

切削加工における切削抵抗測定の実用事例

～材料評価、精度向上、生産性向上に役立つ研究事例の紹介～

精密・電子・航空技術部門

工業技術総合センター（精密・電子・航空技術部門：岡谷市）（以下、当センター）では切削加工時の切削抵抗測定や、その他の評価手法を組み合わせ、切削加工現場の課題解決を支援しています。

■ はじめに

新規材料の被削性評価や、加工精度の向上、生産性向上のための効率的な切削条件の探索などの様々な切削加工現場の課題解決のために、切削抵抗の測定は重要です。

当センターでは、キスラー製の圧電式切削動力計が組み込まれた高速通信モジュール試作装置（オークマ製 LB-2000EX II、図1）及び難加工材切削特性評価装置（安田工業製 YBM640verIII、図2）による切削抵抗測定や、その他の評価手法を組み合わせ、切削加工現場の課題解決を支援しています。

今回は、当センターの研究報告や学術講演会での発表から、最新の研究事例を紹介します。



切削抵抗測定動画
公開中！

<https://youtu.be/p7CMTgGEW8>

図1 高速通信モジュール試作装置



図2 難加工材切削特性評価装置

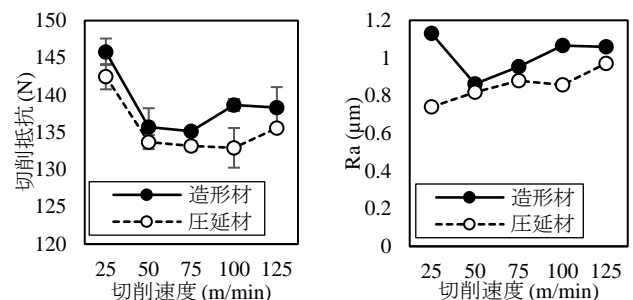
■ 新規材料の被削性評価

積層造形した金属材料などの新規材料の被削性評価において、切削抵抗の測定は重要です。

切削速度 25m/min～125m/min で旋削加工した

際の切削抵抗及び加工面の表面粗さ (Ra) を Ti-6Al-4V の造形材と圧延材で比較したグラフを図3(a)、(b)に示します。切削抵抗及び表面粗さは造形材がわずかに大きい値を示したものの、大きな違いがみられませんでした。また、排出された切りくずを図4(a)、(b)に示します。造形材は圧延材よりカーブ半径が大きくなりました。これは、引張試験により判明した造形材と圧延材の伸び値の差（造形材 8%、圧延材 15%）が原因のひとつとして考えられます。

このことから、Ti-6Al-4V の造形材と圧延材は、切りくずの形態に違いはあるものの、切削抵抗や表面粗さは大きな違いがないといえます。



(a) 切削抵抗 (b) 表面粗さ (Ra)

図3 Ti-6Al-4V の造形材と圧延材の被削性



(a) 造形材



(b) 圧延材

図4 排出された切りくず(切削速度 75m/min)

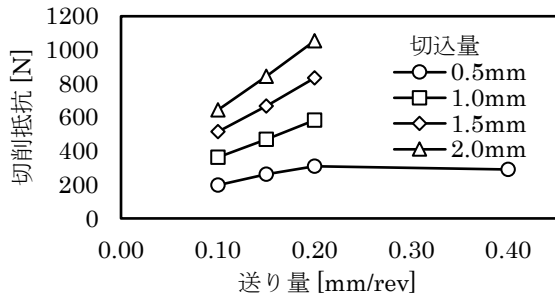
■ 加工精度向上～加工面の残留応力の評価～

加工中の大きな切削抵抗は被削材のたわみ・びびりにつながり、加工面の大きな残留応力は加工後の変形につながります。加工中の切削抵抗と加工後の残留応力を測定し、両者を比較することで加工精度の向上につながる可能性があります。

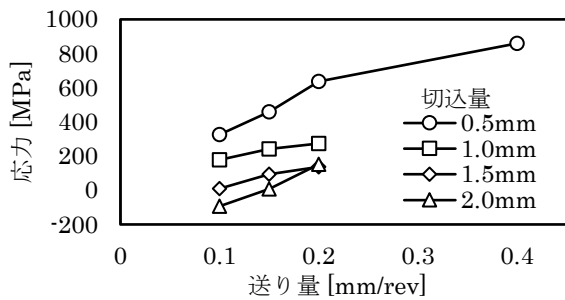
一例として、SUS304 の旋削加工について、切込量と送り量を変化させた場合の切削抵抗と送り方向の残留応力の値を図5(a)、(b)に示します。一定の送り量において、切込量が少ないほど切削抵

抗は低く、引張の残留応力は高い値となりました。切削抵抗の値と切削条件から求まる単位面積あたりの切削抵抗は、切込量が少ないほど高い値となるため、単位面積あたりの切削抵抗が加工面の残留応力に影響を及ぼしたと考えられます。

このことから、加工精度向上のためには、極端に切込量を少なくすることは避け、切削抵抗と加工面の残留応力を比較して条件を探索する必要があります。



(a) 切削抵抗



(b) 加工面の残留応力 σ

図5 切削試験結果

■ 効率的な切削条件の探索

要求される表面粗さで仕上げるため切削条件を最適化する場合、使用工具、切削速度、切込、送り等の多岐にわたる項目において、品質工学的手法を活用して条件を絞り込む方法があります³⁾。

S45C 未処理材の旋削加工について、切削速度、ノーズR及び試料突出し長さの3項目の制御因子と、切込、送り及び工具摩耗の3項目を調査した誤差因子について、各因子を2水準変化させて、表面粗さの影響が少ない切削条件を探索しました。ここで、L4直交表を活用すると、制御因子の評価が4条件で完了します。L4直交表に従い切削した際の表面粗さ(Ra)及びばらつきの尺度であるSN比と出力の平均値を示す感度の計算結果を表1に示します。

SN比が最大のNo.2を最適条件とし、制御因子3項目がすべてNo.2と違う水準の比較条件で確認試験を実施した際の利得の再現性を表2に、切削抵抗及び主軸負荷を図6(a)、(b)に示します。利得にはある程度の再現性があることと、最適条件が比較条件より切削抵抗の変動が小さく、主軸負

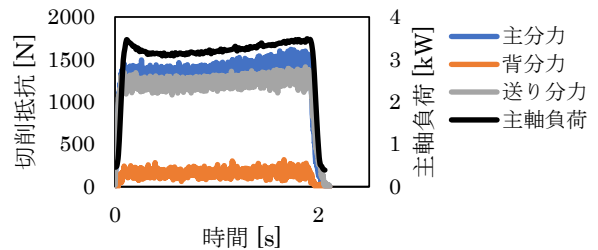
荷も小さいことがわかりました。

表1 表面粗さ及びSN比、感度の計算結果

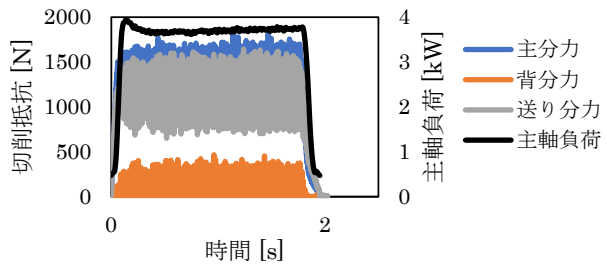
実験 No.	算術平均粗さRa(μm)		SN比 (dB)	感度 (dB)
	誤差因子①	誤差因子②		
1	2.12	4.32	5.76	9.62
2	2.28	2.69	18.68	7.88
3	2.27	3.65	9.36	9.18
4	1.76	3.03	8.20	7.26

表2 利得の再現性

	SN比 (dB)		感度 (dB)	
	推定	確認	推定	確認
最適条件	18.7	12.4	7.9	6.9
比較条件	2.3	5.6	9.1	9.8
利得	16.4	6.8	-1.2	-2.9



(a) 最適条件 (誤差因子②)



(b) 比較条件 (誤差因子②)

図6 確認試験における切削抵抗及び主軸負荷

■ おわりに

切削抵抗測定は、依頼試験・設備利用でご利用いただけ、共同・受託研究なども対応が可能です。ご不明な点はお気軽にお問い合わせ下さい。

引用文献

- 1) 岩野ほか. 再利用粉末により積層造形したTi-6Al-4Vの被削性. 2024年精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, p.386-387(2024)
- 2) 池田ほか. 切削加工面の残留応力測定. 長野県工技センター研報. 19, p.P70-P73 (2024)
- 3) 児野ほか. 品質工学による切削加工時の表面粗さ最適化に関する研究. 長野県工技センター研報. 19, p.P45-P48 (2024)

長野県工業技術総合センター
精密・電子・航空技術部門 加工部 岩野
TEL:0266-23-4052
E-Mail:seimitsushiken@pref.nagano.lg.jp

(2024年10月作成)