

ISO 17641-1  
金属材料焊接的破坏性试验焊件热缝试验电弧焊工艺第1部分：总则

## 前言

ISO 17641由以下部分组成，总标题为金属材料焊缝的破坏性试验焊件的热裂试验电弧焊接工艺：

第1部分：概述

第2部分：自我约束试验

第3部分：外部加载试验[技术报告]

## 目录

前言 .....	v
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 符号、名称和单位 .....	2
5 热裂基础 .....	2
6 测试类型 .....	3
7 测试说明 .....	3
8 应用程序摘要 .....	

## 1 范围

本标准介绍了焊接金属和母体合金热裂纹的基本原理，并简要介绍电弧焊接工艺的可用试验。

- 第 2 部分：自约束试验 - 规定了用于评估焊接金属热裂纹敏感性的试验。焊接金属热裂纹的敏感性。导致开裂的应变由焊接件的约束提供。

- 第 3 部分：外部加载试验 - 说明可用于评估母合金和焊接金属热裂纹敏感性的试验。母合金和焊接金属的热裂纹敏感性。导致开裂的应变由外部加载在试样上提供。在试样上施加外部载荷。

注 第 3 部分中的试验需要使用非标准化的专用设备，不同的实验室使用不同的程序、测试条件和试样尺寸，因此在特定实验室内的重现性通常很好但有时会发现实验室之间存在差异。

### 规范性引用文件

本欧洲标准通过注明日期或未注明日期的引用文件纳入了其他出版物的规定。这些规范性引用文件在正文的适当位置引用，出版物如下所示。对于注日期的参考文件，这些出版物的后续修订或修订仅在通过修订或修订纳入本欧洲标准时才适用于本欧洲标准。对于未注明日期的引用文件，其最新版本适用（包括修订本）。

EN ISO 17641-2:2004，金属材料焊缝的破坏性试验焊件的热裂试验电弧焊接工艺第2部分：自约束试验（ISO 17641-2-2004）。

prCEN ISO/TR 17641-3:2003，金属材料焊缝的破坏性试验焊件的热裂试验电弧焊接工艺第3部分：外部载荷试验（ISO/DTR 17641-3:2003）。

## 术语和定义

就本欧洲标准而言，以下术语和定义适用。

### 3.1

#### 热裂纹

当应变水平和应变速率超过一定水平时，沿晶界（枝晶边界）在高温下发生的材料分离

注释 仅在放大倍数大于50倍时可见的小裂纹通常被描述为微裂纹。

### 3.1.1

#### 固体裂纹

焊接金属液相凝固过程中形成的热裂纹

注释 它们通常延伸到焊接金属的表面，但有时也可能是内部。

### 3.1.2

#### 裂纹

母材热影响区（HAZ）液化形成的热裂纹，或焊缝金属被后续焊道重新加热的多道焊中的热裂纹

**3.1.3****延展性倾斜裂缝**

焊接过程中由于热延展性降低而形成的热裂纹。与液化裂纹一样，它们可能出现在母材的HAZ或多道焊中

**3.2****自我约束试验**

由受约束焊件焊接过程中产生的应变产生试样载荷的试验

**3.3****外部加载试验**

通过在特定试验设备中施加外部载荷在试样中产生应变的试验

**符号、名称和单位**

就本欧洲标准而言，表1中给出的符号和单位适用。

**表1符号、名称和单位**

符号	含义	单位
MSI <sub>(T)</sub>	微裂缝灵敏度指示器（拉伸试验）a	mm/mm <sup>2</sup>
MSI <sub>(LBT)</sub>	微裂缝灵敏度指示器（纵向弯曲试验）b	mm/mm <sup>2</sup>
L <sub>tot</sub>	所有检测到的热裂缝总长度	mm
V <sub>crit</sub>	形成第一条热裂纹的临界应变	mm/s
BTR	脆性温度范围，即 NST 和 DTR 之差（见 prCEN ISO/TR 17641-3:2003，图 2）。	K

a. MSI = L<sub>MF</sub> / L<sub>o</sub> × d × π  
b. MSI = L<sub>MF</sub> / b × l<sub>o</sub>

**1 热裂基础**

当焊接接头冷却过程中产生的应变或外部施加的应变超过接头特定部分的延展性时，焊接金属和母材HAZ中会产生热裂纹。它们的大小从很小的液化裂缝不等（长度小于1mm）直至可能沿焊接接头的整个长度延伸的大的凝固裂纹。

注1：不应将这些裂纹与冷裂纹混淆，冷裂纹通常发生在低于200°C的温度下。

热裂纹不局限于任何特定的合金系统，并且可以发生在钢、不锈钢、镍基合金、铜和铝基合金中。热裂纹发生的原因很多，也很复杂，但一般来说，当局部延展性不足以支撑施加的应变时，就会发生热裂纹。延展性的缺乏可能取决于微观结构特征和取向（相对于应变），在某些情况下取决于脆性杂质和低熔点（或液化）膜的存在。在这方面，一些合金系统对杂质元素（如硫、磷、铅等）的存在高度敏感。通常认为，全奥氏体单相微观结构，特别是焊接金属，容易发生一种或另一种形式的热裂纹。杂质水平影响这种结构中裂纹的发生率。

注2 热裂纹发生的精确机制尚未完全确定。

## 2 测试类型

### 2.1 自我约束测试

这些试验取决于焊件的约束，以提供足够的应变来引发裂纹。测试包括：

- a) 由高度约束焊件组成的试验，其中直接检查试验焊缝是否存在裂纹；
- b) 由全厚对接焊缝组成的试验，其中试样取自对接焊缝中的焊缝金属，并进行额外的应变，以揭示预先存在的热裂纹（特别是微裂纹），并有助于其检测和测量。焊后应变可通过张力或弯曲施加。它的设计并不是为了引起任何新的裂缝。

自我约束试验仅适用于评估焊接金属的热裂纹。

### 2.2 外部加载测试

这些试验取决于试样上的外部载荷，无论是在焊接过程中还是在同时加热和加载的焊接试样上。测试包括：

- a) 焊接时施加载荷的试验；
- b) 同时对焊缝进行再加热和加载的试验，以便确定敏感性评估。

这些外部加载试验适用于评估焊接金属、母材和热影响区的热裂纹。

## 3 测试说明

### 3.1 自我约束测试

#### 3.1.1 概述

EN ISO 17641-2中给出了试验程序的详细信息。

#### 3.1.2 T型接头焊缝开裂试验

该试验程序旨在评估单程约束角焊缝中焊缝金属的凝固开裂敏感性。有三种类型的测试可用，通过增加测试组件中使用的板的厚度和/或刚度来增加约束。该评估基本上是定性的，因为无法直接测量菌株。评估基于测试焊缝中裂纹（如有）的长度和位置。

#### 3.1.3 焊缝金属拉伸试验

本试验旨在评估对接焊缝金属的液化敏感性和延展性浸裂。施加载荷使从对接焊缝中取出的圆柱形全焊金属试样破裂，会打开焊接操作过程中产生的裂纹。对裂缝附近的区域进行检查，可以检测和测量任何裂缝。

注：参见EN ISO 17641-2:2004，图2和图3。

### 3.1.4 纵向弯曲试验

本试验旨在评估所有焊缝金属对接焊缝对凝固、液化和延展性浸裂的敏感性。弯曲从对接焊缝纵向取下的试样会打开对接焊缝焊接过程中产生的裂纹。任何裂纹都可以检测和测量。

注释 参见EN ISO 17641-2:2004, 图4和图5。

## 3.2 外部加载测试

### 3.2.1 全体的

prCEN ISO/TR 17641-3中给出了试验程序的详细信息。

### 3.2.2 热拉伸试验

热裂敏感性是通过进行拉伸试验来确定的，同时加热试样以模拟热循环。

使用不同的程序和不同的试样尺寸来评估固化开裂的易感性，而不是用于评估液化开裂的易感性：

- a) 为了模拟凝固开裂，将试样加热至熔化温度，并固定设备的钳口，以使收缩应变引起开裂；
- b) 为了模拟液化开裂，将试样加热至略低于固相线的温度，磁化率基于对多个试样的测试，以产生热塑性曲线。

### 3.2.3 常规拉伸与横向拉伸测试

常规拉伸与横向拉伸试验用于同时通过焊接和加载提供热裂纹敏感性的测量。在常规拉伸试验中，载荷沿试验焊缝的纵向施加，能够评估凝固、液化和延展性浸裂。在横向拉伸试验中，荷载横向于试验焊缝的方向施加，仅用于评估固化开裂的敏感性。在焊接操作的固定点，通过将试样弯曲到成形模具上来进行加载。试验完成后，对裂纹进行目测评估和测量。敏感性基于对裂纹长度与表面应变的评估。

### 3.2.4 受控平面拉伸试验

该试验通过使用单个平面拉伸试样进行，该试样在水平拉伸试验设备中应变，控制其具有线性增加的加载速率。这种受控的应变是在焊接的沉积过程中施加的。引发热裂纹的应变速度被描述为临界应变速度，并被用作热裂纹敏感性的测量。

## 4 应用程序摘要

表2和表3总结了各种试验的可能应用。

表2自约束热裂试验和应用

试验类型	裂缝类型	结果	程序
T形接头 焊缝开裂试验	固化开裂	定性	焊接材料的合格性 焊材合格性测试
焊接金属拉伸试验	固化开裂	如果使用微裂缝灵敏度指数 $MSI_{(TT)}$ , 则可进行定性或定量分析	焊接程序鉴定 生产焊条测试 焊材鉴定 焊材鉴定测试
	液化开裂		
	延展性下降		
纵向弯曲试验	固化开裂	如果使用 $MSI_{LBT}$	焊接程序鉴定 生产焊条测试 焊接材料的鉴定 焊材合格性测试
	液化开裂		
	延展性下降		

表3热裂纹试验、裂纹类型和可能的应用

试验类型	裂缝类型	后果	应用程序
常规拉伸	固化	$L_{tot}$ BTR	母材、选择和评定焊接金属、选择和鉴定 焊接程序
	液化	$L_{tot}$	
	延展性下降	$L_{tot}$	
横向拉伸	固化	$L_{tot}$	焊接金属选择 焊接程序
受控平面拉伸试验	固化	$V_{crit}$	材料选择 多道焊件 焊接程序 材料组合
	液化	$V_{crit}$	
	延展性下降	$V_{crit}$	
热拉伸试验	固化	BTR	材料选择和鉴定
	液化	BTR	