

高精密加工技術に関する研究 (第2報)

—超音波ねじり振動を用いた難削材料の加工—

西村通喜・藤原和徳・米山陽

Study on High Precision Machining Technology

—The Cutting of Difficult-to-cut Materials Using Ultrasonic Torsion Vibration—

Michiyoshi NISHIMURA, Kazunori FUJIHARA and Akira YONEYAMA

要 約

難削材と呼ばれる材料の中で、耐熱性、耐食性の優れたニッケル基合金「インコネル625」に対し、従来、高硬度材料に対して有効な加工方法として注目されている「超音波振動切削法」を適用して加工実験を行い、部品加工への可能性の検討を行った。その結果、従来の加工法に比べ切削抵抗の減少や、工具寿命の延長が認められた。

1. 緒 言

機械部品の高精度化にともない、マシニング加工等切削加工においても、年々厳しい精度が要求されてきている。実際、当センターにおける精密測定に関する技術相談や実際に企業から持ち込まれた測定物の真円度測定、三次元座標測定等の測定結果からも何うことができる。このように以前では、部品の一部分だけに指定されていた特別な加工精度が、数年経つと極く当然ようになってきていて、今後さらに厳しくなることが予想される。また、加工素材においても、多品種少量生産の流れの中で、従来の快削系材料のみならず、「難削材」と呼ばれるステンレス鋼、ハステロイ等高ニッケル基合金などの材料加工の仕事が急速に増えつつある状況である。

県内の切削加工関連の状況を見ても、加工部品の多品種少量化、短納期化及び厳しいコストダウンの要請の中で、経営環境は、非常に厳しいといえる。高度技術開発センターに対してもステンレスやハステロイ等の切削、研削加工に関する技術相談が多く寄せられている。

そこで、難削材のうち、実際に県内企業で使用されているインコネル625の切削加工条件を把握するため研究に取り組んだ。

本研究は、高硬度材料の旋盤加工等に適用されている超音波振動切削加工法を用いて難削材の加工を試み、部品加工の高精度化や工具の長寿命化を目標に実験を行った。以下、結果について報告する。

2. 実験方法

2-1 被削材

難削性の高い材料であり、加工データの少ない材料の「インコネル625」の代表的な難削特性を以下に示す。

- ・高温強度が大きい
- ・加工硬化が生じやすい
- ・熱伝導率が小さい
- ・工具材料との親和性が高い

2-2 実験装置

切削試験に使用した加工機は縦型3軸のマシニングセンタ(三井精機:VU-50A)である。超音波振動切削試験は、ツールホルダ部分に超音波振動装置(富士工業:FUM-1)を付加し、実験を行った。超音波振動切削加工装置は、工具先端に周波数27kHz、振幅10~20 μ mのねじり振動を与えながら加工することが可能な装置である。装置の外観を図1に示す。

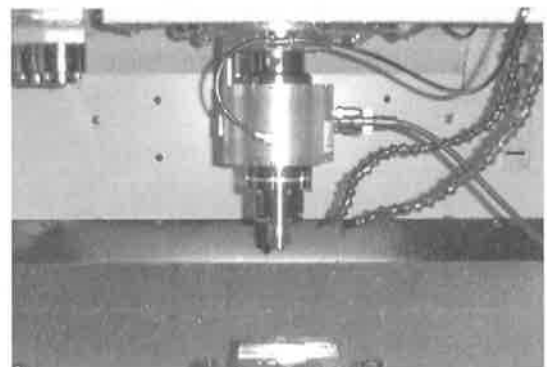


図1 超音波振動切削装置

2-3 切削動力について

インコネル625の、ドリル加工において、工具先端に超音波振動を付加し、加工時に発生する切削抵抗を測定し、その効果を検証した。表1に切削条件を示す。

切削抵抗の測定は、切削動力計（キスラー：9272B）に被削材を固定し、加工時におけるスラスト方向、回転方向の2成分の切削抵抗を測定した。切削抵抗について、2成分の力関係を図2に示す。

表1 加工条件

| | |
|------|-------------------------|
| 工具 | |
| 工具径 | 直径1mm : OSG製 VPH-GDS |
| 素材 | コーティング付HSS |
| 加工条件 | |
| 切削速度 | 約2~5m/min (600~1500rpm) |
| 送り速度 | 0.01mm/rev |
| 穴深さ | 0.5mm (止まり穴) |
| 切削液 | 不水溶性 (ミスト状) |

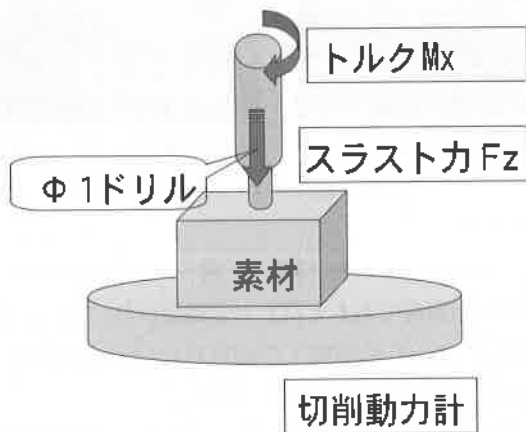


図2 切削動力測定実験の概略図

2-4 工具寿命について

工具先端に超音波振動を付加し、加工を行った場合の工具寿命について検討した。30mm角のブロック上面に直径1mmのHSS及び超硬ドリルを用いて、工具が欠損するまで加工を行い、その加工数により工具寿命の評価を行った。また、欠損しなかった場合は、工具を観察し、工具の逃げ面摩耗量により評価を行った。切削条件を表2に示す。

表2 加工条件

| | |
|------|----------------------|
| 工具:1 | |
| 工具径 | 直径1mm : OSG製 VPH-GDS |
| 素材 | コーティング付HSS |

工具:2

| | |
|--------|---------------------|
| 工具径 | 直径1mm : OSG製 FT-GDS |
| 素材 | コーティング付 超硬 |
| 加工条件 | |
| 切削速度 | 4.7m/min (1500rpm) |
| 送り速度 | 0.01mm/rev |
| 穴深さ | 3.0mm (止まり穴) |
| 下穴 | センタドリル深さ0.6mm |
| ステップ | ステップフィード0.5mm (G83) |
| 切削液 | 不水溶性 (ミスト状) |
| 最大加工穴数 | 182穴 |

3. 結果及び考察

3-1 切削動力の変化

切削速度を変化させ、加工した時のトルク方向、スラスト方向にかかる切削動力を図3、図4に示す。

切削速度に関わらず、工具先端に超音波振動を付加した場合はトルク方向、及びスラスト方向の切削動力は10%程度減少した。このことは、インコネル625に対して、超音波振動を付加する切削加工法が有効であることを示している。

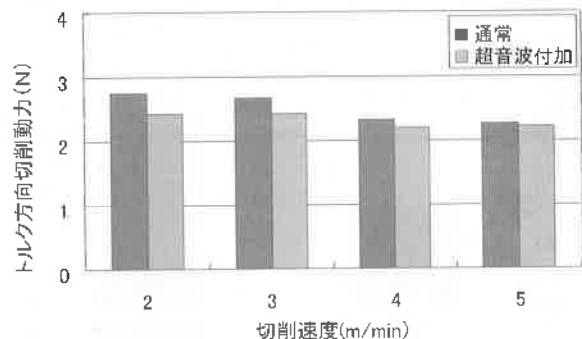


図3 トルク方向の切削動力

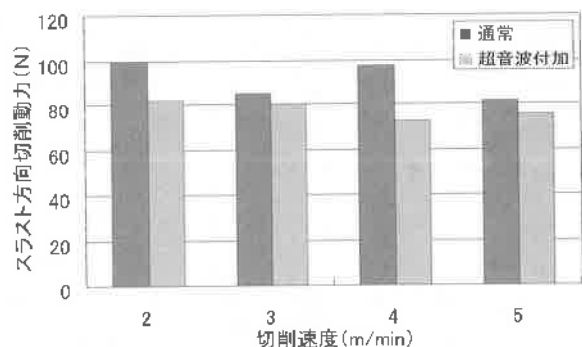


図4 スラスト方向の切削動力

3-2 HSS工具を用いた加工結果

超音波振動の付加が工具寿命に与える影響については、図5の結果から明らかなように、超音波振動を付加する

と、工具寿命は約2倍となることがわかった。

また、加工時に発生する口元付近のバリの高さおよび、穴の側面の表面粗さ(Ra)の測定した結果をそれぞれ図6、図7に示す。

これらの結果より、通常の加工を行った場合は、加工穴数が30穴を超えた近辺から、バリ高さ、表面粗さともに急激に悪くなり欠損につながっている。これは、工具への被削材の溶着や、工具先端の微小な欠損の影響により、急激に加工負荷が増加しているものと推測される。

超音波振動を付加した場合は、通常加工に比べて両者ともに加工穴数が増加するに従って、緩やかに悪化し欠損につながっている。これは、超音波振動を付加したことにより、工具への溶着が抑えられたものと思われる。

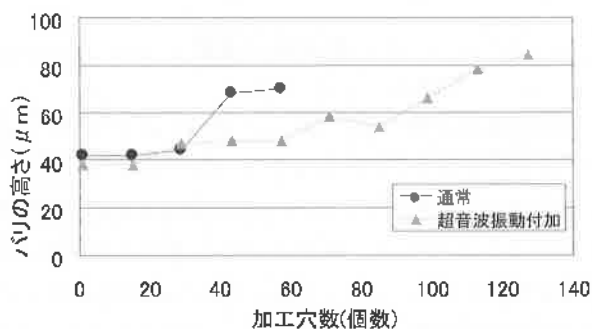


図5 加工穴数結果

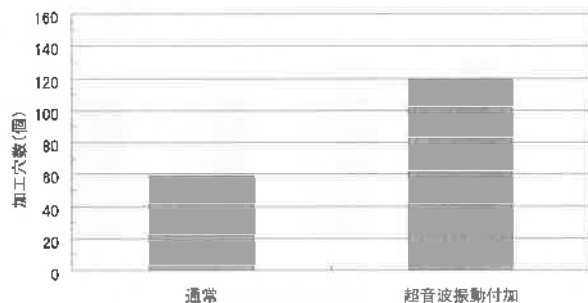


図6 加工時のバリの高さ

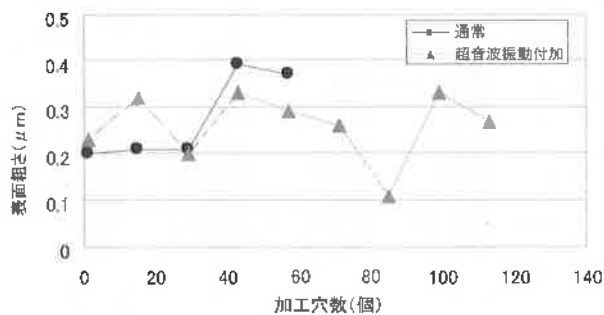


図7 穴側面の表面粗さ (Ra)

3-3 超硬工具を用いた加工結果

超音波振動の付加が超硬工具寿命に与える影響について実験を行った結果、超音波振動の付加の有無に関わら

ず、図8に示すように工具欠損することなく182の穴加工ができた。また、加工後の工具の逃げ面摩耗を観察した結果を図9に示すが、図からもわかるように、わずかではあるが、超音波振動を付加した加工により工具摩耗量が減少している。

さらに、加工時に発生する口元付近のバリ高さや、穴側面の表面粗さについては、HSS工具の結果と同様な結果を示した。

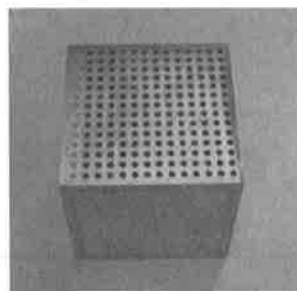
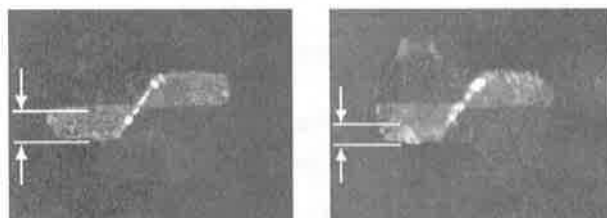


図8 加工試験結果



通常の切削加工 超音波振動を付加した加工

図9 加工後の工具観察

4. 結 言

切削加工が困難であると言われる難削材料に対し、超音波振動を付加した切削加工の適用性について検討した。その結果、以下の点が明らかになった。

(1) 超音波振動を付加することによって、ドリル加工時の切削動力が減少することがわかった。

このことにより、小径工具や薄物加工においても高精度に加工を行うことが可能となる。

(2) 超音波振動を付加することにより、工具寿命が延びることが明らかになった。

これらの結果から、安定した加工と、コストダウンが可能となることが判明した。

参考文献

- 1) 狩野 勝吉：切削加工ハンドブック，工業調査会（2002）