

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.05.010

MC6025-MP型断屑槽对车削力影响的试验研究

王兴保¹, 王明红¹, 章宗城²

(1. 上海工程技术大学机械工程学院, 上海 201620; 2. 尚亚(上海)国际贸易有限公司, 上海 201103)

摘要:选用 MC6025、UE6020、US735 共 3 种牌号的不同断屑槽型:MP,MA,MS 型刀片,采用正交实验法断续干式车削 45#钢,通过三向测力仪测定了相同切削用量下不同槽型刀片的切削力。采用回归分析法推导出切削力与切削速度、背吃刀量、进给量的关系表达式,并获得不同槽型刀片对切削力的影响规律,通过极差分析进一步验证了上述结果。同时,试验结果得到了新型刀片 MC6025 的 MP 型槽的最适切削参数。分析结果表明:背吃刀量对 MC6025-MP 型刀片的切削力影响最大,对 US735-MS 影响最小;切削 3 要素对切削力影响的一般性结论对不同槽型刀片也是成立的。该实验范围内,新型刀片 MC6025-MP 的最适切削参数为: $a_p=0.05\text{ mm}$, $f=0.1\text{ mm/r}$, $v=56.9\text{ m/min}$ 。

关键词:断屑槽;车削力;正交实验;回归分析

中图分类号:TP501.3

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2014)05-0039-05

Effects of MC6025-MP Chip Breaking Groove on Turning Force

WANG Xingbao¹, WANG Minghong¹, ZHANG Zongcheng²

(1. College of Mechanical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China;

2. Brilliant Group International LTD(shanghai), Shanghai 201103, China)

Abstract: Three types of chip breaking groove (MP\MA\MS) of three kinds indexable inserts (MC6025\UE6020\US735) were used testing dry-cutting for 45 steel by means of orthogonal experiment. The turning forces of different grooves under the same cutting parameters can be measured by dynamometer. A formula of cutting force and cutting speed, cutting depth, feed rate can be obtained through regression analysis method, and the experiment can also get the influence of different groove type inserts on turning forces which are further verified by range analysis method. At the same time, the results obtain the optimal cutting parameters of MP type groove of MC6025 insert. Analysis results show that cutting depth have the greatest influence on cutting force of MC6025-MP insert, minimum impact on that of US735-MS; General conclusion of the effect that three factors of on turning force is also formed for different groove inserts. In this study: the most appropriate cutting parameters for new insert MC6025-MP: $a_p=0.05\text{ mm}$, $f=0.1\text{ mm/r}$, $v=56.9\text{ m/min}$.

Key words: chip breaking groove; turning force; orthogonal experiment; regression analysis

金属切削加工是现代机械制造业中所占比重最大、用途最广和最基本的加工方法^[1],在国民经济发展中一直处于十分重要的地位,而刀具在切削加工中又起着至关重要的作用。刀具切削时会产生大量的切屑,切屑过长,将会导致缠绕刀具、刮伤工件已加工表

面,严重影响加工表面质量、刀具寿命、生产效率,甚至危及操作人员的安全;切屑过碎,则会造成切屑飞散和堆积,引起切削振动。为了保证系统正常运行,提高设备利用率,必须采取合理的断屑技术。实际加工中有许多断屑方法,但利用刀具断屑槽进行合理断屑是断

收稿日期:2014-02-24;修回日期:2014-03-19

基金项目:上海工程技术大学研究生科研创新专项项目(A-0903-13-01007)

作者简介:王兴保(1989),男,湖北宜昌人,硕士研究生,主要研究方向为硬质合金车刀三维断屑槽型对切削性能的影响。E-mail:wxb420527@163.com

屑过程中非常有效而且应用最广泛的一种断屑手段。

随着刀片材料及其制造技术的发展,可转位刀片断屑槽槽型已由二维槽型发展成为准三维槽型、三维槽型及复杂槽型^[2],传统槽型如美国通用电器公司的“Carb-O-Lock”硬质合金刀片^[3],苏联乌拉尔工学院的带圆弧形断屑槽的可转位刀片^[4]等,三维槽型如成都科技大学杨治国等人研制的新型三维断屑槽刀片^[5]等。复杂三维槽型的刀片使得断屑的范围更大,达到了断屑可控制的要求,使得三维复杂槽型车刀片的使用越来越广泛^[6-7]。为了能更好地改善工件加工表面的质量、更合理有效地控制切屑的产生和卷曲以及更最大限度地提高加工效率,对不同形状断屑槽的断屑性能的研究显得尤为重要。

2012 年 10 月日本三菱公司在中国发售“车削加工用 CVD 涂层超硬材料(MC6025)刀片”,其中推出适合中度切削的 MP 型断屑槽,对于这种新型槽型能否比普通常用槽型更好地实现切屑处理,本试验选择了三菱公司的相同形状大小、相同材料和相似涂层但不

同断屑槽型的 UE6020-MA 和 US735-MS 2 种刀片与 MC6025-MP 进行对比,在正交试验的条件下,研究不同槽型刀片在相同切削用量条件下对断续切削力的影响规律,旨在为新型 MC6025-MP 型刀片提供最适合的切削用量以及其在我国的推广使用提供参考。

1 试验条件

1.1 试验条件

机床为普通卧式车床(CA6140);试件为 45#钢($\varnothing 60 \sim 80$ mm),洛氏硬度为 25.3 HRB;刀具为 CVD 涂层硬质合金车刀;仪器为切削力测定仪器 DJ-CL-1。试验所用的刀片牌号和型号见表 1,3 种刀片的外形和结构见图 1。

表 1 试验所用的刀片牌号和型号

Table 1 Insert brands and models of the test

序号	牌号	型号
1	MC6025	CNMG120408MP
2	US735	CNMG120408MS
3	UE6020	CNMG120408MA

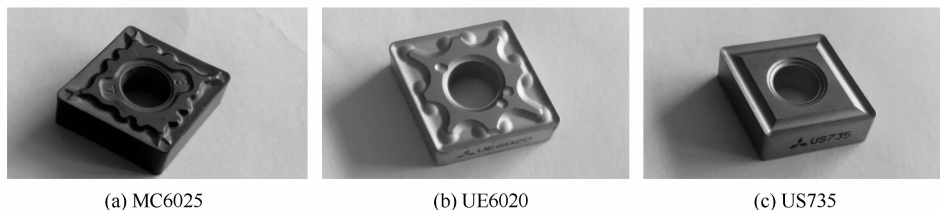


图 1 3 种刀片的外形和结构

Figure 1 Shape and structure of three kinds of blade

2 试验原理与方法

2.1 试验原理

将三向切削测力仪安装固定在 CA6140 普通卧式车床的横向溜板上,刀具装夹在测力仪的上方(图 2(a)),当刀具切削试件时,作用于刀片的三向力 F_x , F_y , F_z (F_x 表示径向, F_y 表示轴向, F_z 表示切向)直接传递给测力仪的应变式传感器,传感器将力的模拟信号输出到切削力实验仪器内进行高倍率放大(图 2(b)),再经过 A/D 模数转换为数字信号,由数据采集卡进行信号采样,然后输入到计算机中采用专用软件进行分析。

2.2 试验方法

正交试验是寻求切削力的基本规律、建立切削力公式很有效的方法,可对试验进行整体设计、综合比较和统计分析,达到在不影响试验效果的前提下,以较少的试验次数找到最适合的试验参数的目的。

正交试验结果的处理方法有:极差分析、方差分析



(a) 三向切削测力仪及传感器



(b) 线性放大器

图 2 试验所用的仪器设备

Figure 2 Test instruments

和回归分析^[8]。根据本试验的目标,选择回归分析法对试验数据进行分析,得到切削力与切削用量之间的

关系式,同时进行切削力的极差分析,验证回归分析结论的正确性。

因为各因素对切削力的影响不是独立的,较宜采用正交实验法,以便考察交互作用情况;试验指标是3个方向力(主切削力 F_Z 、轴向力 F_Y 和径向力 F_X),对3个切削用量分别挑选3个水平,这样选择正交表 $L_9(3^3)$ 来安排正交试验。根据实验设备条件以及《机械加工常用刀具数据速查手册》给出试验因素水平如表2所示。

表2 切削力正交实验采用的切削用量及其水平

Table 2 Cutting parameter and its level of the orthogonal experiment

水平	切削用量			
	a_p/mm	$f/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$	$v/(\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$	$n/(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$
1	0.05	0.10	56.9	250
2	0.10	0.14	91.0	400
3	0.20	0.20	127.4	560

3 实验结果与分析

3.1 实验结果

3种牌号不同断屑槽型刀片正交实验结果见表3~表5。

表3 MC6025-MP 型刀片正交实验结果

Table 3 Results of MC6025-MP blade orthogonal experiment

点序	a_p/mm	$f/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$	$v/(\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$	F_X/N	F_Y/N	F_Z/N
1	0.05	0.10	56.9	6	21	7
2	0.10	0.14	56.9	20	30	12
3	0.20	0.20	56.9	68	44	77
4	0.10	0.10	91.0	19	27	14
5	0.20	0.14	91.0	65	40	60
6	0.05	0.20	91.0	33	23	20
7	0.20	0.10	127.4	57	27	54
8	0.05	0.14	127.4	33	12	31
9	0.10	0.20	127.4	46	14	45

3.2 回归分析得到不同槽型刀片切削力表达式

在机床特征和刀具几何角度都确定的条件下,根据金属切削原理,切削力与切削用量参数之间存在复

表4 US735-MS 型刀片正交实验结果

Table 4 Results of US735-MS blade orthogonal experiment

点序	a_p/mm	$f/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$	$v/(\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$	F_X/N	F_Y/N	F_Z/N
1	0.05	0.10	53.4	9	63	8
2	0.10	0.14	53.4	17	68	6
3	0.20	0.20	53.4	47	83	56
4	0.10	0.10	85.4	16	20	16
5	0.20	0.14	85.4	38	26	29
6	0.05	0.20	85.4	17	11	11
7	0.20	0.10	119.6	42	26	42
8	0.05	0.14	119.6	12	5	18
9	0.10	0.20	119.6	39	11	49

表5 UE6020-MA 型刀片正交实验结果

Table 5 Results of UE6020-MA blade orthogonal experiment

点序	a_p/mm	$f/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$	$v/(\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$	F_X/N	F_Y/N	F_Z/N
1	0.05	0.10	55.0	9	33	65
2	0.10	0.14	55.0	25	40	37
3	0.20	0.20	55.0	60	51	35
4	0.10	0.10	88.0	22	31	74
5	0.20	0.14	88.0	61	41	39
6	0.05	0.20	88.0	20	19	56
7	0.20	0.10	123.1	57	35	85
8	0.05	0.14	123.1	23	14	67
9	0.10	0.20	123.1	26	6	87

杂的指数关系^[9],采用三元回归法来求出车削主切削力 F_Z 、轴向力 F_Y 、径向力 F_X 与切削速度 v 、切削深度 a_p 和进给量 f 之间关系的数学表达式。切削力与切削用量参数之间的经验公式为

$$F = C_f a_p^u f^r v^w$$

式中: C_f 为决定于加工材料和切削条件的系数; a_p, f, v 分别为背吃刀量、进给量和切削速度(切削三要素); u, r, w 分别为与切削深度、进给量和切削速度有关的指数。

经推导计算可得到 US735-MS、UE6020-MA 和 MC6025-MP 3种槽型刀片的切削力关系式如表6所示。

表6 3种槽型刀片切削力关系式

Table 6 Formula of three kinds of groove blade cutting force

牌号	切削力关系式		
	F_Z	F_Y	F_X
US735-MS	$250 a_p^{1.13} f^{0.44} v^{-0.31}$	$407 a_p^{1.06} f^{0.84} v^{-0.56}$	$574 a_p^{1.02} f^{0.79} v^{-0.43}$
UE6020-MA	$262 a_p^{1.66} f^{0.69} v^{-0.15}$	$365 a_p^{1.58} f^{0.57} v^{-0.34}$	$435.71 a_p^{1.37} f^{0.25} v^{-0.68}$
MC6025-MP	$313 a_p^{1.97} f^{0.86} v^{-0.15}$	$456 a_p^{1.76} f^{0.67} v^{-0.47}$	$638 a_p^{1.54} f^{0.55} v^{-0.61}$

由表6及表3、表4和表5可以得知在相同切削用量下3种槽型刀片数据的对比结果:

1) 从所有公式中 a_p 的指数都大于1可知,切削力与背吃刀量 a_p 均约成正比关系。

①比较不同槽型刀片的同一种切削力。

对于 F_z ,因 $1.97 > 1.66 > 1.13$,所以 a_p 对3种刀片主切削力 F_z 的影响程度为MC6025-MP > UE6020-MA > US735-MS;对于 F_y ,因 $1.76 > 1.58 > 1.06$,所以 a_p 对3种刀片轴向切削力 F_y 的影响程度为MC6025-MP > UE6020-MA > US735-MS;对于 F_x ,因 $1.54 > 1.37 > 1.02$,所以 a_p 对3种刀片径向切削力 F_x 的影响程度为MC6025-MP > UE6020-MA > US735-MS。

综上所述:背吃刀量 a_p 对3种槽型刀片切削力的影响程度为MC6025-MP > UE6020-MA > US735-MS。

②比较同一槽型的三向切削力。

US735-MS,因 $1.13 > 1.06 > 1.02$, a_p 对三向力的影响程度为 $F_z > F_y > F_x$;UE6020-MA,因 $1.66 > 1.58 > 1.37$, a_p 对三向力的影响程度为 $F_z > F_y > F_x$;MC6025-MP,因 $1.97 > 1.76 > 1.54$, a_p 对三向力的影响程度为 $F_z > F_y > F_x$ 。

综上所述:背吃刀量 a_p 对MC6025-MP型刀片的切削力影响最大,对US735-MS影响最小,并且对三向力中的主切削力 F_z 的影响最大,对径向力 F_x 的影响最小。

2) 进给量 f 的指数均为正数,但都小于1,可得出进给量 f 增大,三向力也相应增大,但并不成正比关系,这对于不同槽型刀片都是成立的^[10-11],从各个关系式上可以反映出来。

3) 切削速度 v 的指数均为负数,且数值都小于1,可以认为切削速度 v 对切削力的影响很小。

4) 对比3种槽型刀片的切削力关系式,可以看出切削三要素(a_p, f, v)对不同刀片三向切削力的影响是不同的,从关系式的常数系数可看出:MC6025-MP的三向切削力最大,US735-MS最小。

5) 背吃刀量 a_p 对切削力的影响最大,切削速度 v 对切削力的影响最小,进给量 f 对切削力的增大起促进作用。

3.3 极差分析法论证回归分析所得结论

对3种槽型刀片的正交试验结果进行极差分析,如表7所示。

表中:①对 a_p, f, v 进行编码,令A— a_p ,B— f ,C— v 。② K_1, K_2, K_3 分别代表A,B,C 3个因素在1,2,3三个水平上对应的指标(F_z, F_y, F_x)的数值之和; $k_1, k_2,$

表7 三向切削力极差分析结果

Table 7 Range analysis results of the three direction cutting force

因数	主切削力 F_z/N						极差 R
	K_1	K_2	K_3	k_1	k_2	k_3	
A	58	71	191	19.3	23.7	63.6	44.3
B	65	103	142	21.7	34.3	47.3	25.6
C	96	84	130	32.0	28.0	43.3	15.3

因数	轴向力 F_y/N						极差 R
	K_1	K_2	K_3	k_1	k_2	k_3	
A	56	71	111	18.7	23.7	37.0	18.3
B	75	82	81	25.0	27.3	27.0	2.3
C	95	90	53	31.7	30.0	17.7	14.0

因数	径向力 F_x/N						极差 R
	K_1	K_2	K_3	k_1	k_2	k_3	
A	72	85	190	24.0	28.3	63.3	39.3
B	82	118	147	27.3	39.3	49.0	21.7
C	94	117	136	31.3	39.0	45.3	14.0

k_3 分别代表各水平所对应数值的平均值。③极差 R 代表同一列中 k_1, k_2, k_3 这3个数中的最大值减去最小值。④最优方案是指将同列不同水平和同行不同因素按极差从大到小的次序排列出的方案,其中,A,B,C的排列顺序根据其极差 R 的大小来决定;下标1,2,3分别代表三个水平,他们的选择根据A,B,C各列 k_1, k_2, k_3 的大小决定。

由表7可得切削三要素对力的影响:

1) 主切削力 F_z 的影响程度为 $A > B > C$,最优方案为 $A_3B_3C_3$ 。

轴向力 F_y 的影响程度为 $A > C > B$,最优方案为 $A_3C_1B_2$ 。

径向力 F_x 的影响程度为 $A > B > C$,最优方案为 $A_3B_3C_3$ 。

此结论可证明3.2节中回归分析所得结果2)、3)、5)。

同理用极差分析法分析US735-MS和UE6020-MA的正交试验数据,比较后可证明3.2节中回归分析的结果1)、4)。

2) 在金属切削加工中,考虑刀具耐用度及寿命,减小刀具磨损,切削力越小越好,故在确定适宜切削参数时,根据切削三要素对切削力的影响程度,首先选择最小背吃刀量,其次选择最小进给量,最后选择最小切削速度,综合回归分析以及极差分析的数据及规律,在本实验范围内得知:新型刀片MC6025-MP的最适切削用量为: $a_p = 0.05 \text{ mm}, f = 0.1 \text{ mm/r}, v = 56.9 \text{ m/min}$ 。

(下转第46页)