

不同机械加工表面轮廓展开长度比的研究

李伯奎

(淮阴工学院 机电中心, 江苏 淮安, 223001)

摘 要: 为了对不同机械加工方法形成的表面进行准确的评价,通过计算机和测量仪采集表面轮廓数据,对轮廓展开长度比进行了定量的计算与分析。结果表明,不同机械加工方法形成的表面或不同类型形貌表面的轮廓展开长度比值有较大差异,即使在轮廓算术平均偏差相同时,不同表面的轮廓展开长度比也有明显不同,偏差达44%,由小到大依次是立铣、刨、平磨、平铣。存在差异的原因是轮廓展开长度比包含了整个轮廓的横向、纵向信息。此参数对表面粗糙程度、润滑能力的描述更加细致,它对传统的粗糙度评价体系将是一个有益的补充。

关键词: 粗糙度; 表面形貌; 轮廓展开长度比

中图分类号: TH 161

文献标识码: A

文章编号: 0254-0037(2002)03-0271-03

表面粗糙度是反映零件表面微观几何形状误差的一项重要指标;它主要是由加工过程中刀具的几何形状及切削过程中进给运动,以及切削过程中不稳定因素所产生;它直接影响到机械和仪器的使用性能和使用寿命。我国的粗糙度标准和 ISO 468-1982 相同。 R_a 、 R_z 、 R_t 是描述表面形貌纵向特征的参数, S 、 S_m 是描述横向特征的参数, t_p 是描述表面轮廓形状的参数。每个参数都只能描述表面有限方面的特征;缺少综合性能指标,如用多个参数描述表面,又会给测量和使用带来麻烦。通常对表面的评价使用最广泛、最成熟的是 R_a ;在 R_a 相同时,基本认为是同一精度。但是不同加工方法在形成表面的过程中,由于刀具、速度、运动轨迹等因素的不同,它们的加工表面形貌不同,经车、铣等定向加工方法加工的表面,分布的周期性和方向性很强;而非定向加工方法,如抛光、研磨等则以随机性为主,这必将对它们的使用性能产生影响。不同机械加工表面的轮廓形貌图见文献[1]。可见,用 R_a 来评定表面是不够完全的。针对以上所述问题,以下将以 R_a 为参照,对综合参数表面轮廓展开长度比进行分析。

1 轮廓展开长度比的定义和算法

轮廓展开长度 L_0 为将取样长度 l 内的轮廓展成直线后的长度^[2],即

$$L_0 = \int_0^l \sqrt{1 + y'^2(x)} dx \quad (1)$$

其中: l 为取样长度; $y(x)$ 为轮廓曲线函数。

L_0 与 l 之比为轮廓展开长度比 i_0 ,即

$$i_0 = L_0 / l \quad (2)$$

很明显 $i_0 > 1$, i_0 越小则表面越光滑。 i_0 对表面折皱、粗糙程度、贮油润滑能力、抗摩擦能力以及流体阻力等有很大影响。 i_0 是整个轮廓展成直线后的长度与取样长度之比;它包含了轮廓所有纵向、横向位置的信息,是一项综合指标。

由于 i_0 只有在计算机中才能方便地求出,所以长期以来 i_0 的特性一直没有得到深入研究,要写出轮廓的函数很困难(如图1所示)。轮廓曲线的长度近似地以下式表示

$$L_0 \approx \sum_{i=0}^n a_i$$

其中 (x_i, y_i) 点与 (x_{i+1}, y_{i+1}) 点之间的曲线距离近似地以其直线段距离 a_i 表示; n 越大, 则 L_0 越接近真实轮廓曲线的展开长度. 由此可得

$$l_0 = \frac{L_0}{l} \approx \sum_{i=0}^n a_i / l \quad (3)$$

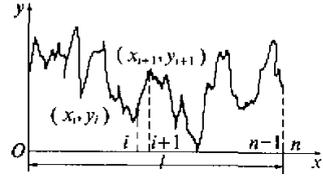


图1 轮廓展开长度算法

2 实验及数据分析

此算法分别对 R_a 为 $0.8 \sim 12.7 \mu\text{m}$ 的刨削表面、立铣表面、平铣表面, R_a 为 $0.1 \sim 1.6 \mu\text{m}$ 的平磨表面求 l_0 .

作者利用德国产的 Perthometer MI 型粗糙度测量仪的 R232 接口, 用计算机采集轮廓数据, 取样长度 0.8 mm , 跟踪长度 5.6 mm , 评定长度 4 mm , 在跟踪长度上均匀采集 $11\,200$ 个点, 即每隔 $5 \times 10^{-4} \text{ mm}$ 取一采样点, 在 Excel 中对数据进行计算处理. 相邻点之间的直线段长度之和即为近似的 L_0 . 相邻点连接后就得到完整的表面轮廓曲线. 经过大量自制 45° 钢试件的分析, 因加工中存在不同程度的随机因素, 测量参数不稳定, 同一试件不同处的 R_a 值离散性也较大^[2], 试件很难统一标定, 无法准确地对 L_0 进行分析. 因为标准的粗糙度对比块的加工过程规范, 工艺参数合理, 为了最大程度地减少加工过程中的随机因素, 试件采用标准的粗糙度对比块, 所得结果如图 2~4 所示.

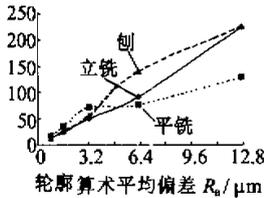


图2 不同加工表面的 R_a-l_0

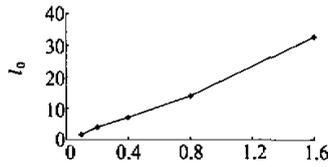


图3 平磨表面的 R_a-l_0 曲线

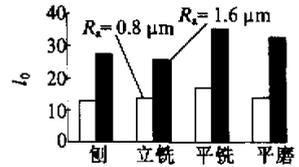


图4 $R_a=0.8 \sim 1.6 \mu\text{m}$ 时不同加工表面的 l_0 对比图

从图 2 可以看出, 刨削和立铣表面的方向性、周期性很强, 表面峰谷极其规则. 其 R_a 值和 l_0 走势基本一致; l_0 越大, R_a 值越大. 而平铣表面在 $R_a < 3.2 \mu\text{m}$ 时, 较为规则; 在 $R_a > 3.2 \mu\text{m}$ 时, 曲线较为平坦. 平铣加工时, 由于切削方式不同, 刀具轴主要径向受力, 刚性明显不好, 刀具和工件的振动加剧, 所以表面轮廓峰谷及轮廓峰两侧金属变形与撕裂较为严重, 形成很多细小的峰谷, 使其 l_0 值较大. 同时从平铣的轮廓形貌图还可以看出, 其轮廓峰都特别粗大, 单位长度上的峰数很少, 而且 R_a 值不同, 轮廓峰数变化也很小. 所以在 $R_a > 3.2 \mu\text{m}$ 时, R_a-l_0 曲线较为平坦, 其 l_0 值增幅减小; $R_a > 5.0 \mu\text{m}$ 时, l_0 值比刨、立铣要小.

从图 3 可以看出, 平磨表面的 R_a-l_0 曲线较为规则, l_0 随 R_a 的增大而增大. 磨削表面由于高速切削, 同时砂轮磨粒具有多刃性和微刃性, 以及在磨削过程中的自锐作用, 使新的磨粒不断参与切削, 而且加工中砂轮和工件的接触面积较大, 使得磨削表面更符合数理统计规律; 其 R_a-l_0 曲线比刨、立铣、平铣的 R_a-l_0 曲线明显规则.

因为在普通机械加工中, 使用最多的是 $R_a=0.8 \sim 3.2 \mu\text{m}$, 对 $R_a > 3.2 \mu\text{m}$ 的粗加工表面的比较没有太大的实际意义, 所以选择 R_a 为 $0.8 \mu\text{m}$ 和 $1.6 \mu\text{m}$ 的两组不同加工方法的表面进行对比分析. 从图 2、3 可以看出, 在 $R_a < 3.2 \mu\text{m}$ 时, 各曲线的规律性也较强, 正好适合对比分析. 从图 4 可以看出刨和立铣表面由于较为规则, 峰谷变形小, 它们的 R_a-l_0 曲线趋于一致; R_a 值相同时, 它们的 l_0 值也基本相同. 而平铣表面由于峰谷和峰轮廓两侧的撕裂与变形较严重, 出现很多细小的峰谷, 使得其 l_0 比用其他加工方法要大许多. 平磨表面由于多刃高速切削, 随机因素很多, 出现了较多尖峰, 其轮廓最大高度 R_z 和微观不平度十点高度 R_z 明显比用其他方法要大. 所以它的 l_0 值相对刨和立铣要大, 而比平铣要小.

l_0 值由小到大依次是立铣、刨、平磨、平铣. 根据 l_0 的定义, 它实际上反映了表面的折皱及粗糙程度.

因为 R_a 只是表面轮廓纵向的统计规律, 它对表面微观几何形状的描述是不够完善的, 而 l_0 同时包含了整个轮廓的横向、纵向信息, 所以从得出的 l_0 值可以看出, 对于同一种加工方法, l_0 值总的走势和 R_a 一致, R_a 越大, l_0 值越大, 但是加工方法不同, 即表面形貌不同, 它的 R_a-l_0 曲线就不同, l_0 对表面粗糙程度的描述比 R_a 更准确、细致。 l_0 对表面微油池的大小、表面贮油润滑能力、表面流体阻力以及抗摩擦能力的描述更加具体, 更容易接受。从 l_0 的近似算法中可以看出, l_0 的具体数值和采样点的密集程度有关; 采样点越多, l_0 越准确, l_0 值越大。对 l_0 值的范围、采样点数进行标准化, 有可能对表面的折皱程度、润滑能力进行定量的描述。

3 结 论

通过对不同加工方法的表面的 l_0 值进行比较, 得到:

1) l_0 值比 R_a 值更细致地反映了不同形貌表面的粗糙程度和润滑能力。对 l_0 值及其算法进行标准化, 有可能作为一项综合参数用于粗糙表面的评定。

2) 在相同 R_a 值时, 根据零件表面要求选择加工方法或设备时, 多了一项依据, 比如, R_a 同为 $1.6 \mu\text{m}$ 时, 平磨表面的润滑能力应该强于刨和立铣, 因为它们的表面有更多的折皱、微油池。

参考文献:

- [1] 李伯奎. 不同机械加工表面的微观几何分析与评价[D]. 南京: 南京航空航天大学机电学院机械制造及其自动化系, 2000. 13-14, 21-26.
- [2] 袁长良, 丁志华, 武文堂. 表面粗糙度及其测量[M]. 北京: 机械工业出版社, 1989. 7, 12.

Study on the Ratio of Outline Expansion Length of Surfaces Machined by Different Methods

LI Bo-kui

(Center of Electromechanical Engineering, Huaiyin Institute of Technology, Huai'an, Jiangsu 223001, China)

Abstract: In order to evaluate precisely the surfaces formed from different machining methods, computers and admeasuring apparatus were used to collect the data of surface outlines and quantitatively calculate and analyze the outline expansion length ratio. The results show that the outline expansion length ratios of different surfaces from different machining methods or from different profiles have great difference, even the arithmetic average error of outlines is the same, the outline expansion length ratios from different surfaces are obviously different, errors being as high as 44% and sequently from small to big being end milling, planing, flat grinding and plain milling. The existing of the errors is because the outline expansion length ratio includes the transverse and longitudinal information. The outline expansion length ratio can give a better description of the surface roughness, lubricity, which gives a helpful complement of the traditional surface roughness evaluation system.

Key words: roughness; surface profile; the ratio of outline expansion length