



中华人民共和国国家标准

GB/T 24171.1—2009/ISO 12004-1:2008

金属材料 薄板和薄带 成形极限曲线的测定 第 1 部分：冲压车间成形极限图的 测量及应用

**Metallic materials—Sheet and strip—Determination of forming limit curves—
Part 1: Measurement and application of forming limit diagrams in press shop**

(ISO 12004-1:2008, 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 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

GB/T 24171《金属材料 薄板和薄带 成形极限曲线的测定》分为两个部分：

——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1部分。本部分等同采用国际标准 ISO 12004-1:2008《金属材料 薄板和薄带 成形极限曲线的测定 第1部分：冲压车间成形极限图的测量及应用》(英文版)。

为了便于使用，本部分做了下列修改：

- a) “本国际标准”一词改为“本部分”；
- 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) 引用文件按对应的国家标准作了变更；
- e) 将编号“5.1.7、5.1.8、5.1.9”改为“5.1.6.1、5.1.6.2、5.1.6.3”，使之逻辑性更好；
- f) 将附录 A、附录 B 对换，使正文的引用顺序符合习惯。

本部分的附录 A、附录 B 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、上海出入境检验检疫局。

本部分主要起草人：李荣锋、祝洪川、陈士华、涂应宏、吴益文、严龙、杜丽影。

引 言

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

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。

金属材料 薄板和薄带 成形极限曲线的测定 第1部分:冲压车间成形极限图的 测量及应用

1 范围

GB/T 24171 的本部分规定了金属板带的成形极限图和成形极限曲线的测定方法。

本部分适用于厚度为 0.3 mm~4 mm 的金属薄板和薄带。

2 符号和说明

本部分使用的符号及说明见表 1,用于测量成形极限图的网格样本见附录 A。

表 1 符号和说明

符 号	说 明	单 位
t_0	试样厚度	mm
l_0	网格的初始标距	mm
l_1	网格沿主应变方向上的变形后尺寸	mm
l_2	网格垂直于主应变方向上的变形后尺寸	mm
e	工程应变	%
e_1	主工程应变	%
e_2	次工程应变(垂直于主工程应变)	%
FLD	成形极限图	—
FLC	成形极限曲线	—

3 原理

首先在金属薄板试样表面印制合适大小的精细网格,然后将试样成形直至出现破裂。通过测量网格在主应变方向以及与其垂直的次应变方向的尺寸百分比变化,得到给定应变状态下的成形极限应变值。改变应变状态重复试验可以得到一系列的应变数据,将这些应变数据绘于成形极限图(FLD)上就可以得到成形极限曲线(FLC)(见图 1)。

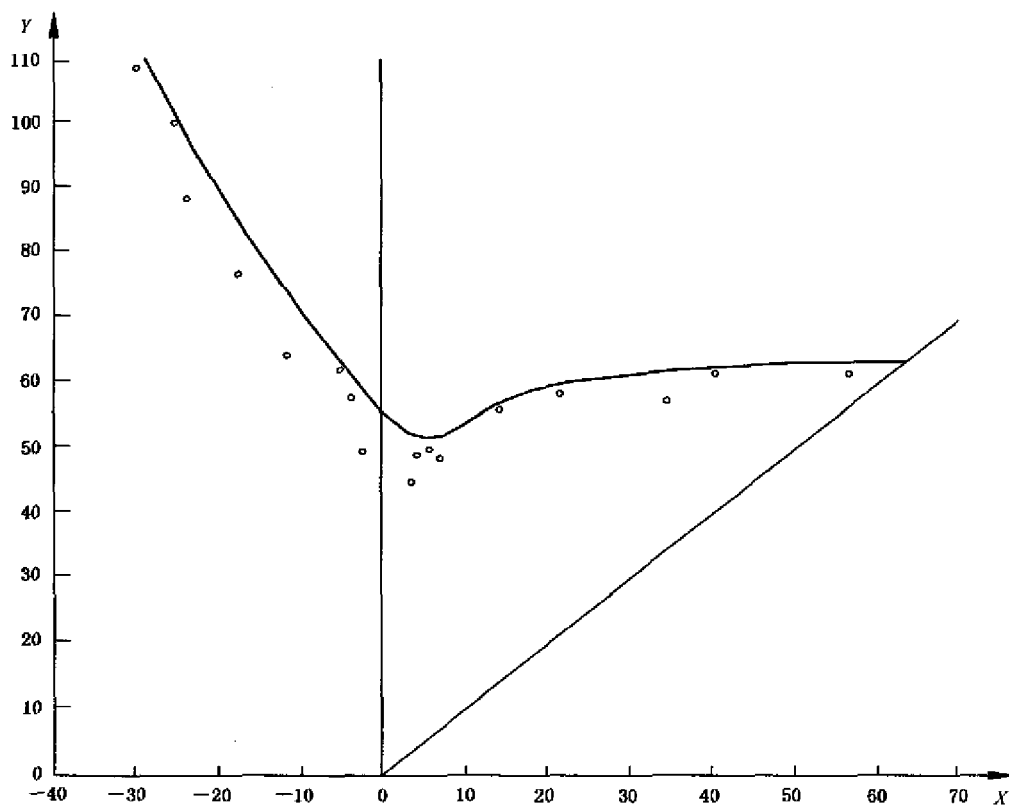
4 试验条件

- 4.1 建议网格的尺寸大小在 1.5 mm~5 mm 之间,网格的真实尺寸与公称值之间的误差应在±2%以内。
- 4.2 在试样的成形过程中,关键测量区域的应变在缩颈前应保持均匀一致。
- 4.3 为满足上述要求,可以采用任何便于施加夹紧力和成形力的试验装置来获得不同极限应变状态。
- 4.4 成形极限曲线应绘制在成形极限图上。图 1 是一个成形极限曲线示例。

5 试验程序

- 5.1 推荐按以下步骤进行成形极限的测定:

5.1.1 对具有代表性的样品进行评估。



X——次应变,以百分数表示;

Y——主应变,以百分数表示。

图 1 典型的成形极限曲线

5.1.2 将合适的网格印制在试样的待变形区域表面或根据经验所确定的重点测量区域表面。网格的初始尺寸须经过检查以满足精度要求。

5.1.3 任何满足第 4 条的试验装置都可以用来进行试样的成形,像拉伸试验机、冲压试验机、杯突试验机、液压胀形试验机、多功能试验机或其他能够夹紧试样并能在远离边界的区域施加塑性变形力的装置等。可以采用万能试验机进行拉伸试验获得部分成形极限值数据。

5.1.4 测试时,应将薄板试样的四周夹紧,或者将其剪裁成宽窄不等的带状试样以获得不同的应变状态。冲头和试样之间需要采用常规润滑剂进行适当润滑,也可以同时采用聚合物薄膜和润滑剂一同润滑。

5.1.5 在试样首次出现裂纹的瞬间立即停止试验。

5.1.6 采用下述步骤测量应变 e_1 和 e_2 。

5.1.6.1 靠近裂纹任一侧,沿着变形前呈直线的主应变方向测量 3 个相邻网格变形后的标距长度。重复测量直到 3 个测量值之间的差别小于 10%。将这 3 个测量值的平均值记为 l_1 。

注:更精确的方法见 GB/T 24171.2。

5.1.6.2 如果 3 个测量值的差别大于 10%,需重新取样成形后进行测量。

5.1.6.3 选取 5.1.6.1 中已测量的网格,在次应变方向测量其变形后的标距长度,将其记录为 l_2 。

5.2 按下面公式计算应变 e_1 和 e_2 :

$$e_1 = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$e_2 = \frac{l_2 - l_0}{l_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

5.3 在测量了足够数量的试样后绘制成形极限曲线。

6 结果处理

6.1 将 e_1 和 e_2 成对描到成形极限图中。如图 1 所示,主应变 e_1 沿 y 轴方向,次应变 e_2 沿 x 轴方向。

6.2 通过最大的主工程应变 e_1 的数据点绘制出成形极限曲线(见图 1)。

6.3 具体零件的成形效果可以先测量零件临界区域的应变,然后将测量结果与同种材料的成形极限曲线进行比较后得到。

7 试验报告

7.1 试验报告应包括以下内容:

- a) GB/T 24171 的本部分编号;
- b) 试样标识;
- c) 试样厚度;
- d) 绘制在成形极限图(FLD)上的成形极限曲线(FLC)(如图 1);
- e) 网格的尺寸;
- f) 润滑条件。

7.2 试验报告也可补充如下内容:

- a) 试验材料的力学性能;
- b) 试验材料的化学成分(主要元素百分比);
- c) 所使用的试验程序说明;
- d) 使用的网格类型;
- e) 与本部分所规定条件的任何偏离(特殊情况见附录 B)。

附录 A
(资料性附录)
当前使用的网格样式

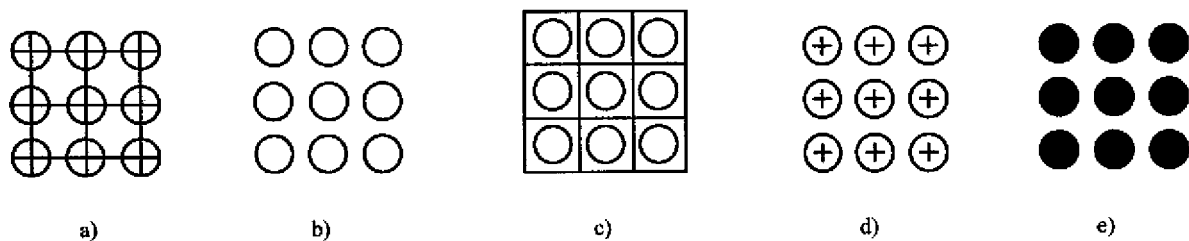


图 A.1 各种不同类型圆形网格示例

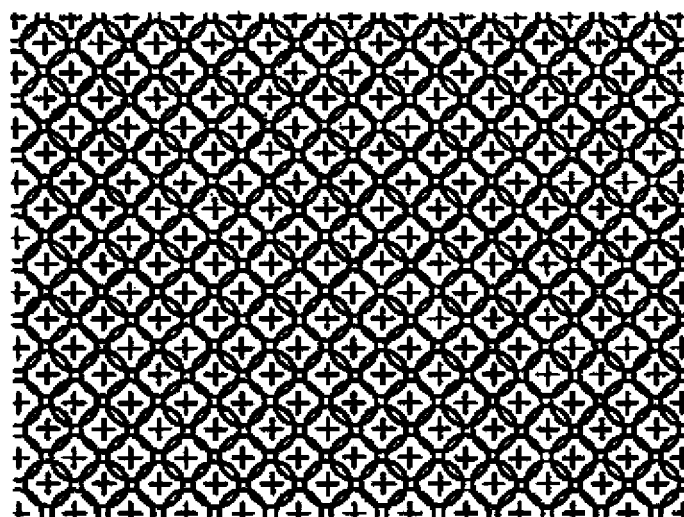


图 A.2 圆形网格示例

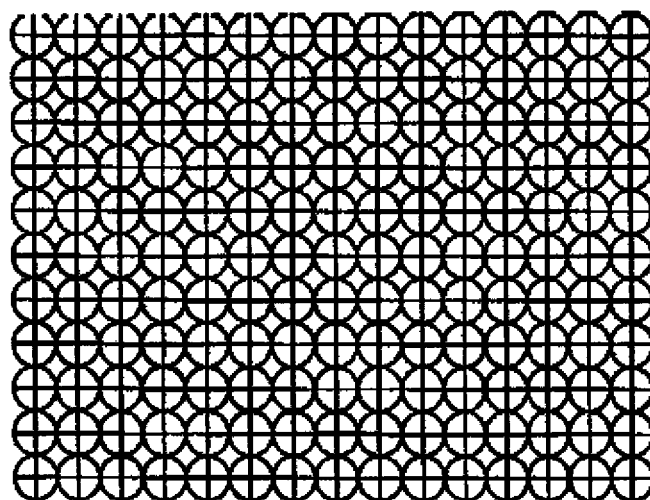


图 A.3 圆形网格示例

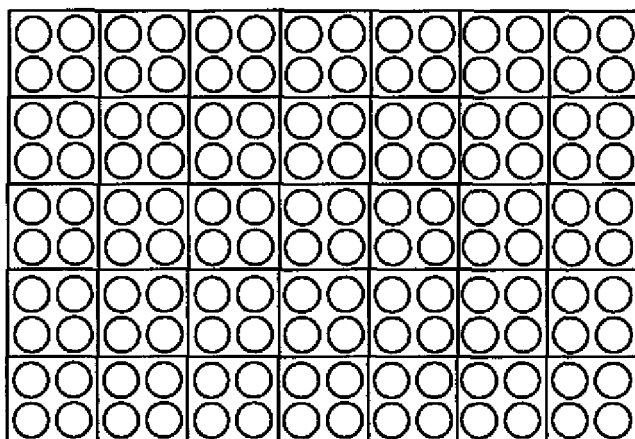


图 A.4 正方块中圆形网格示例

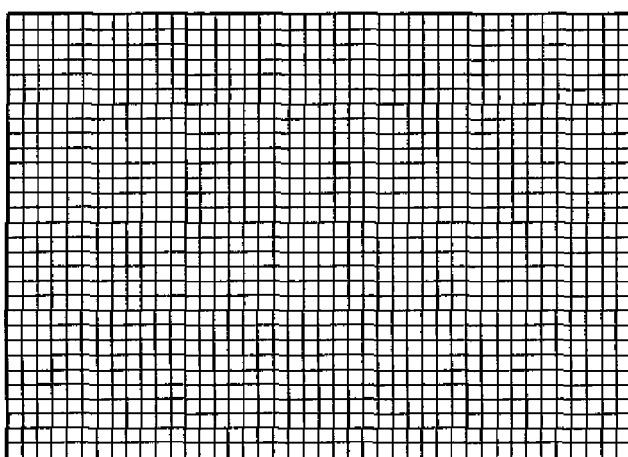


图 A.5 正方形网格示例

附录 B

(资料性附录)

对成形极限曲线的修正

为了适应特定产品在生产过程中的各种工况变化,需要针对某些差异进行修正。例如采用了同样的成形设备和类似的材料,但工件板厚不同其变形行为会有所不同,或者材料的拉伸应变硬化指数 n 值有所不同。这些情况下均需要对其成形极限曲线进行修正。厚度较大的材料和 n 值(见 GB/T 5028)较高的材料其成形极限曲线位置有所上移。目前,对成形极限曲线的修正尚未正式形成规范,如果进行了修正则需在试验报告中注明。

图 1 是一个典型成形极限曲线的例子。对于零件成形后那些应变点靠近 FLC 的部位要进行重点检查并采取措施减少应变量从而降低冲废率,或者采用具有较高的成形性能的材料。

参 考 文 献

- [1] GB/T 5028 金属材料 薄板和薄带 拉伸应变硬化指数(n 值)的测定(GB/T 5028—2008, ISO 10275:2007, MOD)
-