

# Application News

## No. i258

材料试验 USF-2000A

### USF-2000A 金属材料超声波疲劳试验

摘要：本文使用岛津公司 USF-2000A 超声波疲劳试验机试验证明，在本实验中，我们根据日本焊接工程学会（Japan Welding Engineering Society）制定的 WES 1112:2017（金属材料超声疲劳试验方法），采用 SNCM439 和 A6063 两种金属试样进行试验并介绍了其试验结果。

关键词：疲劳试验 金属实验

高强度钢是一类比普通结构钢强度更高的材料，众所周知，对于大多数结构金属材料，疲劳强度会降低，直到施加  $10^6$  次荷载，从  $10^7$  次开始达到疲劳极限，此时不会发生疲劳断裂。然而，通过研究还发现，对于硬化或表面处理的高强度金属材料，内部夹杂物成为疲劳断裂的根源，在  $10^8$  至  $10^9$  次循环时也会导致断裂。另一方面，近年来，工业产品的功能性和耐久性要求越来越高，根据这一趋势，金属材料成型工业产品也必须满足严格的要求。因此，传统的最大负荷周期为  $10^7$  次的测试现在是不够的，超过  $10^9$  个周期的疲劳试验已经成为必需的。然而，对于一般的

液压疲劳试验机，这样的疲劳试验将需要相当长的时间。例如，在 10Hz 的频率下进行  $10^9$  个周期的试验，理论上需要大约 3.2 年。用于本试验的超声波疲劳试验系统能够在 20 kHz 的频率下进行试验，在约 14 小时内完成  $10^9$  个循环的试验。因此，该测试系统是一个非常效率的测量系统，用于超过  $10^9$  个循环的疲劳试验。在本实验中，我们根据日本焊接工程学会（Japan Welding Engineering Society）制定的 WES 1112:2017（金属材料超声疲劳试验方法），采用 SNCM439 和 A6063 两种金属试样进行试验。本文介绍了实验结果。

## 实验部分

### 1.1 仪器

USF-2000A 超声波疲劳试验机 辐射温度计 电涡流位移传感器

### 1.2 样品尺寸与分析条件

样品名称：SNCM439, A6063 T5

样品尺寸：详见下图 1

样品数量：2

应力振幅：SNCM439 (1100, 1050, 1000, 950, 900, 850MPa)

A6063 (120, 110, 100, 90, 80, 70MPa)

最大循环次数： $1 \times 10^{10}$

应力比：-1

频率：20kHz

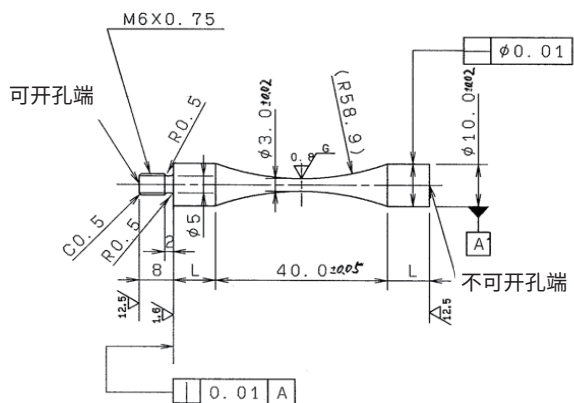


图 1 样品尺寸 (SNCM439)

## 试验介绍

### 2.1 试验装置

我们使用 USF-2000A 超声波疲劳测试系统进行测量。图 2 显示了超声波疲劳测试系统的图片其中包括有电涡流位移传感器，风冷装置与辐射温度计。

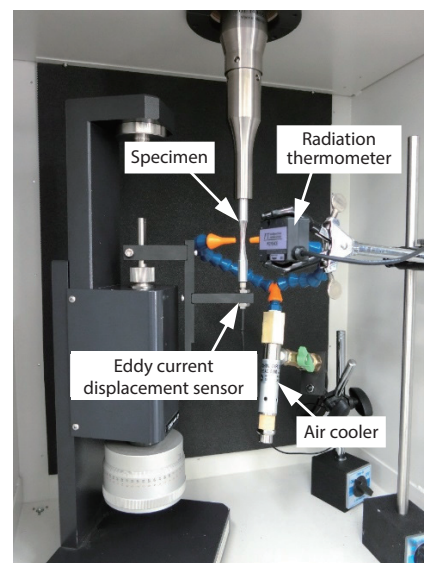


图 2 超声波疲劳试验系统

### 2.2 试验样品介绍

超声波疲劳测试系统在 20 kHz 下使试样产生共振，从而在试样上产生应力关于频率，WES 1112:2017 描述，由于可听区域内低于 15 kHz 的频率可能会导致噪声问题，而高于 30 kHz 的高频可能会在设计可共振样品时出现困难，因此建议在  $20 \pm 1$  kHz 的频率下进行测试。为了满足这一要求，必须制备能在 20kHz 下共振的样品。我们制备了三个平行部分长度不同的试样（图 1 中的 L），并计算了各自的共振频率，通过线性插值得到 20kHz 的试样尺寸。例如，图 2 示出了 SNCM439 试样的图，下图 3 示出了谐振频率与平行部分长度 L 之间的关系。

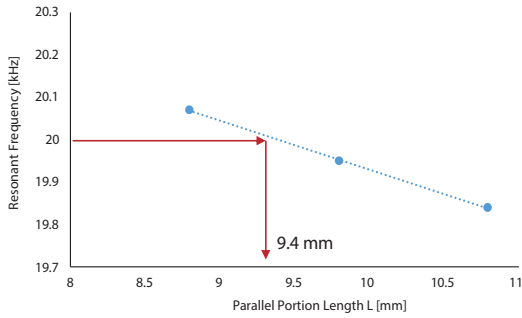


图 3 谐振频率与平行长度 L 关系

### 3.2 试验过程

WES 1112:2017 中规定，必须实时监控试样上应力较大部分的表面温度，以确定将温度保持在  $30^{\circ}\text{C}$  或更低的条件，并建议使用辐射温度计。当室温超过  $30^{\circ}\text{C}$  时，上限必须为室温  $+5^{\circ}\text{C}$ 。此外，建议使用风冷冷却，以  $10^{\circ}\text{C}$  或更低的空气冷却试样。试验条件通过设置六个应力幅度水平，对两种金属试样进行试验。为了防止试件产生热量，除强制风冷外，还通过反复交替振荡和无振荡进行间歇操作。WES 1112:2017 规定，可以进行间歇操作，因为间歇操作对试验的影响可以忽略不计。

### 3.2 试验结果

SNCM439 的试验结果如图 4 所示，A6063 的试验结果如图 5 所示。试验中使用的 SNCM439 和 A6063 试样分别在低温和 T5 热处理下回火，以获得高强度。在应力幅度较小的条件下，这些试样在  $10^8$  到  $10^9$  个循环时出现疲劳断裂。当应力振幅较大时，破坏循环次数的变化较小；当应力振幅较小时，这种变化较大。这表明，当应力幅度较大时，试样表面会发生断裂；当应力幅度较低时，会发生由内部夹杂引起的断裂，夹杂的大小会影响断裂过程。

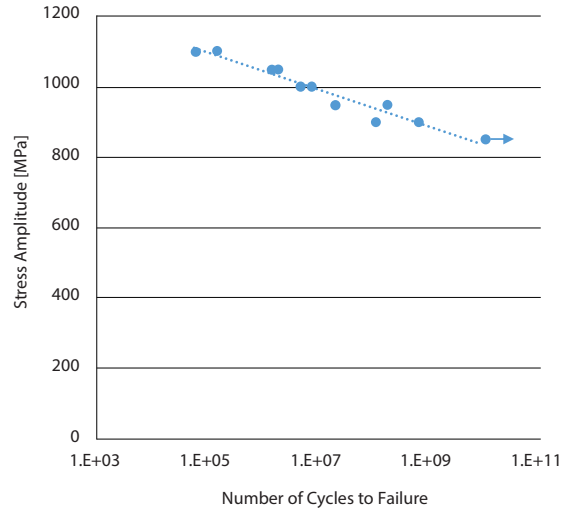


图 4 应力幅度与破坏时循环次数关系 (SNCM439)

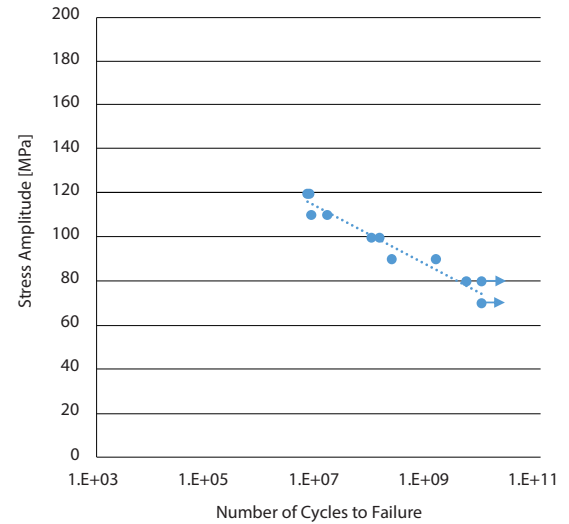


图 5 应力幅度与破坏时循环次数关系 (A6063)

## 结论

在本实验中，我们对两种金属材料进行了超声波疲劳试验。两种材料在  $10^8$  到  $10^9$  次循环时都表现出疲劳断裂。因此，在需要更高耐久性的情况下，需要重复试验  $10^7$  次以上。用于本试验的超声波疲劳试验系统能够在 20 kHz 下进行疲劳试验，适用于超过  $10^7$  个循环的试验。并且由于可以在频率极高的条件下运行，所以可以大大提高疲劳试验的效率，降低时间成本。



岛津企业管理（中国）有限公司  
岛津（香港）有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话：800-810-0439  
400-650-0439

免责声明：

\* 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售；  
\* 本资料中的所有信息仅供参考，不予任何保证。  
如有变动，恕不另行通知。