

ウォータージェットの研削加工への応用*

川越 新吾*¹

The application of Water Jet Machining to Precision Grinding technique

Shingo KAWAGOE

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る。そこで、端面研削作業の効率化を図るため、ウォータージェット加工をワーク端面の研削加工に応用する研究を行った。微小砥粒研磨材を用い、薄板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、板金用薄板切断面の加工表面粗さ改善の適正条件が得られた。

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、他の工作機械で切断することが難しい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おいている。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、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、端面研削の高能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、微小砥粒研磨材を用いてステンレス鋼に対して研削加工実験を行い、適正研削加工条件を調べたので、その結果について報告する。

2 実験方法

2-1 実験装置

本実験では(株)フロージャパン製APL-100P-P型CNCウォータージェット加工機を用いた。その加工機性能を表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 ~ 5000 |
| 加工エリア [mm] | 1000 × 1000 |
| テーブル面とノズルの距離 [mm] | 0 ~ 300 |

微小砥粒研磨材の供給は、攪拌槽内で水と研磨材を混合させたスラリーをφ0.33mmのウォーターノズルから高圧水を噴射させることで生じる負圧によって吸入させることで高圧水と混合し、φ1.0mmのアブレイシブノズルから噴出する方法により行った。吸入されるスラリー量は、圧力300MPaで定量の0.0018m³/minであった(図1)。

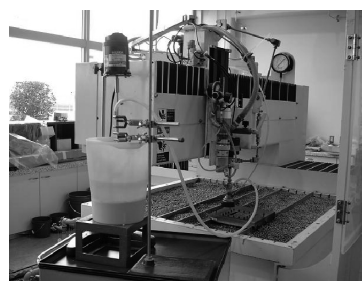


図1 スラリー供給装置

* ウォータージェットの研削加工への応用 (第3報)

* 1 機械電子・デザイン部

2-2 試験片

材料には140mm×140mmのステンレス板 (SUS304、板厚1.0mm) を用いた。

2-3 実験方法

試験片を固定治具にセットし、粒度#80の研磨材 (研磨材供給装置より180g/minで供給) を含むウォータージェットで研削実験の下地となる端面切り出し加工を行った。微小砥粒を含んだウォータージェットを噴射しながら、材料端面に対してノズルを平行移動させ研削を行い、再び粒度#80の研磨材を含むウォータージェットで研削試験片を20mm×15mmの寸法に切り出した (図2)。

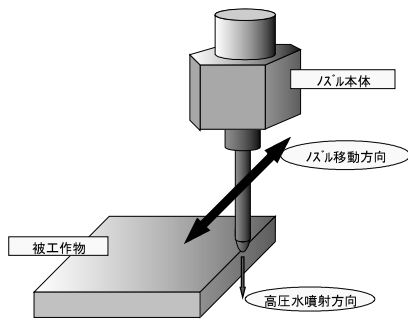


図2 実験概略図

2-4 実験条件

切断条件と研削条件については、噴射圧力、加工速度、ノズル組み合わせ、被削材とノズルとの距離を固定条件とし、研磨材粒度、噴射回数、ジェット中心と端面との距離、スラリー濃度を変えながら実験を行った。

噴射圧力は、過去の研削実験において、噴射圧力が最高である350MPaのときが表面粗さは最も改善されたが、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低下させ、ポンプ内部部品にもクレーター状のへこみが発見される程であった。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。

加工速度については、ステンレス板 (SUS304、板厚1.0mm) の切断条件における垂直切断速度である1.0mm/minを採用した。

ウォーターノズル及びアブレイズ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の組み合わせを採用した。

被削材とノズルとの距離は噴流の広がりを極力抑えるため1.0mmとした。

ジェット中心と端面との距離については、図3のようにノズル中心軸が材料端面と重なる位置を0とし、端面から外側へいくように条件を変化させた。研磨材にはガーネットを用いた。研削条件を表2に示す。

2-5 評価方法

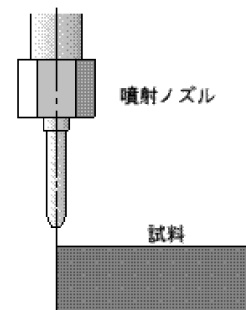


図3 噴射位置

表2 研削加工条件

| | |
|------------------------------|----------------------------|
| 研磨材粒度 [#] | 320, 800, 1000, 2000, 3000 |
| 噴射回数 [回] | 1 ~ 3 |
| ジェット中心と端面との距離 (切断幅 : a) [mm] | a/2, a/4, a/6 |
| スラリー濃度 [mass%] | 1, 3, 5, 10, 15, 20 |

研削した試験片端面の研削面中央部の表面粗さ (最大高さRy) を、表面粗さ測定器を用いて測定した。

また、研削面の傾き (上面-下面) は、万能投影機を用いて測定した (図4)。

更に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。

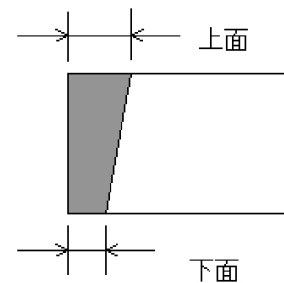


図4 傾き測定

3 結果及び考察

3-1 切断幅及び切断面

研削加工を実施する前に、試験片を切断加工し、ウォータージェット加工の切断幅及び切断面の表面粗さを調べた。結果は表3のとおりである。

表3 切断面測定結果

| | |
|--------------------|-------|
| 切断幅 [mm] | 1.092 |
| 切断面表面粗さ (Ry [μ m]) | 23.3 |

3-2 噴射位置

過去の実験により、機械構造用炭素鋼 (S45、板厚 9 mm) 及びアルミニウム (A5052、板厚 10mm) を研削加工した際に、ノズル中心軸と材料端面との距離 (以後「オフセット量」と呼ぶ) が0.5mmの時に良好な加工面粗さが得られていた。これをふまえてオフセット量a/2、0.5mm、a/4、a/6、a/8に設定した。研削条件については、研磨材粒度#1000、研磨材濃度10%に固定した。研削面の表面粗さ測定結果を図5に示す。

今回の実験で、薄板 (1.0mm) に対する微小砥粒研削では、最大高さRyがオフセット量a/8でも最も良い値となることが分かった。

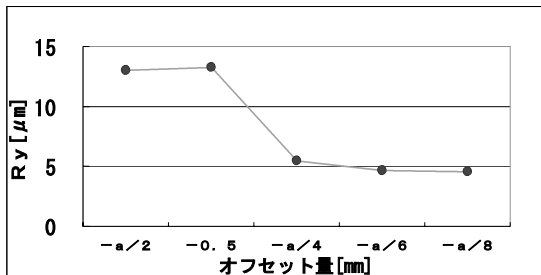


図5 オフセット量による表面粗さの変化

3-3 研磨材供給量

オフセット量をa/8、研磨材粒度を#1000に固定し、スラリーに含まれる砥粒のmass%を設定して研削実験を実施した。研削結果を図6に示す。

砥粒濃度は、10%以上の濃度であればRyは5 μm以下の値となることが分かった。今回の実験では、実用化時の経済面も考慮した上で最も有効な研磨材濃度10%のスラリーを用いて、以降の研削加工実験を実施することとした。

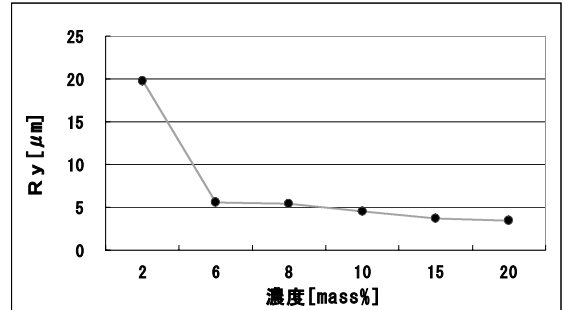


図6 スラリー濃度による表面粗さの変化

3-4 研磨材粒度

今回は研磨剤はJISによる精密研磨用微粉に該当する微小砥粒研磨材を用いた。オフセット量をa/8、スラリー内の研磨材濃度を10%に設定した上で、研磨材粒度を#320、#800、#1000、#2000、#3000と変えて研削加工を実施した。図7に結果を示す。

粒度#3000と#2000の研磨材はその研磨材粒子の持つエネルギーが小さいためか、端面における表面粗さの改善には至らなかった。今回の研削実験の中で#1000程度から端面の粗さの向上が見られた。特に研磨材粒度#800で良好な結果が得られた。

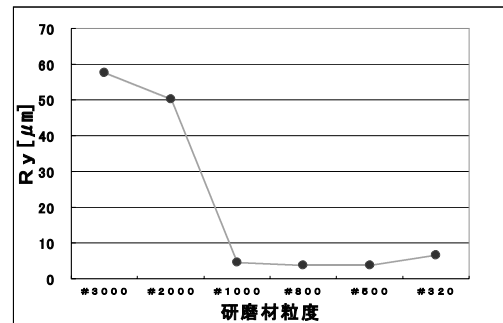


図7 研磨材粒度による表面粗さの変化

3-5 噴射回数

オフセット量をa/8、濃度を10%、粒度を#800に固定し、噴射回数を変えて研削加工した。今回の研削加工実験を行っていくにあたって、研削加工を行った端面にテーパがつく傾向にあった。そこで噴射回数を最大3回繰り返して、表面粗さ及び傾きを測定した。その結果を図8、図9に示す。

Ryに関しては噴射回数2回目で表面粗さが改

善されたが、以後は粗くなるのが分かった。

噴射回数を増加させることで、端面の傾きが改善されることが分かった。

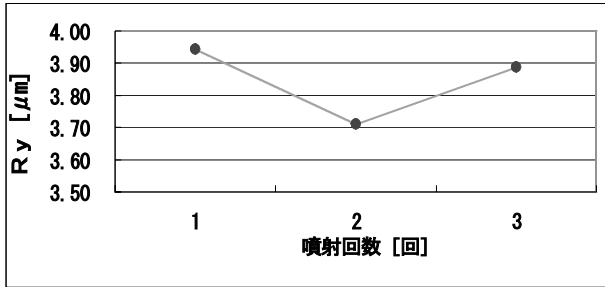


図8 噴射回数による表面粗さの変化

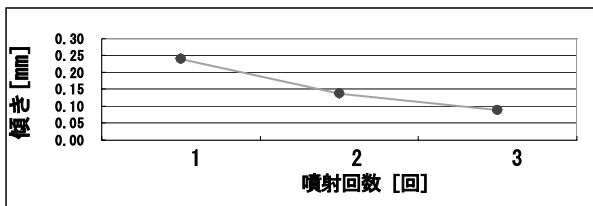


図9 噴射回数による傾きの変化

3-6 三次元干渉測定顕微鏡による観察

ウォータージェット加工機の一般的な切断条件であるアブレイシブノズル1.0mm、粒度#80の研磨材による切断面（図10）と今回得た適正研削条件（表4）によって研削した研削加工面（図11）の観察を行った。切断面に対して、適正研削条件による研削面は粗さが改善されていることがよく分かる。

表4 適正研削条件

| | |
|----------------------------|-----|
| 研磨材粒度[#] | 800 |
| 噴射回数[回] | 2 |
| ジェット中心の端面からの距離(切断幅：a) [mm] | a/8 |
| スラリー濃度[mass%] | 10 |

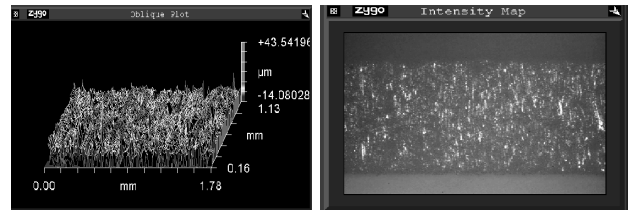


図10 一般的な切断面

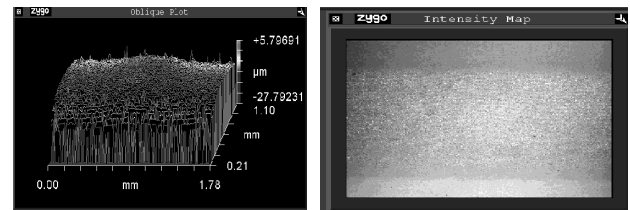


図11 適正研削条件による研削面

4 まとめ

ウォータージェット加工機による微小砥粒研磨材を用いた研削加工において、ステンレス薄板端面の表面粗さを改善する適正研削条件を得ることができた。

この条件を用いることで、ウォータージェット加工機の一般的な切断条件であるアブレイシブノズル1.0mm、粒度#80の研磨材による切断面に対して、最大高さを23.3 μm から3.71 μm まで約20%以下に改善できることが分かった。

5 参考文献

- 1) 宗廣修興, 岡田芳雄, 広島県立東部工業技術センター研究報告, 14, 34 (2001)
- 2) 竹山隆仁, 宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告, 46, 107 (2001)