



中华人民共和国国家标准

GB/T 24172—2009

金属超塑性材料拉伸性能测定方法

Method for evaluation of tensile properties of
metallic superplastic materials

(ISO 20032:2007, MOD)

2009-06-25 发布

2010-04-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
金属超塑性材料拉伸性能测定方法
GB/T 24172—2009

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 19 千字
2009年11月第一版 2009年11月第一次印刷

*

书号: 155066·1-38881 定价 16.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533

前 言

本标准修改采用国际标准 ISO 20032:2007《金属超塑性材料拉伸性能测定方法》(英文版)。

本标准根据 ISO 20032:2007 重新起草,根据我国的实际情况,本标准在采用国际标准时进行了下列修改和补充:

- 扩大了本标准的适用范围,增加了圆柱形试样;
- 在表 1 中增加了圆柱形试样的符号、术语和定义;
- 在“5 试样”中增加了圆柱形试样(图 3),并规定了试样尺寸,对于板材试样增加了可以使用夹持端带销孔的试样;
- 在“7 性能测定”中增加了圆柱状试样的测定方法,在 7.2 中补充了应避免夹具自重对试样的影响;
- 对于 ISO 20032:2007 引用的其他国际标准中有被修改采用为我国标准的,本标准引用我国的这些标准代替对应的国际标准(见本标准第 2 章)。

这些技术性差异用垂直单线标识在它们所涉及的条款的页边空白处。

为便于使用,本标准还做了下列编辑性修改:

- a) “本国际标准”一词改为“本标准”;
- b) 用小数点“.”代替作为小数点的“,”;
- c) 删除 ISO 20032:2007 的前言;
- d) 增加了本标准前言。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:钢铁研究总院、冶金工业信息标准研究院。

本标准起草人:赵俊平、高怡斐、董莉。

引 言

超塑性变形由具有超塑性特性的金属材料所产生。在本标准中所特指的拉伸试验可用来测定材料的超塑性性能:包括超塑性伸长率、流变应力、应变速率敏感性指数(m 值)、应力-应变关系式和流变应力-应变关系式等。

金属超塑性材料拉伸性能测定方法

1 范围

本标准规定了金属超塑性拉伸性能试验方法的符号定义、原理、试样、设备、性能测定及试验报告。
本标准适用于细晶的超塑性无明显加工硬化或无动态微观结构变化的金属材料。该方法采用恒定的横梁位移速率控制方式对板状试样和圆柱状试样进行拉伸试验测定其拉伸超塑性性能。该方法不安装引伸计。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GB/T 228 金属材料 室温拉伸试验方法(GB/T 228—2002,eqv ISO 6892:1998)
- GB/T 4338 金属材料 高温拉伸试验方法(GB/T 4338—2006,ISO 783:1999,MOD)
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 16825.1 静力单轴试验机的检验 第1部分:拉力和(或)压力试验机 测力系统的检验与校准(GB/T 16825.1—2008,ISO 7500-1:2004,IDT)
- JJG 141 工作用贵金属热电偶
- JJG 351 工作用廉金属热电偶

3 符号、定义及说明

本标准采用表1的符号及定义。

表1 符号、定义及说明

符号	定 义	说 明	单位
超塑性			
—	超塑性状态	超塑性开始及其持续的变形状态	
试样			
—	R型试样	没有平行部分的普通拉伸试样	—
—	R部分	R型试样伸长的主要部分,两夹持间呈圆弧状	—
d	圆柱状试样直径	圆柱状试样平行部分的原始直径	
b	平行边宽度或 R部分最小宽度	S型试样平行部分的原始宽度或 R型试样的R部分最小原始宽度	mm
$b_0(i)$	R部分分段线 <i>i</i> 的原始宽度	R部分规定的分段线 <i>i</i> 的原始宽度	mm
$b(i)$	R部分分段线 <i>i</i> 的宽度	停止试验后R部分分段线 <i>i</i> 的宽度	mm
A	超塑性伸长率	超塑状态下的断后伸长率	%
B_g	夹持部分宽度	S或R型试样夹持部分的宽度	mm

表 1 (续)

符号	定 义	说 明	单位
L_0	原始标距	两标点间的原始距离,所用量具的精确度应不小于原始距离的 1% 或 0.01 mm 中的大者	mm
L_u	断后标距	将断后试样仔细对接在一起使其中心线在同一直线上,测量的两标点间的距离	mm
L_c	平行长度	S 型试样或圆柱形试样平行部分的原始长度	mm
L_t	试样总长度	试样的原始总长度	mm
L_g	夹持部分长度	试样夹持部分的长度	mm
L_R	R 部分长度	R 部分的原始长度	mm
ΔL_R	R 部分伸长	试验期间任一时刻 R 部分长度的增量	mm
R	圆角半径或 R 部分半径	S 型试样过渡弧的原始半径或 R 型试样 R 部分的原始半径	mm
S_0	试样缩减面上的原始横截面积	试样的原始横截面积,测量仪器的精确度不大于 2%	mm ²
$S_0(i)$	R 部分分段线 i 的原始横截面积	R 部分规定的分段线 i 的原始横截面积	mm ²
$S(i)$	R 部分分段线 i 的横截面积	试验停止后, R 部分规定的分段线 i 的横截面积	mm ²
t	试样厚度	S 或 R 型试样的厚度	mm
$t_0(i)$	R 部分分段线 i 的原始厚度	按规定将 R 部分分段,分段线 i 的原始厚度	mm
$t(i)$	R 部分分段线 i 的厚度	试验停止后,分段线 i 的厚度	mm
力			
F_{10}	百分之十变形的力	标称应变达到百分之十时的力值	N
应力			
K	K 值	由方程 1 限定的带应力量纲的常数	MPa
σ_{10}	百分之十流变应力	标称应变达到百分之十的真应力	MPa
σ_f	流变应力	超塑性变形期间的真应力	MPa
σ_N	标称应力	对 R 型试样,试样变形过程中力与 R 部分的最小原始横截面积之比	MPa
$\sigma(i)$	真应力	对 R 型试样,试样变形过程中力与 R 部分分段线 i 的横截面积之比	MPa
应变			
$\epsilon(i)$	真应变	R 部分规定分段内的变形	%
时间			
τ_{inter}	变形时间	从弹性阶段轴向力随应变开始线性增加到 R 部分伸长量 ΔL_R 达到 3 mm 的时间	s
应变速率和 m 值			
$\dot{\epsilon}_N$	标称应变速率	对于 S 型试样,横梁的分离速度除以原始平行长度 L_c ; 对于 R 型试样,横梁分离速度除以原始标距 L_0 。	s ⁻¹
$\dot{\epsilon}$	真应变速率	单位时间真应变的增量	s ⁻¹
$\dot{\epsilon}(i)$	变形期间的真应变速率	R 部分规定的分段 i 变形期间的真应变速率	s ⁻¹
m	m 值	超塑性材料流变应力的应变速率敏感性指数	

4 原理

本试验通过对试样施加轴向拉伸力测定超塑性伸长率(A)、流变应力和应变速率敏感指数(m)等超塑性性能。

试验在高温环境和特定的应变速率下进行。

S型试样或圆柱形试样用于测定普通超塑性材料的力学特性,或其变形初期的特性。

受到加热炉长度的限制,S型试样更适合于较低应变的超塑性试验。而R型试样绝大部分的变形是由试样中心的很小区域产生,因此更适合于较高应变的试验。

5 试样

试样分板状试样和圆柱状试样,其中板状试样包括S型试样和R型试样。

试样形状和尺寸分别见图1、图2和图3,表2、表3和表4。板状试样厚度为原板厚度。尺寸公差参照GB/T 228的有关规定。

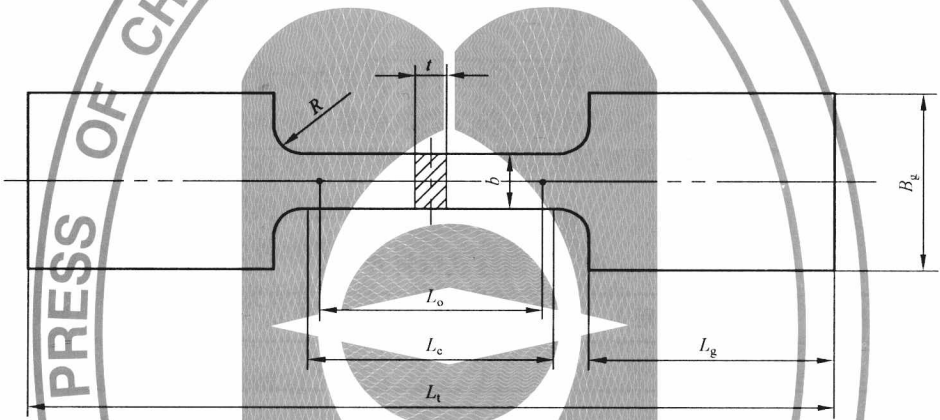


图1 S型试样

表2 S型试样的尺寸

单位为毫米

标距 L_0	平行长度 L_c	平行部分的宽度 b	圆角半径 R
18	24	6	≤ 3

推荐的试样尺寸见公式(1)和公式(2):

$$L_t = 2L_g + L_c + 2R \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$B_g = 3b \quad \dots\dots\dots (2)$$

试样厚度为材料的原始厚度。

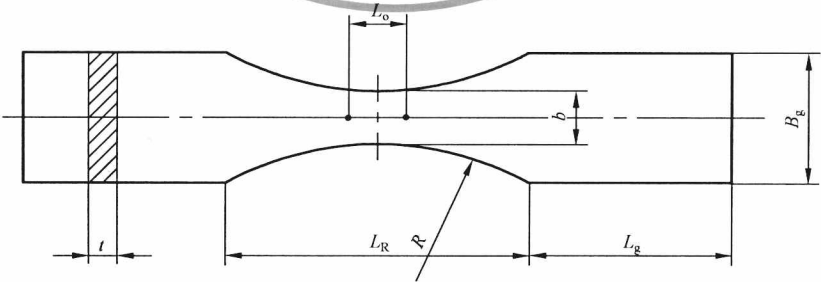


图2 R型试样

表 3 R 型试样尺寸

单位为毫米

夹持部分宽度 B_g	R 部分最小宽度 b	R 部分长度 L_R	R 部分半径 R	标距 L_0
16	6	30	25	6
L_g 不小于 20 mm。				

试样厚度为材料的原始厚度。
可以使用夹持端带销孔的试样。

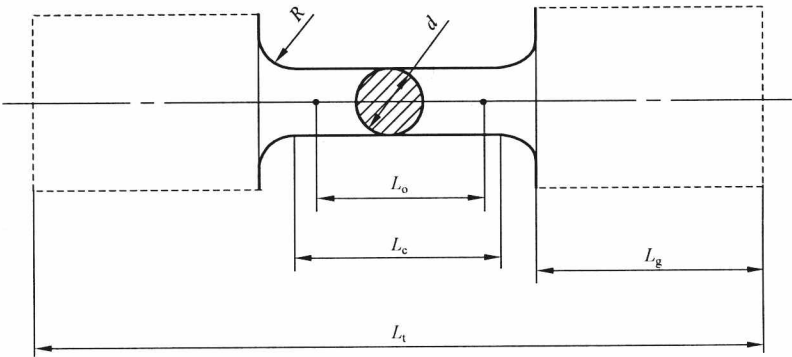


图 3 圆柱形试样

表 4 圆柱状试样尺寸

单位为毫米

平行部分直径 d	标距 L_0	平行长度 L_c	圆角半径 R
5	20	25	≤ 2.5

6 设备

6.1 试验机

试验机应符合 GB/T 16825.1 的要求。横梁分离速率应保持恒定。根据协议选择合适的实验准确度级。

6.2 试样夹具

试样夹具在高温条件下应不产生塑性变形,并符合 7.2 的要求。

6.3 加热装置

使用带温控器的加热炉加热试样,试验期间加热炉应能保持整个试样标距范围内的温度均匀恒定,温度偏差在表 5 允许范围内。

表 5 温度的允许偏差

单位为摄氏度

试验温度	≤ 200	> 200 ≤ 600	> 600 ≤ 800	> 800 $\leq 1\,000$	$> 1\,000$
允许偏差	双方协议	± 3	± 4	± 5	双方协议

6.4 气氛

试样尺寸的测量,尤其是试验后的试样标距及分段线间的距离的测量应能得以进行,并应避免仪器在使用环境中被损坏。如果试验在控制的气氛下进行,所测量的力值应通过补偿压力差进行修正。

6.5 测温装置

6.5.1 概述

测温装置包括测温仪和热电偶。

6.5.2 测温仪

测温仪应能够指示试样在表 5 规定的允许温度范围内的所有温度。

6.5.3 热电偶

热电偶应符合 JJG 141 和 JJG 351 的规定,而且组成热电偶的材料应能够适应实验温度和实验环境的要求。

使用不同于热电偶的测温仪器时,其准确度应不小于热电偶的准确度。

7 性能测定

7.1 概述

试验程序见 7.2~7.8。未在其中描述的部分按照 GB/T 228 和 GB/T 4338 相关内容执行。

7.2 试样夹持方法

试样夹持应注意使试样在试验过程中仅受到轴向力的作用,并且在试验加载之前的加热和保温期间,使试样不承受任何压力,承受最小的拉力。同时应避免夹具自身重量作用于试样。

7.3 测温

采用 6.5.3 规定的热电偶测量试验温度。所测试的温度应该是试样的温度。该温度为测量热电偶在试样表面接触点处的温度。热电偶应避免加热炉的直接热辐射。如果试样表面温度与加热炉中某个特定位置的温度在试验前被标定有对应性,测温方式可以灵活掌握。

更准确地测量至少要在不同的位置安装两只热电偶。

相关当事人应协商试样的加热时间和试验前的保温时间。

在实验过程中,应使试验温度保持在表 5 规定的偏差范围内。

7.4 施加试验力

试验要求横梁分离速率保持恒定。

7.5 试样尺寸的测量

测量标距的仪器应有足够的精密度,至少为规定尺寸的 1%或者 0.01 mm,取其大者。应用小标记或细画线标记。原始标距不应用导致试样过早断裂的刻痕作标记。

7.6 超塑性伸长率的测定

试验前 S 型试样选择标距为 18 mm, R 型试样选择标距为 6 mm,圆柱状试样选择标距为 20 mm。按公式(3)计算超塑性伸长率,按照 GB/T 8170 修约至两位有效数字。

$$A = \frac{L_u - L_o}{L_o} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

A——超塑性伸长率,以百分数表示(%);

L_u ——断后标距,单位为毫米(mm);

L_o ——原始标距,单位为毫米(mm)。

测量断后标距时,将断后试样仔细对接在一起,使其轴线在同一条直线上。

7.7 S 型试样和圆柱形试样流变应力和 m 值的测定

7.7.1 流变应力的测定

通过试验中力所对应的伸长量的变化绘制力-伸长曲线图,测量仪器要有足够的准确度以保证在超塑性条件下所测的力值满足载荷传感器的准确度。

百分之十的流变应力通过公式(4)得到:

$$\sigma_{10} = \frac{1.1F_{10}}{S_o} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

σ_{10} ——百分之十流变应力,单位为兆帕(MPa);

F_{10} ——百分之十的标称应变下的力值,单位为牛顿(N);

S_0 ——试样的原始横截面积,单位为平方毫米(mm²)。

7.7.2 应变速率敏感性指数(m 值)的测定

在特定的温度和微观结构条件下,在超塑性变形过程中,流变应力 σ_f 和应变速率 $\dot{\epsilon}$ 间的关系可用公式(5)描述。式(5)中未考虑应变硬化的因素,因此公式(5)只有材料的应变硬化影响可以忽略时才成立。

$$\sigma_f = K\dot{\epsilon}^m \quad \dots\dots\dots(5)$$

其中指数 m 可用公式(6)表示:

$$m = \frac{d(\ln\sigma_f)}{d(\ln\dot{\epsilon})} \quad \dots\dots\dots(6)$$

公式(6)中的 m 值为应力-应变速率对数曲线的斜率。通常 m 值取决于试验条件和材料本身,一般为0~1之间。 m 值越高超塑性伸长率越高。

采用五个或五个以上不同横梁分离速率进行试验,通过描点可绘制出每个横梁分离速率下百分之十流变应力和相应标称应变速率间关系的对数-对数坐标图,用最小二乘法对上述关系做线性回归,求得直线的斜率即 m 值,按GB/T 8170将 m 值修约至小数点后两位。经双方协议的试验条件下,最小值为300%的延伸率应可以被测出。

7.8 R型试样 m 值的测定

应变速率敏感性指数 m 值应通过试验中断前试验力和试样尺寸的测量来测定。采用两个或两个以上的横梁分离速率拉伸试样,当R部分的伸长量达到指定值时中断试验。

在选择最小和最大的横梁分离速率时应使他们之间的差值在2~10倍之间。R部分的伸长量通常被指定为3 mm±0.5 mm,这个变形量可认为是在起始变形过程中的伸长量。对于每一次试验,可以将每一个分段线上(见图4)的真应力 $\sigma(i)$ 和的真应变速率 $\dot{\epsilon}(i)$ 测出,具体测定在a)到g)中叙述。

- a) 如图4所示,在R部分的中间区域,在拉伸轴方向以3 mm的间距作五个分段线,将试样拉伸轴沿水平方向放置,R部分中心部位最小横截面积处的分段线称为0线,其左边的分别称为-6和-3线,右边的分别称为+3和+6线;

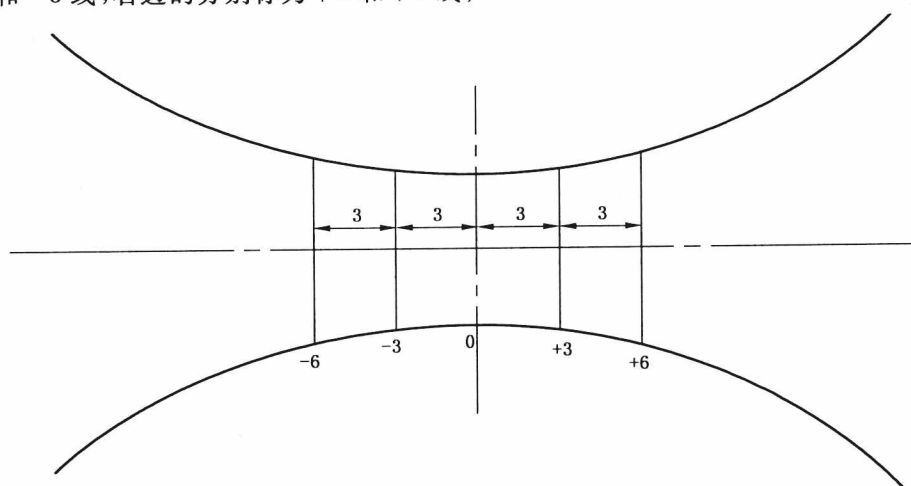


图4 R部分的分段线图

- b) 试验前测量R部分各分段线处相应的宽度 $b_0(i)$ ($i = -6, -3, 0, +3, +6$)和厚度 $t_0(i)$,计算相应的横截面积;
- c) 当R部分的伸长 ΔL_R 达到3 mm时停止试验,记录该点力值和所用时间 τ_{inter} , τ_{inter} 指力从弹性

阶段轴向力开始线性增加到停止试验的时间；

d) 测量停止试验后试样 R 部分相应于各分段线处的宽度 $b(i)$ 和厚度 $t(i)$ ，计算相应的横截面积 $S(i)$ 。测量仪器应保证足够的准确度；

e) 按式(7)和式(8)计算每个分段线处的流变应力 $\sigma(i)$ 和真应变 $\epsilon(i)$ ：

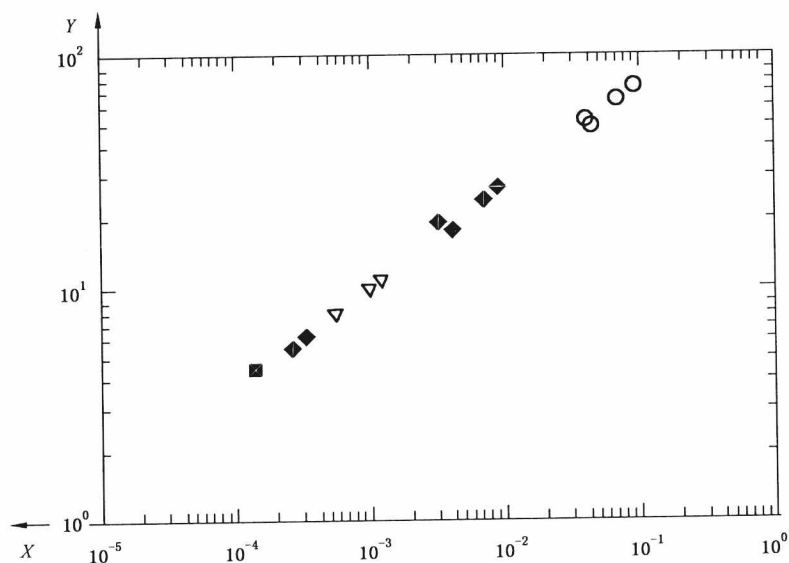
$$\sigma(i) = \frac{F}{S(i)} \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$\epsilon(i) = \ln \frac{S_0(i)}{S(i)} \quad \dots\dots\dots(8)$$

f) 由真应变 $\epsilon(i)$ 和变形时间 τ_{inter} 导出各分段的真变速率，见公式(9)：

$$\dot{\epsilon}(i) = \frac{\epsilon(i)}{\tau_{\text{inter}}} \quad \dots\dots\dots(9)$$

g) 采用两个或两个以上的横梁分离速率，测得每个分段线上的 $\sigma(i)$ 和 $\dot{\epsilon}(i)$ ，绘制对数描点图后，进行线性回归分析，求得直线的斜率即 m 值，保留两位小数(见图 5)。在这种情况下，为了等地处理横截面的数据，0 分段线的数据应予以两倍加权进行线性回归分析。



X——真变速率 $\dot{\epsilon}(\text{s}^{-1})$ ；

Y——真应力 $\sigma_t(\text{MPa})$ ；

横梁分离速率 $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$ ；

■ 5.0×10^{-6} ；

▽ 1.7×10^{-5} ；

◆ 1.7×10^{-4} ；

○ 1.7×10^{-3} 。

图 5 超塑性 74575 合金应力-应变速率关系图例

8 试验报告

依据相关方的协议，实验报告应包括如下内容：

a) 本标准号；

b) 试验材料：

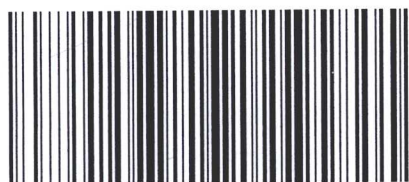
1) 材料的生产厂；

2) 材料的名称；

3) 标记或种类；

GB/T 24172—2009

- 4) 生产批号。
- c) 试样尺寸；
- d) 试验仪器简述；
- e) 试验条件：
 - 1) 试验温度；
 - 2) 横梁分离速率；
 - 3) 试验气氛；
 - 4) 升温速度；
 - 5) 试验之前的保温时间；
 - 6) 取样位置和方向。
- f) 试验结果：
 - S型试样：
 - 1) 超塑性伸长率；
 - 2) 百分之十流变应力；
 - 3) m 值；
 - 4) 标称应力和标称应变关系；
 - 5) 百分之十流变应力和应变速率的关系。
 - R型试样：
 - 1) 超塑性伸长率；
 - 2) 最大标称应力；
 - 3) 标称应力和位移的关系；
 - 4) m 值(在真应变速率范围内)。
- g) 附加项目
如需要还可以提供如下信息：
 - 1) 材料的化学成分；
 - 2) 材料的织构；
 - 3) 材料的热处理；
 - 4) 材料的晶粒度；
 - 5) 材料的室温力学性能。



GB/T 24172-2009

版权专有 侵权必究

*

书号:155066 • 1-38881

定价: 16.00 元