

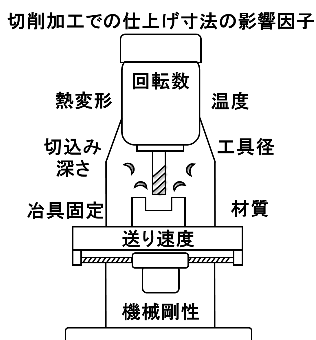
ドリル穴加工による重回帰分析を用いた切削条件の最適化

○長谷川 達郎 名古屋大学全学技術センター工学系技術支援室装置開発技術系

1. はじめに

大学における加工材料は切削条件が不明な先端材料の工作依頼が多くあり、これらの材料に適合したドリル加工法を見出すことが、重要な課題の一つとなっている。本報告では仕上げ面の精度評価として表面粗さを最小で除去体積を最大となる切削条件を見つ找出すことを課題とする。ドリル加工における不具合として切りくずが排出するとき内面を擦過することによるキズ、また切削過程での過負荷状態で起きる工具振れによるマージン部の接触によるキズなどの原因がある。

そこで本報告では、難削材に分類される SUS304 の板材に様々組み合わせの切削条件で深穴加工を行い、穴内面の仕上げ面の表面粗さに影響するパラメータの重回帰分析を行い、最適な切削条件を求めることを目的とする。



2. 切削実験方法

切削実験は縦型マシニングセンタ（ヤマザキマザック VQC-15/40）を用いて SUS304 板材に対して穴深さ 25 mm でドリル加工を実施した Fig.1. 切削工具は三菱材料製ハイスドリル(SDD0600：ねじれ角 30° ,先端角 118°) φ6.0 mm を用いて下記の Table1 に示すように送り量 F , 主軸回転数 N , ステップ加工切込み深さ S_D , の 3 つの切削条件の組み合わせ 27 通りにて実施した。また実験の順番は工具摩耗の進行と過負荷によるドリル刃先のチップング等を考慮して乱数によるランダムな順番とした。



Fig.1 Cutting testing and Workpieces

Table 1 Cutting conditions

Workpiece	SUS304 Flat bar
Tool	Hss Drill φ6.0mm
Lubrication	Water soluble cutting oil
Feed (mm/min)	0.02, 0.08, 0.15
Revolution (rpm)	200, 600, 1200
Step (mm)	1, 6, 12

3. 仕上げ面性状

切削実験で開けられたドリル穴に対して垂直方向にワイヤ放電加工機で切断し断面を観察した。 Fig.2 (a)は F : 0.08 mm/min, N : 200 rpm, S_D : 1 mm で良好な表面が観察されたが, (b)は F : 0.02 mm/min, N : 1200 rpm, S_D : 6 mm は切りくずが排出するときに起きた擦過痕と(c)は F : 0.08 mm/min, N : 600 rpm, S_D : 6 mm 切削状態が悪いときに起きる表面のむしれが観察された。



(a) Good surface (b) Scratching (c) Tearing
No.13 No.20 No.25

Fig.2 Cross section of surfaces

4. 表面粗さ

表面粗さの測定方法は表面粗さ計(Mitutoyo-Surf Test SJ210)を用いて算術平均粗さ R_a (以下 R_a とする) として評価した。

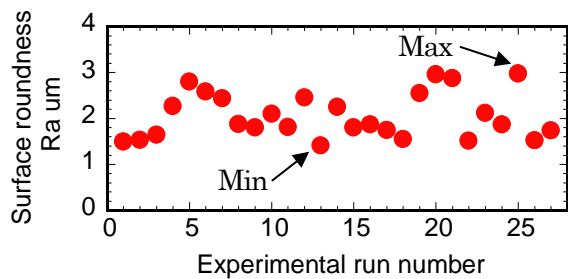


Fig.3 Relationship between surface roundness R_a and Experimental run number.

5. 重回帰分析による R_a の予測式

重回帰分析を行い、様々なパラメータの相互関係を式で表し、表面粗さ R_a の予測し、各パラメータの影響度を分析した。

Table 2 Result of the multiple regression analysis.

回帰統計				
重相関 R	0.726816			
重決定 R2	0.528262			
補正 R2	0.46673			
標準誤差	0.359001			
観測数	27			
	自由度	変動	分散	有意 F
回帰	3	3.319447	1.106482	0.000525
残差	23	2.964272	0.128881	
合計	26	6.283719		
	係数	標準誤差	t	P-値
切片	1.077226	0.240251	4.483746	0.000169
送り	-0.46302	1.300522	-0.35603	0.725065
回転数	0.053352	0.014103	3.783049	0.000963
ステップ	0.113115	0.033623	3.364167	0.002681

上記 Table 2 の重回帰分析の解釈は、 P 値は回転数 N とステップ切込み深さ S_D は有意水準 1% で有意であり、送り量 F は有意水準 5% で有意ではない。

また表面粗さ R_a に対する予測式は下記の式となる。

$$R_a = 1.077226 - 0.46302F + 0.053352N + 0.113115S_D \dots \dots (1)$$

決定係数 0.528262 から、この予測式(1)によって R_a の約 53% が説明でき、有意 F は 0.05 未満なので、関係式(1)は信頼性があるといえる。

まとめると Fig.4 から表面粗さ R_a に与える影響として回転数 N が一番影響し、次にステップ切込み深さ S_D となり、影響度が無いのが送り量 F といえる。

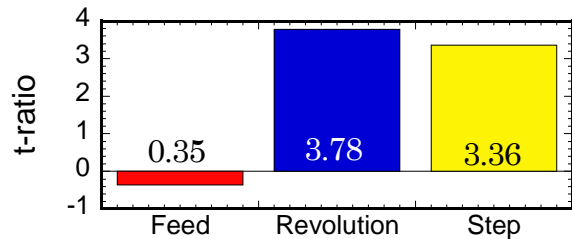


Fig.4 Factors effect on the surface roughness

6. おわりに

本報告ではドリル穴加工を行い、穴内面の仕上げ面粗さに影響するパラメータを統計的手法により最適な切削条件を求めることが出来た。以下にまとめると

- (1) 予測式から主軸回転数 N を遅く、ステップ切込み深さ S_D を小さくすると表面粗さ R_a は良好になる。
- (2) 各パラメータの影響度として、回転数 N が一番影響し、次にステップ切込み深さ S_D となり、影響度が無いのが送り量 F である。

今後の課題として、実験回数が 27 通りもあり、事前に実験計画法によって回数を減らしつつ予測式の精度を向上させる。また、負の係数が出る場合の多重共線性を回避するには変数の 2 変量解析を行ない相関係数や偏回帰係数の符号を見たりすることで発見できる。よって相関係数の高いどちらかの変数を除外して分析するなどの対策が必要と考えられる。

参考文献

1) Tomoyuki TANAKA Tetsuya YOKOYAMA
 岐阜県情報技術研究所研究報告 第 9 号 P45
 連絡先
 E-mail : hasegawa@etech.engg.nagoya-u.ac.jp