维普资讯 http://www.cqvip.com

第 14 卷第 4 期　　阜新矿业学院学报(自然科学版)　　1995 年 10 月
Vol. 14, №4　　Journal of Fuxin Mining Institute(Natural Science)　　Oct., 1995

65-68

磨削粗糙度影响因素分析

王　军　孙明岳
(阜新矿业学院机械一系　123000)

TH161.1

摘　要　本文根据磨削表面形成过程分析表面粗糙度的形成机理。并以外圆磨削为例建立磨削过程的数学模型。利用磨削图形概念推导出磨削粗糙度参数公式。依此对磨削粗糙度的影响因素进行分析。

关键词　磨削图形；磨刃间距；粗糙度
中图号　TH161.1

磨削，影响因素

1　问题的提出

粗糙度是磨削加工的一个重要参数，影响因素多而复杂。对磨削粗糙度的研究多采用单因素实验条件建立经验公式的方法。但由于条件多变，使得实验研究过程复杂化，所得经验公式适用范围小。如果能根据磨削过程建立简单的数学模型，推导出粗糙度相关的参数值依此分析各因素的影响规律。这无疑具有实际意义。

2　磨削粗糙度参数的计算

磨削粗糙度的形成是由于磨料在工件表面上滑擦，耕犁及切削的结果。如图 1 所示为平面磨削表面形成情况。磨料掠过工件表面切出刻痕，刻痕的深浅直接标志着表面粗糙度的高低。在这一论点上，磨削与切削加工明显不同。例如我们不能把平面磨削理解为刀齿很密 的直齿圆柱铣刀铣平面情况。两种加工的机床运动是相 同的，但表面粗糙度的形成机理却不同。对于铣平面来说，应以相邻两刀齿切削时在工件表面所形成的残留高度来表征粗糙度的大小；而磨削应以磨料的切痕深浅来表征粗糙度。其根本原因就在于磨粒与铣刀刀齿的分布特点不同。圆柱铣刀无论刀齿分布密度多大，但刀刃沿铣刀轴线方向始终是一条等高直线(直齿圆柱铣刀)。而砂轮上的磨粒分布是随机的，且等高性差。如图 1 中的 *A*、*B* 等处的残留高度与铣削中的残留高度形成机理不同，所以对于磨削来说，用磨粒在工件表面上的刻痕深浅来表征粗糙度是合适的。而刻痕的深浅则取决于磨粒所切下的金属的大小与截面形状。确切的说，某一磨粒将要切下的金属部分在过该磨粒顶部(相当于刀尖)且垂直于砂轮轴线的剖面内的截面形状与刻痕直接相关，即图 1 中的截面 *CDE* 我们称此截面为磨削图形。在磨削图形 *CDE* 中(图 1(*b*)所示)，沿砂轮径向且过 *D* 点的尺寸 *DF* 直接反映了刻

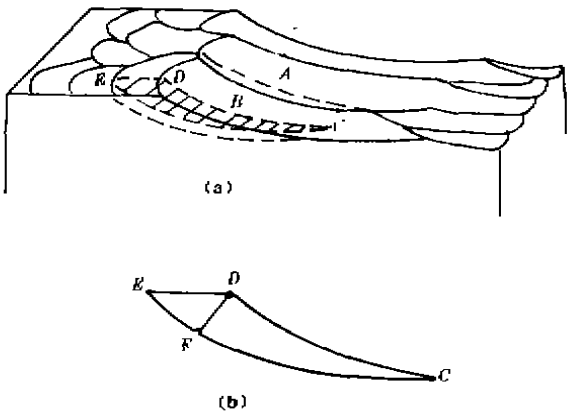


图 1　磨削表面粗糙度形成机理
Fig. 1 the deuelopment mechamism of grindin surface roughness

收稿日期 1994-12-03。第一作者　王　军，男，讲师。

维普资讯 http://www.cqvip.com

痕的最大尺寸，称此尺寸为粗糙度作用尺寸。由于磨粒分布的随机性及磨粒高度的不一致，导致了磨削图形的随机变化特性。但对于一定的磨削条件，磨削图形只能在一定范围内变化，故仍可用数学方法对其进行描述。

下面以外圆磨削为例，对磨削图形的粗糙度作用尺寸进行计算。

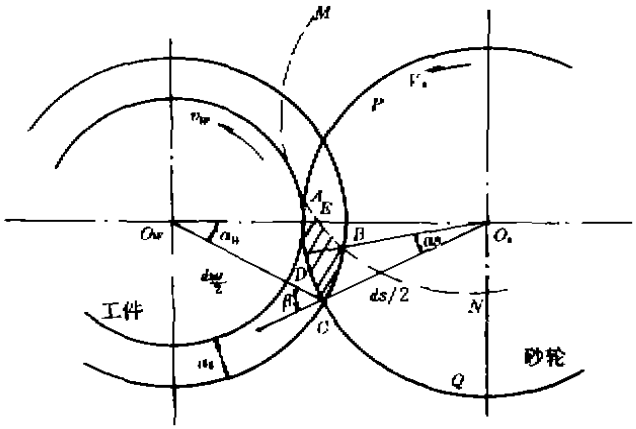


图 2 外圆磨削的磨削图形

Fig. 2 the grinding figure of cylindrical grinding

如图 2 所示外圆磨削时，砂轮表面上某一磨刃切削轨迹为$\overset{\frown}{MN}$，而下一个磨刃的轨迹为$\overset{\frown}{PQ}$(即实线)位置，磨削图形为 ABC(剖面线部分)。其尺寸由小变大，又逐渐变小。磨削图形的最大尺寸为$\overline{BD}$(砂轮径向)。该尺寸即为粗糙度作用尺寸，记为 a_{max}。

$$a_{max} = \overset{\frown}{BC}\sin\angle BCD = BC\sin\beta \tag{1}$$

设相邻两有效磨刃的距离为 l_e，称为磨刃间距[4]。则

$$\overset{\frown}{BC} = (l_e/v_s)\cdot v_w \tag{2}$$

式中 v_s、v_w 分别为砂轮与工件速度。

$$\sin\beta = \sin(\alpha_w + \alpha_s) \tag{3}$$

因为磨削深度 a_p，磨刃间距 l_e 与工件直径 d_w，砂轮直径 d_s 相比很小，故 α_w，α_s 值很小，所以

$$\sin\beta = \sin\alpha_w + \sin\alpha_s = 2CE(1/d_s + 1/d_w) = 2\sqrt{a_p(1/d_w + 1/d_s)} \tag{4}$$

将(2)、(4)式代入(1)得

$$a_{max} = 2l_e\frac{v_w}{v_s}\sqrt{a_p(1/d_w + 1/d_s)} \tag{5}$$

因砂轮与普通刀具不同，表现在磨刃具有较大的负前角及钝化。磨削时摩擦，挤压严重，因此造成较大塑性变形。塑性变形越大，磨削表面由于塑变生成的侧流和隆起的高度越大而使粗糙度变大，故引入塑变影响系数概念。所以粗糙度参数 R 为

$$R = ka_{max} \tag{6}$$

k——塑变影响系数。

其中塑变的大小取决于多种因素。如，工件材料本身塑性大小，磨削用量大小，砂轮参数及磨削性能等。

3 磨削粗糙度影响因素分析

外圆磨削的粗糙度参数为

$$R = 2kl_e\frac{v_w}{v_s}\sqrt{a_p(1/d_e + 1/d_w)} \tag{7}$$

3.1 磨削用量的影响

砂轮速度 v_s 增大，由式(7)知，粗糙度减小。这是因为单颗磨粒所切下的金属 v_w 增大而减小，导致磨削图形尺寸变小，因而磨粒在工件表面上的刻痕变浅。

维普资讯 http://www.cqvip.com

工件速度 v_w 增大，R 值变大，粗糙度变大，其原因与 v_s 的影响相反。

磨削深度 a_p 增大，R 值增大，但变化幅度比 v_w 及 v_s 的影响小。

轴向进给量 f_a 增大，表面粗糙度变大。这主要是由于磨粒与已磨削表面的接触机会减少对工件表面的突起部分的消除作用减弱，即再磨削效果减弱。因式(7)来自于二维模型，故不能对 f_a 做到定量分析。

以上对磨削用量的影响进行了分析，但实际影响包括两部分。一是对 a_{max} 的影响，再是对 k 的影响，如 v_w 增大，a_{max} 线性增大，同时塑变程度亦增强，即 k 变大。故 v_w 对 R 的影响程度大于线性关系。这些结论在后面的实验曲线中清晰可见。

3.2　无火花磨削次数的影响

无火花磨削[illegible]靠磨削系统的弹性恢复来进行磨削的。随着次数的增加，磨削深度 a_p 逐渐减小。a_p 减小一方面使 a_{max} 减小，同时 k 值减小。所以能有效降低粗糙度。但次数达到一定数量时，粗糙度趋于稳定。

3.3　砂轮粒度的影响

粗粒度砂轮的磨粒分布密度减小，磨刃间距 l_s 增大，由式(7)知，R 与 l_s 成线性关系。所以选用细粒度的砂轮是降低粗糙度的有效手段。通常砂轮粒度号愈小，硬度愈低，l_s 则愈大[4]。

3.4　砂轮与工件直径的影响

由式(7)可知，工件直径 d_w 与砂轮直径 d_s 的影响很小。d_w 与 d_s 增大时，R 略微减小。

3.5　其它因素的影响

影响磨削粗糙度的因素较多，有些因素难于从数学角度精确确定。如磨削液，工件材料本身塑性都是影响 k 值大小的重要因素，故 k 值借助于实验方法确定较为合适。

4　影响因素的实验证明

[illegible]面通过磨削用量的影响曲线对上述分析加以验证。

实验条件砂轮 GZ36ZR，A，工件 50Mn，砂轮宽度 $b_s=10$mm。

由图 3、图 4、图 5、图 6 可看出，图线中所反映出的规律与式(7)是一致的，即各磨削用量对粗糙度的影响是对 a_{max} 与 k 综合作用的结果，但 a_{max} 起决定作用。

5　小　　结

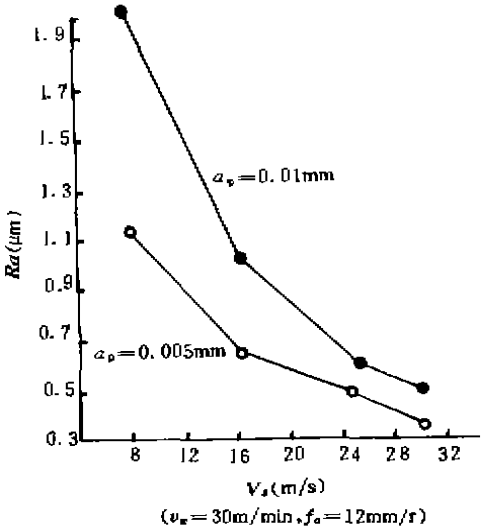
(1) 在一定的磨削效率下，提高 v_s，降低 v_w 有利于降低粗糙度。

(2) 选择适当粒度的砂轮是保证工件表面粗糙度的基本条件。

(3) 实际磨削粗糙度与几何上的理论粗糙度存在差异，其根本原因在于磨削过程中存在较严重的塑性变形。注意考虑塑性变性的影响因素才能真实反映实际粗糙度情况。但 a_{max} 决定粗糙度的变化趋势。

(4) 式(7)能够对很多因素作定量分析，对某些因素却只能定性分析，借助实验方法使影响系数具体化，数量化并建立磨削过程的三维数学模型，将会使所得粗糙度公式更有实用价值。

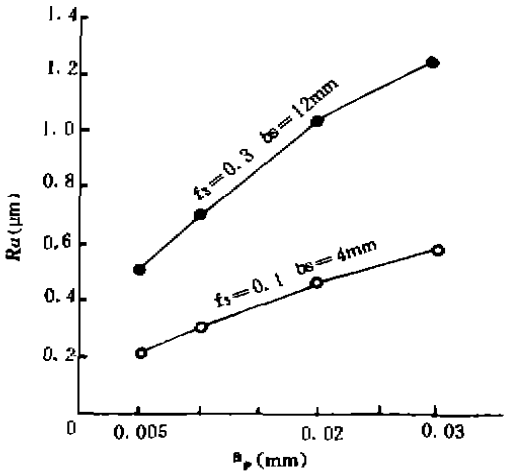
维普资讯 http://www.cqvip.com



(v_w=30m/min, f_a=12mm/r)

图 3 砂轮速度 v_s 对表面粗糙度影响

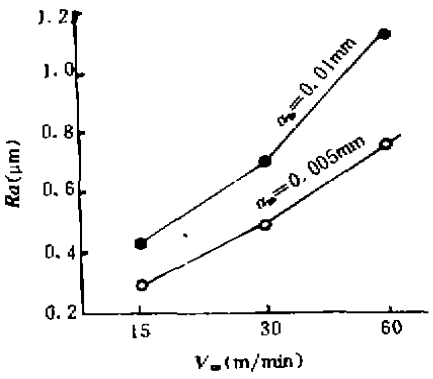
Fig. 3 relationship betqeen the wheel speed v_s and surface roughhess



(v_s=25m/s, f_a=12mm/r)

图 4 工件速度 v_w 对表面粗糙度的影响

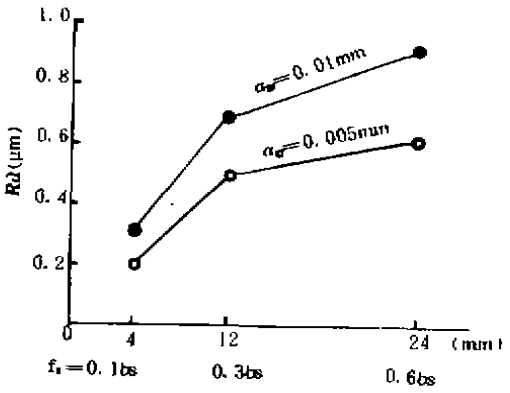
Fig. 4 relationship betqeen workpiece speed v_w and surface roughness



(v_s=25m/s, v_w=30m/min)

图 5 磨削深度 a_p 对表面粗糙度的影响

Fig. 5 relationship between depth of grinding a_p and sruface roughness



(v_s=25m/s, v_w=30m/min)

图 6 轴向进给量 f_a 对表面粗糙度的影响

Fig. 6 relationship between longitudinal feed f_a and surface roughness

参考文献

1 [日]白井英治著. 高希正等译. 切削、磨削加工学. 北京: 机械工业出版社, 1982

2 W. G. Pinkstone The Abrasive Ages, 1974

3 何秀寿, 李兆高, 高精度高光洁度磨削. 北京: 机械工业出版社, 1981

4 诸兴华. 磨削原理. 北京: 机械工业出版社, 1988

The Analysis of the Factors Affecting the Grinding Roughness

Wang Jun Sun Mingyue

(Department of No. 1 Mechanical Engineering, Fuxin Mining Institute, Liaoning, China)

Abstract: In this paper, the forming mechanism of grinding surface roughness has been investigated. With cylindrical grinding as an example the mathematical model of grimding process has been built. Based on this mathematical model the formula of grinding roughness parameter is established. According to the formula the factors affecting grinding roughness is analysed.

Key Words: grinding figure; distance between grains; roughness