



中华人民共和国国家标准

GB/T 24171.2—2009/ISO 12004-2:2008

金属材料 薄板和薄带 成形极限曲线的测定 第2部分：实验室成形极限曲线的测定

Metallic materials—Sheet and strip—Determinations of forming limit curves—
Part 2: Determinations of forming limit curves in laboratory

(ISO 12004-2:2008, IDT)

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

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 符号及说明	1
3 原理	1
4 试样和试验设备	2
5 应变截面线分析和应变对(ϵ_1, ϵ_2)的测量	8
6 文档	12
7 试验报告	12
附录 A (规范性附录) 二阶导数和“过滤的”二阶导数	13
附录 B (规范性附录) 拟合区域宽度的计算	14
附录 C (规范性附录) “钟形曲线”的最佳拟合反抛物线的计算	15
附录 D (规范性附录) 网格的应用和测量 用放大镜或显微镜进行测量	16
附录 E (资料性附录) 用于验证计算程序的试验数据表	17
附录 F (规范性附录) FLC 的数学描述和表示	18
附录 G (资料性附录) 极端的横截面数据例子	19
附录 H (规范性附录) 从测量应变分布到 FLC 数值的流程图	20
参考文献	22

前 言

GB/T 24171《金属材料 薄板和薄带 成形极限曲线的测定》分为二个部分：

——第 1 部分：冲压车间成形极限图的测量及应用；

——第 2 部分：实验室成形极限曲线的测定。

本部分为 GB/T 24171 的第 2 部分。本部分等同采用国际标准 ISO 12004-2:2008《金属材料 薄板和薄带 成形极限曲线的测定 第 2 部分：实验室成形极限曲线的测定》(英文版)。

为了便于使用,本部分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‘.’代替作为小数点的逗号‘,’；
- c) 删除了国际标准的前言；
- d) 删除了国际标准中表 1 的法语、德语注释和注 2；
- e) 删除了国际标准中的表 2；
- f) 将国际标准中表 2 的公式 $\epsilon = \ln(1+e)$ 合并到表 1 中；
- g) 在试样报告部分增加了“本标准编号”一项。
- h) 删除了附录 E 中的“下面的数据集和允许的分散度可以在因特网上相关文件中找到(见参考目录)。”一句。

本部分的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 F、附录 H 均为规范性附录,附录 E、附录 G 为资料性附录。

本部分由中国钢铁工业协会提出。

本部分由全国钢标准化技术委员会归口。

本部分起草单位：武汉钢铁(集团)公司、太原钢铁(集团)公司。

本部分主要起草人：祝洪川、李荣锋、陈士华、王丽英、邱保文、杜丽影。

引 言

成形极限图(Forming Limit Diagram/FLD)——包含主应变/次应变点的图表。

FLD能够分辨某个应变数值对于某种材料来说是安全的还是破裂的,从安全点到破裂点的界线定义为成形极限曲线。

有两种不同的方法可以测定材料的成形极限:

1) 对冲废的零件进行应变分析,测定与零件外形和加工工艺有关的 FLCs。

在冲压车间,这些点的应变路径通常是未知的,成形极限曲线 FLC 依赖于材料、零件和所选择的成形条件。此方法见本标准第 1 部分。

2) 完善的实验室条件下的 FLCs 测定:

为了评价其成形性能,需要对给定材料绘制唯一的成形极限曲线 FLC。标准规定对 FLC 的测定需采用不同的线性应变路径。该方法可应用于材料的性能表征,见本标准第 2 部分。

对于 GB/T 24171 的本部分(关于实验室成形极限曲线的测定),下面的条件也是有效的:

成形极限曲线(FLCs)用于确定指定的材料在受到拉延、胀形或拉延胀形相结合时能够达到的变形程度。这种能力受到裂纹产生、局部缩颈的限制。存在有许多测量材料成形极限的方法,但应指出的是,采用不同的方法得到的结果不能用于比较的目的。

FLC 表征了经过一定热-机械处理后特定厚度材料的变形极限。材料的力学性能和材料在 FLC 测量前的历史等附加信息对于成形性能的判断都是重要的。

为了比较不同材料的成形能力,不仅要判断 FLC,而且下面的参数也是重要的:

- a) 至少主方向的力学性能;
- b) 最大力塑性延伸率,参照 GB/T 228;
- c) 给定变形区间的 r 值,参照 GB/T 5027;
- d) 给定变形区间的 n 值,参照 GB/T 5028。

金属材料 薄板和薄带

成形极限曲线的测定

第 2 部分：实验室成形极限曲线的测定

1 范围

GB/T 24171 的本部分规定了在室温和线性应变路径下测定成形极限曲线(FLC)的试验条件及方法。

本部分适用于试验材料是平直的、厚度在 0.3 mm~4 mm 之间的金属材料。

注：4 mm 的厚度上限是由材料最大允许厚度与冲头直径的比值确定的。

对于薄钢板，推荐厚度的最大值为 2.5 mm。

2 符号及说明

本部分采用表 1 中的符号及说明。

表 1 符号及说明

符 号	说 明	单 位
e	工程应变	%
$\epsilon = \ln(1+e)$	真实应变(对数应变)	—
ϵ_1	主真实应变	—
ϵ_2	次真实应变	—
ϵ_3	厚向应变	—
σ	标准偏差	—
D	冲头直径	mm
D_{bh}	凹模直径	mm
$X(0), X(1)$ $X(m) \cdots X(n)$	X 方向位置	mm
$f(x) = ax^2 + bx + c$	最佳抛物线拟合公式	—
$f(x) = 1/(ax^2 + bx + c)$	最佳反抛物线拟合公式	—
$S(0), S(1) \cdots S(5)$	截面	—
n	X 方向位置点数	—
m	失效位置截面数量	—
w	拟合区域宽度	mm
t_0	初始板厚	mm
r	塑性应变比	—

3 原理

FLC 用于表示材料在设定的线性应变路径变形条件下的近似的固有极限。为了准确测定 FLC，在测量区域需要保持近乎无摩擦的状态。