



中华人民共和国国家标准

GB/T 15970.5—1998
idt ISO 7539-5:1989

金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第5部分:C型环试样的制备和应用

Corrosion of metals and alloy—Stress corrosion testing—
Part 5: Preparation and use of C-ring specimens

1998-12-07 发布

1999-07-01 实施

国家质量技术监督局 发布

前 言

本标准等同采用国际标准 ISO 7539-5:1989《金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第5部分:C型环试样的制备和应用》。

GB/T 15970 在“金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验”总标题下包括以下部分:

第1部分:(GB/T 15970.1—1995)试验方法总则

第2部分:弯梁试样的制备和应用

第3部分:(GB/T 15970.3—1995)U型弯曲试样的制备和应用

第4部分:单轴加载拉伸试样的制备和应用

第5部分:(GB/T 15970.5—1998)C型环试样的制备和应用

第6部分:(GB/T 15970.6—1998)预裂纹试样的制备和应用

第7部分:慢应变速率试验

第8部分:焊接试样的制备和应用

第2、4、7、8部分将陆续制定。

本标准的附录A是标准的附录。

本标准由原冶金工业部提出。

本标准由原冶金部信息标准研究院归口。

本标准起草单位:原冶金部钢铁研究总院、上海核工程研究设计院、原冶金部信息标准研究院。

本标准主要起草人:何明山、周名耀、纪晓春、柳泽燕。

ISO 前言

ISO(国际标准化组织)是各国标准机构(ISO 成员团体)的世界性联合组织。国际标准的制定工作通过 ISO 技术委员会正规地进行。对某课题感兴趣的每个成员团体均有权参加为该课题建立的技术委员会。与 ISO 协作的国际组织、政府和非政府机构也可参加工作。ISO 在所有电工标准化方面与国际电工委员会(IEC)密切合作。

由技术委员会采用的国际标准草案经成员团体传阅赞成后,由 ISO 委员会采纳为国际标准。按 ISO 的程序,草案至少需要 75% 的成员团体投赞成票方能通过。

国际标准 ISO 7539-5 是由 ISO/TC 156“金属和合金的腐蚀”技术委员会制定的。

ISO 7539 在“金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验”总标题下,包括以下部分:

第 1 部分:试验方法总则

第 2 部分:弯梁试样的制备和应用

第 3 部分:U 型弯曲试样的制备和应用

第 4 部分:单轴加载拉伸试样的制备和应用

第 5 部分:C 型环试样的制备和应用

第 6 部分:预裂纹试样的制备和应用

第 7 部分:慢应变速率试验

第 8 部分:焊接试样的制备和应用

附录 A 构成 ISO 7539-5 的一个组成部分。

引 言

本标准是 GB/T 15970 系列标准之一,该系列标准给出设计、制备和应用不同类型试样进行试验,以评价金属抗应力腐蚀的性能的试验程序。

使用该系列标准中的任一标准,都要阅读 GB/T 15970.1 的有关条款。这有助于选择适用于特定环境的适当的试验程序,也有助于给出评价试验结果重要性的指导性意见。

中华人民共和国国家标准

金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第5部分:C型环试样的制备和应用

GB/T 15970.5—1998
idt ISO 7539-5:1989

Corrosion of metals and alloy—Stress corrosion testing— Part 5: Preparation and use of C-ring specimens

1 范围

1.1 本标准包括检验金属和合金应力腐蚀敏感性用的C型环试样的设计、制备、加载、暴露及检查等方法,提供了C型环试样应力状态和分布的分析。本标准中“金属”一词也包括合金。

1.2 C型环是一种用于测定各种金属应力腐蚀破裂敏感性的用途广泛而经济的试样,适用于多种产品形式包括焊件。特别适用于管、棒和板的试验(见图1)。也可以使用带缺口试样(见5.3.8)。

1.3 可以使用简单的恒载荷或恒应变装置将C型环试样加载到预定值。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 15970.1—1995 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第1部分:试验方法总则

GB/T 15970.6—1998 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第6部分:预裂纹试样的制备和应用

3 定义

GB/T 15970.1给出的定义,适用于本标准。

4 原理

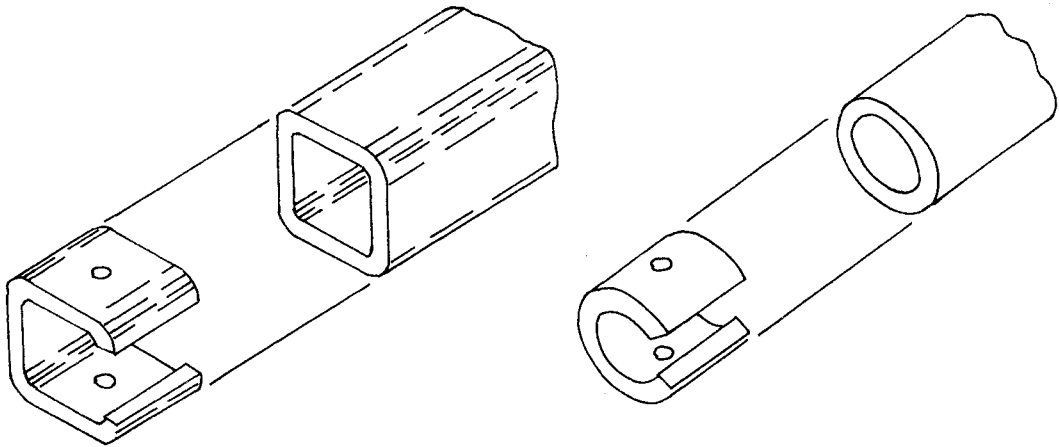
4.1 试验包括将试样恒载荷或恒应变加载,目的是参照第7章中的一个或几个参数测定应力腐蚀敏感性。

4.2 腐蚀环境可能使材料受应力时产生的性能劣化超过相同环境不受应力时产生的性能劣化。这种劣化程度可用几种不同方式表示,以评价应力腐蚀敏感性。

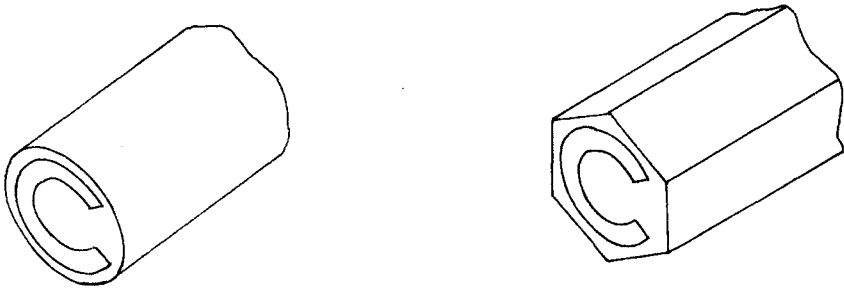
4.3 由应力腐蚀引起破坏的最普通的形式包括裂纹的萌生和扩展。当试验进行了适当的时间,其中一条或几条裂纹可能最终导致试样整体破坏。

4.4 即使采用标称相同的试样,对给定的金属和环境所得试验结果可能有较大的差异,因此往往又需要进行重复试验。如果试样尺寸不同、取向不同,或加载方法不同,试验结果差异可能会更大。

4.5 承受应力的试样暴露于试验环境后至出现裂纹所需的时间或临界应力(低于此应力不出现裂纹)可用来评定材料在试验环境中实际使用的应力水平下的抗应力腐蚀性能。



管



棒和杆

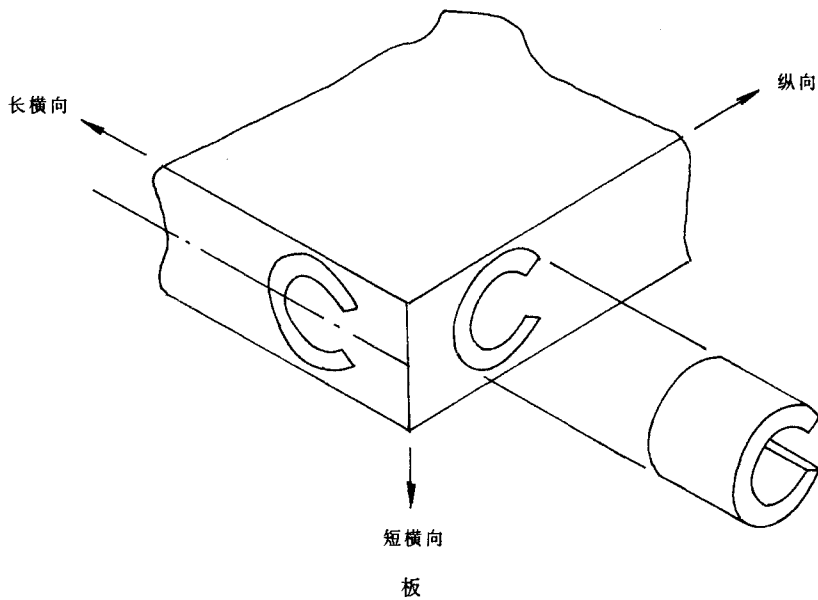


图 1 各种产品的取样方法

5 试样

5.1 试样设计

5.1.1 C型环的尺寸可在很宽的范围内变化,但不推荐外径小于15 mm的C型环,否则会增加机加工的难度并降低加载的准确性。环的尺寸影响应力状态,在5.2条中对此进行了讨论。图2是表示典型尺寸的C型环加工图。

5.1.2 在对具有定向晶粒结构的厚截面材料试验时,重要的是使C型环主应力的方向垂直于应力腐蚀破裂抗力最小的平面。否则,可能在环的中心位置以外某处产生裂纹,而此处应力未知且低于计算值(见5.3.3)。应向加工人员提供适当的加工工艺。C型环试样也可制成带缺口的或预制疲劳裂纹的试样,其应力状态分别在5.3.8和GB/T 15970.6中予以考虑。

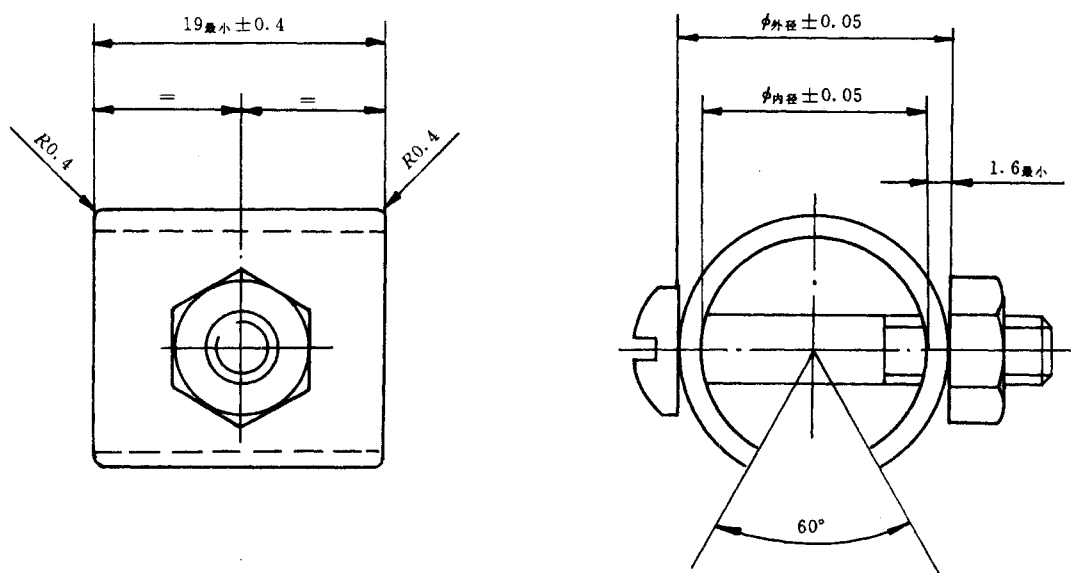


图2 C型环试样实例

5.2 应力分析

5.2.1 C型环试样受到的主要应力是周向应力,此应力是沿厚度方向梯度变化的不均匀应力,即从某一表面上的最大拉应力变化到相反表面上的最大压应力。应力也围绕着C型环周向变化,从每个螺孔处的零值变到加载螺栓对面圆弧中央的最大值。根据附录A(标准的附录)计算的应力值仅代表圆弧中心处横跨环体宽度的一条线上的应力。因此,如果应力是由在C型环拉应力面上测定的应变值确定的话,应变片应该装在圆弧中央以便指示最大应变值。应力也沿着环的宽度变化,其变化程度决定于环的宽度与厚度及直径与厚度的比值。一般情况下,如图3a)和图3b)所示方式加载时,外表面的拉应力,边缘比中央大,而如图3c)所示方式加载时,内表面的拉应力,边缘比中央小。

5.2.2 C型环应力体系的另一个特征是存在双轴应力,即横向及周向应力。横向应力从宽度中心位置的最大值逐渐变到边缘位置的零值。而且与周向应力的符号相同。一般地说,横向应力随着宽度与厚度比值的减少和直径与厚度比值的增加而减小。

5.2.3 在开缺口的C型环情况下,缺口的根部附近存在着三轴应力。此处,缺口根部的周向应力将大于名义应力,一般预计此周向应力处于塑性范围内。

5.2.4 当用明显存在残余应力的材料加工C型环时,或者对机加工以后的C型环进行热处理(包括淬火)时,环中可能存在内应力。这些内应力可能导致计算应力时的误差。为了计算管子中的残余应力必须在轴向切割管子的前后测量管子直径。

5.2.5 应该考虑试样在暴露(尤其是在高温下)期间存在应力松弛的可能性。如果可以得到环体和加载

螺钉的蠕变数据,这种应力松弛可以估算。

注:在高温试验时,如果环体和螺栓有不同的热膨胀系数,施加的应力可能有明显的变化。同样,如果为了避免电化学腐蚀,使用塑性绝缘体时,也应该预测其应力松弛的可能性。

5.3 加载方法

5.3.1 C型环试样通常是恒位移加载,即沿环直径中央方向扭紧螺栓,环的外表面产生拉伸应力(见图 3a))。

5.3.2 C型环也可以通过展开环体反方向加载,使内表面产生拉应力(如图 3c))。或最好使用楔形张开技术,使C型环的两臂向外位移如图 4 所示。这里所需要的位移是通过插入一个精加工的楔子实现的,该楔子应采用与C型环相同的材料以避免电偶效应。图 4 显示出一种适用的楔形加载卡具。

5.3.3 C型环试验可以改进为用一种放置在加载螺钉上经适当校准的弹簧,使之成为近似恒载荷条件下的试验(见图 3b))。

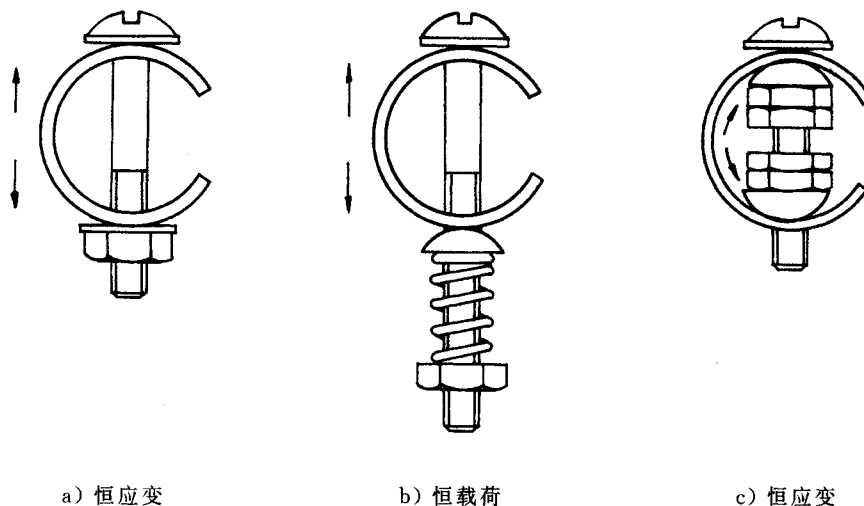


图 3 C型环试样的加载方法

5.3.4 最精确的加载方法是在受拉应力的表面贴上周向和横向电阻应变片,然后扭紧螺栓直到应变测量值达到需要的周向应力为止。周向应力 σ_c 和横向应力 σ_t 只要在弹性范围内,则可按下式计算:

$$\sigma_c = \frac{E}{1 - \mu^2} (\epsilon_c + \mu \epsilon_t)$$

$$\sigma_t = \frac{E}{1 - \mu^2} (\epsilon_t + \mu \epsilon_c)$$

式中: E ——弹性模量, Pa;

μ ——泊松比;

ϵ_c ——周向应变;

ϵ_t ——横向应变。

当在薄壁C型环上使用电阻应变片时,对应变片在环表面上的位移将允许修正。在暴露试验前必须从C型环上除去应变片和粘合剂的全部痕迹。

当计算高于弹性极限的应力时,可以在弹-塑性分析的基础上进行。

5.3.5 当对几个相同合金和相同尺寸的C型环加载时,为了避免测定每个环的麻烦,可测定周向应力对环挠度的标定曲线。

5.3.6 在C型环上只产生弹性应变所需要的压缩量和弹性应变的程度,在理论上能够计算。因此,C型环可以按附录A所示的修正的弯梁公式,代入每个环的尺寸,然后根据计算出的产生预定弹性应力所需的挠度进行加载。经验证明,用此法计算的应力和用在试样上贴应变片测定的应力符合得很好。

5.3.7 另外,要计算在不同外加位移情况下,整个C型环试样上的应力-应变分布,可以用有限元应力分析法进行计算。这种分析应使用已编制的有限元程序,由完全熟悉有限元技术的人员进行。对于几何形状和加载方式较复杂的试样,不能用简单的理论分析进行计算,通常使用这种有限元应力分析方法进行计算。

5.3.8 对于带缺口试样(见5.2.3),名义应力用在缺口根部测量环的外径进行计算,然后根据名义应力和特定缺口的应力集中系数 K_T 的乘积计算缺口处的最大应力。

5.4 机加工和表面处理

5.4.1 除要求检验管材或棒材的原始表面外,腐蚀试验总是希望试样有高质量的机加工表面。当用实心坯料加工C型环试样时,应该防止操作中出现过热,塑性变形或在金属表面产生残余应力。机加工应该分阶段进行,最后一道切削加工后的主要表面粗糙度的均方根值等于或小于 $1\text{ }\mu\text{m}$ 。

应该避免能使金属产生塑性流变的研磨、机械抛光和其他类似的操作。

5.4.2 暴露试验前,试样的表面应进行除油处理。可以用化学和电化学方法去除氧化膜或机加工过程中金属表面产生的薄的畸变层。如果使用这两种方法,则必须保证处理条件不使金属产生选择性相侵蚀或表面留有不希望有的残渣沉积。对于易造成氢致损伤的材料,绝对不能采用那些能在试样表面产生氢的处理方法。

5.4.3 除了加载区域可以最后除油外,其余部分的表面处理均应在C型环加载之前完成。

5.4.4 在最后的表面处理完毕后,要处处小心,以避免印上指纹或任何损伤表面粗糙度的粗鲁操作。

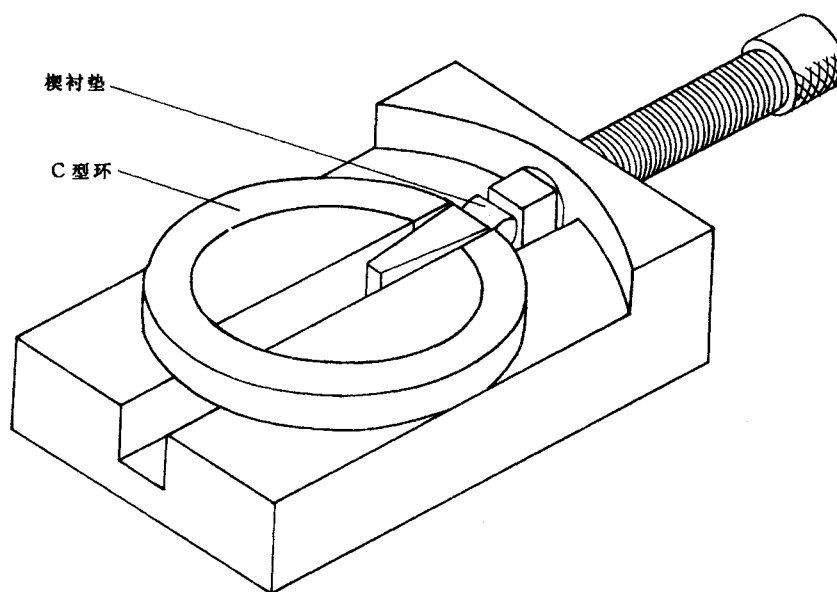


图4 安放楔形张开插入物的卡具

5.5 试样标志

5.5.1 试样号可以刻在C型环切口的一个端部附近,在两螺栓孔之间重要的加载段不应作任何种类的标记。可以利用一个辅助螺母将非金属标牌固定在加载螺栓上。

5.5.2 楔形张开加载试样号可以刻在加载楔附近的环的外表面上。

6 试验步骤

6.1 C型环试样因其尺寸小和加载方法简单,几乎可以暴露于任何种类的腐蚀环境中,支承试样时应做到,试样关键加载部位除接触腐蚀介质外,不接触其他任何物体。

6.2 必须注意避免C型环、加载螺栓、螺母或加载楔及暴露架之间的电偶效应。可以用绝缘套(图5a)和b))或用涂层(如图5c))加以防护,还必须防止缝隙腐蚀,因为缝隙腐蚀会在环体与加载装置之间产

生腐蚀产物,使C型环的应力值产生变化。图5c)所示的涂层保护法也适用于防止缝隙腐蚀。选用的涂层或绝缘物应该既不污染腐蚀介质也不被腐蚀介质破坏。

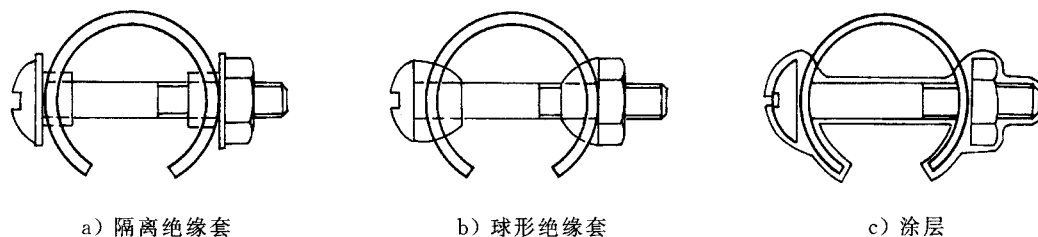


图5 防止缝隙腐蚀及电偶腐蚀方法

6.3 试样在加载后应立即暴露于试验环境中或者储存起来,以避免试样在暴露前受污染或损坏。

7 试验结果的评定

7.1 加载试样暴露于试验环境以后出现裂纹所需的时间或出现裂纹的临界应力(低于该应力不出现裂纹)可用来评定材料在该试验环境中及使用应力水平下的抗应力腐蚀的性能。

7.2 用对应力腐蚀敏感的合金制成的C型环试样,承受高应力时破裂通常是明显的。

7.3 承受低应力的C型环试样或由耐蚀合金制成的C型环试样,尤其是当裂纹被腐蚀产物遮蔽的情况下,破裂可能是很不明显的。

7.4 如果C型环没有断裂,必须根据可辨认的破裂程度,采用某一合适的破断判据进行评定。

裂纹一般是用肉眼或放大镜检查。

7.5 如果用上述检查方法观察到了裂纹现象,但不能明确地断定是一条裂纹时,研究者应该选择下面两条中的任意一条来判定:

a) 记下怀疑是第一条裂纹的时间和日期,继续进行暴露试验、观察裂纹进一步扩展情况,以证实把怀疑的第一条裂纹出现的时间作为破裂时间是否正确;

b) 停止暴露试验,并对怀疑裂纹的横断面作金相检查以确定是否存在裂纹。

7.6 对断裂或破裂C型环的金相检查也有助于确定破坏是由应力腐蚀破裂还是由其他形式的腐蚀引起的。

8 试验报告

8.1 除报告破裂的试样数量和每个试样的破裂时间外,还应报告下列有关试验内容:

- a) 加载方法;
- b) 外加应力的尺寸;
- c) 试样的取向;
- d) 试样尺寸和表面制备情况;
- e) 试验介质;
- f) 试验持续时间;
- g) 破裂的判据。

8.2 有关试验金属的全部资料包括下列内容也应报告:

- a) 金属牌号或技术条件号;
- b) 试验材料的成分;
- c) 制作过程;
- d) 热处理制度;
- e) 力学性能。

附录 A

(标准的附录)

C 型环试样的应力的计算公式

使用下列公式能够计算出需要给出期望应力的 C 型环最终外径 D_f 。

$$D_f = D \pm \Delta D$$

$$\Delta D = \sigma \pi d^2 / 4 E t Z$$

式中： D ——C 型环加载前的外径，mm；

D_f ——C 型环加载后的外径（外径的测量方向与通过最大应力点的中心线垂直），mm；

σ ——需加的应力（在比例极限范围之内），MPa；

ΔD ——产生所需应力 D 的变化量，mm；

d ——平均直径（ $D-t$ ），mm；

t ——壁厚，mm；

E ——弹性模量，MPa；

Z ——弯梁的校正系数（见图 A1）。

对于给定的 C 型环尺寸进行多次试验研究时，为了避免重复计算，可制成象表 A1 那样的表。

在本方法中的误差主要来源于 C 型环的尺寸测量，如果以外径为 19 mm 和壁厚为 1.5 mm 的典型 C 型环为例，测量精度可达 0.03 mm，则计算值的偶然误差不超过 3%，而对于较长和较厚的环这个误差会更小。然而在测量环加载前和加载后的外径时出现的 0.03 mm 误差将对实际产生的应力有着不同的影响，影响的程度随所需应力和环外径的大小而变。对于上述尺寸的环， ΔD 的百分误差，当 $\sigma = 350$ MPa 时，是 $\pm 3\%$ ，而 $\sigma = 35$ MPa 时，则是 $\pm 30\%$ 。

表 A1 为公称外径为 19 mm，壁厚为 1.5 mm，弹性模量为 100 000 MPa 的合金加载至 500 MPa 的 C 型环挠度 ΔD 。

表 A1

mm

壁厚	外 径								
	18.88	8.91	18.94	18.97	19.00	19.03	19.06	19.09	19.12
1.41	0.899	0.902	0.905	0.907	0.910	0.913	0.916	0.919	0.922
1.42	0.892	0.894	0.897	0.900	0.903	0.906	0.910	0.912	0.915
1.43	0.885	0.887	0.890	0.893	0.896	0.899	0.902	0.905	0.908
1.44	0.878	0.881	0.884	0.887	0.890	0.892	0.895	0.898	0.901
1.45	0.871	0.874	0.877	0.880	0.883	0.886	0.889	0.892	0.895
1.46	0.865	0.868	0.871	0.874	0.876	0.879	0.882	0.885	0.888
1.47	0.858	0.861	0.864	0.867	0.870	0.873	0.876	0.878	0.881
1.48	0.851	0.854	0.857	0.860	0.863	0.866	0.869	0.871	0.874
1.49	0.845	0.848	0.851	0.853	0.856	0.859	0.862	0.865	0.867
1.50	0.839	0.842	0.844	0.847	0.850	0.853	0.856	0.859	0.861
1.51	0.833	0.835	0.838	0.841	0.844	0.847	0.849	0.852	0.854
1.52	0.827	0.829	0.832	0.835	0.838	0.841	0.843	0.845	0.848
1.53	0.821	0.823	0.826	0.829	0.832	0.835	0.837	0.839	0.842
1.54	0.815	0.817	0.820	0.823	0.825	0.829	0.831	0.833	0.836
1.55	0.808	0.811	0.814	0.817	0.820	0.823	0.825	0.827	0.830

表 A1(完)

mm

壁厚	外 径								
	18.88	8.91	18.94	18.97	19.00	19.03	19.06	19.09	19.12
1.56	0.802	0.805	0.808	0.811	0.814	0.817	0.819	0.821	0.824
1.57	0.797	0.800	0.802	0.805	0.808	0.811	0.813	0.815	0.818
1.58	0.791	0.794	0.797	0.799	0.802	0.805	0.807	0.810	0.813
1.59	0.785	0.788	0.791	0.793	0.796	0.799	0.802	0.804	0.807
1.60	0.780	0.783	0.785	0.788	0.791	0.793	0.796	0.799	0.801

注

1 对于一个特定的 C 型环,为了确定产生预定应力 σ 所需的挠度,可在表中查出该环外径及壁厚相应的数字,再乘以 $\sigma/500$ 即可。

2 对于具有不同弹性模量 E 的合金,可计算另一张表或者从上表中查出的 ΔD 值除以 $E \times 10^{-5}$

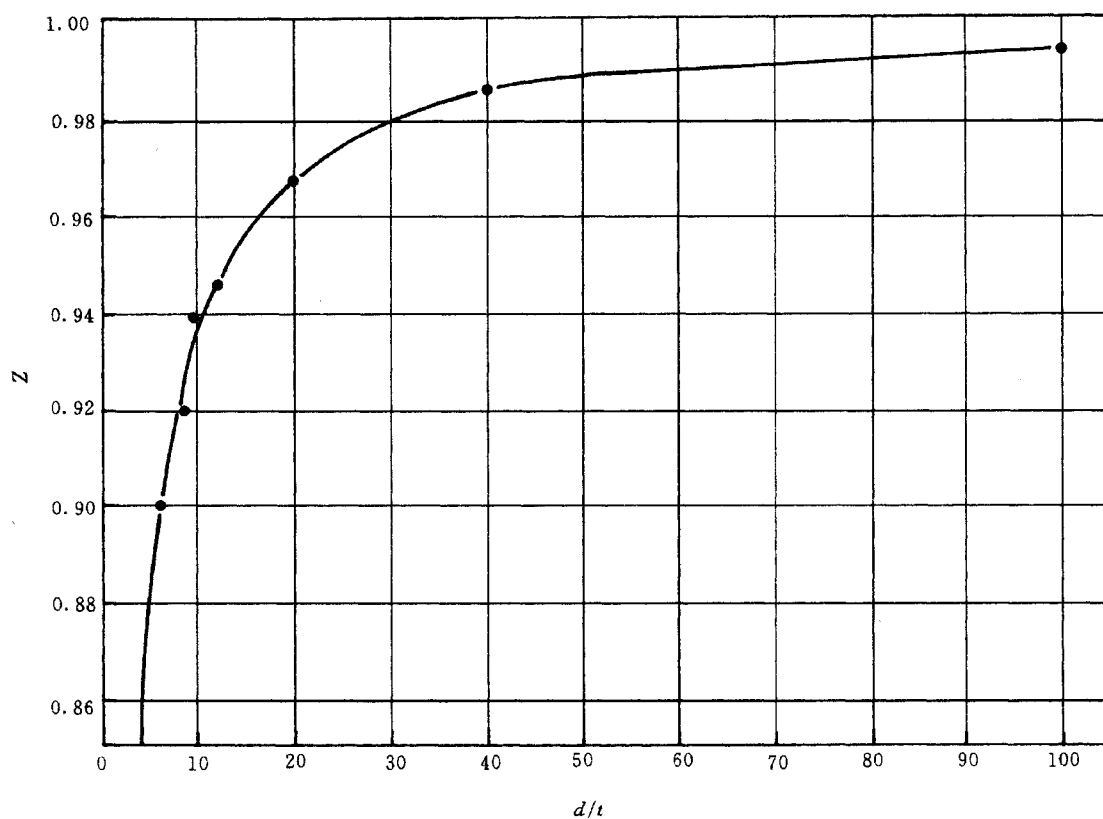


图 A1 弯梁校正系数

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验
第 5 部分:C 型环试样的制备和应用

GB/T 15970.5—1998

*

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码:100045

电 话:68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 21 千字

1999 年 6 月第一版 1999 年 6 月第一次印刷

印数 1—1 500

*

书号: 155066·1-15776 定价 12.00 元

*

标 目 375—23



GB/T 15970.5—1998