

金属手册

第九版

第八卷

力学性能试验

〔美〕美国金属学会 主编

机械工业出版社

金 属 手 册

第九版 第八卷

力学性能试验

〔美〕美国金属学会 主编



机械工业出版社

(京)新登字054号

美国金属学会主编的《金属手册》是一部大型综合性技术书籍。《力学性能试验》是第九版新增加的一卷。

由于材料科学的迅速发展,现有材料的改造和新材料的研制都依赖于材料性能的测量即力学性能试验。本手册详细论述了各种力学性能试验,其内容涉及拉伸;压缩、承受和剪切;硬度;弯曲;扭转;高应变率;蠕变、持久强度和应力松弛;疲劳;断裂力学;腐蚀;成形性;磨损;同时还介绍了试验设备的标定、统计学和数据分析。本手册综合了正确分析和使用试验数据的一般知识,各种试验程序的适应性、优点和局限性,对从事技术工作的工程师、研究人员和高校师生极为实用,是必备的工具书。

Metals Handbook
Ninth Edition
Volume 8
Mechanical Testing
AMERICAN SOCIETY FOR
METALS
1985

金 属 手 册
第九版,第八卷
力学性能试验
[美]美国金属学会 主编

责任编辑:张绪江 版式设计:王 颖
封面设计:肖 晴 责任校对:杨兴祥
责任印制:卢子祥

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)
邮政编码:100037
(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)
三河市宏达印刷厂印刷
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58 1/4·字数1821千字
1994年7月北京第1版。1994年7月北京第1次印刷
印数0 001-1 770 定价:89.00元

ISBN 7-111-03621-2/TG·794

出版说明

金属手册是由美国金属学会主持编写的,最初以单行本问世,1924~1939年共出版了六版,反映美国当时的工业发展水平,因战争影响1939年后迟迟没有修订。战后1948年修订第七版增加了机械试验和无损检测等新篇章,并进行了全面改写,增补了工业加热、磨损、氧化、应力腐蚀及使用中失效等内容,从原来的28个章节增至74个章节,且有插图636个,表802个,内容丰富、图文并茂、深受各国读者的欢迎,于1952年、1954年、1956年三次重印,1954~1955年又出了200页的补编,反映军工方面的成就,其中收集了钛合金和耐热合金及其在军工方面的应用。

为了适应材料科学突飞猛进的发展和逐渐深化的特点,编辑泰勒·李曼提出具有创造性的设想——把金属手册扩充为多卷本。于是从第八版开始按材料、工艺、实验与测试等方面内容分卷出版,组织各方面的专家、权威、教授、科研单位及工厂中的专业人员负责编写,提供大量科研、生产中的实例照片、图表、数据等。因此美国金属手册不但切实反映美国工业发展的脉搏,而且成为确有实用价值的一套大型出版物。金属手册编辑委员会在1961年至1976年十多年间完成了第八版的全部修订工作。1978年又开始修订第九版,内容更充实完善,现正在陆续出版。

为了适应我国科学技术发展的需要,我社组织翻译了第八版、第九版以下各卷:

第六卷 焊接与钎焊(已出版);

第九卷 断口金相与断口图谱(上、下册)(已出版);

第十卷 失效分析与预防(已出版);

第十一卷 无损检测与质量控制(已出版)。

案头卷

第一卷 性能与选择:钢与铁(已出版);

第二卷 性能与选择:有色合金与纯金属;

第三卷 性能与选择:不锈钢、工具材料及特殊用途合金(已出版);

第四卷 热处理(已出版);

第六卷 焊接与钎焊;

第七卷 粉末冶金;

第八卷 力学性能试验;

第十卷 材料检验;

第十四卷 成形与锻造;

本书为金属手册 第九版 第八卷,由周光垓、秦月文、王庆绥、王仁智、王世望、金农、陈立敏、祝印兰、张思九等译。全书由王仁智、傅耆寿、谢济洲、周光垓校订。

前 言

材料科学领域的进展,导致了现有材料的改善和新材料的发展——与此同时也获得各种各样新的应用。大多数主要的工程部门,特别是涉及新的机械或结构部件的设计和制造的那些部门,都依赖于材料性能测量即力学性能试验。

为了准确分析和使用试验数据,重要的是:工程师们,即使那些不从事实际试验工作的工程师们,应该具备通常试验方法的一般知识,并知晓某一给定试验程序的适用性、优点和局限性。著名的金属手册最近新增加的这一卷就是力图提供这方面的知识。在这一卷中详细叙述了力学试验较成熟技术的发展。

该卷的出版是有关力学性能试验问题的一项重大的成果。虽然1948年和1985年的金属手册各单卷版本都包括了有关力学试验的一个章节,而且第8版金属手册的第10卷和第11卷论及了该题目的各个方面,但这次是第一次在手册中有完整的一卷专门贡献给这一重要的技术。

本协会感谢二百多位作者和评阅人,他们为这一事业,自愿付出了自己的时间和一技之长。在阿姆科公司约翰·阿·纽拜和美国金属协会手册委员会的指导,以及该手册编辑部的合作下,终于为技术界出版了这部权威性的著作。

会长

M. Brian Ives

总经理

Edward L. Langer

序 言

材料的力学试验在冶金学中是比较新的领域。用于试样拉伸以确定材料断裂载荷的试验机诞生于 18 世纪中叶。由本杰明·弗兰克林于 1765 年设计的这样一台试验机现展出在费城与美国材料试验协会总部相邻的弗兰克林研究所。正如每个学生都知道的，弗兰克林对电学也很感兴趣——电学也是冶金学中很重要的问题。

“试验”和“电”都起源于古代。试验一词曾取名于 17 世纪炼金术士分析金属时所用的器皿。电这个词来源于希腊词琥珀(电)，大约公元 100 年小普利尼曾用它来产生静电荷。

但是，直到 20 世纪力学试验和电的应用才得到充分的发展。到一些结构在以前未遇到的条件下开始破坏之前，力学性能的各种试验还未曾进行过——例如在苏格兰，当一列火车正在通过海湾时，著名的立体交叉铸铁桥突然坍塌。后来发现铸件的许多孔中都填满了黑色的物质，使这些铸件看起来似乎是结实的。现代试验机如果没有可以精确控制的大功率电动机是不能运行的。正如从本手册所叙述的程序中将会看到的：电阻应变片、计算机和其它设备已成为最近力学试验进步的基础。

力学试验可以说是某种数字游戏。数字用于从晶粒度到抗拉强度极限的一切东西。用户想了解他们正在考虑的材料的各种强度以及这些强度与成形零件的实际问题有什么关系。设计者要求可靠的数值以使结构设计得既不要不可靠也不要过于安全。但是，除非一个数值与某个试验参量建立起正确的关系，否则它本身是无价值的。

肉眼观察是初级的力学试验。很容易观察一根弯曲的梁，但问题也由此产生了。这根梁是否应该弯曲？它是静止的还是运动着的？它的作用是什么？下一步是对这个物体做点什么，比如敲它一下，并观察它是否运动、压缩或断裂。这通常需要一个设备。两种最常用的力学试验设备是万能试验机和硬度试验机。硬度试验做起来很便宜。万能试验机，连同其有关的设备需要技术熟练的操作员，是非常昂贵的以致大多数制造工厂都负担不起。然而，由这种试验机得到的数据广泛地用于选材。为此，拉伸试验占据了这本手册的第一个主要章节，因为它是最常使用的材料评估试验方法。

手册后面各章节叙述的一些试验方法是很难进行的，只有有限数量的实验室可以完成这些试验，而且制造商必须依赖于这些试验结果。尽管在某些结构中，用这些方法测定的性能是严格的，但必须理解得到某一数值的准则，否则就不能使用它。我们已经要求这些领域的专家在阐述这些试验时务必想到这些最终数值的使用者。

读者会注意到该手册的重点在金属材料。但这并不妨碍使用其它材料，如有机塑料或弹性材料作为试样。在测定某一力学性能时的原则和要求是不变的。

由美国材料试验协会以及其它焊接、无损检测和特殊材料等协会建立的标准和试验方法列为参考。本手册不打算以优先购买权取得这些方法或重新编写有关程序。作者们已经阐述了这些试验，为什么要做这些试验以及试验结果如何用于评估材料。本手册包括了与标准程序的差别以及为解决获得有效结果有关的诸问题的专门技术。可能影响某一试验的模拟使用环境的特殊条件或外力也给予了充分考虑，并就这些因素对设计和使用功能会起怎样关键的作用提出了建议。

总之,本手册是用来帮助训练有素的研究者去完成力学试验和选择最划算的能获得有效结果的设备。对于那些急需某一特殊性能而又没有设备完成该力学试验的研究者,本手册给出了有关程序的叙述和结果的解释,以及关于这些问题的全面文献的参考目录。

协调人

John R. Newby

目 录

术语和定义

拉伸试验

前 言	23
材料在拉伸状态下的力学行为	24
试样制备、装置和试验方法对试验结果的 影响	34
高/低温拉伸试验	41
应变率对流动性能的影响	46
拉伸试验机和伸长计	57

压缩、承受和剪切试验

轴向压缩试验	65
销承受试验	70
剪切试验	74
轧制产品的剪切试验	74
紧固件的剪切试验	79

硬度试验

前 言	85
洛氏硬度试验	88
布氏硬度试验	99
微观硬度试验	106
克氏和维氏微观硬度试验	106
超声微观硬度试验	119
其他硬度试验	123
附录：硬度换算表	129

弯曲试验

前 言	139
弯曲过程中的应力-应变关系	140
弯曲延性试验	149
弯曲强度试验	157

扭转试验

扭转加载的基本特征	165
准静态扭转试验	172
循环扭转试验	177

应用扭转试验确定可加工性	183
附录：扭转试验的轴向效应和可能的 数据分析方法	218

高应变率试验

前 言	227
高应变率压缩试验	230
前 言	230
利用常规加载机构在中等应变率条件下的 压缩试验	232
凸轮塑性计	234
落锤压缩试验	237
Hopkinson 试棒	239
杆式冲击(Taylor)试验	246
高应变率拉伸试验	254
高应变率剪切试验	263
前 言	263
高速液压扭转试验机	263
扭转冲击试验	264
Kolsky 扭转棒(开口的Hopkinson试棒)	266
扭矩存储扭转Kolsky试棒	269
双缺口剪切试验与冲孔加载	281
压剪平板冲击试验	284
超声疲劳试验	297
动态断裂试验	322
前 言	322
使用液压伺服试验系统进行断裂韧性 试验	323
夏比冲击试验	325
冲击响应曲线基本原理	335
单点弯曲试验	339
带缺口圆柱试棒的动态试验	344
短脉冲持久试验	354
裂纹扩展试验	356
裂纹止裂试验	356
动态断裂的微观机制	359
附录 铁素体材料的裂纹止裂断裂韧 性	361

蠕变、持久强度和应力松弛试验

前 言	377
蠕变变形理论	386
蠕变、持久强度和应力松弛试验	390
蠕变和持久强度试验装置	390
恒载试验	392
恒应力试验	399
应力松弛试验	404
蠕变断裂性能的鉴定和应用	413
多轴应力对蠕变和蠕变断裂的影响	431
蠕变-疲劳的相互影响	435

疲劳试验

引 言	457
疲劳裂纹萌生	460
疲劳裂纹扩展	474
环境对疲劳裂纹扩展的影响	505
前言	505
常温下的真空与气体环境	515
高温真空和氧化气体	517
室温水溶液	521
室温和高温下的酸性氯化物溶液	524
高温纯水：充氧条件	527
高温纯水：脱氧条件	530
液体金属环境	533
含杂质的蒸汽和沸水	536

断裂力学

断裂力学	551
------	-----

附录：铝合金的断裂韧性试验	576
微观断裂力学	586
利用 V 形缺口试样进行断裂韧性试验	591
显微组织与断口	601

腐蚀试验

应力腐蚀开裂试验	623
氢脆试验	677

成形性试验

板材成形性试验	689
整体可加工性试验	720

磨损试验**试验装置的标定****统计学和数据分析**

前 言	785
统计分布	792
比较试验的设计	804
设计试验分析	822
静态金属材料性能容许的设计	834
附录：计算方法举例	847
疲劳裂纹扩展数据分析	855
蠕变和蠕变断裂数据分析	864
疲劳数据分析	877
复合材料的具体分析要求	904

附录：力学试验用米制和换算数据**缩写与符号**

术 语 和 定 义

A

磨损 由于磨料磨损引起的表面粗糙不平或划痕。

磨料磨损 当硬质颗粒在压力下沿表面滑动或滚动时材料从表面上去除或位移。这些颗粒可能是松散的或是与被磨表面相接触的另一表面的一部分。对照粘着磨损。

公认的基准值 该值为一致同意的用于比较的基准值而且该值的获得是作为：(1) 一个理论值或被确认的值，它以科学原理为基础；(2) 一个给定值，它以某个国家或国际标准组织的试验工作为基础；(3) 一个普遍承认的值，它是在一个科学或工程小组的主持下，以共同的试验工作为基础的。如果公认的基准值是理论值，它有时被认为是“真”值。

精确度 (1) 对于承受试验的材料来说，是由试验测定的值和公认的基准值之间的一致性或相近性，该基准值可能由公认的标准(如美国材料试验协会建立的标准)来确立，或者在某些情况下采用平均值，这个平均值是在一个批次或批量的材料中，把该试验方法应用于所有取样单元得到的。(2) 计算的结果或仪表的读数接近被计算量或被测定量真值的程度。

粘着磨损 由于两个表面粘着在一起和随后在压力下相对滑动材料表面微小局部的切变，造成材料从表面上的去除或位移。在最终阶段，可能导致磨损。对照磨料磨损。

时效 材料在热加工、冷加工或热处理后，在室温或高温下其性能出现的变化。参看应变时效。

鳄鱼皮状表面 见另一更常用的术语桔皮状表面。

鳄鱼状裂口 在与轧制表面平行的平面中，平板的纵向开裂。也称为鱼嘴状开裂。

全焊接金属试验试样 欲进行试验的部分全部由焊接金属组成的试样。

弯曲角 试样弯曲完成后其两翼之间的角度。除非另有规定，该角是在弯曲力释放前测量的。

各向异性 由于方向不同导致材料力学性能的差异。参看平面各向异性。

表观接触面 在摩擦学中，指的是由宏观界面的边界规定的两个固定表面之间的接触面。对照真实接触面。

仲裁试棒 用同炉次材料铸造的试棒，用于测定化学成分、硬度、拉伸强度以及横向加载下的挠度和强度以确定铸件是否符合验收条件。

粗糙度 在摩擦学中，它指固体表面小范围形貌凹凸不平的凸起。

平均线性应变 见工程应变。

轴向应变 由平行于试样纵轴施加的应力引起的长度增加(或减少)。

B

批次 在被认为相同的条件下生产的某种产品或材料的一定数量。批次通常小于批量。

包辛格效应 塑性变形在塑性流变的方向增加屈服强度而在其它方向降低屈服强度的现象。

海滩状条纹 在断裂表面上表明扩展着的裂纹前沿依次前进位置的推进痕迹。典型的形貌是从一个或多个裂纹源向外扩散出的许多不规则的椭圆形或半椭圆形的环。海滩状条纹(也称为贝壳状条纹或潮汐状痕迹)典型地出现在使用中断裂的零件表面上，该零件承受过随机的、间歇的或者平均应力或交变应力周期变化的载荷。

支承面 销子直径与试样厚度的乘积。参看支承应力。

支承应变 支承孔在受力方向的承载变形与销子直径的比值。

支承强度 材料所能承受的最大支承应力。

支承应力 单位支承面上的力。

支承试验 它是确定对经过铆接、螺栓锁紧或类似紧固工艺的板材制品所承受的应力作出反应的一种方法。该试验的目的是测定材料的支承强度并测量支承应力与垂直于表面贯穿板材的销子或圆截面棒所产生的孔的变形的比值。

支承屈服强度 材料显示出偏离支承应力与支

承应变比值的規定极限值时的支承应力。

贝尔拜层 由机械加工引起的没有规则结晶结构(非晶质)的一层金属;原本只适用于晶界。

弯曲半径 (1) 被弯曲部分的内半径。(2) 某种工具的半径,金属在加工时围绕这个工具弯曲。

弯曲试验 该试验用于测定被成形的金属(通常是薄板、带材、厚板或线材)的相对延性,或确定金属(例如焊接以后)的坚固性和韧性。试样通常按规定的直径反复弯曲一定角度至规定的次数。有四种一般类型的弯曲试验,它们按照使试样弯曲所施加的力的方式不同来命名:自由弯曲、导向弯曲、半导向弯曲和缠绕弯曲。

偏差 是一种系统误差,它是测量或试验结果的总体平均值和公认的基准值或真值之间的差别的原因。

圆锥形金刚石压头 洛氏硬度试验机使用的一种特定的圆锥形压头。这种压头用于 A、C、D 和 N 级以检验硬质金属。

致断载荷 在试样上或结构件上施加的致断的最大载荷(或力)。

抗断应力 见断裂应力。

布氏硬度值 HB 是与施加的载荷和球形压头造成的永久压痕的表面积有关的数值,可用以下公式计算:

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

式中, P 是施加的载荷, kgf; D 是球的直径, mm; d 是压痕的平均直径, mm。

布氏硬度试验 在規定载荷下,将一定直径的硬钢球或碳化物球压入材料测定其硬度的试验。试验结果用布氏硬度值表示。

表面凹痕 指的是整体轴承表面的损伤,其特征为由过载引起的一个或多个塑性形成的凹痕。这个术语通常用于滚动轴承的元件。

脆性裂纹扩展 除了储存在物体中的弹性能以外,裂纹没有吸收其它能量而极其突然的扩展。微观检验可以显示出肉眼看不到的一定变形。

脆性侵蚀特性 该侵蚀特性有其特征属性(例如极少或没有塑性流变,多裂纹的形成),这可能与暴露表面的脆性断裂有关。最大体积的去除出现在近 90°角处,而对延性侵蚀特性来说,该角约为 25°。

脆性断裂 伴随着极少或没有宏观塑性变形的固体的分裂。典型地说,脆性断裂的出现是由于快速的裂纹扩展引起的,所耗能量也比延性断裂要少。

失稳 在梁、柱、厚板、棒或薄板中,当载荷水平达到某一临界值后,出现了凸出、弯曲、弓形、扭曲或波浪状的压缩现象。

体积弹性模量 见压缩弹性模量。

压缩弹性模量 K 抵抗体积变化的度量方法,它是流体静应力与相应单位体积变化的比值。该弹性常数用以下公式表达:

$$K = \frac{\sigma_m}{\Delta} = \frac{P}{\Delta} = \frac{1}{\beta}$$

式中, K 为压缩弹性模量, σ_m 为流体静应力或平均应力的张量, P 为流体静压力, β 为压缩系数。该模量也称作体积弹性模量、压缩模量、流体静模量或容积弹性模量。

焊接试样撕裂熔核 在点焊、缝焊和凸焊试样的破坏试验中撕下的焊接接头的一部分,包括全部或部分焊接熔核。

C

标定 用某一标准度量或比较的办法确定在测量(试验)仪表上读出的每一刻度的正确值。

校正 用与基准仪表指示的值相比较或用一组基准标准的方法确定有效参量的值。

承载能力 在拉伸试验机中,某一机器设计能达到的最大负荷和/或位移。一些试验机具有一个以上的加载能力。这些机器配备有使承载能力可以按照要求修正的附件。

灾变磨损 由于磨损引起的迅速出现或加速形成的表面损伤、磨损或形状的改变,以致明显地缩短零件使用寿命或使其功能受到损害。

碱性开裂 在 200~250°C (400~480°F) 下暴露于浓缩氢氧化物溶液中的碳钢或铁-铬-镍合金最常遇到的一种应力腐蚀开裂。也称为碱脆性。

碱脆性 见常用的术语碱性开裂。

空蚀损伤 通过与表面相邻的液体中空穴的形成与崩坍造成的固体表面的侵蚀。

空蚀浸蚀 见常用的术语空蚀损伤。

摩擦疲劳 在与另一物体摩擦引起损伤的表面上起始的疲劳。参看微振磨损。

特征值 子样或母体的各统计量的特征,它有

助于在测量、计算或观察时辨别这些统计量。

夏比试验 是一种冲击试验,在试验中使用 V 型缺口、钥匙孔型缺口或 U 型缺口试样,试样的两端被支撑住,用摆锤从缺口的后面打击这个试样,这个摆锤装在可以象摆一样摆动的杆的下端。试样断裂时吸收的功可用假定没有试样时摆锤应达到的高度和试样断裂后摆锤实际达到的高度来计算。对照艾氏试验。

人字形花样 是一种有辐射状标记(剪切凸耳)的断口分析花样,它象套叠在一起的字母“V”,有时也称为鲐鱼骨状花样。人字形花样典型地出现在宽度远大于厚度的零件的脆性断裂表面上。可以按照人字形的各顶点寻迹找到断裂源。

弦向模量 在应力-应变曲线上任意两点之间画出的弦的斜率,参看弹性模量。

贝壳状条纹 见海滩状条纹。

解理 沿一定晶体学平面分开或裂开的倾向。

解理断裂 由于解理引起的大多数晶粒破断性的断裂,通常发生在多晶体金属中,解理断裂产生了许多反光的小平面。它是晶体断裂的一种类型并与低能量的脆性断裂有关。对照剪切断裂。

压缩系数 见压缩弹性模量。

摩擦系数 μ 抵抗两物体之间切向运动的力与把两物体压在一起的法向力之比。

方差组元 用规定的变化源识别的总方差的一部分。

压缩模量 见压缩弹性模量。

压缩试验 评估材料承受压缩载荷能力的方法。

抗压强度 材料能承受的最大压应力。对于压缩时由于断裂而失效的脆性材料,抗压强度才有一确定的值。在延性的、韧性的或半粘滞性的材料中(这些材料在压缩中不会由于破碎性断裂而失效),所得到的抗压强度值是一个任意值,它取决于认为材料已经失效的畸变程度。

压应力 引起弹性体在受力方向上变形(缩短)的应力。对照拉应力。

压缩计 测量在给定的标距上由于加载或卸载引起的长度变化的仪器,它经常用于金属试样的压缩试验。

等寿命疲劳图 是一族曲线图(通常用直角坐标表示),每条曲线对应一疲劳寿命(循环次数),该图表达了交变应力、最大应力、最小应力和平均应

力之间的关系。等寿命疲劳图是由一组 $S-N$ 曲线画出的,每一曲线代表 50% 存活率的不同应力比。参看标称应力,最大应力,最小应力, $S-N$ 曲线,疲劳寿命和应力比。

约束 对一物体的变形的任何限制。

公称应变 见工程应变。

公称应力 见工程应力。

修正值 对于试验机来说,它指所施加载荷的正确值减去指示载荷值得到的差值。

腐蚀疲劳 由于重复或波动应力和腐蚀环境的共同作用,材料在比没有腐蚀环境的更低应力水平或更少的循环次数下产生的开裂。

腐蚀磨损 与周围介质明显发生化学或电化学反应的一种磨损。

试料块 从其上制备试样的一块金属——经常是附加的一块金属(例如在铸件或锻件上)或是用于试验目的而制作的单独的一块金属(例如试验用焊接件)。

裂纹扩展量, Δa 裂纹尺寸的增量。见物理裂纹尺寸,有效裂纹尺寸,原始裂纹尺寸和裂纹长度。

裂纹扩展力, G 对裂纹向前扩展的一虚拟增量,弹性体中理想裂纹前沿每单位新分开面积的弹性能。该定义无论对于静止的裂纹还是运动的裂纹都适用。从过去的应用情况看,裂纹扩展力通常与线弹性分析方法有关。参看 J 积分。

裂纹扩展阻力, K_R 材料抵抗裂纹扩展的一种度量,它是用应力强度因子,裂纹扩展力或由 J 积分概念得到的 J 值来表达的。

裂纹长度(深度), a 在疲劳和应力腐蚀开裂中,用来确定紧凑型试样裂纹扩展速率和应力强度因子的物理裂纹尺寸。裂纹长度从施力承受点的连线开始测量。对中心裂纹拉伸试样,裂纹长度由中心裂纹的中垂线开始测量。

裂纹嘴张开位移(CMOD) 见裂纹张开位移。

裂纹张开位移(COD) 对于 K_{Ic} 试样,指的是在缺口处并垂直于缺口和裂纹平面的缺口面张开位移。尖端处的位移称为裂纹尖端张开位移(CTOD);开口处的位移称为裂纹嘴张开位移(CMOD)。

裂纹平面取向 是相对于产品几何形状的断裂平面和方向的识别方法。这种识别方法用一个有连字符的代码来标识,第一个字母代表裂纹平面的法线方向,第二个字母代表预期的裂纹扩展方向。

裂纹尺寸, a 裂纹的主平面尺寸的线性测量值。这种测量通常用于应力和位移场定量描述的计算。实际上, 裂纹尺寸的值是按照不同情况, 从测量物理裂纹尺寸, 原始裂纹尺寸或有效裂纹尺寸, 的各步骤中得到的。参看裂纹长度。

裂纹尖端张开位移(CTOD) 见裂纹张开位移。

裂纹尖端平面应变 裂纹尖端附近的应力应变场, 其平面应变接近于经验判据所要求的程度。

蠕变 在应力作用下出现的时间相关应变。以递减速率出现的蠕变应变称为第一阶段或瞬时蠕变; 以最小的并且几乎是恒定速率出现的蠕变称为第二阶段或稳定速率蠕变; 以加速速率出现的蠕变称为第三阶段蠕变。

蠕变速率 在由笛卡儿坐标图确定的某一给定时间, 蠕变-时间曲线的斜率。

蠕变回复 外力卸除之后, 固体中的应变随时间变化而降低。回复通常在恒温下测定。

蠕变断裂强度 在规定的恒定环境和给定的时间内, 引起蠕变试验试样断裂的应力。也可称为持久强度。

蠕变断裂试验 同时测定试样累加的变形和断裂时间的试验。一般来说, 这种变形远大于蠕变试验产生的变形。也可称为持久强度试验。

蠕变应变 在蠕变试验期间, 由所施加的应力引起的与时间相关的总应变(伸长量加上原始标距长度)。

蠕变强度 在规定的恒定环境和给定时间内, 引起蠕变试验试样产生一定蠕变应变的应力。

蠕变应力 恒定的载荷除以试样的原始截面积。

蠕变试验 确定在给定载荷和规定温度下金属伸长量的方法。这通常包括绘制恒载下的时间-伸长曲线; 一次试验可能延续数月之久。试验结果通常表示为某一给定标距(例如 25 mm 或 1 in)上每小时的伸长(mm 或 in)。

压裂试验 (1) 适用于管材、烧结的金属轴承或其它类似产品的径向压缩试验, 用以测定径向压裂强度(压缩的最大载荷); (2) 测定管材质量的轴向压缩试验, 例如有焊缝的管材的焊接接头的坚固性。

结晶状断口 在多晶体金属断裂表面上出现的反光的结晶小平面的花样, 它是由许多单个晶体的

解理断裂形成的。对照纤维状断口和丝光断口。同时参看粒状断口。

结晶学解理 一个晶体沿着相对于出现分离过程的三维晶体结构的某一固定取向平面发生的分离, 由于这个分离过程, 使新形成的表面在垂直于该固定平面, 并在包含运动主分量的方向上相互分离。

杯状断口(杯-锥断口) 经常在延性材料的拉伸试验试样中看到的一种混合型断口, 中间部分承受平面应变断裂而周围的区域承受平面应力断裂。其中一个断口表面象小型的茶杯, 它有一个中间凹下去的平面区, 其周围环绕着剪切唇。另一个断口表面象小型的截锥体。

深拉断口 深度冷作的棒材或线材的断口, 一端外形象茶杯而另一端象圆锥体。

杯突试验 用于确定板材金属延性和深冲性能的力学试验。它包括测量断裂前形成的杯突的最大深度。该试验通常用半球形的冲头把试验件冲入冲模的方法进行。参看杯状断口, 埃里克森杯突试验和奥尔森试验。

循环 在疲劳试验中, 周期性重复施加载荷值的一个完整过程。符号 N 代表循环次数。

循环载荷 载荷的值按照规则顺序重复的变化。

D

脱碳 由于和表面接触的介质中的一种或多种化学物质起反应, 使碳元素从含碳合金表面层损失。

变形 由于应力、温度变化、湿度变化或其它原因引起的物体形状的改变。变形用长度单位测量。

形变带 在单个晶粒内产生不同取向变形带的变形过程中, 一个晶体发生不同转动的那些部分。

枝晶 具有树枝状花样的晶体, 最常见于缓慢通过凝固范围的铸造金属中。

绝对密度 单位体积固体材料的质量, 用 g/cm^3 或 kg/m^3 表示。

脱锌 锌从含锌合金中有选择地溶出的腐蚀。通常见于含铜量少于 85%、在含溶解氧的水中长期使用后的铜-锌合金中。

金刚石角锥硬度试验 见维氏硬度试验。

膨胀仪 一种测量固体金属在受热和随后冷却

或等温保持时长度或体积变化的仪器。

韧窝断裂 描述延性断裂的断口金相术语, 这种断裂是通过沿断裂途径上微孔的形成和聚合而发生的。延性断裂的断口表面在高倍下观察时呈韧窝状, 而用扫描电子显微镜观察时, 常常可以得到最清晰的分辨图象。参看延性断裂。

不连续屈服 显示出屈服点的金属的不均匀塑性流变; 屈服时, 沿标距的塑性变形是不均匀分布的。在某些情况下, 无论在塑性流变的开始还是在塑性流变的过程中, 不连续屈服会出现在不显示明显屈服点的金属中。

位移 试样上选定的一个测量点垂直于裂纹平面移动的距离。参看裂纹张开位移和裂纹平面取向。

畸变 由于施加应力或残余应力的消除出现的原始尺寸、形状或轮廓的任何变化。

延性裂纹扩展 伴随着明显塑性变形的缓慢裂纹扩展, 需要从物体的外部提供能量。

延性侵蚀特性 该侵蚀特性有其特征属性(即相当大的塑性变形), 这可能与暴露的固体表面的延性断裂有关。在暴露的表面上以小的腐蚀角形成特有的波浪花样。

延性断裂 伴有明显易见的塑性变形并消耗相当大的能量以金属的撕裂为特征的断裂。

延性 材料在断裂前塑性变形的能力。在拉伸试验中用延伸率或断面收缩率来度量, 在杯突试验中用杯突的高度来度量, 在弯曲试验中用弯曲半径或弯曲角来度量。参看深拉断口。

E

棱边距离 从支承试样的棱边到孔的中心在施力方向上的距离。见支承试验。

棱边距离比 在支承试验中棱边距离与销子直径的比值。见支承试验。

棱边应变 从冷轧钢板或钢带棱边起长度为25~300 mm (1~12 in) 的横向应变线或吕德斯线。参看吕德斯线。

有效裂纹尺寸 a_e 由于裂纹塑性变形的影响而增大了的物理裂纹尺寸。有效裂纹尺寸有时可从物理裂纹尺寸的测量值加上塑性区修正的计算值算出来。计算有效裂纹尺寸的常用方法是把从载荷-变形曲线的割线得到的柔度和从同类型试样标定曲线得到的弹性柔度进行比较。

有效屈服强度 代表塑性屈服对断裂试验参量影响的单轴屈服强度的假定值。

弹性标定设备 在鉴定含有受力弹性元件的试验机载荷读数时使用的设备, 它与一个装置或仪表结合起来使用以显示在载荷下变形的大小(或与该值成比例的一个量)。

弹性常数 材料的弹性位移与所受的力之间呈现的比例系数。参看弹性模量, 压缩弹性模量, 切变模量和泊松比。

弹性变形 与所受力的增加或减少成正比, 并同相位的尺寸变化。

弹性能 使材料在弹性范围内变形所需要的能量, 忽略由于内耗引起的少量热损失。它是在被试验的标距内每单位体积材料吸收的能量。弹性能用直到规定的弹性应变处应力-应变曲线下的面积来度量。参看回能模量和应变能。

弹性滞后 见常用的术语力学滞后。

弹性极限 材料在应力完全去除后, 在没有任何永久应变(变形)下所能承受的最大压力。参看比例极限。

弹性回复 在硬度试验中, 当所施加的载荷卸除后压痕原始尺寸的缩短。

弹性回能 给材料施加应力至弹性极限所吸收的能量; 或是当应力从弹性极限去除后能够恢复的能量。

弹性应变 见弹性变形。

弹性应变能 在物体弹性变形中由于外力作用所消耗的能量。弹性变形过程所完成的全部功基本上都以弹性能的形式储存, 而且当所施的力卸除后, 这个能量可以重新获得。

弹性 材料由应力引起的变形在应力去除后即行消失的特性。一个理想的弹性体在应力去除后能完全恢复它原来的形状和尺寸。

伸长 在力学试验中用来描述受力试件伸长量的术语。参看伸长率。

伸长率 试样均匀段的伸长, 用原始标距的百分数表示:

$$\text{伸长率}(\%) = \frac{(L_s - L_0)}{L_0} \times 100$$

式中, L_0 为原始标距, L_s 为最终的标距。

端淬硬化性试验 是用于确定钢或其它铁合金的硬化性的实验室程序; 通常称为乔米尼试验。测定硬化性的方法是: 把标准试样在上临界温度以上

加热,然后把加热的试样放到夹具上使冷水流喷射到一个端面上,在完全冷到室温后,沿试样长度方向以规则的间距测量试样表面附近的硬度。这些数据通常绘制成硬度和距淬火端面距离的关系曲线。

耐久性 材料承受重复应力的能力。

持久极限 假定材料能承受无限次应力循环的最大应力。应当说明最大应力和应力比的值。与疲劳极限比较。

工程应变, e 为了与真应变相区别而使用的术语,有时也称为平均线性应变或公称应变。在拉伸试验中,它等于标距的变化除以原始标距。

工程应力, S 为了与真应力相区别而使用的术语,有时也称为公称应力。在拉伸试验中,它等于加到试样上的致断载荷除以试样原始截面积。

等轴晶组织 晶粒在各个方向上具有大致相同尺寸的一种组织。

埃里克森试验 用于评估金属板材延性的杯突试验。该方法是把圆锥形的或半球形的冲头冲入试样并测量断裂时杯突的深度。

侵蚀 由于固体表面和液体、多组分的液体、喷射流体或固体粒子之间的机械相互作用原有材料从该表面的逐渐的损失。

误差 偏离正确值的差值。对试验机来说,它是标定装置指示的载荷减去试验机指示的载荷的差值。

估计值 对一给定样本由估计程序算出的某一参数的特殊值。

估计 对于来自一样本观察值的一个或多个未知总体参数的数值进行统计学推理的程序。

伸长计 在给定的标距上测量由于加载或卸载引起的长度变化的仪器。通常用于金属试样的拉伸试验。

F

剥蚀 整体轴承表面以凹坑为特征的损伤,这些凹坑不是由过载产生的塑性变形引起的,而是由其它原因例如摩擦腐蚀引起的。参看表面凹痕。

疲劳 在最大值小于拉伸强度极限的重复或波动应力作用下导致断裂的现象。疲劳失效一般在静态加载时只产生很小影响的载荷下发生。疲劳断裂是逐渐发生的,以微小的裂纹开始,在波动应力作用下裂纹不断扩展引起的。

疲劳裂纹扩展速率 da/dN 由恒幅疲劳加载引

起的裂纹扩展速率,以载荷循环一次的裂纹扩展量表示。

疲劳失效 承受疲劳的试样完全断成两部分,或者试样软化或者由于自热或开裂引起试样的刚度明显下降时出现的失效。

疲劳寿命, N 在规定特征的失效出现之前,试样承受给定形式的应力或应变的循环次数。

$p\%$ 存活率的疲劳寿命 给定应力水平下母体的 $p\%$ 达到或超过的疲劳寿命估计值。用中值疲劳寿命的观测值来估计 50% 存活率的疲劳寿命。 $p\%$ 存活率的疲劳寿命也可从个体疲劳寿命值估计出来, p 是任何数字,例如 95, 90 等。

疲劳极限 在规定的应力循环次数下可能导致疲劳断裂的最大应力。应注明最大应力值和应力比。参看持久极限。

$p\%$ 存活率的疲劳极限 当 N 值很大时, $p\%$ 存活率的疲劳强度的极限值; P 可以是任何数,如 95, 90 等。

疲劳缺口系数, K_t (真实值) 相同材料和条件下无缺口试样的疲劳强度与有缺口试样的疲劳强度之比;在同样的应力循环次数下测定这两种强度。

疲劳缺口敏感性, q 给定尺寸和形状的缺口或孔对材料疲劳性能影响的估计值;用公式 $q = (K_t - 1) / (K_f - 1)$ 来度量,其中 K_t 是疲劳缺口系数, K_f 是应力集中系数。如果 q 值为 1,材料被认为是完全缺口敏感的;如果 q 值为零,则材料是缺口不敏感的。参看疲劳强度系数和应力集中系数。

疲劳强度 能承受规定循环数而不失效的最大应力,除非另有说明,该应力在每一循环内是完全正负反向的。

N 次循环的疲劳强度, S_N 从 $S-N$ 曲线上确定的恰好在 N 次循环时失效的假设应力值。这样确定的 S_N 值使用时所承受的条件应与施加给 $S-N$ 曲线的条件相同。文献中经常见到的 S_N 值是在平均应力 $S_m = 0$ 的条件下,给定一组试样的 50% 能经受 N 次应力循环的最大应力 S_{max} ,最小应力 S_{min} 或应力幅 S 的假设值。该值也称为 N 次循环的中值疲劳强度。

N 次循环的 $p\%$ 存活率的疲劳强度 母体的 $p\%$ 能经受 N 次循环的应力水平的估计值, p 可以是任何数,如 95, 90 等。由于没有试验程序能直接求出 N 次循环的疲劳强度频率分布,所以 $p\%$ 存活率的疲劳强度估计值由疲劳寿命分布的一些特殊

点导出。

疲劳条带 在电子显微镜断口组织或疲劳断裂表面上经常观察到的平行线。这些线横过局部裂纹扩展的方向,相邻两线之间的距离代表每次应力变化循环过程裂纹前沿的扩展量。

疲劳试验 确定材料能够承受而不失效的交变(波动)应力范围的方法。

疲劳磨损 由材料疲劳产生的断裂引起的固体表面磨损。

铁素体带 顺加工方向排列的自由铁素体的平行带。有时称为铁素体条纹。

铁粉记录仪 用来测定机械系统润滑油中磨损颗粒尺寸分布的仪器。

纤维状断口 是一种灰色无晶形断口,它出现在晶体于断裂前能充分伸长的延性良好的金属中。如果在冲击试验中得到了纤维状断口,这可以看作该金属具有韧性的明显证据。对照结晶状断口和丝光断口。

纤维状组织 (1)在锻件中,该组织呈现酸洗面上的不一定有害的分层或在断口上呈丝状特征。不应把纤维状组织与纯净金属的延性断裂相混淆。(2)在熟铁中,该组织由镶嵌在铁素体中的溶渣纤维组成。(3)在轧制的钢板坯料中,该组织为断口表面上均匀的细晶组织,没有分层或油页岩状的不连续物。与上面(1)的组织不同,它实际上和延性断裂是同义的。

锉刀硬度 用标准硬度的锉刀确定硬度的方法。用这把锉刀锉不动的材料则认为和它一样硬或更硬。可以使用各种不同硬度的锉刀。

鱼眼 钢材焊接接头的断口表面上出现的不连续物,它由小的缩孔或夹渣周围环绕着大致圆形的光亮区域组成。

鱼嘴状开裂 见鳄鱼嘴状裂口。

固定载荷或固定位移裂纹扩展力曲线 假定一固定的所施加的载荷或位移并得到一条裂纹扩展力和独立变量有效裂纹尺寸的曲线,然后对这种试验组合进行断裂力学分析所获得的曲线。

扩口试验 适用于管材的试验,即在圆锥体的顶心上使管口扩张成圆锥形。该试验类似于销子扩张试验。

压扁试验 在两块平行的垫板之间把试样压至规定高度的管材质量试验。

柔性 材料重复挠曲或弯曲而不破坏的属性或

状态。参看挠曲。

挠曲 在研究材料强度中使用的术语,它表明一物体,通常是棒或梁,受弯曲而不断裂的特性。参看柔性。

流变 指材料某部分范围内基本平行的平面沿平行的方向运动(滑移或滑动);流变在剪应力的作用下发生。以恒容积并且不破坏材料完整性的连续剪切方式作用称为屈服、蠕变或塑性变形。

流变线 显示金属热加工或冷加工时流变方向的纹理。它通常可用腐蚀金属零件表面或截面的方法显示出来。

流变应力 在固体金属中产生塑性变形所需的应力。

锻造轧辊回跳硬度值(HFRSc或HFRSd) 该值与落到锻造钢轧辊上的金刚石端头落锤的回跳高度有关。它用把落锤从公认最硬的锻造钢轧辊上回跳的平均值分成100格的标尺来度量。参看回跳硬度值和回跳硬度试验。

可成形性 金属通过塑性变形能够成形的难易程度。金属可成形性的评估包括测量强度和延性,以及引起断裂所需的变形量。可变形性与可成形性有时相互替换使用,但是可成形性指的是板材金属的成形,而可变形性指的是使材料产生大的变形(即锻造或轧制)。

变形极限图 在该图上,垂直方向绘制金属板材断面收缩起始的主应变而水平方向绘制相应的次应变。该断裂起始线把所有可能的应变组合分为两个区:“安全”区,在这个区变形过程中的破坏不会发生;“破坏”区,在这个区变形期间会产生破坏。

断口金相学 参照断裂表面照片,描述性地解释断裂过程,特别是金属中的断裂过程。宏观断口金相需要用低倍照片;而微观断口金相则用高倍照片。

断口 一块金属断裂时形成的不规则表面。参看断裂试验,粒状断口,纤维状断口,丝光断口和结晶状断口。

断裂力学 见线弹性断裂力学。

断裂应力 断裂开始时在最小横截面上的真实正应力。该术语通常用于无缺口试样的拉伸试验。

断口检验 破坏一个试样并用肉眼或低倍显微镜研究断开的表面以确定诸如组成、晶粒尺寸、硬化层深度或内部缺陷等。

断裂韧度 度量裂纹扩展阻力的通用术语。这个术语有时只限于在断裂控制中直接应用的来自断裂力学试验的结果。但是,该术语通常包括那些并不基于断裂力学分析而是从带缺口或预裂纹的试样的简单试验得到的结果。在使用经验或与断裂力学试验建立了经验关系的基础上,来自断裂力学分析的试验结果对于断裂控制是非常有用的。参看应力强度因子。

晶粒碎化 一个晶粒分成小的独立的微晶,其周围轮廓是冷变形产生的交叉滑移形成的大变形网状组织。这些小的晶体或称碎块彼此取向不同并力图转向由滑移系所决定的稳定取向。

框图 用于取样目的编制的表格,它指定研究中需考虑的母体或整体的各个个体(单元)。

自由弯曲 在试样的两端部施加力而不是在最大弯曲点施加力所产生的弯曲。在自由弯曲时,先加侧向力以使在两点之间产生少量的弯曲。这两个弯曲点应在同一方向上并且每一点距中心要有一合适的距离。

微振磨损 承受极小振幅振动的紧配合表面之间出现的一种磨损。这种类型的磨损可能是氧化磨损和磨料磨损的组合。参看微振磨损腐蚀。

微振磨损腐蚀 由于腐蚀和两表面间微小振动性滑动引起的接触面之间界面的损伤。

微振磨损疲劳 在出现微振磨损的表面上起始的疲劳断裂。

频率分布 一总体或样本的各项出现频率的方式,该出现频率按照考虑中的变量的值分布。

G

标距 试样上测定应变或长度变化的那部分的原始长度。

粘结磨损 两表面凸起点之间过分的摩擦引起了局部粘结,随后产生剥落并使匹配部分的一个或两个磨擦着的表面更加粗糙的状态。参看剥落。

晶粒长大 多晶体金属平均晶粒尺寸的增大,这通常是由于在高温下加热引起的。参看晶粒度。

晶粒度 在多晶体金属中晶粒面积或体积的度量单位,如果晶粒尺寸比较均匀,晶粒度经常用一个平均值表示。在包含两相或多相的金属中,除非另有规定。晶粒度指的是基体的晶粒度,晶粒度用以下术语表示:每单位面积或体积的晶粒数、平均

直径或从面积测量推导出的晶粒度号。

粒状断口 金属断裂时形成的一种不规则表面,其特征是粗大的晶粒状的外观,而不是光滑的或纤维状的。这种断口还可再分成穿晶型的或晶间型的。这种类型的断裂经常称为晶体断裂;然而,金属断裂是“结晶形成”这种说法是不确切的,因为所有金属在固态时都是结晶体。对照纤维状断口和丝光断口。

组 一批或者说在同一应力下试验的试样。一组可以包括一个或多个试样。

导向弯曲 把试样用冲头冲入冲模以形成所希望的试样内外表面形状的弯曲。

导向弯曲试验 借助于模具把试样弯成一定形状的试验。

H

硬度 材料抵抗表面压痕或磨损的能力,可以看成是产生一定类型表面变形所需的应力的函数。硬度没有绝对的尺度;因此为定量地表示硬度,每种试验有其自己独立定义硬度的标准。压痕硬度可以用布氏硬度,洛氏硬度,维氏硬度,努氏硬度和回跳硬度试验来测量。

哈特曼线 见吕德斯线。

鲑鱼骨状花样 见人字形花样。

孔扩张试验 这是一种模拟试验,把中心带圆孔的平板试样在环形模具平板之间夹紧并用一冲头使其变形,孔逐渐扩张直至最后在孔边出现裂纹。

虎克定律 应力与应变成线性比例的材料被认为遵循虎克定律。参看弹性模量。

氢致损伤 用于某些含氢金属可能出现的脆化、开裂、起泡和氢化物形成的一般术语。

氢脆 在金属中由于氢的存在引起的低延性或氢致开裂。

氢致延迟开裂 有时用来识别某种形式的氢脆时使用的术语,在这种氢脆中金属在低于屈服应力的稳定应力作用下似乎自然产生了断裂。在施加应力(或受应力的金属暴露于氢气中)和开裂起始之间通常有段延迟。氢致延迟开裂也称为静疲劳。

流体静模量 见压缩弹性模量。

滞后 当材料承受重复加载时,在任何加载或卸载循环过程中出现的永久吸收或损失能量的现象。