



中 民 共 和 国 国 家 标 准

GB/T 5 3— 0

代替 GB/T 5 3— 008

冷 金 属 薄 板 和 薄 带 表 面 粗 糙 度 、 峰 值 数 和 波 纹 度 测 量 方 法

Measuring method of surface roughness, peak count and waviness for
cold-rolled metal sheet and strip

02 -07- 发布

0 3-0 -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 4

5 原理 5

6 试样 5

7 测量要求 5

8 测量程序 8

9 测量结果数值的修约 8

10 测试报告..... 9

附录 A（规范性） Marciniak 杯试样加工 10

附录 B（资料性） 应用标准块验证测量结果的示例 11

附录 C（资料性） 滤波中心线波纹度(W_{CA})的测量 12

参考文献 13

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。

本文件代替 GB/T 2523—2008《冷轧金属薄板(带)表面粗糙度和峰值数测量方法》，与 GB/T 2523—2008 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了引用文件 GB/T 6062—2009、GB/T 26958.21、GB/T 8170 和 JJF 1105(见第2章)；
- 增加了 Rz 、 Rz_1 max、 Wa 、 $Wa_{0.8}$ 和 Wsa_{1-5} 相关术语和定义(见第3章)；
- 增加了“符号和说明”(见第4章)；
- 增加了“原理”一章(见第5章)；
- 将“试样”作为一章(见第6章，2008年版的4.3)；
- 增加与 Rz 、 Rz_1 max、 Wa 、 $Wa_{0.8}$ 和 Wsa_{1-5} 相关的测量方法(见8.4、8.5)；
- 增加了“测量结果数值的修约”一章(见第9章)；
- 更改了“测试报告”一章(见第10章，2008年版的第6章)；
- 增加了规范性附录“Marciniak 杯试样加工”(见附录A)。

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：宝山钢铁股份有限公司、首钢京唐钢铁联合有限责任公司、深圳万测试验设备有限公司、冶金工业信息标准研究院、首钢集团有限公司、北京时代之峰科技有限公司、一汽-大众汽车有限公司、安徽江淮汽车集团股份有限公司。

本文件主要起草人：徐惟诚、徐卫星、王伟、侯慧宁、黄星、蒋光锐、何克勤、田慧玲、沈佳谊、王大良、曹文超、王莉、张浩、张华、向前、朱启茂、李兴超。

本文件于1990年首次发布，2008年第一次修订，本次为第二次修订。

冷轧金属薄板和薄带表面粗糙度、 峰值数和波纹度测量方法

1 范围

本文件规定了冷轧金属薄板和薄带表面粗糙度、峰值数和波纹度的原理、试样、测量要求、测量程序、测量结果数值的修约和测试报告。

本文件适用于冷轧金属薄板和薄带表面粗糙度、峰值数和波纹度的测量。也适用于具有表面金属镀层的冷轧金属薄板和薄带。

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 3505—2009 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 术语、定义及表面结构参数
- GB/T 6062—2009 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 接触（触针）式仪器的标称特性
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- JJF 1105 触针式表面粗糙度测量仪校准规范

3 术语和定义

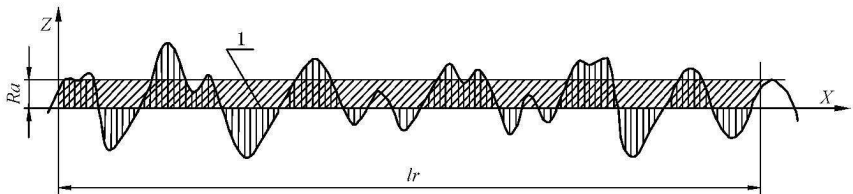
GB/T 3505—2009 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

表面平均粗糙度 roughness average

R_a

在一个取样长度内粗糙度轮廓纵坐标值 $Z(x)$ 绝对值的算术平均值，见图 1。



标引序号说明：

1 —— 中线。

lr —— 取样长度。

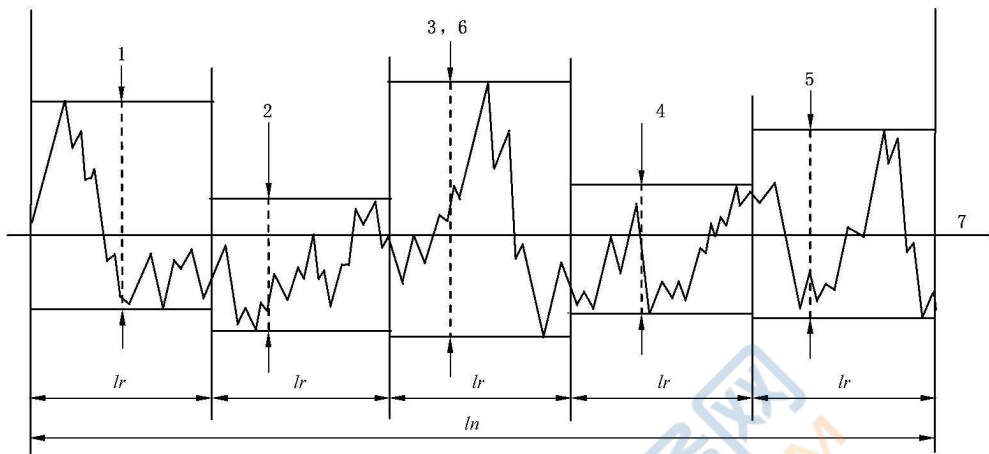
图 1 表面平均粗糙度示意图

3.2

粗糙度轮廓最大高度 maximum height of profile

R_z

在一个取样长度内,最大轮廓峰高与最大轮廓谷深之和,见图 2。



标引序号说明:

- 1 —— 第一个取样长度内的粗糙度轮廓最大高度;
- 2 —— 第二个取样长度内的粗糙度轮廓最大高度;
- 3 —— 第三个取样长度内的粗糙度轮廓最大高度;
- 4 —— 第四个取样长度内的粗糙度轮廓最大高度;
- 5 —— 第五个取样长度内的粗糙度轮廓最大高度;
- 6 —— 五个取样长度中粗糙度轮廓最大高度的最大值, $R_{z1 \max}$;
- 7 —— 中线;
- l_r —— 取样长度;
- l_n —— 评定长度。

图 2 粗糙度轮廓最大高度 R_z 和粗糙度轮廓最大高度的最大值 $R_{z1 \max}$ 示意图

3.3

带宽 peak count level

与粗糙度轮廓中线等间距的上下边界线间的垂直距离。

注 1: 单位为微米(μm)。

注 2: 上下边界线是与轮廓中线等间距的两条平行线。

3.4

峰 peak

粗糙度轮廓中,一对相邻的超出带宽边界线的峰和谷。

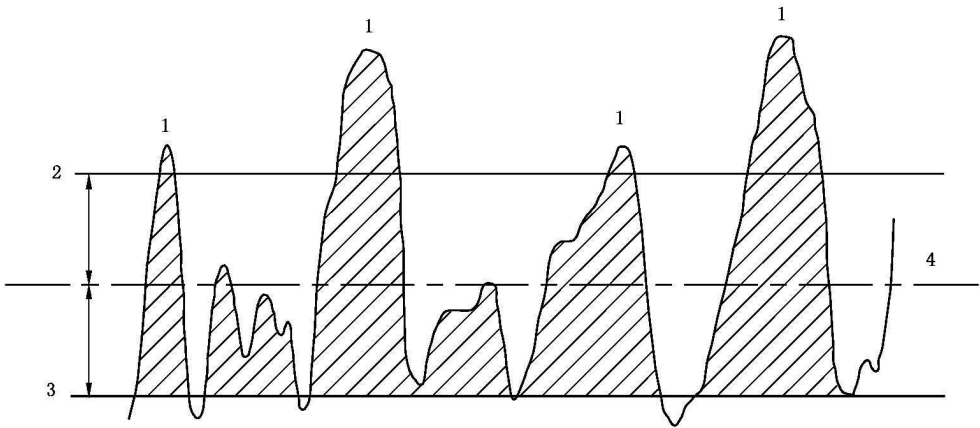
3.5

峰值数 peak count

RP_c (或 PPI)

粗糙度轮廓中,每单位长度内峰的个数。

注: 单位长度为厘米时峰值数表示为 RP_c [单位长度为英寸(in)时表示为 PPI], 见图 3。



标引序号说明：

- 1——计数的峰；
- 2——带宽上边界线；
- 3——带宽下边界线；
- 4——中线。

图 3 峰值数示意图

3.6

测量长度 **travel length**

l_t

仪器在 X 轴方向测量的长度。

3.7

波纹度轮廓 **waviness profile**

对原始轮廓连续应用 λ_f 和 λ_c 两个轮廓滤波器以后形成的轮廓。

注：采用 λ_f 轮廓滤波器抑制长波成分，而采用 λ_c 轮廓滤波器抑制短波成分。

3.8

波纹度轮廓的算术平均偏差 **arithmetical mean deviation of waviness profile**

W_a

在一个取样长度内波纹度轮廓纵坐标值 $Z(x)$ 绝对值的算术平均值，按照公式(1)计算。

$$W_a = \frac{1}{l_w} \int_0^{l_w} |Z(x)| dx \quad \dots\dots\dots (1)$$

3.9

波纹度轮廓的算术平均值 **arithmetical mean of waviness profile**

$W_{a_{0.8}}$ 、 $W_{sa_{1-5}}$

在一个评定长度内波纹度轮廓纵坐标值 $Z(x)$ 绝对值的算术平均值，按照公式(2)计算。

$$W_{a_{0.8}}、W_{sa_{1-5}} = \frac{1}{ln} \int_0^{ln} |Z(x) - Z_m| dx \quad \dots\dots\dots (2)$$

选择 $W_{a_{0.8}}$ 时， $\lambda_s = 8 \mu m$ 、 $\lambda_c = 0.8 mm$ ；选择 $W_{sa_{1-5}}$ 时， $\lambda_s = 8 \mu m$ 、 $\lambda_c = 1 mm$ 和 $\lambda_f = 5 mm$ 。

3.10

滤波波纹曲线 **filtered waviness curve**

在原始轮廓中采用 λ_c 抑制短波部分后得到的曲线。

3.11

中心线 centre line

具有几何轮廓形状在取样长度内与轮廓走向一致的基准线。在取样长度内由该线划分轮廓使上下两边的面积相等。

[来源:GB/T 3505—1983,定义 1.21]

3.12

滤波中心线波纹曲线 filtered centre line waviness curve

从滤波波纹曲线中采用 λf 抑制长波部分得到的曲线。

3.13

滤波中心线波纹度 filtered centre line waviness

W_{CA}

沿滤波中心线波纹曲线采集长度为 l 的一部分,滤波中心线波纹曲线用 $Z=f(x)$ 表示,将取样部分的中心线作为 X 轴,其垂直放大的方向作为 Z 轴,则用公式(3)来定义滤波中心线波纹度 W_{CA} ,单位为微米(μm):

$$W_{CA} = \frac{1}{l} \int_0^l | [f(x)]_c | dx \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$[f(x)]_c$ ——滤波中心线波纹曲线上对应 X 位置的 Z 值。

4 符号和说明

本文件使用的符号和相应的说明见表 1。

表 1 符号和说明

符号	说明	单位
A_{px}	垂直于轧制方向的塑性伸长率	%
A_{py}	轧制方向的塑性伸长率	%
d	凸模直径	mm
d_1	冲制 Marciniak 杯时,杯底产生塑性变形的平坦区域的直径	mm
d_2	凹模内径	mm
h	Marciniak 杯的高度	mm
ln	粗糙度或波纹度评定长度	mm
lr	粗糙度取样长度	mm
lt	仪器在 X 轴方向的测量长度	mm
lw	波纹度取样长度	mm
Ra	表面平均粗糙度	μm
RP_c (或 PPI)	单位长度为厘米时峰值数(或单位长度为英寸时峰值数)	—
Rz	粗糙度轮廓最大高度	μm
$Rz_1 \text{ max}$	五个取样长度中粗糙度轮廓最大高度的最大值,见图 2	μm

表 1 符号和说明（续）

符号	说明	单位
r_{tip}	针尖半径	μm
Wa	波纹度轮廓的算术平均偏差	μm
$Wa_{0.8}$	$\lambda_s = 8\ \mu\text{m}$ 、 $\lambda_c = 0.8\ \text{mm}$ 条件下波纹度轮廓的算术平均值	μm
W_{CA}	滤波中心线波纹度	μm
Wsa_{1-5}	λ_s 为 $8\ \mu\text{m}$ 、 λ_c 为 $1\ \text{mm}$ 和 λ_f 为 $5\ \text{mm}$ 条件下波纹度轮廓的算术平均值	μm
Zm	波纹度轮廓中线	—
λ_c^a	确定粗糙度与波纹度成分之间相交界限的滤波器	mm
λ_f^a	确定存在于表面上的波纹度与比它更长的波的成分之间相交界限的滤波器	mm
λ_s^a	确定存在于表面上的粗糙度与比它更短的波的成分之间相交界限的滤波器	μm
^a 轮廓滤波器由其截止波长值来标识。		

5 原理

将一个具有一定角度和针尖半径的金刚石触针，以规定的接触力垂直放置在试样表面上并按规定的速率作直线移动。触针随试样表面轮廓形状作垂直起伏运动，这种运动产生的微小位移通过电路转换成电信号并加以处理，即可得到 Ra 、 Rz 、 $Rz_1\ \text{max}$ 、 $RPc(PPI)$ 、 Wa 、 $Wa_{0.8}$ 和 Wsa_{1-5} 。

6 试样

6.1 取样位置应按相关产品标准或者协议的规定。未规定时在能代表整个金属薄板和薄带的粗糙度、波纹度状态的位置上截取，一般位于板带宽度的二分之一处。

6.2 Ra 、 Rz 、 $Rz_1\ \text{max}$ 、 RPc （或 PPI ）、 Wa 以及不需冲制成 Marciniak 杯测量 $Wa_{0.8}$ 和 Wsa_{1-5} 的试样，推荐采用边长（或直径）为 $100\ \text{mm}$ 的正方形（或圆形）。

6.3 需冲制成 Marciniak 杯测量 $Wa_{0.8}$ 和 Wsa_{1-5} 时，样坯边长至少为 $220\ \text{mm} \times 220\ \text{mm}$ 。Marciniak 杯底两个方向的塑性伸长率（ A_{px} 和 A_{py} ）和试样数量按相关产品标准或者协议的规定。Marciniak 杯试样加工方法应符合附录 A 的规定。

6.4 样坯和试样应平坦、无擦伤、无划痕。试样表面不应有锈斑、污点和其他表面缺陷。

6.5 测量前应用丙酮或酒精擦洗试样的测量区域，并立即测量。

7 测量要求

7.1 仪器

7.1.1 粗糙度仪器应按照 JJF 1105 的要求进行校准。

7.1.2 用接触（触针）式仪器直接测量轮廓的仪器来进行轮廓曲线的数据采集和处理。仪器应具备高斯滤波（参见 GB/T 26958.21）和指数滤波。

注：指数滤波的公式如下：

$$Y(\lambda) = 2^{-\langle \lambda_c^2 / \lambda^2 \rangle} - 2^{-\langle \lambda_c^2 + \lambda_f^2 \rangle / \lambda^2} \dots\dots\dots (4)$$

式中, λ 为波长。

7.1.3 触针角度的公称值及公差的相关信息见表 2。

表 2 触针角度的公称值及公差

触针角度公称值	1.05 rad (60°)	1.57 rad (90°)
触针角度公差	+0.18 rad (+10°)	+0.09 rad (+5°)
	−0.09 rad (−5°)	−0.18 rad (−10°)

7.1.4 触针的针尖半径(r_{tip})及公差的相关信息见表 3,触针的最大测量力不应超过表 3 所示数值,最小测量力要足以使触针与试样表面连续地接触。

表 3 触针的针尖半径及公差

触针针尖半径公称值 μm	触针针尖半径公差 μm	触针针尖与试样表面间的最大力 N
2	± 0.5	0.000 7
5	± 1.0	0.004
10	± 2.5	0.016

7.1.5 测量 R_a 、 R_z 、 $R_{z1\text{ max}}$ 和 RP_c (或 PPI)时,如果没有其他规定,应采用针尖角度公称值为 60°的触针,按照 GB/T 6062—2009 中 4.4 的规定,针尖半径(r_{tip})的标准值与对应于截止波长(λ_c 和 λ_s)标准值之间的关系应符合表 4 给出的特征值。

表 4 针尖半径与对应于截止波长标准值之间的关系

λ_c mm	λ_s μm	针尖半径最大值 μm	最大采样长度间距 μm
0.08	2.5	2	0.5
0.25	2.5	2	0.5
0.8	2.5	2 ^a	0.5
2.5	8	5 ^b	1.5
8	25	10 ^b	5
^a 对于 $R_a > 0.5\ \mu\text{m}$ 或 $R_z > 3\ \mu\text{m}$ 的表面,通常可以使用 $r_{\text{tip}} = 5\ \mu\text{m}$ 的测针,在测量结果中没有明显差别。 ^b 当截止波长(λ_s)为 $2.5\ \mu\text{m}$ 和 $8\ \mu\text{m}$ 时,采用推荐针尖半径的触针,其机械滤波所致的衰减特性将位于定义的传输带之外。因此,触针半径或形状的微小变化对根据测量轮廓计算的参数值的影响可以忽略不计。 如果需采用其他截止波长组合,则应指定所用的截止波长组合。			

7.1.6 测量 W_a 、 $W_{a_{0.8}}$ 和 $W_{sa_{1-5}}$ 时,推荐采用针尖角度公称值为 90° 半径(r_{tip})为 $5\ \mu\text{m}$ 的触针,也可采用其他针尖角度和半径(r_{tip})更小的触针。

7.2 测量条件

7.2.1 滤波

滤波选择依据如下：

- 测量 R_a 、 R_z 、 $R_{z_1 \max}$ 、 RP_c (或 PPI) 和 W_a 采用高斯滤波；
- 测量 $W_{a_{0.8}}$ 采用五次多项式回归后再高斯滤波；
- 测量 $W_{sa_{1-5}}$ 采用指数滤波或高斯滤波。

7.2.2 粗糙度和峰值数

7.2.2.1 测量冷轧金属薄板和薄带的 R_a 、 RP_c (PPI) 以及 R_z 、 $R_{z_1 \max}$ 的标准取样长度 ($lr = \lambda_c$) 和评定长度一般宜符合表 5 和表 6 给出的技术特征值,或按相关产品标准或者协议的规定。

表 5 测量 R_a 和 RP_c (PPI) 的标准取样长度和评定长度选用

R_a μm	取样长度 (lr) mm	评定长度 (ln) mm
$>0.006 \sim 0.02$	0.08	0.40
$>0.02 \sim 0.1$	0.25	1.25
$>0.1 \sim 2.0$	0.8	4.0
$>2.0 \sim 10.0$	2.5	12.5
$>10.0 \sim 80.0$	8.0	40.0

表 6 测量 R_z 、 $R_{z_1 \max}$ 的标准取样长度和评定长度选用

R_z 、 $R_{z_1 \max}$ μm	取样长度 (lr) mm	评定长度 (ln) mm
$>0.1 \sim 0.5$	0.25	1.25
$>0.5 \sim 10.0$	0.8	4.0
$>10.0 \sim 50.0$	2.5	12.5

7.2.2.2 测量峰值数的带宽应按相关产品标准或者协议的规定。

7.2.2.3 测量长度 (lt) 应不小于 $7lr$, 其中评定长度应不小于 $5lr$ 。

7.2.3 波纹度

测量冷轧金属薄板和薄带波纹度的截止波长、取样长度、评定长度和测量长度应符合表 7 给出的技术特征值。

表 7 测量波纹度的截止波长、取样长度、评定长度和测量长度选用

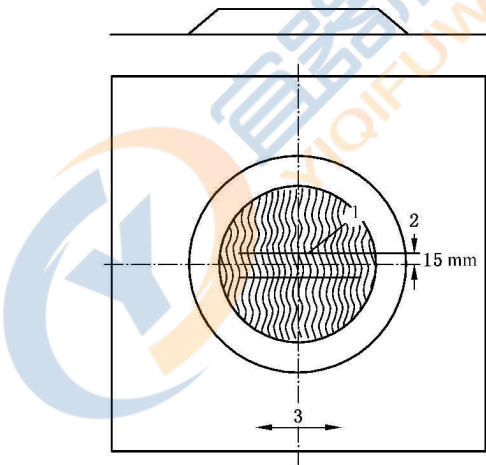
波纹度	λ_s μm	λ_c mm	λ_f mm	lw mm	ln mm	lt mm	最大采样长度间距 ^a μm
W_a	8	0.8	8	8	40	—	0.5
$W_{a_{0.8}}$	8	0.8	—	—	50	50	0.5
$W_{sa_{1-5}}$ ^b	8	1	5	—	25	30	1.5
^a 参见 GB/T 6062—2009 表 1。 ^b 计算 $W_{sa_{1-5}}$ 时, 测量长度头尾各去除 $1/2\lambda_f$ 。							

7.2.4 触针移动速率

测量时,触针移动速率应不大于 $1\text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

8 测量程序

- 8.1 测量应在 $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ 的温度下进行,否则应在测试报告中注明。
- 8.2 测量前应采用标准块对仪器进行检查, Ra 测量值的相对误差应不超过 $\pm 5\%$ 。
- 8.3 测量台应平稳,测量应在干燥、无震动和无腐蚀性气氛的条件下进行。
- 8.4 测量 Ra 、 Rz 、 $Rz_1\text{ max}$ 、 RPc (或 PPI)时,将试样平放在测量台上。测量面和触针行程方向应按照相关产品标准或协议的规定,未规定时触针行程方向应垂直于轧制方向。每块试样的测量面至少应测量三次,测量结果取其算术平均值。
- 注:附录 B 给出了验证 Ra 和 RPc (或 PPI)测量结果的示例。
- 8.5 测量 Wa 、 $Wa_{0.8}$ 和 Wsa_{1-5} 时,将试样平放在测量台上,触针行程方向应按照相关产品标准或协议的规定,未规定时触针行程方向应平行于轧制方向。每个试样至少应进行三次间隔约为 15 mm 的相互平行的测量;对于 Marciniak 杯试样,测量位置应在 Marciniak 杯试样顶部中心区域,如图 4 所示。测量结果取三次测量的算术平均值。
- 8.6 滤波中心线波纹度(W_{CA})的测量见附录 C。



标引序号说明:

1——测量轨迹;

2——测量间隔;

3——轧制方向。

图 4 Marciniak 杯试样上波纹度测量位置示意图

9 测量结果数值的修约

测量结果数值应按照相关产品标准或协议的规定进行修约。如未规定具体要求,应按照如下要求进行修约,修约的方法按照 GB/T 8170。

—— Ra 、 Rz 、 $Rz_1\text{ max}$ 、 Wa 、 $Wa_{0.8}$ 和 Wsa_{1-5} 修约至 $0.01\text{ }\mu\text{m}$;

—— RPc (PPI)修约至 1。

10 测试报告

如适用,测试报告至少应包括下列内容:

- a) 本文件编号;
- b) 试样编号;
- c) 材料的名称、牌号;
- d) 触针角度及针尖半径;
- e) 测量方向;
- f) 测量选择的 λ_s 、 λ_c 和 λ_f 长度(采用时);
- g) Ra 、 Rz 、 Rz_1 max、 Wa 、 $Wa_{0.8}$ 和 Wsa_{1-5} 的测量结果(需要测量时)及 $Wa_{0.8}$ 和 Wsa_{1-5} 的塑性伸长率(采用 Marciniak 杯试样时);
- h) RP_c (或 PPI)的测量结果及所用带宽(需要测量时);
- i) 所有不同于本文件规定的测量条件。



附 录 A
(规范性)
Marciniak 杯试样加工

A.1 试样加工设备

采用薄板成形试验设备。Marciniak 模具和试样的横截面示意图见图 A.1。凸模直径 $d \geq 120$ mm, 凹模内径建议取 120% 的凸模直径。除非产品标准或协议中另有规定, Marciniak 杯试样底部的塑性伸长应采用相机支持的位移测量系统测量, 位移测量应准确到 ± 0.02 mm。

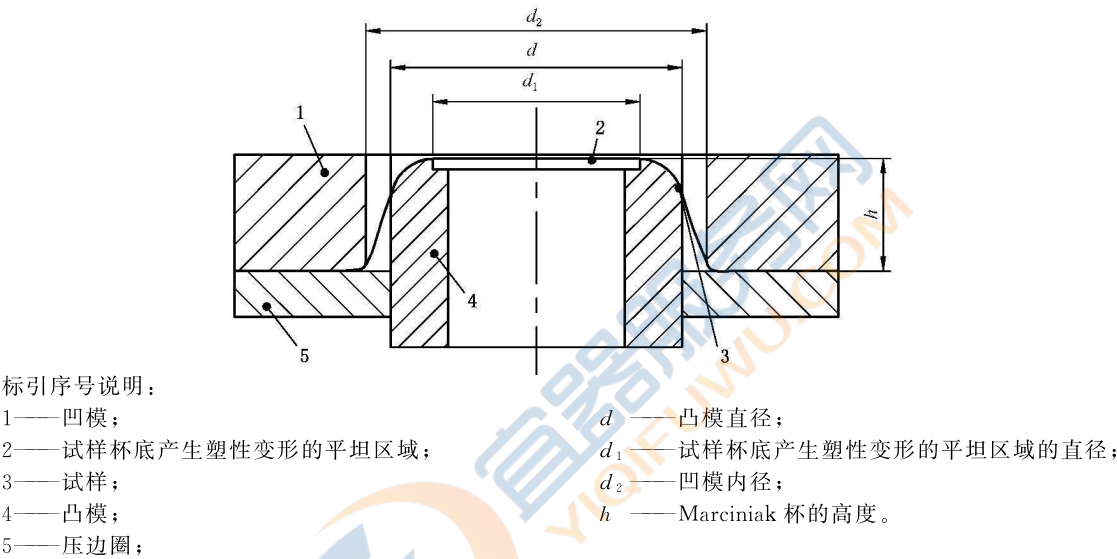


图 A.1 Marciniak 模具和试样的横截面示意图

A.2 试样加工

将边长至少为 $220\text{ mm} \times 220\text{ mm}$ 的样坯放置到薄板成形试验设备上, 施加合适的压边力(确保试样在压边圈内不产生径向变形), 凸模以 $0.3\text{ mm} \cdot \text{s}^{-1} \sim 1.0\text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间的冲制速率, 将样坯冲制成 Marciniak 杯试样。试样底部平坦区域的直径(d_1)应不小于 100 mm, 杯底两个方向的塑性伸长率(A_{px} 和 A_{py})应符合双方的商定值。当杯底两个相互垂直方向的塑性伸长率(A_{px} 和 A_{py})在 5%~10% 时, Marciniak 杯的高度(h)通常在 10 mm~20 mm 之间。Marciniak 杯试样形貌见图 A.2。

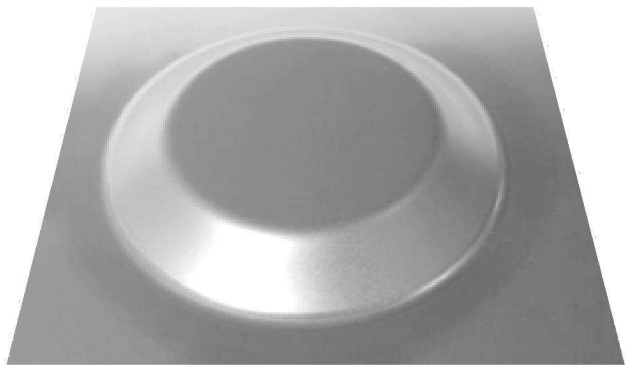


图 A.2 Marciniak 杯试样形貌

附 录 B

(资料性)

应用标准块验证测量结果的示例

B.1 本附录给出了验证 R_a 和 RP_c (或 PPI)测量结果的示例。

B.2 本示例采用的 R_a 标准块,其表面具有三角波轮廓,波形角度为 150° ,峰谷高度差为 $12.192\ \mu\text{m}$ ($480\ \mu\text{in}$)(见图 B.1),该标块的标称值 $R_a=3.035\ \mu\text{m}$ ($119.5\ \mu\text{in}$),没有给出 RP_c 或者 PPI 的标称值。根据 R_a 和 RP_c (或 PPI)的定义,可计算得到该标准块的理论值 $R_a=3.048\ \mu\text{m}$ ($120\ \mu\text{in}$), $RP_c=110$ (或 $PPI=279$)。验证时的实际测量值 $R_a=3.048\ \mu\text{m}$ ($120\ \mu\text{in}$), PPI 在 $279\sim 281$ 之间波动。对比该标准块的理论值、标称值和实际测量值,可以判断该标准块 R_a 的标称值可信度较高, RP_c 或者 PPI 没有标称值,但是可以用理论值作为标称值使用。

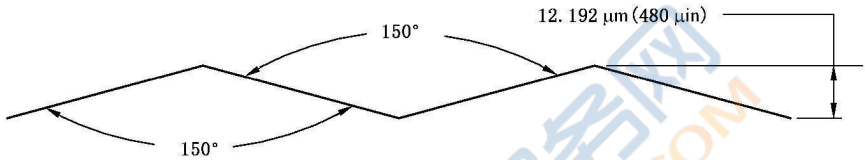


图 B.1 标准块三角波轮廓波形示意图

附 录 C

(资料性)

滤波中心线波纹度(W_{CA})的测量

C.1 概述

本附录给出了滤波中心线波纹度(W_{CA})相关的定义和测量参数。

注：部分冷轧汽车板用户要求测量此项指标。

C.2 测试参数设置

滤波中心线波纹度的测量采用以下参数设置：

- a) 采用 2RC75 滤波器；
- b) 用于抑制短波部分的波长 λ_c 一般为 0.8 mm；
- c) 用于抑制长波部分的波长 λ_f 一般为 8 mm；
- d) 用于测试 W_{CA} 的测量长度一般为 25 mm。

C.3 测量

试样一般为边长(或直径)100 mm 的正方形(或圆形)。测量时,宜采用针尖角度公称值为 90° 、半径(r_{tip})为 5 μm 的触针,将试样平放在测量台上,触针行程方向按照相关产品标准或协议的规定,未规定时触针行程方向垂直于轧制方向。每块试样的测量面至少测量三次,测量结果取其算术平均值。

C.4 测量结果数值的修约

测量结果 W_{CA} 修约至 0.01 μm ,修约的方法按照 GB/T 8170。

参 考 文 献

- [1] GB/T 3505—1983 表面粗糙度 术语 表面及其参数
- [2] GB/T 10610—2009 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 评定表面结构的规则和方法
- [3] GB/T 24171.2—2009 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
- [4] GB/T 26958.21 产品几何技术规范(GPS) 滤波 第21部分:线性轮廓滤波器 高斯滤波器
- [5] 罗五四, 张耿旭, 刘琪, 等. 取样长度和测试速率对冷轧金属薄板表面粗糙度测试的影响[J]. 理化检验-物理分册, 2013, 49(6):349-356
- [6] 蒋光锐, 张浩, 刘李斌, 等. 平板表面波纹度测量中的滤波器研究[J]. 表面技术, 2016, 45(3): 183-187

