

精密ウォータージェット加工技術の研究*

竹山 隆仁^{*1}

Study on Precision Cutting technique by Water Jet Machining

Takahito TAKEYAMA

ウォータージェット加工の特徴を生かし新分野進出や高品質・高機能製品製造をすすめる上でネックとなっている、切断加工の高能率化・高精度化という課題に取り組んだ。壊食幅の狭い加工、小径穴加工を実現するためにノズル形状の最適化に取り組み、研磨材供給部を改善し切断実験を行った。

キーワード：ウォータージェット、切断加工

1 はじめに

近年金属加工業においては、より精度の高い加工技術が求められている一方、チタン、ニッケル等の難削材の加工が魅力的な進出分野として考えられている。このような中、ウォータージェット加工は水の力を利用して加工を行うために刃物加工や熱加工と比較して金属の種類を選ばず加工することができ、熱の発生が少ないため歪が生じにくいという利点がある。このような特徴を生かすことで新分野進出や高品質・高機能製品製造をターゲットとすることが可能となる。

本研究では、ウォータージェット加工を行う上でネックとなっている部分を解決し、支援地域中小企業への技術の普及をはかることで、需要の期待できる特殊金属加工分野等への進出を促すことを目標とした。

現状におけるウォータージェット加工の課題として、切断加工の高能率化・高精度化という課題について抽出した。これはこれまで工業技術センターにおいて企業に対して指導を行ってきた中で、改善要望の高い課題であった。ウォータージェット加工の切断速度はレーザー加工とワイヤ放電加工の中間でありながら、その形状精度が両者より

も1桁以上劣ることから改善が求められた。ウォータージェット加工は材料板厚という観点からはワイヤ放電加工と同等の厚みのものを切断でき、加工速度もワイヤ放電加工を上回る。またレーザー加工と比較すると数倍の厚みの材料を切断することが可能である。また熱歪の発生も少ない。一般的に言われているウォータージェット加工の精度は0.1mmオーダーであるが、特殊金属を切断する際にこれ以上の精度で、かつできるだけ短時間で加工を行うことが求められた。以上のような観点から、本研究に取り組んだ。

2 実験方法

本実験で使用したCNCウォータージェット加工機の性能を表1に示す。この加工機を用いて実験を行った。

表1 加工機性能

最大圧力(MPa)	350
ノズル送り速度(mm/min)	0~5,000
加工エリア(mm)	1,000×1,000
テーブル面とのノズル距離(mm)	0~300

* 精密ウォータージェット加工技術の研究
(第1報)

(集積活性化支援特定中小企業強化事業)

*1 現 宮崎県機械技術センター

3 実験結果及び考察

切断加工の高精度化・高能率化を視野に入れ、

ノズル形状の最適化について取り組んだ。

表2に、現時点でウォータージェット加工機メーカーが取り扱っているウォーターノズルとアプレシブノズルの標準的組み合わせを示す。通常切断加工に用いられる組み合わせとしては、 $\phi 0.33/1.0\text{mm}$ が一般的で、そのノズルを使用して研磨材は#80のガーネットを用いる。アプレシブノズル内径が1.0mmであるので、 $\phi 1.0\text{mm}$ 以下の穴加工や1.0mm以下の壊食幅の切断加工は事実上不可能である。従って、それ以下のアプレシブノズルを用いることが必要となる。

表2 ウォーターノズルとアプレシブノズルの標準的組み合わせ

ウォーターノズル [mm]	アプレシブノズル [mm]
0.33	1.0
0.254	0.75
0.178	0.5

そこでメーカーが製作している最も内径の小さいアプレシブノズルを用いて実験を行った。具体的にはウォーターノズルとアプレシブノズルの組み合わせは $\phi 0.178/0.5$ である。この組み合わせを用いて加工するには、 $\phi 0.33/1.0$ や $\phi 0.254/0.75$ と比較して細かな制御が必要となってくる。まず高圧水と研磨材との混合に関する点であるが、ウォーターノズル径が小さいため噴射流量が少なく、これにより研磨材を吸引しづらい状況となってしまう。即ち流量が少ないために負圧が低く、研磨材を必要量吸引せず高圧水と混合できない。従って $\phi 0.33\text{mm}$ のウォーターノズルでは180g/min以上の研磨材を供給していたのに対し、60g/min程度まで減量する必要があった。実験過程ではそれ以上の供給量でも試してみたが、供給管の中に堆積してしまい高圧水と正常に混合することができなかった。高圧水と研磨材の混合という観点で考えてみると、重要な役割を果たすのが混合室形状、研磨材供給管の径及び長さである。混合室形状は使用するウォーターノズル径に合わせて、負圧が発生しやすく研磨材と高圧水が混ざりやすい形状とした方がよい。従って混合室を使用するウォー

ターノズルにあわせて数種類使い分けた方がベターではあるが、現状では対応していない。研磨材供給管の径と長さも負圧の発生に関連する部分で、長さはできるだけ短く、急角度の屈折部分がないようにした。なお、今回は研磨材の供給は高圧水噴射により発生する負圧により行っているが、今後の課題としては負圧では吸引しきれない量を加圧して供給するようなシステムの構築が挙げられる。

また、研磨材粒径も自ずから細かいものを使用することとなり、#120(粒径0.2mm程度)以下の粒径のものを使用することとなった。上述したように研磨材供給量を減量する必要があったため、供給量を調節するオリフィスを製作した。研磨材を供給する際研磨材をオリフィスで絞ることにより供給量が決定されるのだが、メーカー純正では内径 $\phi 3.8\text{mm}$ までのものしかなく、180g/min以下の調整ができない状態であった。アルミ板の中心に穴を加工して穴径による供給量の調査を行い、研磨材粒度ごとにオリフィス内径を調整した。これは研磨材粒度により多少の誤差が出てくるため、供給量を粒度に関係なく一定にするために行った。表3にオリフィス内径と供給量について調査した結果の一部を示す。

表3 オリフィス内径と研磨剤供給量

オリフィス内径	研磨剤供給量	
	#150 [g/min]	#220 [g/min]
$\phi 2.5$	58.5	56.8
$\phi 2.8$	71.8	70.8
$\phi 3.0$	93.5	89.9
$\phi 3.2$	111.5	109.5

研磨材タンクは通常使用する#80のガーネットを貯留しているが、粒度を変更する毎に入れ替えるのが困難であるので別にタンクを設けてそこから研磨材を供給するようにした。この際負圧の影響により供給量が変動しないように、ノズルユニットにつながるラインと研磨材供給量調整部分は切り離れた。この別タンクをノズルユニット近傍に設置することにより研磨材供給管の長さを可能な

限り短くすることができた。

このノズル（ウォーターノズル ϕ 0.178/アプレシブノズル ϕ 0.5mm）を使用して高圧水噴射実験を行った。噴射圧力は200MPaとし、研磨材は#120、#180、#220のガーネットを使用した。研磨材の供給量は60g/minとした。この条件で噴射してみたところ、脈動により研磨材が均一に吸引されないという現象は発生しなかった。アルミニウムA5052、3tをノズル送り速度100mm/minで切断加工したところ、壊食幅は0.6mm程度であった。切断速度については、研磨材粒径の小さなものを使用していることと噴射圧力を200MPaで抑えていることから、通常のセッティングと比較すると送り速度をかなり低速とせざるを得なかった。たとえ研磨材を減量せずに同等の量を供給したとしても、粒径が小さくなると運動エネルギーが小さくなることから壊食する能率は低下してしまう。したがって、このノズルを使用する場合は壊食幅を狭くしたい場合や1mm以下の穴を加工する場合に限定した方が能率的である。即ち、一

つの部品でも必要な部分だけこのノズルで加工するようにして、他の部分は通常のセッティングで加工するようにすれば、このノズルだけで加工するよりも加工時間を短縮することができる。

4 まとめ

ウォータージェット加工の特徴を生かし、新分野進出や高品質・高機能製品製造をすすめる上でネックとなっている切断加工の高能率化・高精度化という課題に取り組んだ。特殊金属を高精度、短時間で加工することを念頭に置き、壊食幅の狭い加工、小径穴加工を実現するためにノズル形状の最適化に取り組み、研磨材供給部を改善し切断実験を行った。

ウォーターノズル ϕ 0.178mm、アプレシブノズル ϕ 0.5mmを使用して、より壊食幅の狭い切断加工実験を行ったところ、切断自体には問題はないものの加工時間という点で課題が残った。この点を改善するためには、研磨材を加圧供給するなどの対策が必要である。