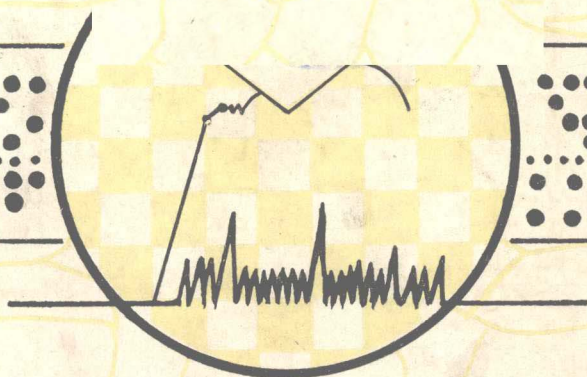


75.2
W137

稀有金属结构与性能 测试文集

(第三届学术交流会)



封面设计：冯建素

稀有金属结构与性能测试文集

(第三届学术交流会)

稀有金属结构与性能测试文集编辑小组委员会编



宝鸡有色金属研究所出版

《稀有金属材料与工程》编辑部发行



开本：787×1092 1/16 印张：12 7/8 字数：297000

1982年8月印刷

印数：1—1000

定价：2.50元

(内部发行)

稀有金属结构与性能测试学术交流会常设筹备组

宝鸡有色金属研究所 (组长)

冶金部有色金属研究总院 (副组长)

冶金部钢铁研究总院 (副组长)

上海有色金属研究所

上海钢铁研究所

株洲硬质合金厂

广州有色金属研究院

沈阳有色金属加工厂

抚顺钢厂

昆明贵金属研究所

会议文集编辑小组委员会

黄汉良 方锡华 周公良 尤清照 魏丽坤 蔡子超

杨志荣 陈盛初 沈台富 王载兴 王树谦 邓 炬

孙洪志

稀有金属结构性能测试学术交流会

前 言

由国家科委冶金新材料专业组和稀有金属科技情报网共同举办的第三届稀有金属结构与性能测试学术交流会,于1981年5月8日至13日在杭州召开,出席会议有43个单位108名代表。东北工学院马龙翔教授、中国科学院上海冶金研究所许顺生研究员和浙江大学姚鸿年副教授等应邀出席会议并作了学术报告。

自1978年第二届学术交流会以来,本领域的科学研究日趋活跃,测试水平不断提高。在X射线专业方面,许多单位已经开展了织构材料的定量相分析和织构材料的应力分析;在金相专业方面,对不同材料的相、相变及其与组织性能的关系进行了研究,对动态位错进行了观察,测定了钨丝的剪切强度;在物性测试方面,采用国产计算机初步实现了高温物性测量自动化,用激光脉冲法测定稀有金属材料的比热和热导率,测试温度已提高到1600℃;在力学专业方面,弹塑性断裂韧度的J积分、疲劳裂纹扩展规律和形状记忆合金的力学特性的测定等,都进行了研究,并且已开始将宏观力学行为与微观组织结构结合起来进行分析研究。

为促进金属物理测试领域内的学术交流、技术协作和加速新技术的应用,会议责成冶金部有色金属研究总院、冶金部钢铁研究总院,上海有色金属研究所、株洲硬质合金厂和宝鸡有色金属研究所五个单位组成编辑小组委员会负责编辑本届会议文集,由宝鸡有色金属研究所资助出版,《稀有金属材料与工程》编辑部发行。

本届会议收到论文和报告共七十五篇。这些论文和报告,内容充实,技术性强,对实际工作都有一定的指导意义,但由于本文集篇幅所限,只收录了三十四篇文献,其中九篇以摘要形式发表。在编审过程中,除个别作些修改之外,大都保留原文献的学术观点和文章结构。考虑到一、二届会议文集名称不够妥贴,特将原文集名称《性能测试文集》改为现用名。

我们深信,本文集的出版能进一步扩大这次会议的学术和技术交流,并能引起广大测试工作者对所报导的论文和报告的争鸣。

《稀有金属结构与性能测试文集》编辑小组委员会

1981年10月30日

目 录

前 言

力 学

液相烧结钨基高比重合金的阻力曲线和断裂韧性

.....冶金部钢铁研究总院 姚 蓓 甄振先 刘铭成 朱桂森 (1)

TC4合金升降法疲劳试验结果和数据处理

.....宝鸡有色金属研究所 蒙 良 (6)

钛合金J积分试验方法的研究

.....宝鸡有色金属研究所 王载兴 何 泓 王敬严 黄宝菊 曹规循 (15)

Ti46Ni54记忆合金丝的力学特征

.....冶金部有色金属研究总院 张金波 郭锦芳 (24)

具有轴向表面裂纹Zr-4合金管疲劳裂纹扩展规律的研究

.....上海工业大学 吴益敏

上海有色金属研究所 殷东来 洪运具 洪颂贤 (29)

屈服强度测试方法的研究.....沈阳有色金属加工厂 杨华翰 (36)

硬质合金抗压强度的测定.....株洲硬质合金厂 梁巨烈 (46)

形状记忆合金形状回复特性的测定.....上海钢铁研究所 沈善初 王惠芝 (46)

铝、钛合金平面应变断裂韧度判据的研究

.....冶金部有色金属研究总院 周公良 何耀祖 (47)

物 理

2000℃数字电阻自动测定装置及其应用

.....冶金部钢铁研究总院 龙清照 魏丽坤 (48)

测定高温比热的环境等温量热计.....西北大学 杨新法 (55)

激光脉冲法测定钽300~1600℃热导率

.....宝鸡有色金属研究所 应诗臣 李毅民 何俊义 (61)

光辐射炉在热物性测定上的应用.....上海有色金属研究所 沈勇将 (70)

单弛豫过程内耗峰的宽度及其应用.....中南矿冶学院 杨国涛 (75)

金 相

近代物理分析技术——国内的应用概况和近年进展

.....冶金部钢铁研究总院 廖乾初 (76)

钨丝晶界剪切强度的测定

.....中国科学院金属研究所 刘起秀 王素兰 钱如强 (90)

原位法超导材料的显微组织分析

.....中国科学院上海冶金研究所 杨宏川 潘家澄 周锴尤 吴美英 (98)

α 及 $\alpha + \beta$ 型钛合金相变点的测定.....宝鸡有色金属研究所 邱君芳 (103)

Y-Al二元系中的 YAl_2 相.....冶金部有色金属研究总院 孙丽虹 贾厚生 (108)

Ti-6Al-4V合金的相变.....上海钢铁研究所 夏月香 陈丽君 (114)

旋压用钨管坯的金相研究——管坯的组织与旋压加工性能的初步探讨

.....广州有色金属研究院 周志荣 张淳芳 (120)

关于图象分析法测定钢结合金渗硼层探讨

.....株洲硬质合金厂研究所 何仲春 (124)

TC3冷轧板的再结晶、晶粒长大和加工及再结晶织构的研究

.....抚顺钢厂钢研所 魏亚然 肖文春 (131)

高比重钨合金中体视测量参数和钨颗粒与基体结合程度的测定

.....冶金部有色金属研究总院 张自熙 时元龙 (131)

Ti-10Mo-8V-1Fe-3.5Al合金的时效

.....宝鸡有色金属研究所 方锡华 杨志军 (132)

C-103合金抗氧化涂层的机理研究.....宝鸡有色金属研究所 张仁岐 (133)

X 光

叠片法无损测定金属表层应力随层深分布的研究

.....上海交大 杨于兴 漆 玄 (134)

关于织构材料的定量分析

.....上海钢铁研究所 周勤友 陈丽君 张赛珠 (139)

Marion-Cohen法测定多晶织构材料残余宏观应力的研究

.....宝鸡有色金属研究所 易毅刚 王秀桂 胡玉琴 (145)

Zr-Al16合金中化合物相的X射线定量分析

.....冶金部有色金属研究总院 陈洪育 王超群 孙 序 李志义 (154)

全区域极图的自动测绘——小内存电子计算机技术应用

.....武钢硅钢片厂 荣广平 (160)

Ag中2AgO的X射线衍射定量测定

.....冶金部贵金属研究所 王永能 周启华 (168)

衍射仪粉末法精确测定点阵常数讨论.....宝鸡有色金属研究所 尤世武 (173)

APD-10全自动X射线衍射仪特点及其应用

.....冶金部有色金属研究总院 陈洪育 (180)

附录：会议资料登记表..... (181)

液相烧结钨基高比重合金的阻力曲线和断裂韧性

姚 蓓 甄振先 刘铭成 朱桂森

(冶金部钢铁研究总院)

摘 要

本工作采用 $B \times W \times S = 10 \times 20 \times 80, 20 \times 24 \times 96 \text{ mm}$ 的三点弯曲试样测定了该种材料的阻力曲线和断裂韧性以及真空处理的影响。这种材料的疲劳断口和失稳扩展断口均是100%的闪晶平断口；无法辨认疲劳裂纹的前缘，所以裂纹长度和裂纹扩展量都是从 $P-V$ 曲线斜率计算得到的。两组试样的标定方程为 $BEV/P = 7.8 + 35.4 t_g^2 \left(\frac{\pi \alpha}{2W} \right)$ 和 $BEV/P = 4.34 + 37.11 t_g^2 \left(\frac{\pi \alpha}{2W} \right)$ 。试验结果表明，烧结 + 1200℃ 真空处理和未真空处理的相比，两者

的起裂韧性相近，约为 $150 \text{ kg/mm}^{3/2}$ ，但前者裂纹扩展阻力的增长比较快。在 $\frac{\Delta \alpha}{\alpha} = 2\%$ 的 K 值分别为 232 和 $206 \text{ kg/mm}^{3/2}$ 。其次，试样尺寸对材料断裂行为的影响较大， $10 \times 20 \times 80 \text{ mm}$ 的试样在明显稳定扩展后断裂，而 $20 \times 24 \times 96 \text{ mm}$ 试样基本满足 K_{Ic} 试验要求， $\bar{P}_{max}/P_Q$

$\leq 1.15, B/\left[\frac{K_Q}{\sigma_{0.2}}\right]^2 > 2.5$ 。烧结态的 K_{Ic} 为 $96 \text{ kg/mm}^{3/2}$ ，1200℃ 真空处理的 K_{Ic} 为 $116 \text{ kg/mm}^{3/2}$ 。

液相烧结钨基高比重合金由强度高的硬质相钨颗粒和具有延性的面心立方 Ni-Fe-W 粘结相组成。它具有比重大 ($17.5 \sim 18 \text{ g/cm}^3$)、强度高等优点，同时这种材料的热膨胀系数低，吸收射线能力强，抗腐蚀及加工性能好，故是一种很有发展前途的材料。文献 [1] 对冷变形量为 18% 和 25% 的钨基高比重合金做了动态断裂韧性测定， $K_{d120} \sim 160 \text{ kg/mm}^{3/2}$ 之间。文献 [2] 的工作表明，钨基高比重合金在 1200℃ 1 小时真空处理后，氢含量降低，强度和延性均有所提高。目前公开文献资料中关于这类材料断裂韧性数据的报导不多。为研究真空处理对该材料断裂韧性的影响，我们先后测定了两批，三种尺寸切口和裂纹试样的断裂韧性。本文报导有关试验结果及遇到的某些特殊问题。

一、试样选取和制备

95W-3.5Ni-1.5Fe 细粉按规定程序混料，等静压成型后，在 1550℃ 通氢烧结两小时，烧结好的试

样毛坯分别进行 $900^{\circ}\text{C} \times 1$ 小时, $1200^{\circ}\text{C} \times 1$ 小时和 $1400^{\circ}\text{C} \times 1$ 小时的真空脱氢处理。试样毛坯的氢含量及常规力学性能示于表1 [3]。

表1 W-Ni-Fe合金的含氢量及常规力学性能

试 样 号	GW-A	GW-B	GW-C	GW-D
真 空 脱 氢 处 理 制 度	烧 结 态	$900^{\circ}\text{C} \times 1$ 小时	$1200^{\circ}\text{C} \times 1$ 小时	$1400^{\circ}\text{C} \times 1$ 小时
氢 含 量 (ml/100g)	1.56	1.27	1.25	1.23
室温杨氏 模量(kg/mm ²)	37000	37000	37000	37000
$\sigma_{0.2}$ (kg/mm ²)	56	58	59	58
σ_b (kg/mm ²)	71	83	94	90
δ (%)	3.6	11.7	15	10
ψ (%)	2.4	9.3	10	6.5
梅氏冲击 α_K (室温)	0.4	0.4	0.3	0.3
洛氏硬度 HRC	28	28.6	28.8	29.2

W-Ni-Fe合金具有一定延性,但一般来说仍属脆性材料,估计断裂韧性 K_{Ic} 在 $100 \sim 150 \text{ kg/mm}^{3/2}$ 左右。第一批料选用 $B \times W \times S = 10 \times 20 \times 80 \text{ mm}$ 的标准直三点弯曲试样。第二批料选用 $20 \times 24 \times 96 \text{ mm}$ 的统一J积分试样。断裂后的试样又做了 $S/W = 2$ 的切口试样。

二、断裂韧性试验

在Amsler两吨疲劳试验机上予制疲劳裂纹。在Instron1251试验机上压断,横梁移动速度 0.5 mm 分,同时记录 $P-V$ 和 $P-\Delta$ 曲线。三种尺寸试样的 $P-V$ 曲线示于图1。

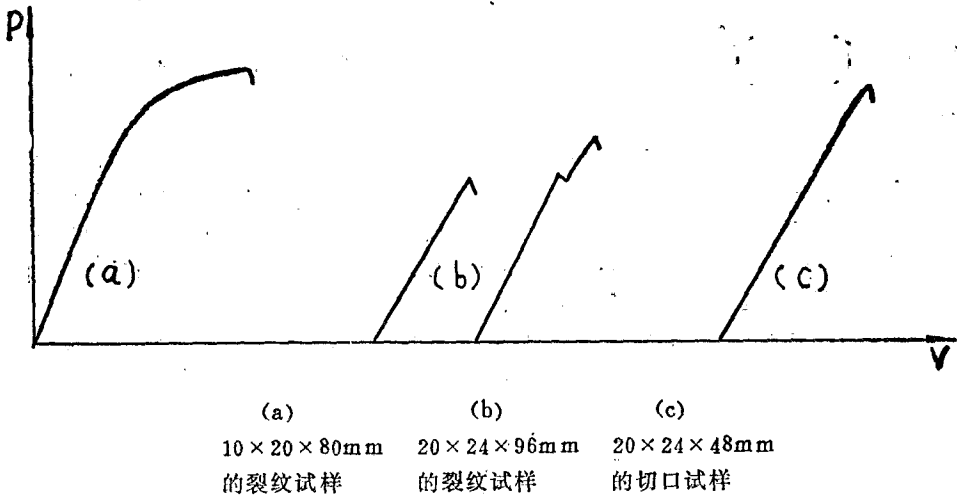


图1 W-Ni-Fe合金样品的 $P-V$ 曲线

所有试样均为100%平断口。断口上的疲劳区，稳定扩展区和失稳扩展区无明显差异，皆呈闪晶的小亮面。从断口上测不出裂纹长度，故采用裂纹咀张开位移BEV/P间接计算平均裂纹长度。20×24×96mm试样予制疲劳裂纹非常困难，一般控制疲劳裂纹长度1mm左右，如果再继续扩展，多造成试样断裂。

三、 试 验 结 果

1. 裂纹咀张开位移BEV/P和α/W的关系

文献^[4]指出B×W×S=10×20×80mm三点弯曲试样的BEV/P和α/W的关系可以相当满意地表达为

$$BEV/P=7.8+35.4t_s^2\left(\frac{\pi\alpha}{2W}\right)。$$

已知液相烧结钨高比重合金的E=37000kg/mm²，得P—V曲线斜率V/P，把试样尺寸B、W代入上式，可计算平均裂纹长度 $\bar{a}$ 计。表2是裂纹长度计算值和热着色后测量值。除GW-A3*以外，两者基本一致。这表明，在裂纹前缘较平时，可以利用上式间接计算裂纹长度。

表 2 裂纹长度实测值与计算值对比

试 样 号	氧化着色测量的裂纹长度a测		按P—V曲线计算的裂纹长度
	$\bar{a}_{2-4}$	$a_{1-5}(mm)$	$\bar{a}_{计}(mm)$
GW—A			
1	11.78	11.15	11.46
2	10.53	10.28	10.52
3	12.05	11.30	10.65
4	10.10	9.96	10.10
5	9.70	9.67	9.96
GW—C			
1	9.96	9.76	10.00
2	10.58	10.41	10.59
3	9.46	9.46	9.70

表3是我们对几组三点弯曲试样BEV/P和a/w关系的标定结果。

2. 10×20×80mm试样的K_{R(J)}—Δα阻力曲线

图2是GW—A和GW—C的裂纹扩展量Δa和相应扩展阻力 $K_{R(J)}=\sqrt{\frac{E}{1-\gamma^2}}J_R$ 的关系曲线。可以看出在Δα≈0.1mm时，两种处理制度的扩展阻力差别不大，均在150kg/mm^{3/2}左右。但随扩展量增加扩展阻力增大的趋势不一样，在 $\frac{\Delta\alpha}{a}=2\%$ 处，GW—C的K_{R(J)}=232kg/mm^{3/2}，GW—A的为

表3 不同尺寸样品的 $\frac{BEV}{P}$ 表达式

试样尺寸 B×W×S(毫米)	标定范围 a/w	回归方程	相关系数
20×24×96	0—0.77	$\frac{BEV}{P} = 4.34 + 37.11tg^2 \left(\frac{\pi a}{2W} \right)^*$	0.9998
15×30×120	0—0.75	$\frac{BEV}{P} = 4.99 + 35.96tg^2 \left(\frac{\pi a}{2W} \right)^*$	0.9998
20×40×160	0—0.73	$\frac{BEV}{P} = 4.30 + 34.58tg^2 \left(\frac{\pi a}{2W} \right)^*$	0.9998
10×20×80	0—0.65	$\frac{BEV}{P} = 7.8 + 35.4tg^2 \left(\frac{\pi a}{2W} \right)^{**}$	0.9998

*刀片片厚 2 mm, 长 7.5 mm, 刀口间距 10 mm;

用 502 胶把刀口对称地贴在裂纹咀两侧。

**刀片片厚 2 mm, 刀口间距 9 mm, 用 502 胶粘贴。

206 kg/mm^{3/2}。这种起裂韧性相似; 扩展阻力增加趋势不同的现象在合金钢中也常遇到^[5]。

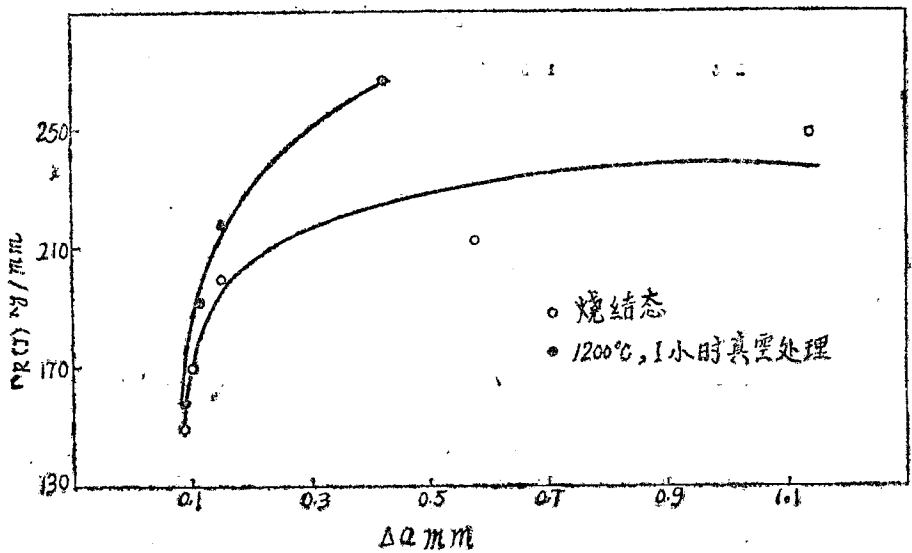


图2 W-Ni-Fe合金样品的 $K_{R(I)}$ — Δa 关系

3. 钨基高比强合金的断裂韧性

由于 10×20×80 mm 试样受到尺寸限制得不到有效的 K_{Ic} , 第二批试样改用 20×24×96 mm 的 I 积分试样。出乎意外的是这种加厚了的试样基本满足 K_{Ic} 试验有效性条件的要求, $B/\left[\frac{K_0}{\sigma_{0.2}}\right]^2 > 2.5$,

$P_{max}/P_0 < 1.1$ 。试验结果见表 4, 其中裂纹长度是按表 8 中的相应公式计算的。极限载荷 P_L 是整个韧带屈服时试样所能承受的最大载荷^[6], 从表 4 可见, P_{max} 远小于 P_L , 说明韧带离屈服尚远, 只有 $P_{max}/P_{L,P-1.1}$ 略大于要求的 1.1。故可认为所测 K_I 为有效的 K_{Ic} 。

表4 20×24×96mm裂纹试样的 K_{Ic} 值

试样号	裂纹长度 a/w	P_{Pop-in} kg	P_{max} kg	$\frac{P_{max}}{P_{Pop-in}}$	K_{Ic} kg/mm ^{3/2}	$B/\left[\frac{K_{Ic}}{\sigma_{0.2}}\right]^2$	极限载荷 P_L (kg)	平面断口 %
GW-A	0.423	1130	1295	1.15	96	6.8	3160	100
GW-B	0.503	980(P_Q)	1170	1.19	107	5.9	2571	100
GW-C	0.411	1410	1565	1.11	116	5.2	3719	100
GW-D	0.394	~	1580	1	124	4.4	3872	100

$$*P_L = 1.49\sigma_{0.2}B(w-a)^2/S$$

20×24×96mm的试样压断后,制成20×24×48mm的切口试样($\rho=0.07mm$)。GW-A, B, C, D的 $K_{Ic}(P)$ 为105, 122, 129, 168kg/mm^{3/2}。它与裂纹试样的结果一致,都表明脱氧处理后断裂韧性有所提高。

四、结 论

1.三种尺寸试样的试验结果表明,这种材料经高温真空处理后,裂纹扩展阻力和断裂韧性均有改善,烧结态的 K_{Ic} 为96kg/mm^{3/2},1200℃1小时真空处理后, K_{Ic} 提高到116kg/mm^{3/2},延伸率和断面收缩率也相应得到提高。

2.改变试样厚度对该材料断裂行为的影响很大。当厚度从10mm增加至20mm时,稳定扩展阶段基本消失,起裂韧性值从150降到100kg/mm^{3/2}左右。

3.钨基高比重合金的疲劳断口和快速扩展断口看起来完全一样,只能从P-V曲线斜率间接计算裂纹长度,本文给出几组三点弯曲试样BEY/P~a/w的回归方程。对于较平直的裂纹前缘,用回归方程计算的平均裂纹长度与实际测量的相当一致,但用于测量 Δa 则灵敏度不够。

参 考 文 献

- (1) 美国专利: Y/DA6661 1976
- (2) 朱桂森等, “氢对高比重合金(95W-3.5Ni-1.5Fe)力学性能的影响”, 钢铁研究总院内部资料, 1979
- (3) 甄振先等, 钢铁研究总院1980年学会年会论文摘要(下) 200—202
- (4) 陈麓等“金属断裂研究文集”, 冶金工业出版社, 1978, 1—10
- (5) 罗力更等, 《钢铁》, 1980, №1, 35—41
- (6) 陈麓等, “金属断裂研究文集”, 冶金工业出版社, 1978, 53—63

Tc₄合金升降法疲劳 试验结果和数据处理

蒙 良

(宝鸡有色金属研究所)

摘 要

在PWC510WG型疲劳试验机上,对纵磨削和精车两种加工方法的Tc₄试样采用升降法进行对比试验。利用升降法、正态分布作图法、威布尔(Weibull)作图法和解析法分别进行数据处理,得到满意结果。对研究结果进行了比较和分析。

一、前 言

采用升降法测试疲劳性能,可提供比较准确可靠的数据,保证试验结果的“可比性”、“再现性”。升降法是在给定寿命下测定应力水平,适用于(10⁶)以上长寿命区^[1]。在给定寿命下随机变量(应力分量)的分布规律符合正态分布,可用于测定具有任一存活率的疲劳强度,即对规定的循环基数下试样的破坏或越出,在每级应力水平中所发生的应力次数是随机地出现的^[2]。

过去带有测定存活率的S-N曲线,一般用常规试验法,即给定应力通过试验测得其安全寿命。但是,随着应力水平逐渐降低,疲劳寿命的分散性将迅速增加。因此,常规法测定的S-N曲线,通常只能给出10⁴—10⁵中寿命区疲劳强度。利用升降法能很方便地测得中、长寿命区的疲劳强度。

Tc₄合金是目前国内外研究最多最成熟的一种钛合金,性能稳定,用途广泛。本文采用升降法测定该合金的疲劳强度。

二、试验程序

2.1 试样制备

材料化学成分和热处理工艺列于表1和表2^[3]。

表 1 合 金 化 学 成 分

主要成分(%)		杂 质 含 量 (%)					
Al	V	Fe	Si	C	N	H ₂	O ₂
5.94	3.72	0.147	< 0.03	0.023	0.02	< 0.0005	< 0.09

注:除Si、N、H₂、O₂外均是平均含量

表 2 热 处 理 工 艺 和 力 学 性 能

成 型 及 热 处 理 工 艺	920℃保温1小时挤压成型 800℃保温1小时空冷退火处理			
	拉 伸 强 度 (kg/mm ²)	延 伸 率 (%)	收 缩 率 (%)	冲 击 韧 性 (kg·m/cm ²)
常 温 力 学 性 能	99	17	54	7.10
	99	17	54	6.97
高温力学性能 (400℃)	68.3	22	64.2	
	67.7	22	65.3	

试样工作段直径采用JGX—2型工具显微镜进行非接触式测量，见图1。

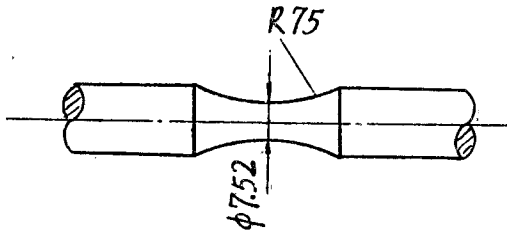


图 1 高温光滑试样
试验段表面光洁度纵磨▽8精车▽7

2·2 试验条件

借助PWC510WG型疲劳试验机，用升降法^[4]测定Tc₄合金的疲劳强度。负荷频率5000次/分，试验温度400℃±3℃，应力比R为-1。

三、试验结果

纵磨和精车两种试样的试验结果分别列于表8和图2中^[3]。

表 8 每一个应力水平上发生的频数

纵 磨 试 样			精 车 试 样		
序号	频 数 N _i	应 力 (kg/mm ²)	序号	频 数 (N _i)	应 力 (kg/mm ²)
1	1	44	1	1	43
2	5	45	2	4	44
3	6	46	3	6	45
4	3	47	4	4	46
			5	1	47
$\sum_{i=1}^m$	15	685	$\sum_{i=1}^m$	16	720
$\bar{S}_r$	45.73(kg/mm ²)		$\bar{S}_r$	45.02(kg/mm ²)	

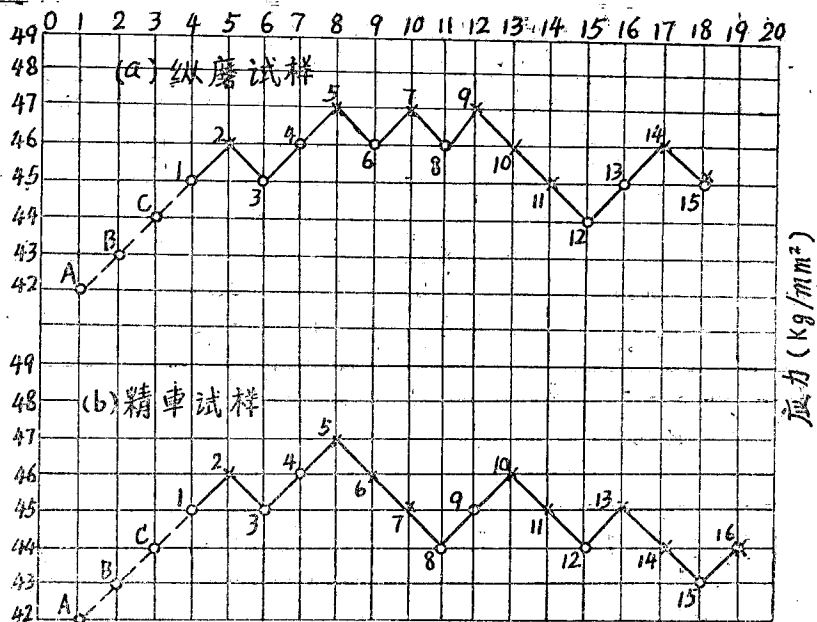


图2 升降图 (循环基数 $N = 10^7$) X——破坏 O——越出

四、数据处理

4.1 利用升降确定平均疲劳强度

在出现第一对相反结果以前且不在本次试验应力波动范围以内的数据点均舍去。如图2中(a)之A、B点; (b)之A点舍去。但(a)中之C点; (b)中之B、C点不能舍去^[6]。

在数据处理时,可多考虑一个数据点。如图2中(a)之15和(b)之16两个数据点。实际上这两个数据点并没有试验,但是,从概率统计观点,无论这两个试样是破坏或越出,客观上存在着这个数据点^[6]。

平均疲劳强度 $\bar{S}_r$ 为^[6]:

$$\bar{S}_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m S_i \cdot n_i \quad (1)$$

式中: m ——应力水平级数, n ——子样大小, 而 S_i ——第 i 级应力的值, n_i ——第 i 级应力发生的次数。

对于纵磨试样: $\bar{S}_r = 45.75 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$

对于精车试样: $\bar{S}_r = 45.00 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$

4.2 利用数理统计法确定具有任一存活率的疲劳强度

4.2.1 数理统计处理的依据

对于给定寿命下试样在某一应力水平上破坏或越出的成对数据总是随机地出现,因而可得到同一循环基数的不同应力值,即每次试验结果破坏或越出在相邻的每个应力水平上能够成对子的情况下,

平均应力 $L_g \bar{S}_i \left(L_g \bar{S}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m n_i \cdot L_g S_i \right)$ 则对应着给定寿命。若用 $L_g S$ 表示当应力增量 ΔS 趋于

表 4 存活率与应力分量的关系

类别	加工	序号	$P \times 100$	$P_i \times 100$	Si	$LgSi$	ni
纵 磨 试 样		1	93.33	93.3300	44	1.6435	1
		2	86.67	76.6675	45	1.6532	4
		3	80.00				
		4	73.33				
		5	66.67				
		6	60.00	43.3333	46	1.6628	6
		7	53.33				
		8	46.67				
		9	40.00				
		10	33.33				
		11	26.67				
		12	20.00	13.3333	47	1.6721	8
		13	13.33				
		14	6.67				
精 车 试 样		1	93.75	93.7500	43	1.6335	1
		2	87.50	81.2500	44	1.6435	3
		3	81.25				
		4	75.00				
		5	68.75	53.1250	45	1.6532	6
		6	62.50				
		7	56.25				
		8	50.00				
		9	43.75				
		10	37.50				
		11	31.25	12.8750	46	1.6628	4
		12	25.00				
		13	18.75				
		14	12.50				
		15	6.25	6.2500	47	1.6721	1

零时的随机变量，则 $L_g S$ 也必然对应给定寿命。升降法就是根据这个原理把应力作为随机变量进行统计分析的^[1]。

4.2.2 数据统计方法

4.2.2.1 利用正态分布作图法确定安全应力，两种试样的结果例于表 4 中。

以 $P_i \times 100$ 为纵坐标以 $L_g S_i$ 为横坐标，在正态概率坐标纸上作 $P-L_g S$ 曲线图，见图 3。

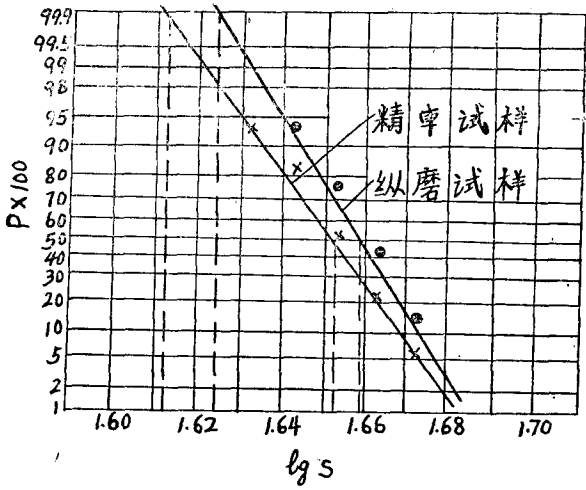


图 3 正态概率坐标纸

由图 3 得：

对于纵磨试样： $S_{99.9} = 40.08 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$

$S_{50} = 45.54 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$

对于精车试样： $S_{99.9} = 41.10 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$

$S_{50} = 45.02 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$

4.2.2.2 利用威布尔作图法确定安全应力

用表 4 数据在威布尔坐标纸上作 $P-L_g S$ 曲线图确定最小应力 S_0 ，见图 4。

表 5 存活率与应力的关系

纵磨试样	Si	44	45	46	47	
	(Si-S ₀)	1.34	2.34	3.34	4.34	
	L _g (Si-S ₀)	0.1211	0.3692	0.5237	0.6375	
	P _i ×100	93.3300	76.6675	43.3333	13.3333	
精车试样	Si	43	44	45	46	47
	(Si-S ₀)	1.7	2.7	3.7	4.7	5.7
	L _g (Si-S ₀)	0.2304	0.4314	0.5682	0.6721	0.7599
	P _i ×100	93.7500	81.2500	53.1250	21.8750	6.2500

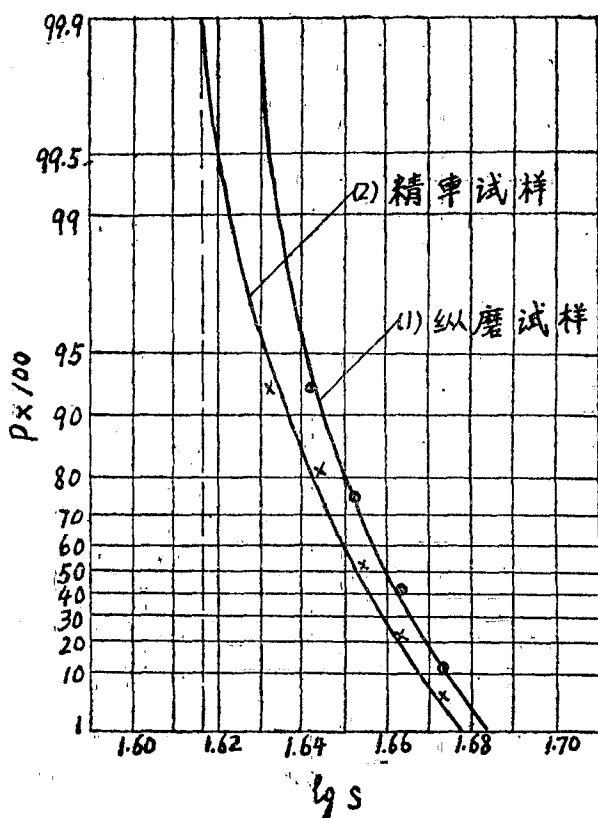


图4 威布尔概率坐标纸

由图4得:

对于纵磨试样: $S_0 = 42.66 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$

对于精车试样: $S_0 = 41.31 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$

用 S_i 减去 S_0 值换算数据列于表5中。

用表5数据以 $P_i \times 100$ 为纵坐标 $L_g(S_i - S_0)$ 为横坐标在威布尔坐标纸上作 $P-L_g(S_i - S_0)$ 图, 见图5。

由图5得:

对于纵磨试样: $S_{99.9} = 42.99 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$

$S_{50} = 45.68 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$

对于精车试样: $S_{99.9} = 41.73 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$, $S_{50} = 45.68 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$

4.2.2.3 利用解析法计算安全应力

在已知或假定 $L_g S$ 遵循正态分布原理的前提条件, 可用解析法计算安全应力值, 其计算公式^{[6][8]}如下:

$$L_g S_p = \hat{U} + U_p \hat{\sigma}_s \quad (2)$$

式中 S_p 是具有任一存活率的安全寿命, $\hat{U}$ 是母体均值, 它是子样均值 $\bar{X}$ 的估算量, $\hat{\sigma}_s$ 是母体标准差, 它是子样标准差 S 的估算量, U_p 是标准正态偏量, 它与存活率 P 的关系见表6给出^[6], n 是子样的大小, 见下公式。