) 洛氏硬度

洛氏硬度测定是以测量压痕深度为硬度的计量指标,由于采用了不同的压头及载荷,用来测量从极软到极硬的金属材料的硬度。洛氏硬度的三种标度(HRA、HRB、HRC)中,常用的是HRC洛氏硬度,它采用金刚石圆锥体做压头,用来测量硬度很高的材料,如淬火钢、调质钢等。

3. 塑性

塑性是指金属材料在外力作用下产生塑性变形而不破坏的能力。金属材料在断裂前的塑性变形越大,表示材料的塑性越好;反之,则表示材料的塑性越差。常用的塑性指标是通过拉力试验测得的伸长率和断面收缩率。

1) 伸长率

伸长率是试样拉断后标距长度的增加量与原标距长度的百分比,用符号 δ 表示。可按下式计算:

$$\delta = (l_1 - l_0 / l_0) \times 100\%$$

式中: l_0 ——试样的原始标距,mm;

l_1 ——试样拉断后的标距长度,mm。

2) 断面收缩率

断面收缩率是试样拉断处横断面积的减小量与原横断面积的百分比,用 ψ 表示。可按下式计算:

$$\psi = (A_0 - A_1 / A_0) \times 100\%$$

式中: A_1 ——试样断口处的横截面积,mm²;

A_0 ——试样原横截面积,mm²。

4. 应力强度因子和断裂韧度

实际生产中有的大型转轴、高压容器、船舶、桥梁等,常在其工作应力远低于屈服强度的情况下突然发生脆性断裂,这种在屈服强度以下发生的脆断被称为低应力脆断。

研究表明,低应力脆断与零件本身存在裂纹有关,是由裂纹在应力的作用下瞬间发生失稳扩展引起的。零件及其材料本身不可避免地存在各种冶金和加工缺陷,这些缺陷都相当于裂纹源或在使用中发展为裂纹源。在应力的作用下,这些裂纹源进行扩展,一旦达到失稳状态,就会发生低应力脆断。因此,裂纹是否易于失稳扩展,就成为衡量材料是否易于断裂的一个重要指标。这种材料抵抗裂纹失稳扩展的性能被称为断裂韧度(fracture toughness)。

1) 应力强度因子

在外力的作用下,裂纹尖端前沿附近会存在着应力集中系数很大的应力场,张开型裂纹的应力场如图 2-1 所示。通过建立的应力场数学解析模型可知,裂纹尖端区域各点的应力分量除由其所处的位置决定以外,还与强度因子 K_1 有关。对于某一确定的点,其应力分量由 K_1 决定。 K_1 越大,则应力场中各应力分量也越大。因此, K_1 就可以表示应力场的强弱程度,故称为应力强度因子(stress intensity factor)。 K_1 值的大小与裂纹尺寸($2a$)和外加应力(σ)有下式关系:

$$K_1 = Y\sigma\sqrt{a}$$

式中: Y ——形状因子,为与裂纹形状、加载方式、试样几何形状有关的系数;

σ ——外加应力。

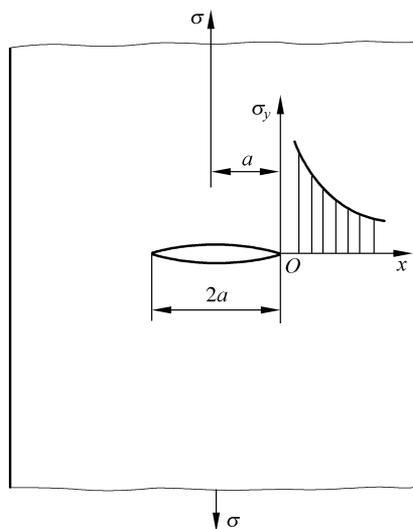


图 2-1 张开型裂纹的应力场

2) 断裂韧度

从 K_1 的关系式中可见,随着应力 σ 的增大或裂纹扩展伸长, K_1 不断增大,当 K_1 增大到某一临界值时,可使裂纹前沿某一区域内的内应力达到材料的断裂强度,从而导致裂纹突然失稳扩展而发生断裂。这个 K_1 的临界值,称为材料的平面应变断裂韧度,用 K_{1c} 表示。

材料的 K_{1c} 越高,则裂纹体断裂前能承受的应力值越大,发生失稳扩展的临界裂纹尺寸也越大,表明材料难以断裂,因此 K_{1c} 表征材料抵抗断裂的能力。

K_{1c} 和 σ 对应,都是力学参量,只和载荷及试样尺寸有关,与材料无关;而 K_{1c} 和 σ_s 对应,都是力学性能指标,只和材料的成分、组织结构有关,与载荷及试样尺寸无关。

5. 冲击韧性

许多机械零件和工具在工作过程中往往会受到冲击载荷的作用,由于冲击载荷的加载速度高,使得整个材料的均匀塑性变形来不及进行,塑性变形比较集中地产生于某些局部区域,因而应力分布也不是均匀的。当原材料的冶金质量或加工后的产品质量有缺陷时,在冲击载荷作用下,便出现因韧性下降而脆断的现象。金属材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的

能力叫做冲击韧性。

工程技术上为评定金属材料抗冲击载荷的能力,采用带缺口的冲击试样进行一次摆锤冲击弯曲试验,可测得将试样击断时所消耗的功——冲击功 A_k (焦耳)。若将冲击功 A_k 除以试样缺口处的横断面积 A (cm^2) 得到的商称为“冲击韧性”,用符号 α_k (J/cm^2) 表示。可按下式计算:

$$\alpha_k = A_k / A$$

6. 疲劳强度

很多机械零件,如各种轴、齿轮、连杆、弹簧等,是在交变载荷的作用下工作的。在这种重复交变载荷的作用之下,金属材料会在远低于该材料的抗拉强度 σ_b ,甚至小于屈服点 σ_s 的应力下失效(出现裂纹或完全断裂),这种现象称为金属的疲劳。

当金属在“无数次”(对钢铁来说为 $10^6 \sim 10^7$ 次)重复交变载荷作用下而不致引起断裂时的最大应力,称为疲劳强度,用以衡量金属抵抗疲劳破坏的能力。应力循环对称时的疲劳强度用符号 σ_{-1} 表示。

常用力学性能指标及其含义见表 2-1。

表 2-1 常用力学性能指标及其含义

力学性能	性能指标			说明
	名称	符号	单位	
强度	抗拉强度	σ_b	MPa	金属拉断前的最大载荷所对应的应力,代表金属抵抗最大均匀塑性变形或断裂的能力
	屈服强度	σ_s	MPa	金属屈服时对应的应力,是对微量塑性变形的抵抗能力
塑性	延伸率	δ	%	试样拉断后标距长度的增量与原标距长度的百分比, δ 越大,材料的塑性越好
	断面收缩率	ψ	%	试样拉断处横断面积减小量与原横断面积的百分比, ψ 越大,材料的塑性越好
硬度	布氏硬度	HB	—	用载荷除以压痕球形面积所得的商作为硬度值。一般用于硬度不高的材料
	洛氏硬度	HR	—	根据压痕深度来衡量硬度,HRC 应用最广,一般经过淬火的钢件(20HRC~67HRC)都用此洛氏硬度
	维氏硬度	HV	—	用载荷除以压痕表面积所得的商作为硬度值。一般用于表面薄层硬化钢化或薄的金属件的硬度
韧性	冲击韧性	α_k	J/cm^2	将试样击断时所消耗的功——冲击功, α_k 越大,材料的韧性越好
抗疲劳性	疲劳强度	σ_{-1}	MPa	金属材料经受多次(一般为 10^7 周次)对称循环交变应力的作用而不产生疲劳破坏的最大应力

2.1.2 金属材料的物理、化学及工艺性能

1. 物理性能

金属材料的主要物理性能有密度、熔点、热膨胀性、导热性和导电性等。用于不同场合下的机器零件,对所用材料的物理性能要求是不一样的。

2. 化学性能

金属材料在室温或高温时抵抗各种化学作用的能力即为化学性能,如耐酸性、耐碱性、抗氧化性等。

3. 工艺性能

金属材料的工艺性能是指材料对于相应加工工艺适应的性能,按加工工艺方法的不同,有铸造性、可锻性、可焊性、切削加工性及热处理等。在零件设计时的选材环节中,一定要考虑到在选定的加工工艺方法下,该材料的相应工艺性能是否良好,否则便不选用它,而换用另一种材料或另一种加工工艺。

2.2 常用的工程材料

工程材料是指制造工程结构和机器零件使用的材料,主要包括金属、非金属和复合材料三大类。按其化学成分与组成的不同可进行如图 2-2 所示的分类。

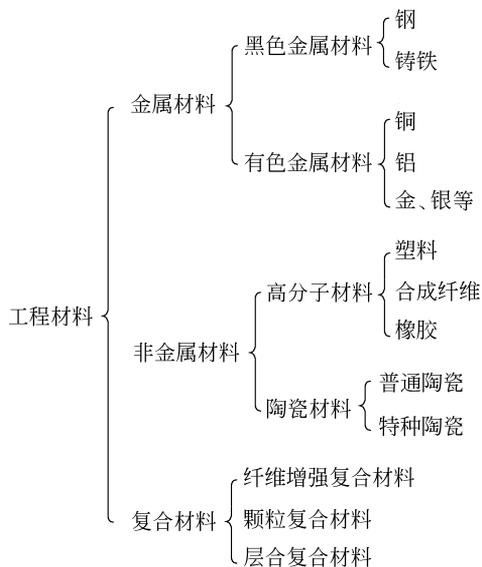


图 2-2 工程材料的分类

2.2.1 金属材料

金属材料是含有一种或几种金属元素(有时也含有非金属元素),以极微小的晶体结构所组成的,具有金属光泽,有良好导电导热性能的,有一定力学性能的材料。通常指钢、铁、铝、铜等纯金属及其合金。

1. 钢

钢是碳的质量分数小于 2.11%(实际上小于 1.35%),并含有少量杂质元素的铁碳合金。钢具有良好的使用性能和工艺性能,而且产量大、价格较为低廉,因此应用非常广泛。

钢的分类方法很多,常见的分类方法如图 2-3 所示。

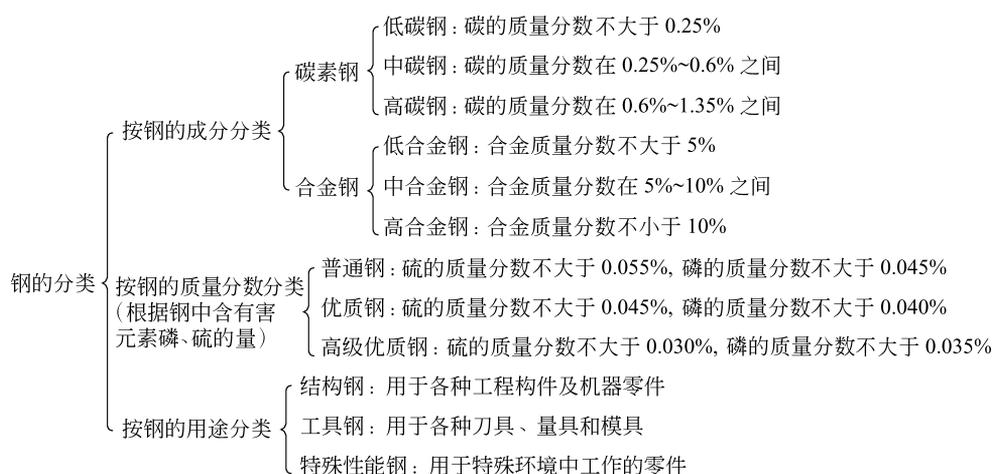


图 2-3 钢的分类

1) 碳素钢的牌号、性能及用途

碳素钢的熔炼过程比较简单,生产费用较低,价格便宜,主要用于工程结构,制成热轧钢板、钢带和棒钢等产品,广泛用于工程建筑、车辆、船舶以及桥梁、容器等构件。

常用的碳素钢的分类、牌号及应用如表 2-2 所示。

表 2-2 常用的碳素钢的分类、牌号及应用

分 类	牌 号		应用举例
	牌号举例	符号说明	
碳素结构钢	Q235AF	Q 表示屈服强度汉语拼音字首。 235 表示 $\sigma_s \geq 235 \text{MPa}$ 。 A 表示硫、磷的质量分数的大小。 F 表示为沸腾钢	螺钉、螺母、螺栓、垫圈、手柄、小轴及型材等
优质碳素结构钢	20、40、45、65	两位数字代表钢中平均碳的质量分数的万分数。例如,45 钢中碳的质量分数为 0.45%	制造各类机械零件,例如,轴、齿轮、连杆、各种弹簧等