

# ウォータージェットによる精密研削の研究\*

竹山 隆仁\*<sup>1</sup>

Study on Precision Grinding technique by Water Jet Machining

Takahito TAKEYAMA

現在板金構造物等の端面研削は手作業に依存しているのが実状であり非能率的である。そこでウォータージェット加工をワーク端面の研削に応用する研究を行った。材料端面に対して平行にジェットを噴射することによる影響について調査した結果、研磨材粒度を大きくするに従い加工表面粗さが改善されること、またノズル移動速度による差が小さくなるという結果を得た。

キーワード：ウォータージェット、研削加工

## 1 はじめに

現在、板金構造物等の端面の研削を行う場合、手作業に依存しているのが実状であり、非能率的である。このような状況を鑑み、ウォータージェット加工をワーク端面の研削に応用する技術について研究を行った。

金属加工業においてウォータージェット加工は材料の切断、塗装の剥離、ショットピーニングなどに用いられている。一般的には他の工作機械で切断することが難しい難削材を切断加工するケースが大部分を占める。本研究においては材料を広範囲に除去加工することが目的ではなく、材料端面の表面粗さ改善と寸法調整を念頭に置いている。ウォータージェット加工の特徴である被削材種を選ばないことと、水の力を利用して加工を行うため熱の発生が少なく熱歪が小さいという点を活かして、端面研削の高効率化に応用できるよう検討した。またNCにより幾何学的形状のものについても対応可能である。本研究では、鋼やアルミニウムといった材料について加工実験を行い基本的性状を調査したので、その結果について報告する。

## 2 実験方法

### 2 - 1 CNCウォータージェット加工機

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。

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
テーブル面とノズルの距離(mm)	0~300

### 2 - 2 試験片

材料は機械構造用炭素鋼(S45C、板厚9mm)とアルミニウム(A5052、板厚10mm)を用いた。

### 2 - 3 実験方法

ジェットを噴射しながら材料の端面に対して平行にノズルを移動し、その際の加工面粗さ及び壊食量を測定した(図1)。

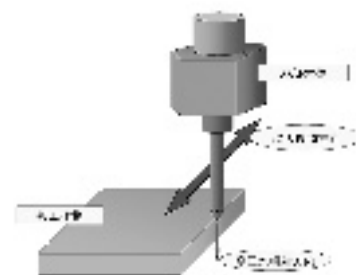


図1 実験概略図

\* ウォータージェットによる精密研削の研究  
(第2報)

\* 1 現 宮崎県機械技術センター

70×30mmの大きさに切断し、表面を研磨した試料に対し端面に平行にノズルを移動させながらジェットを噴射した。

各実験条件については、昨年度の実験で、噴射圧力は最高圧力である350MPaのときが表面粗さはもっとも小さかった。しかし常に最高圧力でのポンプの使用はメンテナンスサイクルを著しく短くさせるに至り、ポンプ内部部品にもクレータ状のへこみが発見された。この状況を鑑み機械のダメージの低減を考えて、噴射圧力は300MPaとした。

噴射位置については、図2のように、ノズル中心軸と材料端面が重なる位置を±0とし、中心軸がそれよりも材料内側の時を+方向、逆を-方向とした。内径1.0mmのノズルを使用した場合、噴射位置+0.5mmでは噴流のほとんどが材料に衝突し、-0.5mmでは噴流のごく一部しか衝突しない状態になる。今回の実験では、昨年度内径1.0mmのアプレシブノズルを使用した際もっとも表面粗さが小さかった-0.5mmに固定して実験を行った。

ノズル高さ（材料表面とノズル先端との距離）は噴流の広がりを極力抑えるために1.0mmとした。

ウォーターノズル及びアプレシブノズルは最も基本的なメーカー仕様である内径0.33mm/1.0mmの組み合わせを使用した。研磨材はガーネットの#80、#120、#150、#220を使用し、この研磨材を180g/minの割合で供給した。

#### 2-4 評価方法

加工した試料の寸法を万能投影機にて計測し、表面粗さ輪郭形状測定システムにて加工面の粗さを測定した。また加工表面の性状について、三次元干渉測定顕微鏡を用いて調査した。寸法については、図3において色の付いた部分が噴流により壊食された部分とすると、材料の上面側と下面側を加工前と加工後に測定し比較した。表面粗さは、材料上面から1mm、板厚の中心、材料下面から1mmの位置を測定した。参考までに、S45Cの切断加工時の表面粗さはRaが上から2.07、2.37、2.78であった（加工条件：圧力350MPa、切断速度10mm/min、研磨材#80、供給量180g/min）。

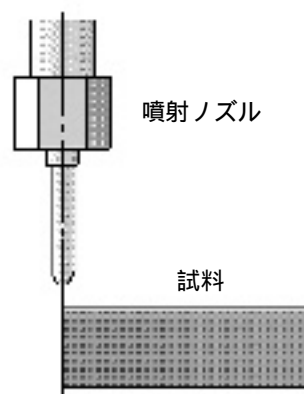


図2 噴射位置

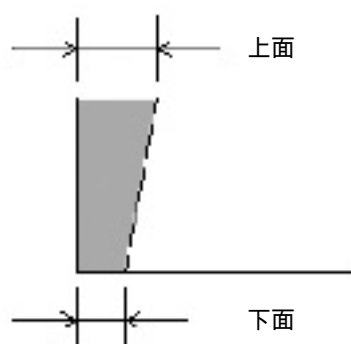


図3 壊食幅測定

### 3 実験結果及び考察

#### 3-1 壊食幅について

噴流によって壊食された幅について図4、5に示す。研磨材粒度により差異はあるが、S45Cであれば10~20mm/min、アルミでは40~50mm/minのノズル移動速度の範囲では上面と下面が同程度の幅だけ壊食される。その速度よりも小さければ、下面側が多く壊食されテーパが生じる。逆に移動速度を大きくすると上面側が多く壊食されるようになり、S45Cにおいては50mm/minの移動速度では下面側はほとんど壊食されない。

研磨材粒度による壊食幅の差はそれほど大きくない。切断加工においては研磨材粒径の大きなものの方が運動エネルギーが大きいため、垂直切断速度、最高切断速度共に粒径の小さな研磨材の場合よりも大きくなる。しかし本実験においては流速の大きいノズル中心軸からオフセットさせて噴射しているために、研磨材粒度の影響が小さくなったものと予想される。

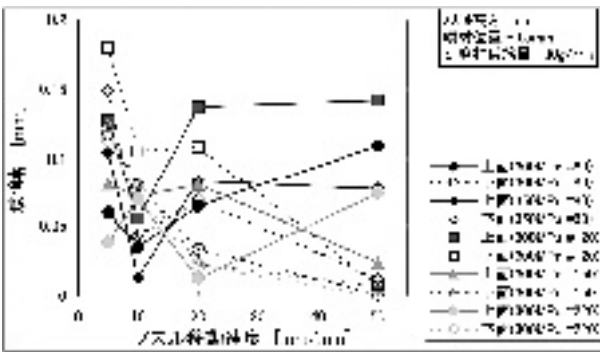


図4 壊食される幅の変化 (S45C)

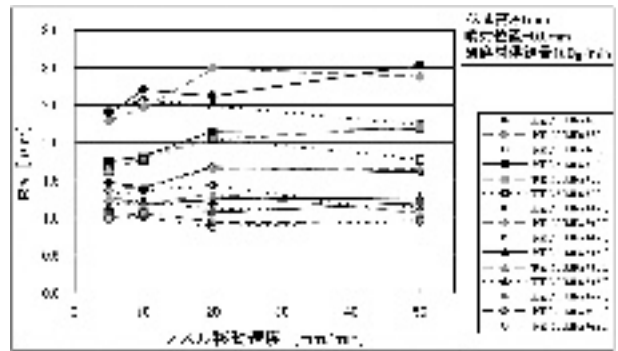


図6 算術平均粗さRaの変化 (S45C)

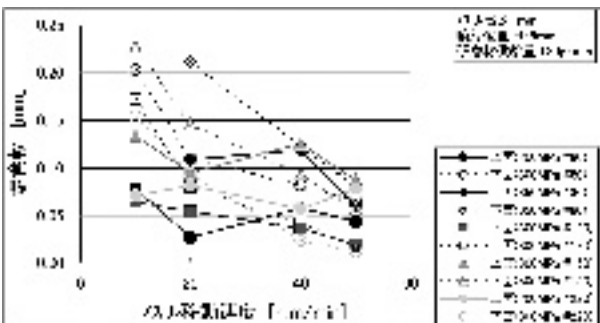


図5 壊食される幅の変化 (A5052)

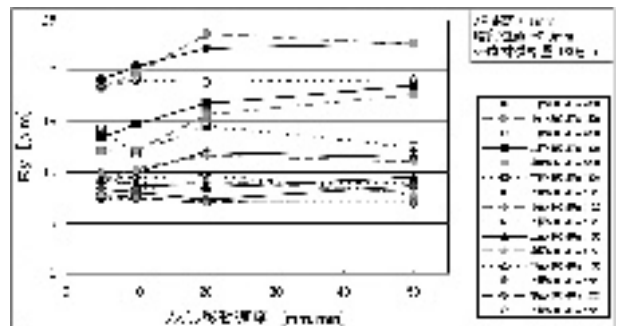


図7 最大高さRyの変化 (S45C)

### 3 - 2 表面粗さについて

S45CとA5052の算術平均粗さRaと、最大高さRyについて図6～9に示す。

表面粗さは、研磨材粒度が大きくなるにつれて小さくなっている。また、#80ではノズル移動速度が大きくなるにつれて加工表面粗さが大きくなりその差が明確であるのに対し、粒度を大きくしていくと際だった差が見られなくなる。現段階では、機構的には一般的な研削と同じで粒度の大きい研磨材でそれよりも大きい傷を削っていくと考えている。被削材を摩耗させるためには被削材の靱性よりも研磨材のエネルギーが大である必要があるが、研磨材供給量が変わらなければ粒度の大きい方が粒子ごとのエネルギーは小さくなり、これが被削材の靱性を上回ればよいことになる。すなわち、粒度が小であれば加工能力も高くなるであろうが、その分破壊的な応力が被削材に加わり加工面粗さも粗くなると思われる。従って粒度を大きくすればするほど表面粗さも小さく考えられる。S45CとA5052を比較するとA5052の表

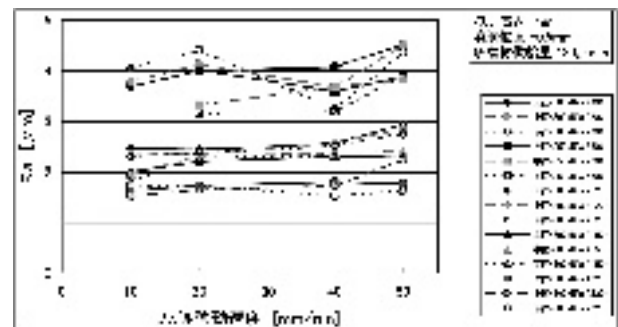


図8 算術平均粗さRaの変化 (A5052)

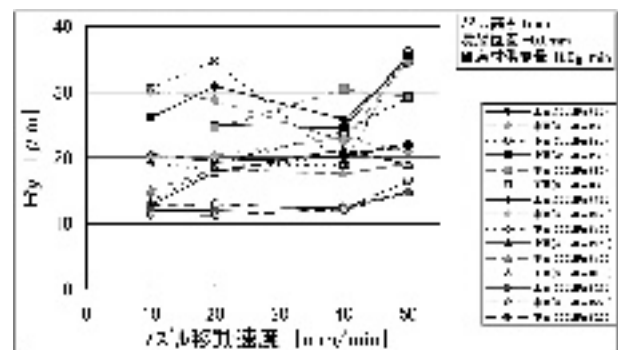


図9 最大高さRyの変化 (A5052)

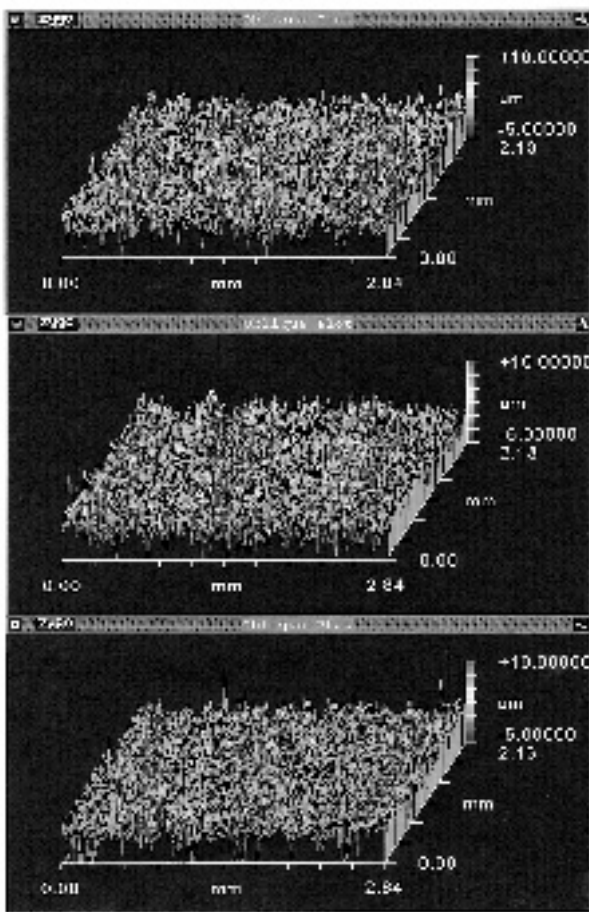


図10 三次元干渉測定顕微鏡による観察結果 (S45C #150)

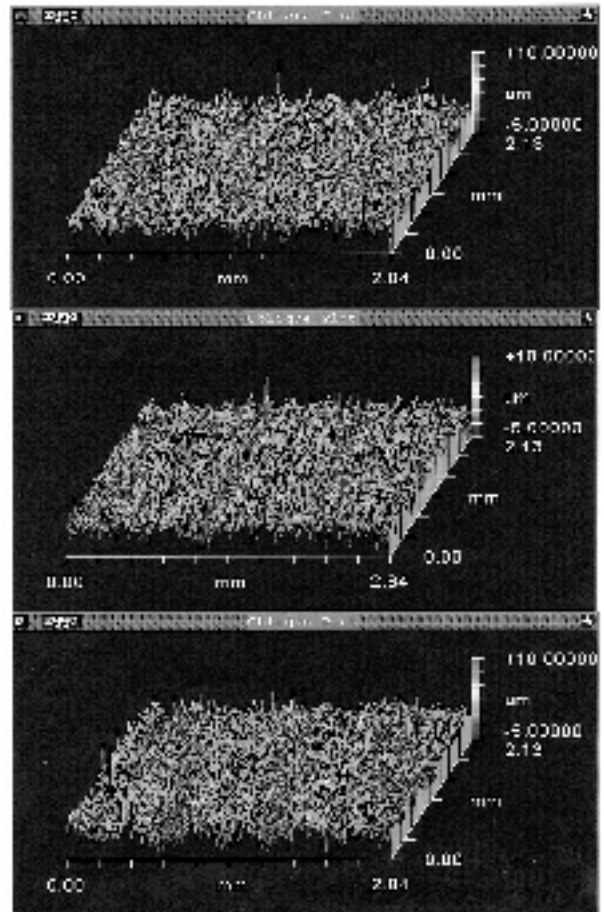


図11 三次元干渉測定顕微鏡による観察結果 (S45C #220)

面が粗いのは、靱性に対して加工の際加わるエネルギーが高いからで、改善を要する部分である。過去の実験結果では噴射圧力を下げても表面粗さの改善には寄与しなかったため、ガーネットよりも軟らかい研磨材を使用したり粒度を大きくする必要があると考えている。

### 3 - 3 三次元干渉測定顕微鏡による観察

図10、11に三次元干渉測定顕微鏡によるS45Cの加工表面観察結果を示す。加工条件については、噴射圧力300MPa、ノズル移動速度20mm/min、ノズル高さ1mmという点が共通で、図10は#150、図11は#220の研磨材を使用している。上から上面、中面、下面の観察結果である。これは測定データにフィルターをかけ粗さ成分を抽出している。

両者共に、上面から下面に行くに従って山高さが低くなっており、谷深さの変化は小さい。また両者を比較すると、山谷共に#220の方が小さく

表面粗さ測定の結果を裏付けるものである。ただ、#220では溝状に谷が形成されている部分が観察される。

## 4 まとめ

ウォータージェットによるワーク端面の研削を行ったところ、次のような結果を得た。

- (1) 研磨材粒度による壊食幅の差は小さい。また切断加工の時と同様にノズル移動速度により材料端面にテーパーが生じる。
- (2) 表面粗さは、研磨材粒度が大きくなるにつれて小さくなる。また、粒度が大きくなるとノズル移動速度による表面粗さの差が小さくなる。