ICS 77.040.10
CCS H 22

中华人民共和国国家标准

GB/T 44030—2024

金属材料　高温压缩试验方法

Metallic materials—Compression test method at elevated temperature

2024-05-28 发布　　2024-12-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

目　　次

前言 …… Ⅲ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　符号和说明 …… 1
5　原理 …… 3
6　试样 …… 3
7　试验设备 …… 5
8　试验条件 …… 6
9　性能测定 …… 7
10　试验结果数值修约 …… 10
11　试验结果处理 …… 10
12　试验报告 …… 10

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本文件起草单位：中国科学院上海应用物理研究所、浙江省特种设备科学研究院、德阳市产品质量监督检验所、中国航发北京航空材料研究院、深圳万测试验设备有限公司、山东骏程金属科技有限公司、冶金工业信息标准研究院、上海交通大学、上海理工大学、中国海洋大学、中华人民共和国常熟海关。

本文件主要起草人：陆燕玲、李肖科、葛翔、康人木、李影、黄星、孙谐、董莉、董安平、熊威、崔洪芝、许辉庭、孟雳、于慧臣、侯慧宁、卢书媛、李洪光、何林、张雅峰。

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

金属材料　高温压缩试验方法

1　范围

本文件规定了金属材料高温压缩试验方法的原理、试样、试验设备、试验条件、性能测定、试验结果数值修约、试验结果处理和试验报告。

本文件适用于温度高于室温条件下单向压缩的规定塑性压缩强度、规定总压缩强度、上压缩屈服强度、下压缩屈服强度、压缩弹性模量及抗压强度等参量的测定。

2　规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 7314　金属材料　室温压缩试验方法

GB/T 8170　数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 10623　金属材料　力学性能试验术语

GB/T 12160　金属材料　单轴试验用引伸计系统的标定

GB/T 16825.1　金属材料　静力单轴试验机的检验与校准　第1部分：拉力和(或)压力试验机测力系统的检验与校准

3　术语和定义

GB/T 7314 和 GB/T 10623 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

保温时间　soaking time

t_s

施加压力前，保持试验温度稳定的时间。

4　符号和说明

本文件使用的符号和说明见表1。

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

表 1 符号和说明

符号	单位	说明
试样		
a	mm	试样原始厚度
b	mm	试样原始宽度
d	mm	试样原始直径
H	mm	约束装置的高度
h	mm	板材试样无约束部分的长度
L	mm	试样长度
L_0	mm	试样原始标距
S_0	mm^2	试样原始横截面积
变形		
e_{pc}	%	规定塑性压缩应变
e_{tc}	%	规定总压缩应变
ΔL	mm	原始标距段受力后的实际变形
ΔL_0	mm	原始标距段受力后的变形
n	—	变形放大倍数
力		
F	N	实际压缩力；无侧向约束的试验，$F=F_0$
F_0	N	试样上端所受的力
F_{eHc}	N	屈服时的实际上屈服压缩力
F_{eLc}	N	屈服时的实际下屈服压缩力
F_f	N	摩擦力
F_{mc}	N	对于脆性材料，试样压至破坏过程中的最大实际压缩力；或对于塑性材料，指规定应变条件下的压缩力
F_{pc}	N	规定塑性压缩变形的实际压缩力
规定强度-屈服强度-抗压强度-弹性模量		
E_c	N/mm^2	压缩弹性模量
R_{eHc}	N/mm^2	上压缩屈服强度
R_{eLc}	N/mm^2	下压缩屈服强度
R_{mc}	N/mm^2	脆性材料的抗压强度；或者塑性材料的规定应变条件下的压缩应力
R_{pc}	N/mm^2	规定塑性压缩强度
R_{tc}	N/mm^2	规定总压缩强度
温度		
T	℃	进行试验时的设定温度或规定温度
T_i	℃	试验试样表面的测量温度
t_s	min	保温时间
注：1 $N/mm^2=1$ MPa。		

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

5 原理

在高温环境下通过对试样轴向施加递增的单向压缩力，测定相关压缩力学性能。

6 试样

6.1 试样形状与尺寸

6.1.1 试样形状与尺寸的设计应满足以下要求：

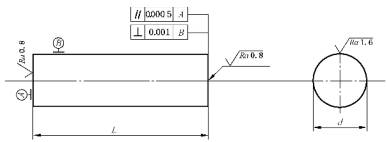
——在试验过程中标距内为均匀单向压缩；

——引伸计所测变形与试样轴线上标距段变形相等；

——端部不应在试验结束前损坏。

推荐使用圆柱体试样（见图 1）、正四棱柱试样（见图 2）、板状试样（见图 3）和带凸耳板状试样（见图 4），凡能满足上述要求的其他类型试样也可采用。

单位为毫米



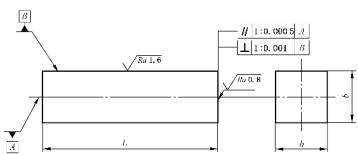
标引符号说明：

L ——试样长度[$L=(2.5\sim3.5)d$ 或$(5\sim8)d$]；

d ——试样原始直径[$d=(10\sim20)\pm0.05$]。

图 1 圆柱体试样

单位为毫米



标引符号说明：

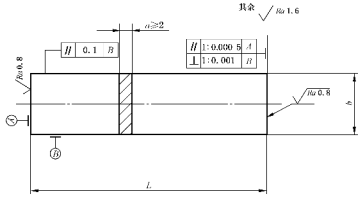
L ——试样长度；

b ——试样原始宽度。

图 2 正四棱柱试样

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

单位为毫米



标引符号说明：

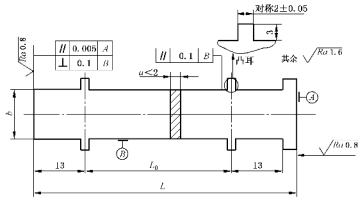
L ——试样长度；

a ——试样原始厚度；

b ——试样原始宽度。

图 3 板状试样

单位为毫米



标引符号说明：

L_0 ——试样原始标距($L_0=50\pm0.05$)；

L ——试样长度；

a ——试样原始厚度；

b ——试样原始宽度。

图 4 带凸耳板状试样

6.1.2 图 1 和图 2 为侧向无约束试样，$L=(2.5\sim3.5)d$ 和 $L=(2.5\sim3.5)b$ 的试样适用于测定 R_{pc}、R_{tc}、R_{aHc}、R_{nLc}、R_{mc}。$L=(5\sim8)d$ 和 $L=(5\sim8)b$ 的试样适用于测定 $R_{pc(0.2)}$ 和 E_c。$L=(1\sim2)d$ 和 $L=(1\sim2)b$ 的试样仅适用于测定 R_{mc}。

6.1.3 图 3 和图 4 为板状试样，应夹持在约束装置中进行试验。

6.1.4 试样原始标距两端距试样端面的距离不应小于试样直径(或宽度)的二分之一。

6.1.5 板状试样长度按公式(1)计算：

$$L=H+h \qquad \cdots\cdots(1)$$

6.1.6 板状试样无约束部分长度应根据被测材料的相关力学性能和约束装置高度进行计算，压头在压

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

缩过程中不应接触约束装置。

6.2 试样制备

6.2.1 样坯切取的数量、部位、取向应符合相关产品标准或相关方协议规定。

6.2.2 切取样坯和机加工试样时，应防止因冷加工或热影响而改变材料的性能。

6.2.3 板状试样厚度为产品厚度时，应保留原表面，表面不应有划痕等损伤；试样厚度为机加工厚度时，表面粗糙度应不劣于原表面的粗糙度。厚度(或直径)在标距内的允许偏差为1%或0.05 mm，取较小值。

6.2.4 圆柱体试样按图1加工，矩形截面试样按表2机加工，棱边应无毛刺。

6.2.5 试样应平直，从板卷或带卷上切取的试样，允许带有不影响性能测定的轻微弯曲。

表2 矩形截面试样尺寸及允许偏差

单位为毫米

厚度 d	宽度 b	长度 L	允许偏差	图号
0.2～<2	12.5	$H+h$	±0.05	图4
2～<10	12.5	$H+h$	±0.05	图3
≥10	10～20	(2.5～3.5)b 或(5～8)b 或(1～2)b	±0.05	图2

注：厚度小于0.3 mm的试样，一般把头部弯成“Π”形。

7 试验设备

7.1 试验机

7.1.1 试验机准确度应为1级或优于1级，应符合GB/T 16825.1要求。

7.1.2 试验机的上下压板的工作表面应平行，平行度不低于0.000 2∶1 mm/mm(安装区域100 mm范围内)，压板材料应在试验温度下有足够的硬度和抗氧化能力，防止在最大载荷作用下产生塑性压痕或偏心，压板的硬度宜不低于55 HRC。

7.1.3 硬度较高的试样两端应以合适的硬质材料作垫板，试验后，板面不应有永久变形。垫板上下两端面的平行度应不低于0.000 2∶1 mm/mm，表面粗糙度 Ra 不应大于0.8 μm。

7.2 附加装置

7.2.1 附加装置包括：力导向装置、调平垫块、防护罩、约束装置。

7.2.2 不满足压板平行度要求的试验机，应加配力导向装置；试验机偏心压缩的影响较明显时，可配用调平垫块；进行脆性材料试验时，应使用可承受试验温度且便于观察的防护罩或铁纱将试样罩于其中，防止试样碎片飞出或损坏仪器。

7.2.3 对于板状试样的压缩试验，应使用约束装置。

注：约束装置是指用于侧向支撑在板状试样上，防止试样压缩过程中发生屈曲，且不影响轴向变形的装置。

7.2.4 附加装置应符合GB/T 7314要求，且在高温下不应有变形。

7.3 引伸计

引伸计应符合GB/T 12160的要求，测定压缩弹性模量时应使用不低于0.5级的引伸计，测试规定塑性压缩强度、总压缩强度、压缩屈服强度的引伸计应使用不低于1级的引伸计。测定压缩弹性模量和

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

规定塑性压缩应变小于0.05%的规定塑性压缩强度时，建议采用平均引伸计。

7.4 加热装置

7.4.1 加热装置应能使试样加热到规定温度 T，本文件推荐使用辐射加热炉。

7.4.2 加热炉恒温区不应小于试样标距长度的两倍，炉膛空间应足够大，不妨碍各种测试装置的使用。

7.4.3 测量温度 T_i 和规定温度 T 的允许偏差及温度梯度见表3。

注：T_i 是指在试样平行长度表面上所测量的温度，该温度已进行系统误差修正，但未考虑温度测量装置的不确定度。

表3 温度的允许偏差及温度梯度

规定温度 T ℃	T_i 与 T 的允许偏差 ℃	温度梯度 ℃
$T\leqslant 600$	±3	3
$600<T\leqslant 800$	±4	4
$800<T\leqslant 1\,000$	±5	5
$1\,000<T\leqslant 1\,100$	±6	6

7.5 温度测量系统

7.5.1 温度测量系统应检定合格，如根据经验得知加热装置与试样的相对位置可确保试样温度的变化符合表3的规定，热电偶的数目可减少，但应至少确保一支测温热电偶与试样表面保持良好热接触并应避免加热体对热电偶直接热辐射。

7.5.2 温度测量装置的最低分辨力为1 ℃，允许误差应在±0.004T 或±2 ℃内，取较大值。

注：温度测量系统包括所有测量组件链(传感器、导线、显示装置、联结点)。

8 试验条件

8.1 试样尺寸测量

8.1.1 矩形截面试样的厚度和宽度，应在原始标距中点测量，圆柱体试样应在原始标距中点处两个垂直的方向上测量直径，取其算术平均值。量具或试样测量装置的分辨力按表4选取，根据测试尺寸计算的原始截面积，至少保留4位有效数字。

表4 量具或测量装置的分辨力

单位为毫米

试样横截面尺寸	分辨力 不大于
0.1～0.5	0.001
>0.5～2.0	0.002
>2.0～10	0.01
>10	0.05
注：试样横截面尺寸包括矩形截面试样的厚度和宽度、圆形截面试样的直径。	

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

8.1.2 测量带凸耳板状试样时，原始标距为两侧面的每一侧面两凸耳沿试样轴线方向的内侧距离和外侧距离总和的 1/4。测量时量具不应靠近凸耳根部。

8.1.3 所有试样几何尺寸均宜在室温下测量，引伸计标距可在试验温度下测量。

8.2 试样的安装

安装试样时，试样两端应涂石墨润滑剂，并使试样与上下夹具平行对中。板状试样使用约束装置时，还应在试样两端面及夹具上涂石墨润滑剂。

8.3 加热及温度测量

8.3.1 除非产品标准另有规定，试样应在 1 h 内加热到规定温度，保温时间不小于 20 min。

8.3.2 在试验过程中，试验温度的允许偏差及温度梯度应符合表 3 规定。

8.4 加载速率

8.4.1 试验过程采用应变控制时，设置应变速率为 0.005 min^{-1}[(0.005±0.002) min^{-1}]；采用载荷控制或横梁位移控制时，宜设置一个相当于应变速率 0.005 min^{-1} 的速度进行控制。如果材料对应变速率敏感，可采用 0.003 min^{-1} 的应变速率。

8.4.2 采用横梁位移速率控制时，应保持恒定的横梁位移速率，以达到在试验过程中需要的平均应变速率。

8.4.3 在试验过程中恒定的横梁位移速率并不一定保证试验过程中的恒定应变速率。无论采用哪种方法都应采用恒定的速率，均不准许出现应变速率的突然改变。

9 性能测定

9.1 板状试样夹紧力的选择

根据材料的规定塑性压缩强度 $R_{pc0.2}$（或下压缩屈服强度）及板材厚度来选择夹紧力。一般使摩擦力 F_f 不大于 $F_{pc0.2}$ 估计值的 2%；对于极薄试样，允许摩擦力达到 $F_{pc0.2}$ 的 5%。在保证试验正常进行的条件下，夹紧力宜尽可能小。

注：一般认为厚度小于 0.3 mm 的试样为极薄试样。

9.2 板状试样实际压缩力（F）的测定

9.2.1 试验时自动绘制力变形曲线，一般初始部分因受摩擦力影响而并非线性关系。当力足够大时，摩擦力达到一个定值，此后摩擦力不再进一步影响力-变形曲线。设摩擦力 F_f 平均分布在试样表面上，则实际压缩力 F 用公式(2)计算。

$$F = F_0 - 1/2F_f \qquad \cdots\cdots(2)$$

9.2.2 用图解法确定实际压缩力(F)时，宜在自动绘制的力-变形曲线图上，沿弹性直线段，反延直线交原横坐标轴于 O''，在原横坐标原点 O' 与 O'' 的连线中点上，作垂线交反延的直线于 O 点，O 点即为力-变形曲线的真实原点。过 O 点做平行原坐标的直线，即为修正后的坐标轴，实际压缩力可在新坐标系上直接判读，见图 5。原坐标系为 O'-$F_0\Delta L_0$，修正后的新坐标系为 O-$F\Delta L$。

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

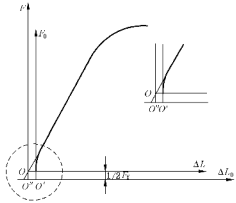


图 5　用图解法确定实际压缩力 F

9.3　规定塑性压缩强度(R_{pc})的测定

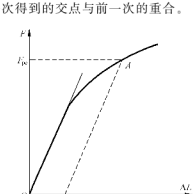
9.3.1　一般采用力-变形图解法测定规定塑性压缩强度(R_{pc})。力轴的比例应使所有的 F_{pc} 点位于力轴的 1/2 以上，变形放大倍数选择应保证图 6 中的 OC 段长度不小于 5 mm。

在自动绘制的力-变形曲线图上，自 O 点起，截取一段相当于规定非比例变形的距离 OC(e_{pc} • L_0 • n)，过 C 点做平行于弹性直线段的直线 CA 交曲线于 A 点。其对应的力 F_{pc} 为所测规定塑性压缩力(见图 6)。规定塑性压缩强度按公式(3)计算：

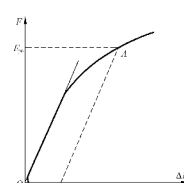
$$R_{pc}=F_{pc}/S_0 \qquad \cdots\cdots(3)$$

9.3.2　如果力-变形曲线无明显的弹性直线段，应采用逐步逼近法。先在曲线上直观估读一点 A_0，约为规定塑性压缩应变 0.2% 的力 F_{A0}，而后在微弯曲线上取 G_0、Q_0 两点，其分别对应的力 $0.1F_{A0}$、$0.5F_{A0}$，作直线 G_0Q_0，按 9.3.1 法过 C 点作平行于 G_0Q_0 的直线 CA_1，交曲线于 A_1 点，如 A_1 点与 A_0 点重合，则 F_{A0} 即为 $F_{pc0.2}$(见图 7)。G_0Q_0 直线的斜率一般可以用于图解确定其他规定塑性压缩强度的基准。

如 A_1 点未与 A_0 点重合，需要按照上述步骤进行进一步逼近。此时，取 A_1 点对应的力 F_{A1} 来分别确定 $0.1F_{A1}$、$0.5F_{A1}$ 对应的点 G_1、Q_1，然后如前述过 C 点作平行线来确定交点 A_2。重复相同步骤直至最后一次得到的交点与前一次的重合。



a)　无侧向约束试验



b)　有侧向约束试验

图 6　图解法求 F_{pc}

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

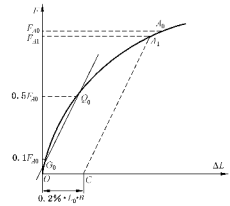


图 7　逐步逼近法求 F_{pc}

9.4　规定总压缩强度(R_{tc})的测定

一般采用力-变形图解法测定规定总压缩强度(R_{tc})。力轴按 9.3.1 规定，总压缩变形一般应超过变形轴的 1/2 以上。在自动绘制的力-变形曲线图上，自 O 点起在变形轴上取 OD 段($e_{tc} \cdot L_0 \cdot n$)，过 D 点作与力轴平行的 DM 直线交于曲线 M 点，其对应的力 F_{tc} 为所规定总压缩力(见图 8)。规定总压缩强度按公式(4)计算：

$$R_{tc} = F_{tc} / S_0 \qquad \cdots\cdots(4)$$

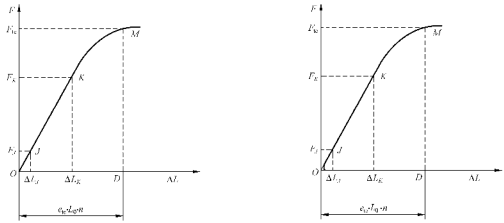


图 8　力-变形图解法测定 F_{tc}

9.5　上压缩屈服强度(R_{eHc})和下压缩屈服强度(R_{eLc})的测定

在力-变形曲线图上，判断力首次下降前的最大实际压缩力(F_{eHc})和不计初始瞬时效应时屈服阶段的最小实际压缩力(F_{eLc})，再分别除以试样原始横截面积 S_0，得到上压缩屈服强度和下压缩屈服强度。

9.6　抗压强度(R_{mc})的测定

试样压缩至破坏，从力-变形曲线图上确定的最大压缩力 F_{mc}，抗压强度按公式(5)计算：

$$R_{mc} = F_{mc} / S_0 \qquad \cdots\cdots(5)$$

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

9.7 压缩弹性模量 E_c 的测定

用力-变形图解法测压缩弹性模量，如图 8，在力-变形曲线图上，取弹性直线段的 J、K 两点(点距离尽可能长)，读出对应的力值 F_J、F_K，变形 ΔL_J、ΔL_K，按公式(6)进行计算。

$$E_c = \frac{(F_K - F_J) \cdot L_0}{(\Delta L_K - \Delta L_J) \cdot S_0} \quad \cdots\cdots(6)$$

式中：

F_K ——力-变形曲线上 K 点的力，单位为牛(N)；

F_J ——力-变形曲线上 J 点的力，单位为牛(N)；

L_0 ——试样原始标距，单位为毫米(mm)；

ΔL_K ——力-变形曲线上 K 点的变形量，单位为毫米(mm)；

ΔL_J ——力-变形曲线上 J 点的变形量，单位为毫米(mm)；

S_0 ——试样原始横截面积，单位为平方毫米(mm^2)。

10 试验结果数值修约

试验结果应按照相关产品标准要求进行修约，如没有具体规定，应按照以下要求进行修约：

a) 强度性能修约至 1 MPa；

b) 压缩弹性模量测定结果保留 3 位有效数字，修约的方法按照 GB/T 8170 进行。

11 试验结果处理

11.1 出现下列情况之一时，试验结果无效，应重做相同数量的试验：

a) 试样未达到试验目的时发生屈曲；

b) 试样未达到试验目的时，试样端部局部损坏、试样在凸耳部分或标距外断裂；

c) 试验过程中试验仪器设备发生故障，影响了试验结果。

11.2 试样上出现冶金缺陷(如分层、气泡、夹渣、缩孔等)，应在试验记录及报告中注明。

12 试验报告

试验报告应包括以下内容：

a) 本文件编号；

b) 试样标识；

c) 材料名称、牌号；

d) 试样的取样方向和位置；

e) 试样的形状和尺寸；

f) 试样装置和润滑剂；

g) 试验机型号和规格；

h) 试验条件(试验速度、控制方式)；

i) 试验温度和保温时间；

j) 试验结果；

k) 试验期间遇到的任何可能影响试验结果的异常情况。

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

粉体圈 www.360powder.com 标准下载