

汽车用钢板表面粗糙度测试方法研究

罗五四

(东风商用车有限公司 东风商用车技术中心工艺研究所, 湖北 十堰 442001)

摘要: 目的 为了满足汽车制造钢板选材和规范汽车钢板进厂检验评价的需求,总结国内外表面粗糙度测量标准的特点,通过与国内外试验室开展对比试验,在积累大量测试数据的基础上,制定出一种汽车板表面粗糙度检测试验方法。方法 针对汽车材料试验室钢板表面粗糙度测试的实际需求,设计完整的规范仪器测量条件设置和评价条件选择内容,制定测量汽车板表面粗糙度的100 mm×100 mm正方形试样上的编号、轧向标注和具体测量位置图,规范测试位置;提出试样制备要求;描述关键测试流程要求,形成一套方便测试现场使用的标准化作业程序。结果 汽车用毛化冷轧板的表面结构,决定了取样长度分别为0.8 mm和2.5 mm时,表面粗糙度测量值相差不大;热轧板的表面粗糙度测量值,符合随取样长度的增大而增大的规律。结论 该试验方法是与ISO国际标准接轨、突出现场实用性,可在汽车行业通用的汽车板表面粗糙度检测试验方法。

关键词: 汽车用钢板; 冷轧板; 热轧板; 表面粗糙度; 试验方法; 标准化作业

中图分类号: TG84 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3660(2015)10-0124-08

DOI: 10.16490/j.cnki.issn.1001-3660.2015.10.021

Surface Roughness Testing Method for Automotive Steel Plate

LUO Wu-si

(Material Technology Research Institute of Dongfeng Commercial Vehicle Technical Center,
Dongfeng Commercial Vehicle Company Limited, Shiyan 442001, China)

ABSTRACT: **Objective** In order to meet the requirement both in raw materials selection of automobile steel plate and standardization of the incoming inspection & valuation, the surface roughness measuring standard characteristics in domestic and overseas fields were summarized, contrast testing with domestic and overseas labs was carried out, and an automobile steel plate surface roughness detecting & testing method was formulated via accumulating a large number of data. **Methods** Aiming at the actual requirement of steel plate surface roughness testing of automobile materials labs, a complete testing parameters setting and evaluation conditions selection details were designed, the chart with serial number, rolling direction labeling and specific testing location of a 100 mm × 100 mm square sample was formulated, in order to standardize the testing locations selection. The requirement of test sample preparation was proposed. The requirement of key testing procedures was presented, and a set of standardized operation programs convenient for applying in the testing site were formed. **Results** The surface structure of automobile textured cold rolled steel sheet led to little difference in the surface roughness measurement data when the sampling length was 0.8 mm and 2.5 mm, respectively. The surface roughness measurement data of hot rolled steel plate increased correspondingly along with the sampling

收稿日期: 2015-06-29; 修订日期: 2015-07-13

Received: 2015-06-29; Revised: 2015-07-13

作者简介: 罗五四(1957—),男,湖北人,高级工程师,主要研究方向为汽车板材成形试验技术。

Biography: LUO Wu-si(1957—), Male, from Hubei, Senior engineer, Research focus: sheet material and forming test technique for the automobile.

length. **Conclusion** The method integrated with the ISO international standard, highlighted the site practical nature, and could be universally applied in surface roughness testing for automobile steel plate in automobile industry.

KEY WORDS: the steel plate for automobile; cold rolled steel sheet; hot rolled steel plate; surface roughness; test method; standardized operation

目前,与测量表面粗糙度(Ra)相关的国家标准^[1-2]和ISO国际标准^[3-7]有十多个,已经形成了一套完整的体系,中国国家标准^[3-7]和日本工业标准^[8]已全面等同采用ISO国际标准^[3-7]。这套ISO国际标准^[3-7]的特点侧重于表面粗糙度测量的顶层平台规划,具备纲领性技术文件的基础支撑作用。这些标准分门别类地规范了表面粗糙度测量涉及的相关内容,是面向各个行业通用的。实际测量汽车用钢板(以下简称汽车板)时,还需要用户根据经验选择测试参数设置内容。

测量表面粗糙度的英国标准BS 1134—2010^[9]和美国机械工程师协会标准ASME B46.1—2009^[10],都属于表面粗糙度测量的国家层面设计,用大量篇幅介绍了测量表面粗糙度涉及的相关专业知识,在实际应用中具有指导作用,但对于具体的汽车板测试操作还有一段距离。

在专用于测量金属平板的表面粗糙度层面,国家标准有GB/T 2523—2008^[1],其中的测量表面粗糙度的标准取样长度直接引用自ISO 4288—1996中的表1^[4],没有具体规定测量钢板的取样长度,由用户根据经验选取。欧洲标准包括早期使用的德国钢铁协会标准SEP 1940—2002^[11]和现在使用的欧洲钢铁标准化委员会标准DIN EN 10049—2006^[12],二者均是在引用了5个ISO国际标准^[3-7]的基础上制定的;唯一的不同是没有根据被测钢板 Ra 值被控制在 $0.6 \sim 1.9 \mu\text{m}$ ^[13]之间的客观条件,将取样长度由适合钢板的 0.8 mm 向上跨越一档更改为 2.5 mm ,以实现为金属平板表面粗糙度测量制定专用标准的目标,与英国和美国标准规定将 0.8 mm 作为优先采用的取样长度不一致^[14]。

针对汽车制造钢板选材多样性的需求,保证钢板原材料进厂实物检验评价数据准确有效,对于企业层面的汽车材料试验室而言,急需开发方便在测试现场直接指导具体操作的汽车板表面粗糙度试验技术。为此,笔者借鉴2006—2008年与国外某汽车材料试验室和国内某主流钢厂品质检验中心,开展汽车板表面粗糙度比对试验^[15]的经验,以科学、技术和9年工程测试积累的大量试验数据为依托,借2003年6月9日东风汽车公司与日产汽车公司合资的契机,学习国

外汽车先进制造技术,并在融合欧洲表面粗糙度测量标准^[12]特点的基础上,制定出一种面向汽车行业、遵循ISO国际标准^[3-7]的基本准则,突出现场实用性,有别于现有其他标准的汽车板表面粗糙度检测试验方法。

1 汽车板表面粗糙度

1.1 表面粗糙度

表面粗糙度 Ra 是国际公认的,最常用的粗糙度评定参数。 Ra 即中心线平均粗糙度,指在一个取样长度 l_r 内将从平均线到测量曲线的偏差绝对值合计后平均的值,单位为 μm ,如图1所示。 Ra 的定义式见式(1)。

$$Ra = \frac{1}{l_r} \int |z(x)| dx \quad (1)$$

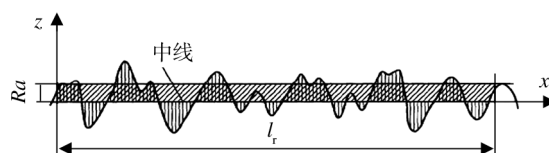


图1 表面粗糙度示意图

Fig. 1 The schematic of surface roughness

1.2 毛化钢板

用于制造汽车面板的冷轧薄钢板表面并不是光滑的平面,而是无光泽的毛化表面,以利于提高冲压储油润滑和涂漆后的外观品质。汽车外板表面粗糙度 Ra 是对表面间距较小、高低不平的微小峰谷的不平度进行明确数值化衡量的指标之一,是评价车身外覆盖件用钢板高表面质量的重要参数。

1.3 粗糙度测量中的几种长度参数

图2为表面粗糙度测量中涉及的几种长度参数。 A 为启动长度(采集数据之前穿越的一部分); l_n ^[3]为评定长度; C 为止步长度(采集数据之后穿越的一部分); l_r 为取样长度^[3]; E 为测量长度; F 为被测表面的轮廓。

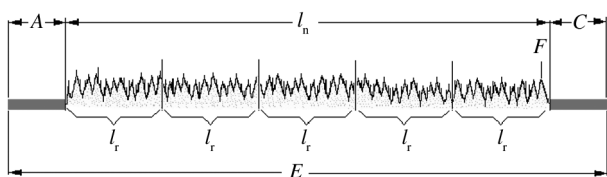


图2 表面粗糙度测量中的几种长度

Fig. 2 The several lengths in surface roughness testing

1.3.1 测量粗糙度的取样长度(L_r)^[3]

测量粗糙度的取样长度是用于在测量移动方向识别表现测量轮廓特性的一段基准线的长度,它应与表面粗糙度的大小相适应。规定取样长度是为了限制和减弱表面波纹度对表面粗糙度测量结果的影响。一个单位长度将用于计算每个参数。粗糙度分析的取样长度等于所选长波滤波器的截止波长 λ_c 。图3为取样长度的选取。

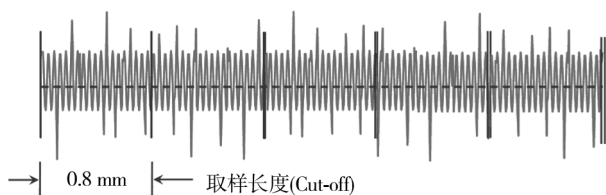


图3 取样长度的选取

Fig. 3 The selection of sampling length

1.3.2 评定长度(L_n)^[3]

评定长度也可以称为评估长度或数据长度,一项评定长度可以含有一个或更多的取样长度,ISO 4288—1996^[4]中4.1.2节规定取样长度的缺省值为5个。一个对象参数将来自每个采样长度的平均计算值。

1.3.3 测量长度

测量长度是探针沿被测表面测量方向移动的全长度。它通常大于评定长度,这是因为必须在每一次移动的末尾留有余量,以确保机械和电气的瞬时冲击能从测量数据中剔除。测量长度由评定长度加上启动长度和止步长度组成。

2 试验

2.1 试验条件和仪器测试参数设置

2.1.1 环境条件和测量仪器

1) 环境条件:试验在18~25℃内进行,试验期间温度波动不大于2℃/24h。2) 测量仪器:使用高

精确度触针式独立直线基准的台式表面粗糙度测量仪,探针的锥形尖端曲率半径为2 μm,圆锥的坡形角度为60°,平均位置上的微测力为0.75 mN。这样的探针更能适应进入汽车板表面起伏非常细微的波谷最深处,可以准确地采集到实际轮廓状态的断面曲线。校准结果要求:示值误差≤±3%,示值重复性≤2%。

2.1.2 仪器测试参数设置

检测 R_a 时,仪器测量条件设置:测量长度为4.8 mm,直线度补偿范围设为自动,测量速度不大于0.5 mm/s, R 面自动测量设置为“Off”,超出范围后设置为“校正中断”,最大采样间隔为0.5 μm,数据点数为9600。

评价条件设置:评价曲线种类为“R”,取样长度为0.8 mm,取样区间数为5,长波滤波器的截止值(λ_c)为0.8 mm,短波滤波器的截止值(λ_s)为0.0025 mm,滤波器类别为“Gaussian”,评定长度为4.0 mm,启动长度为0.4 mm,止步长度为0.4 mm,修均连接为“Off”。

2.2 试样及试样制备

图4是测量钢板 R_a 采用的100 mm×100 mm正方形试样尺寸和采集数据位置图(同时考虑了表面波纹度的测量),试样测量面要求无瑕疵和弯曲。方形试样的优点是便于测量时区分轧制方向。注意在按图4轧制方向放置情况下,在试样右上角标明样品编号和轧制方向。采用剪板机剪切方式获得的试样品质受剪板机精度和操作人员的影响较大,试样边缘部分易产生翘曲,要注意保证裁剪试样的平面度公差。汽车厂既关心钢板直角方向,也关心压延方向的表面粗糙度对冲压的影响,所以上、下表面各测量6个位置。测量前,用绸布蘸酒精将试样表面擦拭干净,测

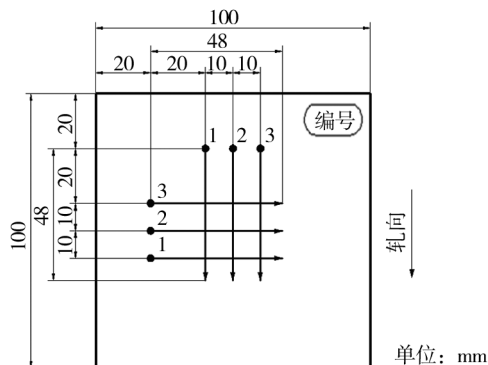
图4 测量 R_a 的试样尺寸和位置图

Fig. 4 The sample dimension & position figure in surface roughness testing

量应避开划伤等缺陷。

2.3 试验方法

试验程序如下:1) 按照操作规程将主机控制箱电源开关置于开启位置接通电源,检查驱动器动作是否正常;2) 启动 PC 机;3) 测量前,使机器预热 15 min;4) 试验前,在仪器测试软件中选择所需的测量标准;5) 在仪器测试软件中设置测量条件和评价条件参数;6) 测量前用肉眼观察探头(触针)是否完好无损坏;使用有可靠的可溯源的标称值为 0.4 μm 的探针尖端用表面粗糙度标准块,检查探针尖端部位的使用状态;7) 测量时防止测量台震动,特别注意保护探针;8) 将被测试样放置在测量工作台上,调整好试样与高精度探针的位置;9) 在图 4 所示方形试样上、下表面共 12 个测量位置,分别依次按上表面压延方向 1—3,直角方向 1—3 和下表面压延方向 1—3,直角方向 1—3 的顺序,对每一个测量部位,根据测量仪器操作规程开始自动测量;10) 测量结束后,先关闭软件,关 PC 机;再关控制箱电源。

试验记录如下:1) 试验值保留小数点后 3 位,单位为 μm;2) 表面粗糙度试验数据有一定的分散性,每一件试样每一面的同一轧向,应至少在 3 个部位测量 3 次,试验结果取平均值。

检测仪器校准:检测仪器要求每年由专业计量测试单位,根据 JJF 1105—2003《触针式表面粗糙度测量仪校准规范》校准一次。

3 结果与讨论

使用日本三丰的 Mitutoyo Surftest SV—3000 S4

触针式表面粗糙度测量仪,测试两个牌号汽车用毛化冷轧薄钢板(以下简称毛化钢板)和热轧板(以下简称热轧板)。

由于测量金属平板表面粗糙度时,按照国家标准 GB/T 2523—2008^[1],GB/T 10610—2009/ISO 4288—1996^[4],英国标准 BS 1134—2010^[9] 和美国标准 ASME B46.1—2009^[10] 规定,取样长度为 0.8 mm(评定长度为 4 mm),与欧洲标准 DIN EN 10049—2006^[12] 采用的 2.5 mm(评定长度为 12.5 mm)取样长度不同,为了对比两种取样长度所测数据的差异程度,采用 4 种取样长度^[14,16],并选取 3 种取样区间数^[14,16] 进行专题表面粗糙度对比试验。采用 0.08 mm 和 0.25 mm 两种与测量钢板不匹配的取样长度,是为了对比说明取样长度不同对测试结果的影响趋势。

实测数据为保持在试样的同一处测量位置不变,只改变软件的不同测试参数设置获得,数据均为在试样的同一个测量面、同一个轧制方向上测量 3 处位置的平均值。测量钢板表面粗糙度的试样尺寸和具体位置按图 4 进行。

为保证测量数据的准确性,采用线切割进行取样,以利钢板试样残余应力的释放。测量前试样静置 24 h 以上。

3.1 汽车用毛化冷轧板表面粗糙度测量

汽车板表面粗糙度测量,主要用于车身外板的毛化钢板进行测量。表 1 为测量制造轿车车身采用的两个牌号毛化钢板的表面粗糙度实测值分布。

当取样长度相同,取样区间数不同(如分别为 5, 16 和 20 个)时,实测值相差不大。均在同一个数量

表 1 汽车用毛化冷轧板表面粗糙度实测数据表
Tab.1 The measured data table of the surface roughness of textured cold-rolled steel sheet for automobile

| | | | | | | | | | | | | | μm | |
|----------------|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 牌号 厚度 | 取样长度/mm | | 0.08 | | | 0.25 | | | 0.8 | | | 2.5 | | |
| | 取样区间数 | | 5 | 16 | 20 | 5 | 16 | 20 | 5 | 16 | 20 | 5 | 16 | 20 |
| | 评定长度/mm | | 0.4 | 1.28 | 1.6 | 1.25 | 4.0 | 5.0 | 4.0 | 12.8 | 16.0 | 12.5 | 40.0 | 50.0 |
| 牌号 A 1.4 mm | A 面 | 压延方向 | 0.573 | 0.607 | 0.591 | 0.864 | 0.862 | 0.863 | 0.956 | 0.956 | 0.950 | 0.969 | 0.963 | 0.967 |
| | | 直角方向 | 0.599 | 0.605 | 0.609 | 0.830 | 0.823 | 0.825 | 0.948 | 0.967 | 0.968 | 0.968 | 0.950 | 0.964 |
| | B 面 | 压延方向 | 0.572 | 0.620 | 0.616 | 0.915 | 0.873 | 0.879 | 0.963 | 0.982 | 0.980 | 0.972 | 0.987 | 0.993 |
| | | 直角方向 | 0.668 | 0.660 | 0.654 | 0.885 | 0.870 | 0.872 | 0.964 | 0.966 | 0.975 | 0.969 | 0.991 | 0.998 |
| 牌号 B 0.7 mm | A 面 | 压延方向 | 0.624 | 0.649 | 0.644 | 0.969 | 0.957 | 0.966 | 1.057 | 1.038 | 1.043 | 1.020 | 1.069 | 1.063 |
| | | 直角方向 | 0.729 | 0.740 | 0.729 | 1.033 | 0.981 | 0.984 | 1.066 | 1.074 | 1.070 | 1.075 | 1.059 | 1.054 |
| | B 面 | 压延方向 | 0.819 | 0.751 | 0.761 | 1.021 | 1.053 | 1.044 | 1.138 | 1.143 | 1.136 | 1.147 | 1.163 | 1.172 |
| | | 直角方向 | 0.847 | 0.813 | 0.809 | 1.049 | 1.077 | 1.065 | 1.181 | 1.157 | 1.158 | 1.163 | 1.182 | 1.184 |

级上波动,个别位置波动稍大,是由毛化钢板试样各处微小凹凸的麻坑不绝对的均匀一致造成的。取样长度为 0.08,0.25,0.8 和 2.5 mm 都属于这种情况。利用这一规律,可以根据毛化钢板存在由抛丸和电火花生产工艺决定的不规则表面状态,以及存在由激光和电子束工艺决定的规则表面状态的被测试样的需要,合理地加长评定长度,以便更准确地反映毛化钢板表面微小凹凸的麻坑的不均匀性分布状态。在参考文献^[14]中,介绍了美国标准 ASA B46.1 中允许采用最大的取样区间数为 20 个。采用通过增加取样区间数来加长评定长度的做法,可以不加宽实现测试任务的触针式表面粗糙度测量仪中的长波与短波滤波器之间的传输带宽度,不移动表面粗糙度与表面波纹度^[17]之间的分界线——长波滤波器的截止值 λ_c 的位置,有助于限制和减弱表面波纹度^[17]对表面粗糙度测量结果的干扰。

在取样长度分别为 0.08,0.25 和 0.8 mm 时,实测值之间有明显的变化,相差较大。其变化规律是:随着取样长度增大,测量值也相应增大。这是因为与取样长度对应相等的长波滤波器的截止值 λ_c 的增加,使长波与短波滤波器之间的传输带加宽,保证粗糙度信号可以顺利通过的结果。

采用 0.8 mm 和 2.5 mm 的取样长度,分别测量毛化钢板的表面粗糙度值之间相差不大,各有大小;不符合取样长度增大,测量值也相应增大的规律。这是毛化钢板表面粗糙度测量中出现的一种特殊现象^[16],是由粗糙度的定义、毛化钢板表面质量、毛化钢板表面无数微小凹凸的麻坑的深度共同决定的。所以欧洲标准 DIN EN 10049—2006^[12]才能利用毛化

钢板的这个特点,采用 2.5 mm 的取样长度(等同于把长波滤波器的截止值 λ_c 由 0.8 mm 扩大为 2.5 mm)进行毛化钢板的表面粗糙度测量。这与 ISO 4288—1996^[4]国际标准相比,取样长度的选择由 0.8 mm 向上跨越了一档,由适合钢板的 0.8 mm 更改为 2.5 mm,可认为是一种特殊的工程实践。毛化钢板的这一特征是热轧板没有的。

3.2 汽车用热轧板表面粗糙度测量

3.2.1 薄规格热轧酸洗钢板表面粗糙度的测量

随着轧钢工艺技术的进步,热轧薄板的性能正向冷轧板接近。使以热代冷、节约制造成本的汽车用薄规格热轧酸洗钢板(以下简称酸洗板)的应用研究逐步深入,以适应汽车内饰件钢板用材差异化的需要。伴随其中需要对酸洗板各批次冲压加工零件验证前表面粗糙度的了解,及对酸洗板表面粗糙度对汽车零件油漆后影响的了解,基于所遵循的按粗糙度的基本定义进行测量的基本原则没有变化,开展对牌号 C 两个厚度酸洗板进行表面粗糙度的测试。表 2 为实测值。

当取样长度相同,取样区间数不同时,实测值相差不大。

在取样长度分别为 0.08,0.25,0.8 和 2.5 mm 时,实测值之间均有明显的变化,相差比较大。其变化符合随着取样长度增大,测量值也相应增大的规律。

当取样长度为 0.8 mm 和 2.5 mm 时,分别测量牌号 C 酸洗板的表面粗糙度实测值之间,没有出现毛化钢板中 Ra 值各有大小、相差不大的现象,这是热轧

表 2 汽车用薄规格热轧酸洗钢板表面粗糙度实测数据

Tab.2 The measured data table of the surface roughness of hot rolled pickled steel sheet for automobile

| | | | | | | | | | | | | | μm | |
|----------------|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|
| 牌号 厚度 | 取样长度/mm | | 0.08 | | | 0.25 | | | 0.8 | | | 2.5 | | |
| | 取样区间数 | | 5 | 16 | 20 | 5 | 16 | 20 | 5 | 16 | 20 | 5 | 16 | 20 |
| | 评定长度/mm | | 0.4 | 1.28 | 1.6 | 1.25 | 4.0 | 5.0 | 4.0 | 12.8 | 16.0 | 12.5 | 40.0 | 50.0 |
| 牌号 C 1.4 mm | A 面 | 压延方向 | 0.427 | 0.416 | 0.414 | 0.821 | 0.822 | 0.811 | 1.469 | 1.354 | 1.420 | 1.872 | 1.968 | 1.970 |
| | | 直角方向 | 0.580 | 0.583 | 0.600 | 1.196 | 1.077 | 1.106 | 1.674 | 1.621 | 1.600 | 1.951 | 1.874 | 1.899 |
| | B 面 | 压延方向 | 0.528 | 0.512 | 0.512 | 0.953 | 0.926 | 0.971 | 1.521 | 1.476 | 1.466 | 1.826 | 1.802 | 1.802 |
| | | 直角方向 | 0.524 | 0.535 | 0.544 | 1.008 | 1.023 | 1.051 | 1.532 | 1.604 | 1.595 | 1.840 | 1.768 | 1.778 |
| 牌号 C 1.6 mm | A 面 | 压延方向 | 0.568 | 0.604 | 0.614 | 1.039 | 1.146 | 1.154 | 1.706 | 1.775 | 1.754 | 2.253 | 2.234 | 2.173 |
| | | 直角方向 | 0.561 | 0.581 | 0.582 | 1.088 | 1.085 | 1.129 | 1.666 | 1.748 | 1.742 | 2.030 | 2.022 | 1.979 |
| | B 面 | 压延方向 | 0.626 | 0.620 | 0.622 | 1.032 | 0.997 | 1.007 | 1.361 | 1.302 | 1.307 | 1.522 | 1.583 | 1.569 |
| | | 直角方向 | 0.575 | 0.590 | 0.594 | 1.000 | 1.011 | 1.014 | 1.344 | 1.407 | 1.406 | 1.601 | 1.592 | 1.560 |

板与毛化钢板的不同,由于酸洗板表面缺少特殊的毛化精整轧辊轧制工序造成的。酸洗板表面由轧辊制造加工过程形成的普通表面形貌映射而成。工程实践要求用做汽车外板的毛化钢板的表面质量高,期望的 Ra 值控制在 $1\text{ }\mu\text{m}$ 左右;表 2 中的酸洗板的 Ra 值比期望值高。

3.2.2 汽车用免(减)酸洗大梁钢板表面粗糙度的测量

随着国家南水北调工程对库区周边环保要求的提高,商用车底盘车架大梁用热轧高性能纵梁内(副)梁和横梁专用免(减)酸洗钢板(以下简称免酸洗板)材料工艺技术开发应用研究正在推进中,需要对不同钢厂,各批次样品试验室验证、零件试制冲压加工成型环节生产验证和涂装工艺性验证的高强度免酸洗板的表面粗糙度,进行大批量生产前的稳定性验证测量。图 5 为测量表面粗糙度的免酸洗板试样。表 3

是牌号 D 厚度 4 mm 和 5 mm 的免酸洗板表面粗糙度对比试验的实测值。

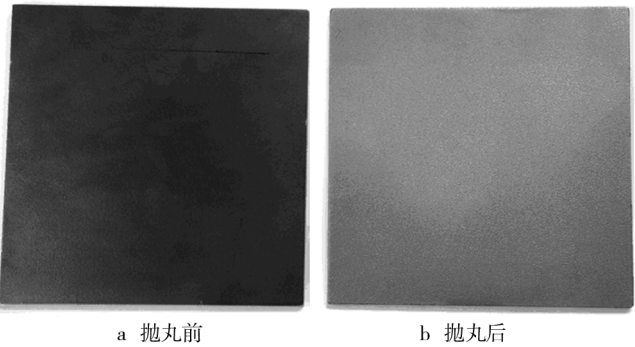


图 5 测量 Ra 的汽车用热轧免酸洗大梁钢板试样
Fig.5 Automotive hot rolling & non acid dipping beam steel plate sample for Ra measurement: a) before shot blasting, b) after shot blasting

表 3 汽车用免酸洗大梁钢板表面粗糙度实测数据表

Tab.3 The measured data table of the surface roughness of free-pickled girder plate for automobile

| | | | | | | | | | | | | | μm | |
|-------------------|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 牌号 D 试样抛丸前后/厚度 | 取样长度/mm | | 0.08 | | | 0.25 | | | 0.8 | | | 2.5 | | |
| | 取样区间数 | | 5 | 16 | 20 | 5 | 16 | 20 | 5 | 16 | 20 | 5 | 16 | 20 |
| | 评定长度/mm | | 0.4 | 1.28 | 1.6 | 1.25 | 4.0 | 5.0 | 4.0 | 12.8 | 16.0 | 12.5 | 40.0 | 50.0 |
| 牌号 D 试样抛丸前-1/4 mm | A 面 | 压延方向 | 0.272 | 0.260 | 0.255 | 0.652 | 0.640 | 0.644 | 1.038 | 0.936 | 0.895 | 1.046 | 1.036 | 1.037 |
| | | 直角方向 | 0.255 | 0.256 | 0.249 | 0.572 | 0.552 | 0.557 | 0.835 | 0.802 | 0.820 | 0.965 | 1.011 | 1.017 |
| | B 面 | 压延方向 | 0.452 | 0.349 | 0.365 | 0.767 | 0.797 | 0.809 | 1.384 | 1.456 | 1.461 | 1.950 | 2.010 | 1.989 |
| | | 直角方向 | 0.251 | 0.252 | 0.250 | 0.626 | 0.609 | 0.651 | 1.177 | 1.200 | 1.216 | 1.793 | 1.812 | 1.799 |
| 牌号 D 试样抛丸前-2/4 mm | A 面 | 压延方向 | 0.297 | 0.314 | 0.312 | 0.790 | 0.722 | 0.706 | 1.154 | 1.071 | 1.050 | 1.253 | 1.294 | 1.310 |
| | | 直角方向 | 0.333 | 0.359 | 0.350 | 0.716 | 0.800 | 0.790 | 1.149 | 1.119 | 1.146 | 1.299 | 1.429 | 1.442 |
| | B 面 | 压延方向 | 0.468 | 0.500 | 0.502 | 1.197 | 1.281 | 1.252 | 2.002 | 1.996 | 2.010 | 2.348 | 2.302 | 2.301 |
| | | 直角方向 | 0.569 | 0.584 | 0.564 | 1.383 | 1.153 | 1.166 | 1.847 | 1.873 | 1.856 | 2.251 | 2.215 | 2.220 |
| 牌号 D 试样抛丸前-3/5 mm | A 面 | 压延方向 | 0.345 | 0.333 | 0.322 | 0.819 | 0.743 | 0.738 | 1.195 | 1.125 | 1.151 | 1.364 | 1.391 | 1.423 |
| | | 直角方向 | 0.336 | 0.375 | 0.363 | 0.771 | 0.795 | 0.796 | 1.102 | 1.187 | 1.231 | 1.384 | 1.400 | 1.408 |
| | B 面 | 压延方向 | 0.409 | 0.381 | 0.362 | 1.060 | 1.028 | 1.003 | 1.817 | 1.818 | 1.800 | 2.303 | 2.296 | 2.312 |
| | | 直角方向 | 0.408 | 0.424 | 0.450 | 1.062 | 1.141 | 1.142 | 1.802 | 1.857 | 1.887 | 2.374 | 2.334 | 2.353 |
| 牌号 D 试样抛丸后-4/4 mm | A 面 | 压延方向 | 0.726 | 0.838 | 0.838 | 2.893 | 2.633 | 2.581 | 5.888 | 5.793 | 5.707 | 7.883 | 7.675 | 7.693 |
| | | 直角方向 | 0.773 | 0.814 | 0.827 | 2.258 | 2.134 | 2.109 | 4.820 | 5.102 | 5.055 | 6.870 | 7.297 | 7.823 |
| | B 面 | 压延方向 | 0.988 | 0.956 | 0.979 | 3.238 | 2.990 | 3.009 | 6.935 | 6.830 | 6.707 | 8.788 | 8.791 | 8.832 |
| | | 直角方向 | 0.937 | 0.904 | 0.900 | 2.939 | 3.100 | 3.053 | 7.062 | 6.963 | 6.883 | 8.736 | 8.831 | 9.033 |

当取样长度相同,取样区间数不同时,实测值相差不大。

在取样长度分别为 0.08,0.25,0.8 和 2.5 mm 时,实测值之间均有明显的变化,且多数情况相差比较大。其变化规律是:随着取样长度增大,测量值也相应增大。

表 3 下方,经过抛丸处理后的“牌号 D 试样抛丸

后-4”的试验目的是与普通热轧板表面需抛丸处理做对比试验,以检验 Ra 值对涂装工艺的影响程度,研究油漆能否将抛丸处理后凹凸的麻坑填平。此处抛丸后的表面虽也为毛化状态,但由于此处的麻坑的形态、大小和多少,及均匀性分布状态与冷轧板不一样;冷轧板的麻坑用裸眼看不出来,而此处抛丸后的麻坑则清晰可见,所以此处采用 0.8 mm 与 2.5 mm 的取

样长度测量得到的结果都远大于 2 μm ;遇到此情况,需要遵守 ISO 4288—1996^[4] 评定表面结构的规则和方法,按照表 4 的规则选择取样长度。

表 4 测试钢板表面粗糙度的标准取样长度选用表

Tab.4 The selection table of standard sampling length in R_a measurement of the steel plate

| $R_a/\mu\text{m}$ | 粗糙度取样 长度/mm | 粗糙度评定 长度/mm |
|-------------------------|----------------|----------------|
| $0.006 < R_a \leq 0.02$ | 0.08 | 0.4 |
| $0.02 < R_a \leq 0.1$ | 0.25 | 1.25 |
| $0.1 < R_a \leq 2$ | 0.8 | 4 |
| $2 < R_a \leq 10$ | 2.5 | 12.5 |
| $10 < R_a \leq 80$ | 8 | 40 |

4 结论

1) 本试验方法符合 ISO 国际标准^[3-7] 制定的规则,来源于汽车板测试一线,经实践检验验证:既适用于指导规范冷轧板的表面粗糙度测量,也可以满足热轧板表面粗糙度测量的要求。

2) 汽车用毛化钢板经过特殊毛化精整轧辊的轧制,决定了采用 0.8 mm 与 2.5 mm 的取样长度测量得到的表面粗糙度值相差不大,且各有大小。

3) 热轧板没有经过特殊的毛化精整轧辊轧制,因此采用 0.8 mm 与 2.5 mm 的取样长度测得的表面粗糙度值符合随着取样长度的增大,测量值也相应增大的规律。

参考文献

[1] GB/T 2523—2008,冷轧金属薄板(带)表面粗糙度和峰值数测量方法[S].
GB/T 2523—2008, Measuring Method of Surface Roughness and Peak Count for Cold-rolled Metal Sheet (Strip) [S].

[2] GB/T 7220—2004,产品几何量技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 表面粗糙度 术语 参数测量[S].
GB/T 7220—2004, Geometrical Product Specifications (GPS)-Surface Texture-Profile Method-Surface Roughness-Terminology-Measurement of Surface Roughness Parameters [S].

[3] GB/T 3505—2009/ISO 4287—1997,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[S].

GB/T 3505—2009/ISO 4287—1997, Geometrical Product Specifications (GPS)-Surface Texture: Profile Method-Terms, Definitions and Surface Texture Parameters[S].

[4] GB/T 10610—2009/ISO 4288—1996,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[S].
GB/T 10610—2009/ISO 4288—1996, Geometrical Product Specifications (GPS)-Surface Texture: Profile Method-Rules and Procedures for the Assessment of Surface Texture [S].

[5] GB/T 6062—2009/ISO 3274—1996,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[S].
GB/T 6062—2009/ISO 3274—1996, Geometrical Product Specifications (GPS)-Surface Texture: Profile Method-Nominal Characteristic of Contact (Stylus) Instruments [S].

[6] GB/T 19067.1—2003/ISO 5436-1—2000,产品几何量技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 测量标准 第1部分:实物测量标准[S].
GB/T 19067.1—2003/ISO 5436-1—2000, Geometrical Product Specifications (GPS)-Surface Texture: Profile Method-Measurement Standards-Part 1: Material Measures [S].

[7] GB/T 18777—2009/ISO 11562—1996,产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 相位修正滤波器的计量特性[S].
GB/T 18777—2009/ISO 11562—1996, Geometrical Product Specifications (GPS)-Surface Texture: Profile Method-Metrological Characteristics of Phase Correct Filters[S].

[8] JIS B 0601—2013 (ISO 4287—1997, Amd. 1—2009), Geometrical Product Specifications (GPS)-Surface Texture: Profile Method-Terms, Definitions and Surface Texture Parameters[S].

[9] BS 1134—2010, Assessment of Surface Texture-Guidance and General Information[S].

[10] ASME B46.1—2009, Surface Texture (Surface Roughness, Waviness, and Lay) [S].

[11] SEP 1940—2002, Measurement of Roughness Average R_a and Peak Count RP_c on Cold Rolled Steel Sheet[S].

[12] DIN EN 10049—2006, Measurement of Roughness Average R_a and Peak Count RP_c on Metallic Flat Products[S].

[13] Q/BQB 403—2009,冷连轧低碳钢板及钢带[S].
Q/BQB 403—2009, Continuously Cold-rolled Low Carbon Steel Sheet and Strip [S].

[14] 张泰昌. 取样长度、评定长度在粗糙度测量中的应用[J]. 制造技术与机床, 1999(7): 28—30.
ZHANG Tai-chang. The Application of Sampling Length and

- Evaluation Length in Surface Roughness Measurement[J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 1999(7):28—30.
- [15] 罗五四. 汽车板表面粗糙度比对试验的评价判据研究[J]. 表面技术, 2015, 44(5):136—141.
- LUO Wu-si. Research on the Evaluating Criterion of the Surface Roughness Contrast Test for the Auto Sheet[J]. Surface Technology, 2015, 44(5):136—141.
- [16] 罗五四, 王屹然, 王生怀, 等. 对 DIN 10049 更改 ISO 4288 取样长度选用规则的检验试验[J]. 理化检验:物理分册, 2014, 50(8):543—553.
- LUO Wu-si, WANG Yi-ran, WANG Sheng-huai, et al. Inspection Test on DIN 10049 Changing Sampling Length Selection Rule of ISO 4288[J]. Physical Testing and Chemical Analysis (Part A: Physical Testing), 2014, 50(8):543—553.
- [17] 蒋光锐, 滕华湘, 张浩, 等. 冷轧薄板表面波纹度评价标准研究[J]. 表面技术, 2013, 42(5):112—115.
- JIANG Guang-rui, TENG Hua-xiang, ZHANG Hao, et al. Study on Measurement Standards of Waviness on Cold Rolled Sheet[J]. Surface Technology, 2013, 42(5):112—115.
-
- (上接第123页)
- [16] 胡晓珍, 李伟. 硅晶片抛光加工工艺的实验研究[J]. 机械设计与制造, 2009(4):139—141.
- HU Xiao-zhen, LI Wei. A study of Double Sided Polishing Processing Technic of Silicon Wafer[J]. Machinery Design & Manufacture, 2009(4):139—141.
- [17] JOHN H. The Nitty Gritty of Machining Ceramic[J]. Tooling & Production, 1990, 5(11):116—119.
- [18] TOSHIRO K. Handbook of Lapping and Polishing[M]. Florida: CRC Press, 2007.
- [19] YUAN J, YAO W, ZHAO P, et al. Kinematics and Trajectory of Both-sides Cylindrical Lapping Process in Planetary Motion Type[J]. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2015:60—71.
- [20] ZHOU W H, YAO W F, FENG M. The Polishing Process of Cylindrical Rollers by using a Doubleside Lapping Machine[J]. Key Engineering Materials, 2014, 589—590.
- [21] FENG M, YUAN J, et al. Experimental Research on Double-side Lapping of Cylindrical Roller by Taguchi Methods[J]. Key Engineering Materials, 2013(590):485—490.
-

《表面技术》杂志 2016 年征订启事

《表面技术》杂志由中国兵器工业第五九研究所主办,创刊于1972年,是全面介绍金属和非金属表面处理技术的中、高级专业技术刊物。

本刊为中文核心期刊(2014版)、中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)、中国科学引文数据库来源期刊(CSCD)、中国期刊全文数据库全文收录期刊、《中国学术期刊(光盘版)》入编期刊、RCCSE中国核心学术期刊、中国期刊网全文收录期刊等,并被美国《Chemical Abstracts》、《剑桥科学文摘:材料信息》(CSA:MI)收录。主要报道:材料腐蚀、电镀、化学转化、薄膜、涂料涂装和其它防护技术,相关测试分析,三废治理及环保技术等方面的内容。

本刊从2015年开始栏目更新,并改为月刊,每月20日出版。定价36.00元/期,全年定价432.00元。欢迎广大读者订阅。

连续出版物号: ISSN 1001-3660
CN 50-1083/TG

订阅处:本编辑部或全国各地邮局 邮发代号:78-31

地址:重庆市九龙坡区石桥铺渝州路33号《表面技术》编辑部(400039)

电话:023-68792193 传真:023-68792396

网址:www.surface-techj.com E-mail:wjqkbm@163.com