

# 金属疲劳裂纹扩展形式和过程的研究

欧 阳 杰

金属疲劳断裂,是指金属材料在低于拉伸强度极限的交变应力反复作用下缓慢发生的疲劳裂纹,经逐步扩展后导致突然破坏的断裂。根据交变载荷(应力)振幅的大小,一般可分为应力和应变疲劳,或称高循环和低循环疲劳。

疲劳问题的重要性,不但在于绝大多数工程零件(估计约占90%)的提前破坏属于疲劳断裂,而且因为疲劳裂纹的产生和扩展,往往在很低的交变应力下缓慢地进行,在人们尚未察觉之前,就已达到一定长度而导致零件的突然破坏,造成灾难性的后果。因此,疲劳断裂的分析研究受到很大的重视,自十九世纪中叶以来,国外对它进行了广泛的试验研究,并已取得很大成就。但是,关于金属疲劳裂纹扩展的形式和过程,裂纹产生和扩展的机理等一系列基本问题,至今仍然没有完全搞清楚。

关于金属疲劳裂纹扩展的形式和过程,国外存在一些不同的看法。1961年 Forsyth<sup>[1]</sup>提出延性材料光滑试样的疲劳裂纹扩展分为Ⅰ、Ⅱ两个阶段(图1),前者沿与应力轴成45°的结晶学平面扩展,后者沿垂直应力轴的非结晶学平面扩展,并认为由第Ⅰ阶段到第Ⅱ阶段的转变,大概由于当裂纹进入试样内部后,裂纹尖端处的切应力与正应力的比值减小所致<sup>[2]</sup>。这一观点,得到了国内外较广泛的公认。后来,有人(如 Jacoby 等)看到片状试样在第Ⅱ阶段扩展后又出现斜疲劳断口,认为可能存在另外的扩展阶段。而 Ryder 等<sup>[2~6]</sup>则认为这不过是由于试样形状不同

在试验和整理报告过程中,得到了朱芝华、袁品珍、孙淑珍等同志的帮助,特此致谢。——作者

产生的第Ⅱ阶段扩展的特殊形式或不同的小阶段。Gell和Leverant<sup>[7]</sup>曾发现,在镍基合金的疲劳断裂过程中,出现过单纯第Ⅰ阶段扩展(单晶体)和由第Ⅱ阶段到第Ⅰ阶段扩展的所谓反常变化。

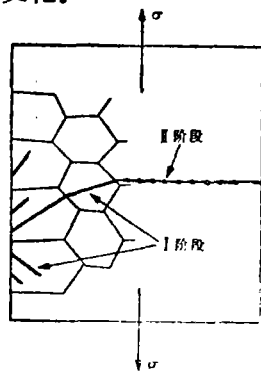


图1 疲劳裂纹扩展两阶段示意图

我们经过对一些材料的试样和零件(以下简称试件)的疲劳裂纹与断口的观察、分析,发现不同金属材料在不同条件下的疲劳裂纹扩展的显微过程和宏观过程都是比较复杂的,无论切向结晶学扩展和正向非结晶学扩展都可能在不同形状试件的早期、中期和后期发生,简单地把疲劳裂纹扩展分为两个阶段不一定恰当。关于疲劳裂纹扩展的显微过程的机理及其断裂形貌的研究另有报告<sup>[8~11]</sup>,本文主要对疲劳裂纹扩展的形式和宏观过程及其机理进行一些分析讨论。我们认为,疲劳裂纹的显微扩展过程存在两种基本的形式,即切应力(应变)扩展和正应力(应变)扩展;相应地,其宏观扩展过程也存在两种基本形式,即切向扩展和正向扩展,这两种宏观扩展形式在不同条件下的递变和组合,构成了多种多样的疲劳断

裂过程。这些条件包括：材料的成份、组织、结构和力学性能；试件的形状、尺寸和表面状态；交变载荷的性质、振幅和频率；环境介质和温度等。两种裂纹扩展形式的相互转变或终止，主要是由于裂纹尖端附近的应力状态和不同性质的应力幅值发生变化，因而引起裂纹扩展的变形和分离方式发生变化，而不只是两类应力比值改变的结果。

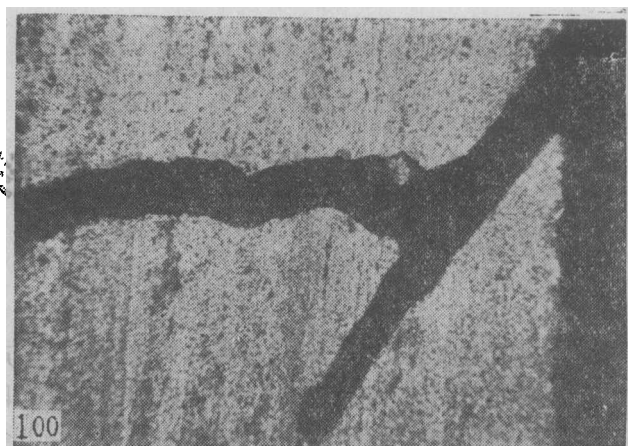
## 一、疲劳裂纹显微扩展的两种基本形式

疲劳裂纹的显微扩展，系指裂纹尖端在一次循环载荷作用下发生的微小尺度的扩展。它具有两种基本的形式，即切应力（应变）型扩展和正应力（应变）型扩展。

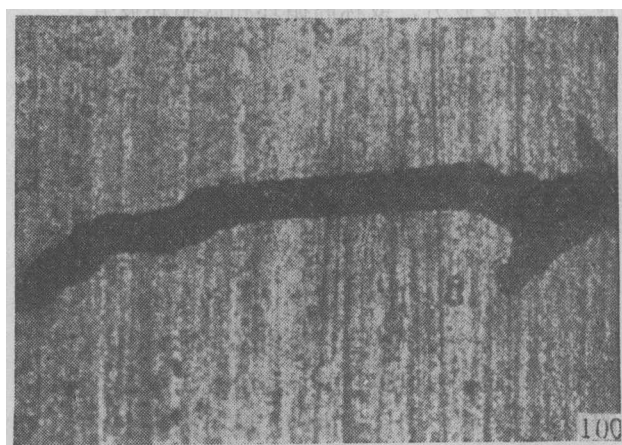
### 1. 切应力（应变）疲劳裂纹扩展

切应力（应变）疲劳裂纹扩展，是在与应力轴约成 $45^\circ$ 的最大切应力作用下，沿活动滑移面发生剪切变形或分离产生的扩展（图2）。按照裂纹平面位移的不同形式，切应变扩展的方式又分两种，即Ⅰ型+Ⅱ型和Ⅰ型+Ⅲ型（其中Ⅰ型为拉伸或张开型，Ⅱ型为面内或横向剪切型，Ⅲ型为面外或纵向剪切型）。前一方式一般多发生在裂纹扩展早期的试件表层，但有时可能连续扩展至中、后期；后一方式则在裂纹扩展的早、中、后期的试件表层都经常发生，有时还能在试件的内部发生。两种扩展方式都包括较小范围（如滑移带内）和较大范围的变形或分离，前者的断面呈现光泽的结晶学平面，而后者的光泽和平整度较差。扭转疲劳产生的单纯纵向剪切（Ⅲ型）平断口是一种特殊情况。切变裂纹尖端附近的应力场，一般属于不同大小范围的平面应力状态。

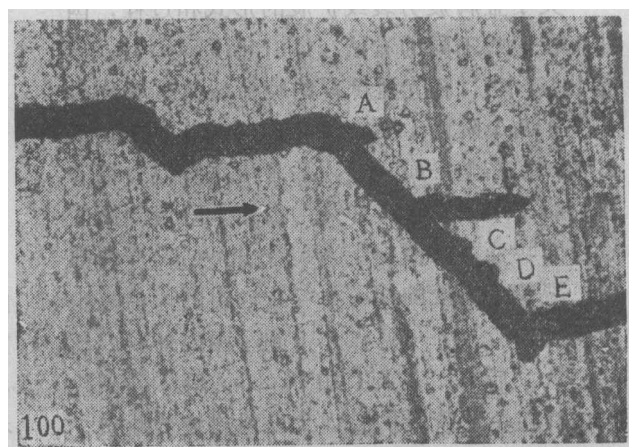
在交变载荷的作用下，疲劳裂纹尖



（a）表层切向裂纹向正向裂纹转变



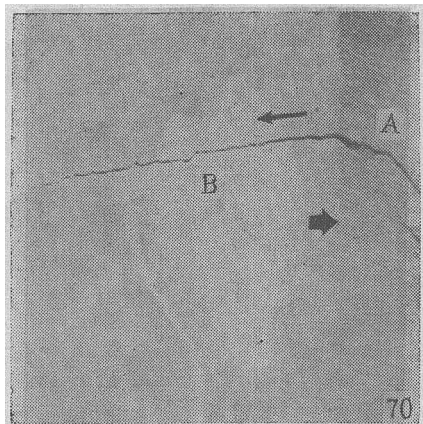
（b）表层双切向裂纹与正向裂纹同时产生和扩展



（c）中部切向与正向交替和同时扩展的裂纹

A、B、C、D、E为二者交替或同时扩展的转折点

（1）LY2反复弯曲疲劳试样表面裂纹扩展形貌。应力轴方向为纵向，图下角数字为放大倍率；下同



(2) K5 (定向结晶) 合金旋转变曲疲劳试样  
表面和内部两种裂纹交替扩展形貌

A、B为转折点,短箭头指示表面与内部的边界

图 2 疲劳裂纹扩展过程的两种基本形式

端附近始终存在两种性质的应力,即切向应力与正向应力。同时也存在不同性质的强度,即屈服强度、剪切强度与拉伸强度。假设:

$$a = \frac{\Delta K}{\Delta K_{th}} \dots\dots\dots (1)$$

$$b = \frac{\text{最大切向应力}}{\text{临界切应力或剪切强度}} \dots\dots (2)$$

$$c = \frac{\text{最大正向应力}}{\text{屈服强度或拉伸强度}} \dots\dots (3)$$

式(1)中 $\Delta K$ 及 $\Delta K_{th}$ 分别为裂纹尖端附近的应力强度因子幅度及裂纹开始扩展的下限值;式(2)、(3)中的应力包括外加载荷产生的应力和残留应力由于应力集中产生的最大值,强度则指经过循环应变硬化或软化后的实际强度。如果:

$$a > 1, \quad b > 1, \quad c \leq 1,$$

则裂纹前缘发生剪切变形或分离而扩展<sup>[8,9,12]</sup>。一般说来,切应力疲劳裂纹为较小变形引起扩展,而大应力疲劳裂纹为较大变形或分离混合扩展,切应变疲劳裂纹为分离扩展。

裂纹尖端附近不同性质的应力与强度及其比值,与材料的组织、结构、力学性能,试件的形状、尺寸,交变载荷的性质、幅度、频率

和环境介质、温度等有关。试件表层,特别是面心立方结构材料者较易具备上述切变扩展的应力、应变条件,因此,几乎所有面心立方结构的金属(如铝、镍、铜)及其合金试件的早期和中、后期,表层的疲劳裂纹都常出现这种形式的扩展。在其试件内部的局部裂纹段,有时也能以此形式扩展。体心立方结构的金属及其合金(包括中、高强度钢)的表层疲劳裂纹,同样可以这种形式扩展,但在裂纹扩展后期较为常见而明显。

低强度,高塑性的单相和粗晶材料,光滑的细小或薄壁试样,高加载频率(高应变速率),腐蚀性环境和适当的温度,都有利于这种形式的扩展;较小和较大应力振幅,分别对早期和后期裂纹的切变扩展有利。

## 2. 正应力(应变)疲劳裂纹扩展

正应力(应变)疲劳裂纹扩展,是在与应力轴大致垂直的正应力作用下,沿结晶学或非结晶学平面发生变形或开裂的扩展(图2);面心和体心立方结构材料的韧性疲劳裂纹有时沿 $\{100\}$ 扩展,体心立方和密排六方结构材料的脆性裂纹分别沿解理晶面 $\{100\}$ 和 $\{0001\}$ 扩展。此种裂纹尖端的应力场一般为不同大小范围的平面应变状态。如果:

$$a > 1, \quad b \leq 1, \quad c > 1,$$

则裂纹前缘便发生正应变或开裂扩展<sup>[10,11,13]</sup>。和切变扩展一样,正应力疲劳裂纹一般为较小变形引起扩展,而大应力疲劳裂纹为较大变形或开裂混合扩展,正应变疲劳裂纹为开裂扩展。脆性疲劳裂纹为无变形开裂(应力低于屈服强度)扩展。

试件内部裂纹尖端附近较易具备平面应变状态和波状滑移变形方式,因而这种扩展形式主要出现在裂纹扩展的中、后期的试件内部。但是,表面具有较尖锐的缺陷(如缺口、刀痕、尖角、蚀坑、微裂纹等)的试件,也可在表面层出现这种扩展形式。几乎所有工程金属及其合金的疲劳裂纹都可以这种形式扩展,而体心立方金属及其合金以此形式扩展的居多。

高强度、低塑性的多相和细晶粒材料,大

尺寸和缺陷表面试件,低加载频率和较高温度,都有利于此种形式的扩展。

此外,在某些特殊条件下,裂纹尖端附近同时存在:

$a > 1$ ,  $b > 1$ ,  $c > 1$ ,  $b \neq c$ ,  
裂纹同时分别以切应变分离和正应变开裂的形式扩展(图2)。而当出现:

$a > 1$ ,  $b > 1$ ,  $c > 1$ ,  $b = c$ ,  
裂纹可能同时以切应变和正应变复合的形式扩展。

正在扩展中的裂纹,由于材料织织结构和力学性能的显微不均匀性,或试验和工作条件发生变化,尖端附近出现:

$a \leq 1$ ,  $b \leq 1$ , 或/和  $c \leq 1$ ,  
裂纹即分别或同时停止扩展,发生所谓“止裂”或“裂纹钝化”。

## 二、疲劳裂纹宏观扩展的两种基本形式

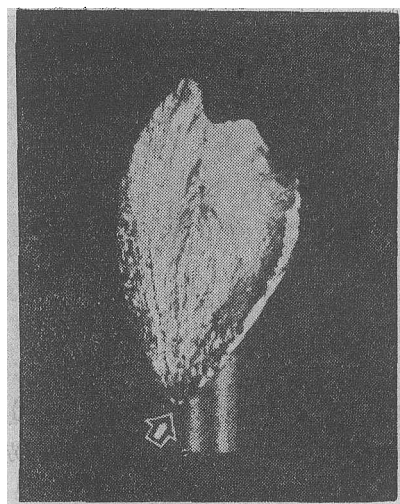
与疲劳裂纹显微扩展的形式相对应,裂纹宏观扩展的基本形式也只有两种,即切向(包括面内剪切和面外剪切)扩展和正向扩展。前者系指裂纹在同一应力、应变条件下,沿与应力轴约成 $45^\circ$ 方向扩展一个阶段而形成的“斜向”宏观裂纹段,后者则指裂纹沿与应力轴大致垂直的方向扩展一个阶段而形成的“平直”宏观裂纹段(图2(1))。

## 三、疲劳裂纹扩展的几种常见过程

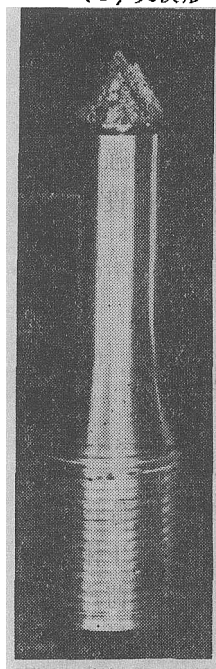
整个疲劳裂纹扩展过程中,上述两种宏观扩展形式可以各自单独或依不同条件组合成多种多样的扩展过程,比较常见的是:

### 1. 单纯切向扩展

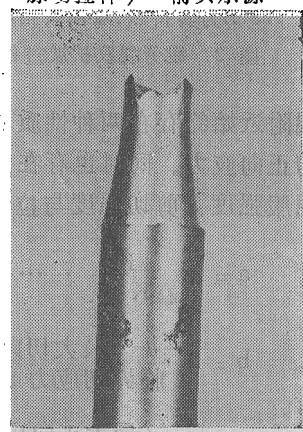
这种试件的疲劳断裂过程,自裂纹萌生起,至最后过载断裂前的整个过程,始终以切向扩展的形式进行。它多发生于某些铝合金(如LD2、LC4)和镍合金等面心立方结



(1) 尖楔形(LC4脉动拉伸) 箭头示源

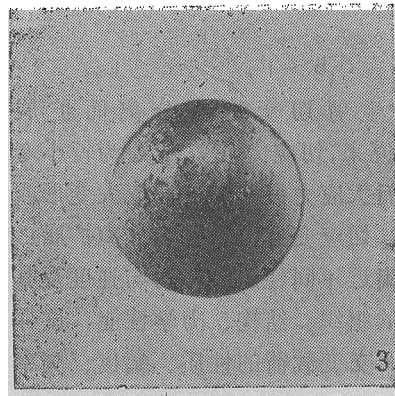


(a)



(b)

(2) 杯(锥)形  
(a) 尖顶(杯)锥  
(LC4脉动拉伸);  
(b) 平底(杯)锥  
(LD2旋转弯曲)



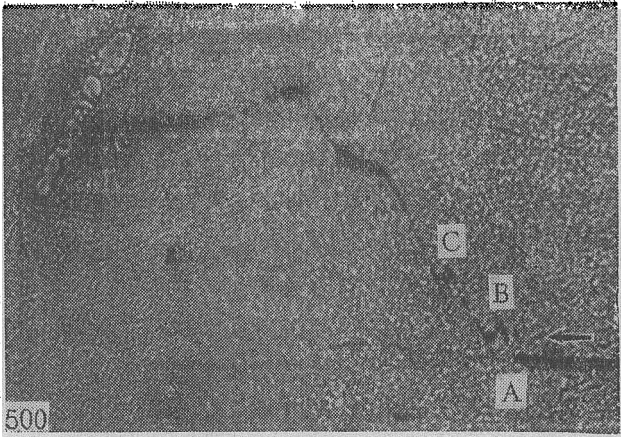
(3) 漩涡平面形(18CrNiWA扭转)

图3 单纯切向疲劳断口形貌

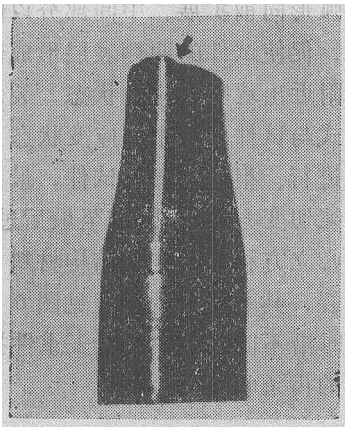
构的塑性材料光滑试件的较高频率疲劳中。

这种断口的宏观形貌有三种：（1）尖楔形，见图3(1)；（2）杯（锥）形，见图3(2)；（3）漩涡平面形，见图3(3)。

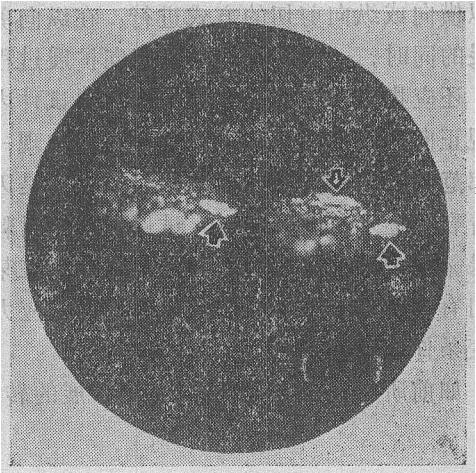
由图3可见：①对园柱试样，尖楔形断口由单源扩展而成；而杯（锥）形，包括尖底（顶）和平底（顶）杯（锥），均由多源扩展斜面交截而成；②漩涡平面状断口只出现于扭转疲劳试件中；③各试件的过载断面一般也为剪切断口或正断断口，它们呈暗灰色的绒毛状或纤维



(a)



(a)



(b)

图 5 正向扩展阶段中的局部切向扩展

(a) K5叶片振动疲劳正向裂纹，多次向切向转变；  
(b) K5（定向结晶）试样匹配断口上的纵向切变断面（图中小白点），黑白箭头分别指示早期和后期的纵向切变断面

状，可见明显的宏观塑性变形痕迹；切向疲劳断面则呈平整、光泽的结晶断面，且没有宏观塑性变形；④疲劳断裂的平底杯（锥）与瞬时拉伸断裂的杯（锥）形貌相似，但实质和过程不同。前者的裂纹是在交变应力作用下，自周边表面开始，斜向内部缓慢扩展，最后在靠近中心部份发生过载断裂；而后者则是在单向大载荷作用下，由中心部份开始，迅速向四周扩展，导致边缘过载切断；如前所述，两者对应断面的形貌也不相同。



(b)

图 4 K5（定向结晶）试样切向-正向疲劳断口宏观形貌

(a) 侧面；(b) 正面，箭头示纵向切变断面



## 2. 切向——正向扩展

这种疲劳裂纹的产生和早期扩展以横向或纵向剪切变形或分离的形式进行,其扩展的距离较小,一般从几微米到几毫米(主要与材料的晶体结构及晶粒尺寸有关),随后转为正向变形或开裂的形式扩展,直至最后过载断裂(图4)。这是一种比较常见的,所谓两阶段疲劳裂纹扩展过程,包括大量面心立方和一些体心立方结构材料,但某些高强度材料,由于塑性很低,晶粒较细,其早期切向扩展或不产生,或尺寸很小,肉眼难以看出。

应该指出,早期切向扩展,有时还可能同时以横向或纵向剪切的方式进行;在纵向剪切扩展的同时,一般又都伴随着正向扩展过程。

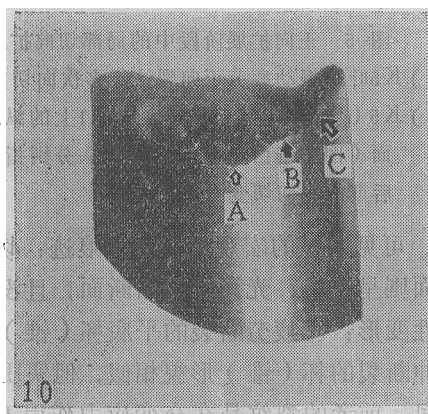
还应指出,在面心立方结构材料试件内部宏观正向裂纹扩展过程中,往往还会出现一些局部范围的切向扩展断面(图5),这是因为随着裂纹逐步向内扩展时,试件内部的材料依次暴露在裂纹前缘而转化为表层材料,在某些位向有利的晶粒中也能产生切向扩展的应力、应变条件的结果。

如前所述,由切向扩展向正向扩展的转变,

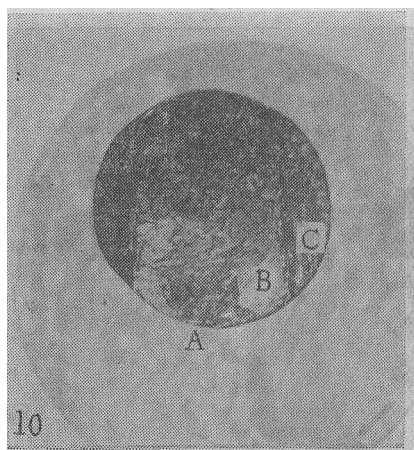
主要是由于裂纹进入试件一定深度后,尖端附近的应力、应变状态发生了变化。晶界、亚晶界、第二相、夹杂物等位错运动障碍的存在,使临界切应力和剪切强度升高,并有利于波纹状滑移变形;或由于晶体位向改变,使滑移带裂纹扩展受阻,都能促进这种转变。

## 3. 切向——正向——切向(正向)扩展

这是更为常见和更带普遍性的疲劳断裂过程,实际上是在前述断裂过程中,当正向裂纹扩展至中、后期,由于剩余截面减少,应力振幅增大,裂纹尖端塑性区相应加大;应变速率增加,有利于平面状滑移变形;同时由于裂纹前缘呈凸弧形向前扩展,中间部分以隧道形式突入内部,促使试件的两侧表层形成薄片,其裂纹尖端附近出现平面应力状态,裂纹即以切向扩展形式与试件内部平面应变状态下的正向扩展同时进行。很薄的板片试件,最后还可能转变为单纯切变方式扩展,直至最后过载断裂。大多数面心立方和体心立方结构材料,都以这种过程断裂,其断口宏观形貌见图6。后期切向裂纹有时沿不同晶面簇进行多重性扩展,断面呈尖锐的齿条状。



(a)侧面



(b)正面

图6 K5(定向结晶)试样切向—正向—切向(正向)疲劳断口宏观形貌

A—早期表面横向切变断面; B—中期内部正向断面; C—后期表面纵向切变断面。

#### 4. 切向——正向反复交替扩展

这是疲劳裂纹的两种宏观扩展形式反复交替进行的过程，常见于铝和镍等面心立方结构材料中（图2,7）。

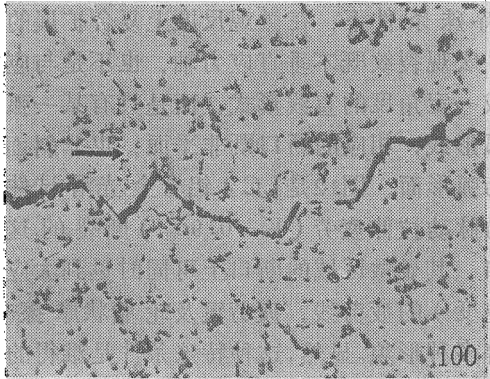


图 7 K5试样切向—正向反复交替扩展裂纹

#### 5. 切向——正向——沿晶（正向）扩展

由于晶界存在硬脆的粗大第二相（主要是碳化物）或夹杂物，某些变形高温镍基合金或



图 8 单纯正向疲劳断口形貌

- (a) GC-19多源平断口；  
(b) 40CrNiMoA多源螺旋锯齿状扭转断口。

其它晶界脆弱的材料，其疲劳裂纹扩展的中、后期，由于工作截面减小，应力振幅升高，往往转变为沿晶开裂，或与正向穿晶开裂混合进行。

#### 6. 单纯正向扩展

高强度、硬脆性材料，特别是表面存在类裂纹等尖锐缺陷的试件，由于表面存在三向应力状态，疲劳裂纹的产生和扩展可能始终以正向变形或分离的形式进行，直至最后过载断裂。与应力轴约成 $45^\circ$ 角的螺旋锯齿状的扭转疲劳断口也属这一种（图8）。

#### 7. 正向——切向（正向）扩展

疲劳裂纹的产生和早期扩展以正应变分离形式进行，后期以切应变分离形式扩展，或与试样内部的正应变扩展同时进行（图9），直至最后过载断裂。高强度低塑性材料和表面存

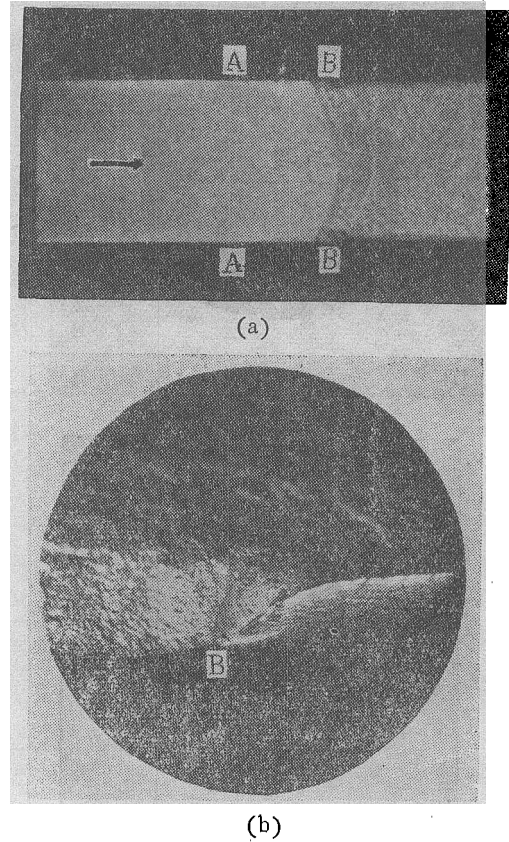


图 9 GC-4试样正向一切向(正向)扩展断口

- A—A、B—B分别为转折的起点与终点  
(a) 正面； (b) 转折处之放大。

在严重缺陷的韧性材料试件以此过程断裂者居多。这也是很常见的一种断裂过程。

应该指出,开始正向扩展的同时也可能伴随着纵向剪切扩展过程,特别是多源正向扩展时的可能性更大。

#### 8. 正向一切向—正向一切向(正向)扩展

某些面心立方结构材料的试件,由于表面加工粗糙(如存在横向刀痕)或存在大块脆性相,特别当在高温或腐蚀环境下工作时,往往会在缺陷或氧化膜和脆性相开裂处先产生正应变裂纹,然后以切向—正向一切向(正向)过程扩展至最后断裂(图10)。

上述几种常见的疲劳裂纹扩展过程示意如图11。

此外,还有一些特殊情况下的疲劳断裂,其扩展过程和断口形貌虽较异常,但实质仍是

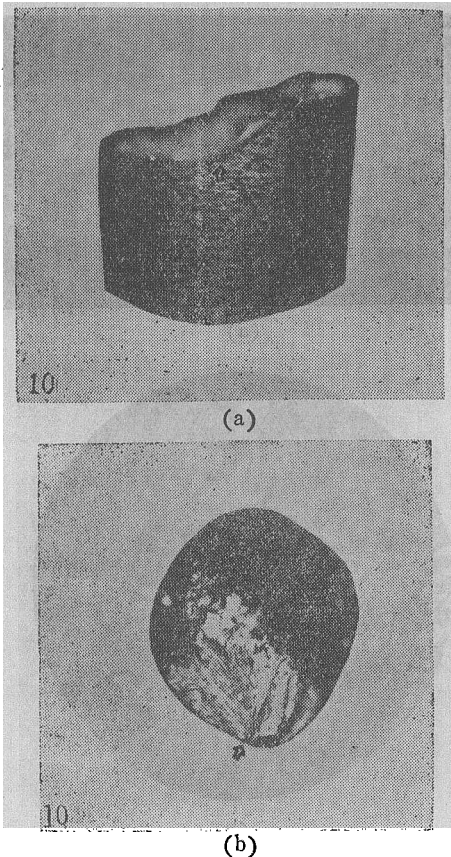


图 10 K5 (定向结晶) 试样 正向一切向—正向一切向(正向)疲劳(930°C)断口形貌  
(a) 侧面; (b) 正面, 箭头示源。

两种基本形式组合或复合扩展的结果。

1) 切应力(应变), 正应力(应变)复合扩展的疲劳断裂

这是疲劳裂纹显微扩展过程两种基本形式在特殊条件下,在微观尺度上复合扩展的过程。宏观裂纹既不垂直应力轴,也不是与应力轴成一定角度的直线形式,而是具有某一弧度的弧形线,相应的断口既非平面,也非斜面,而为弧形面。图12是LC4铝合金光滑试件大应力脉动拉伸疲劳( $K=0.9\sigma_b$ )断裂的这种断口,其显微区域的断口上可同时见到大应力(应变)的疲劳线,疲劳窠及轮胎状摩擦-压痕等多种形貌。显然,这种特殊条件是难得的,因而这种裂纹扩展形式也很罕见。

#### 2) 沿晶断裂

在亚蠕变温度范围内,沿晶疲劳裂纹扩展过程,一般是由于冶金缺陷或环境影响导致晶界脆弱,强度降低而出现的晶界硬脆第二相或夹杂物粒子与基体金属界面的分离,或沿晶界附近合金元素贫化区,或沿氧化、腐蚀致脆的晶界面分离(图13)。这也属于正向和切向的混合或复合扩展形式。

#### 3) 拉伸—弯曲—扭转复合断裂

由拉伸—弯曲—扭转复合交变应力引起,或由另件复杂形状(如键槽,齿轮,螺纹,变截面等)引起的断裂,产生所谓棘轮状、碟状、阶梯状断口等,按其应力性质及断口与实际应力轴的位向关系,无不属此两种基本扩展形式之一或二者的混合。

试件疲劳裂纹扩展的或复合深度,主要决定于材料的力学性能和应力振幅。同一试件,小应力下比大应力下的扩展深度大,相应疲劳断口所占的比例较大。反之,相同交变应力振幅下,强度高者比强度低者裂纹扩展深度大。当试件疲劳裂纹扩展到一定深度后,对于延性材料,由于最大交变载荷在剩余截面上产生的应力超过该材料的缺口拉伸强度或屈服强度;对于脆性材料,当最大应力强度因子 $K_{max}$ 超过其临界值 $K_{Ic}$ ( $\leq K_c$ )时,就结束亚临界(稳



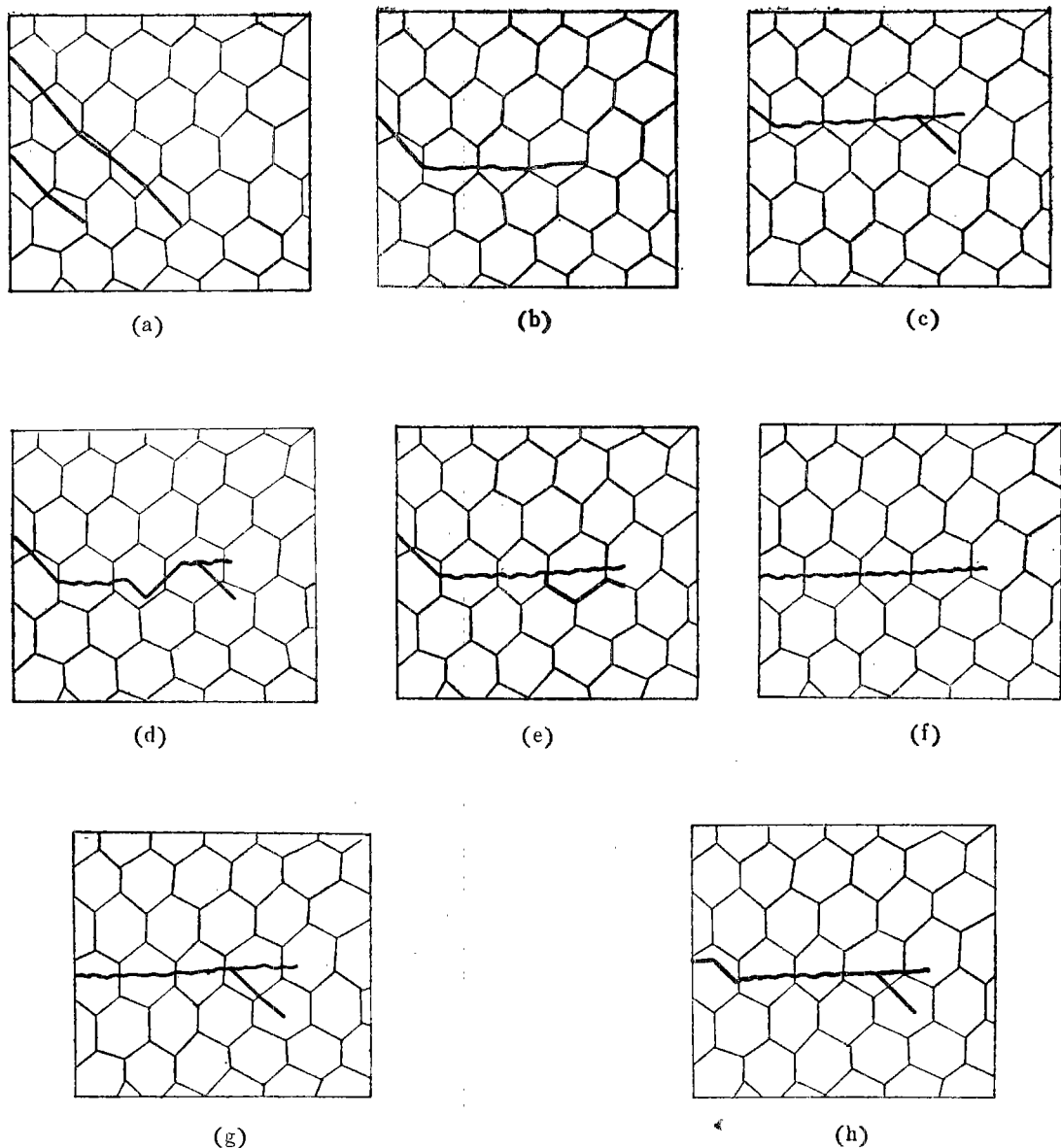
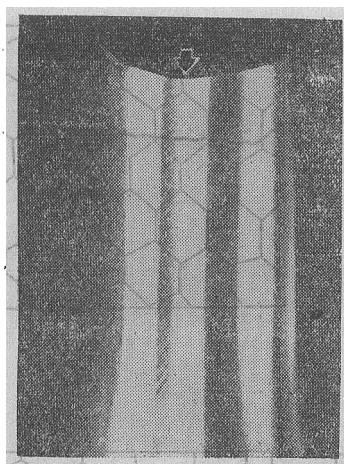
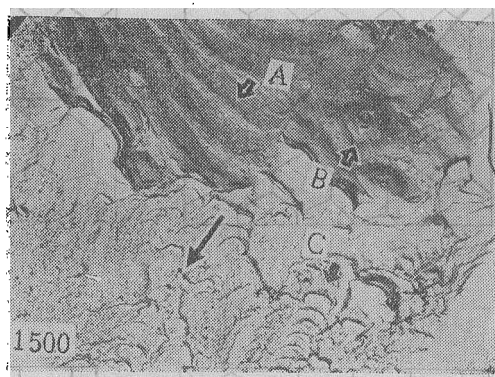


图 11 疲劳裂纹扩展的几种常见过程示意图

- (a) 单纯切向扩展；
- (b) 切向—正向扩展；
- (c) 切向—正向—切向（正向）扩展；
- (d) 切向—正向反复交替扩展；
- (e) 切向—正向—沿晶（正向）扩展；
- (f) 单纯正向扩展；
- (g) 正向—切向（正向）扩展；
- (h) 正向—切向—正向—切向（正向）扩展。



(a)

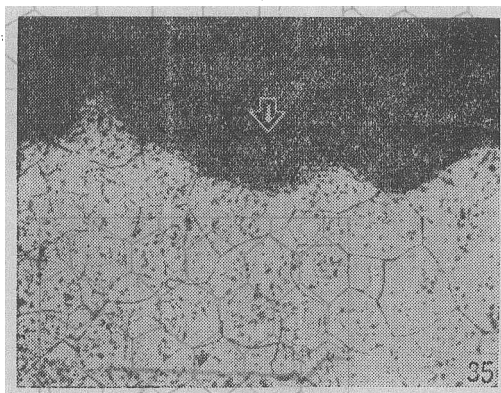


(b)

图 12 LC4试样复合疲劳断口形貌

(a) 侧面, 箭头示源; (b) 显微断口形貌。

A—疲劳线; B—疲劳窝; C—摩擦—压痕 (轮胎痕)



(a)



(b)

图 13. GH37叶片晶间疲劳 (800°C) 断口

(a) 侧面; (b) 正面。

态) 扩展, 突然发生快速和失稳扩展, 导致最后断裂。其断口和缺口拉伸断口一样, 一般为穿晶的, 包括正应变开裂的平断部分和切应变分离的斜断部分。个别也有沿晶断裂或混合断裂的。

## 结 束 语

由以上观察、分析可见, 疲劳裂纹扩展的显微与宏观形式虽较简单, 但由其组合的扩展

过程却比较复杂。特别是由于切向与正向扩展的两种形式都可以分别或同时出现于试件疲劳裂纹扩展的任何时期, 因此, 简单地将它们划分为两个阶段, 看来不一定符合实际情况, 因而是不够恰当的。弄清疲劳裂纹扩展的基本形式、常过程及其机理, 对于研究疲劳断裂的本质, 鉴别不同材料在各种复杂条件下产生的疲劳现象, 分析故障试件裂纹产生和扩展过程、失效原因及改进途径, 可能会有一定的帮助。

## 参 考 文 献

- [1] Forsyth, P.J.E., "A Two Stage Process of Fatigue Crack Growth," Proc. Cranfield Propagation Symposium, Cranfield Beds, England, 9. 1961.
- [2] Ryder, D.A., "The Elements of Fractography," AGARD-AG-155-71, (AD734619), Chapter 7.
- [3] Whiteson, B.V., et al., ASTM STP, 436 (1968), 163.
- [4] Hertzberg, R.W. and Paris, P.C., Proc. 1st Int. Conf. Fracture, 1 (1966), 459.
- [5] Wilhem, D.P., ASTM STP, 415 (1967), 363.
- [6] 中沢一 小林英男, 断裂图相学与断裂力学在疲劳断裂方面的关系, 断裂力学译文集之二, P.87, 上海交通大学, 1974, 7.
- [7] Gell, M. and Leverant, G.R., "The Effect of Temperature on Fatigue Fracture in a Directionally Solidified Nickel-Base Superalloy, Fracture, 1969 Proceedings,

Second International Conference on Fracture, Brighton, England, Chapman and Hall, Ltd., 1969, P.565.

- [8] 欧阳杰, 金属切向疲劳 裂纹和断口的金相研究, 1978, 1.
- [9] 欧阳杰, 金属切向疲劳 裂纹扩展机理的研究, 1978, 1.
- [10] 欧阳杰, 金属正向疲劳 裂纹和断口的金相研究, 1978, 3.
- [11] 欧阳杰, 金属正向疲劳 裂纹扩展机理的研究, 1978, 3.
- [12] Gell, M. and Leverant, G.R. "The Fatigue of the Superalloy Mar-M200 in Single-Crystal and Columnar-Grained Forms at Room Temperature," Transactions, Metallurgical Society, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Vol.242, 1968, P.1869.
- [13] Laird, C., "The Influence of Metallurgical Structure on the Mechanisms of Fatigue Crack Propagation," Fatigue Crack Propagation, ASTM STP, 415 (1967), 131.

## 镀层耐蚀性标准专业会

一九七八年二月在北京召开了三机部镀层耐蚀性标准专业会议。参加会议的有16个单位38名代表。

会上讨论了六二一所提出的关于镀层周期浸润腐蚀试验方法的研究报告;讨论鉴定了“周期浸润腐蚀试验箱”;拟定了下阶段制定标准的试验工作计划。

会议认为,六二一所根据试验研究结果提出的“周期浸润腐蚀试验方法”是先进的,可行的。在腐蚀试验方面,该方法应用过硫酸盐作为模拟大气腐蚀试验的加速剂,并且研制出了新型“周期浸润腐蚀试验箱”,初步实现了周期浸润试验条件的标准化。

通过试验研究发现过硫酸钠( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ )是一种符合大气腐蚀特性的稳定的腐蚀加速剂。它的应用在腐蚀试验技术领域里是一项新的成果。该方法突破了几十年来周浸试验只能做平行比较试验的局限性,对

镀层腐蚀试验的加速性、再现性和模拟性均优于美国ASTMB—73盐雾试验标准方法。会议一致同意采用六二一所提出的“周期浸润腐蚀试验方法”作为鉴定镀层耐蚀性的标准腐蚀试验方法。

会议认为,六二一所配合哈尔滨化仪器厂共同研制的轮式“周期浸润腐蚀试验箱”(简称周浸箱)基本上体现了标准周浸试验对设备的要求,根据验收测定数据和使用情况,基本上符合周浸试验方法关于周浸箱技术要求和技术参数的规定。会议一致同意采用经改进的FL—65周浸箱作为标准腐蚀试验设备。三机部已将此设备的定型生产任务下达给镇江跃进机械厂,该厂有关人员听取了会议代表对周浸箱定型时进一步完善和改进的建议,并表示将努力使周浸箱达到更先进的水平。

最后,会议拟定了下阶段我部制定耐腐蚀性标准的试验工作计划。

(会议秘书组)