

高研磨力を有した乾式バレルプロセス

Dry Type Barrel Polishing Process Which has High Polishing Power

桑野 文亮*

Fumiaki Kumeno

西尾 壮一郎**

Soichiro Nishio

末菅 啓朗***

Hiroaki Suesuga

平塚 陽一郎*

Yoichiro Hiratsuka

Barrel process is popular mass processing to polish many work pieces all at once. Wet type barrel finishing is more popular than dry type one because of high polishing power, but there are any problems with cost and environment. To solve these problems, we developed new dry barrel finishing process.

KEY WORDS: barrel finishing, dry type, wet type, rotating barrel,

1. はじめに

バレル研磨とは研磨槽内の被加工材と研磨材（以下メディアと呼ぶ）に回転や振動などの運動エネルギーを与えることで、被加工材とメディアとを相対運動させ研磨を行う方法である。主にバリ取り、カエリ取り、スケール除去、平滑または面粗し、光沢仕上げなど、機械加工後の二次加工品の表面処理に用いられている。このような方法は被加工材の寸法、形状精度を損なうことなく、多量の製品を均一に処理することが可能なことから幅広い分野で活用されている。

バレル研磨は、水にコンパウンドと呼ばれる助剤を添加した加工液を使用する湿式と使用しない乾式に大別されるが、多くの生産現場では研磨力（単位時間当たりの被加工材の除去重量）が強い湿式が採用されている。しかしながら研磨後の被加工材への錆発生、廃水処理にかかるコストの増加、作業環境への悪影響などが問題視され、以前から需要が高かった乾式バレル研磨の普及に対しては、研磨力の向上（研磨時間の短縮）が重要な課題となっている。¹⁾ 本報ではメディアやコンパウンドに主眼を置き、高研磨力を有した乾式バレルプロセスを開発したので、その特長及び効果について述べる。

2. バレル研磨の研磨力向上について

2.1 研磨装置と開発の方向性

バレル研磨の歴史は古く、研磨装置についてはその運動の与え方や組み合わせについて幾度となく検討され、多くの方式が考えられてきた。主な方式として回転バレル・振動バレル・流動バレル・遠心バレルがあるが、この中で最も普及している方式は、大量処理やメンテナンス性に適している回転バレルである。一般的な湿式の回転バレルの模式図をFig.1に示す。

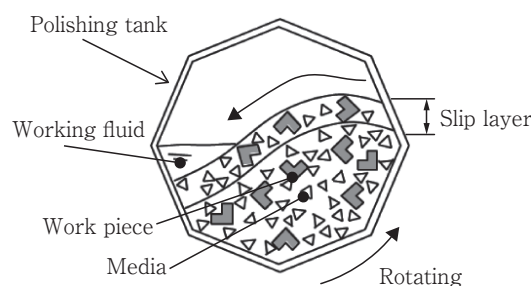


Fig. 1 Rotating barrel system

また回転バレルによる被加工材の研磨量を1とした場合、他の方式の研磨量をFig.2に示す。

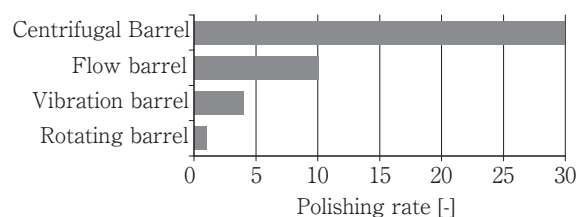


Fig. 2 Comparison of the barrel system

* 研磨・精密処理事業部 技術グループ開発チーム
 ** 研磨・精密処理事業部 技術グループ技術チーム
 *** 研磨・精密処理事業部 技術グループプロセスチーム

Fig.2に示した各方式の研磨量の差は、被加工材とメディアへ付与される運動エネルギーの差によるものである。また、付与される運動エネルギーが大きくなれば研磨力も強くなり、その結果、研磨時間を短縮することが可能である。しかしながら、高い運動エネルギーを付与するには構造が複雑になり装置コストが高くなる、構造的に少量しか処理できない、メンテナンス性が悪いなどの課題が生じ、装置に要求されるコストや処理量に研磨方式（研磨力）が合わないことがある。その為、本開発は研磨装置を最も一般的な回転バレルとし、メディアやコンパウンドの観点から研磨力を向上させることで研磨時間を短縮することを目指した。

2.2 メディア・コンパウンドについて

一般に湿式バレル研磨に用いられるメディアは、被加工材の材質や、研磨目的及び形状、寸法などに合わせて材質・寸法・形状を選定する。高研磨力を要する研磨には、密度が大きく接触圧が高いメディアを選択する必要がある為、主にアルミナ砥粒を結合剤で焼成した焼成メディアや、アルミナの微粉末とアルミナ砥粒を混ぜて焼結した焼結メディアが用いられる。

コンパウンドは、メディア目詰まりの抑制（洗浄作用）、メディアと被加工材の接触における衝撃の緩和（緩衝作用）、研磨中の被加工材における錆の防止（防錆作用）などの効果を得る目的で、必要に応じて水に添加した加工液として用いられる。

一方、乾式バレル研磨では加工液が研磨中に存在しない為、前記の焼成メディアや焼結メディアを使用するとすぐに磨耗粉によって目詰まりを起こしてしまう。また、被加工材表面への衝突力が大きく、メディアと被加工材間の潤滑性も低い為、被加工材の表面が粗くなる。

その為、一般的に使用されるメディアにはナイロンなどの高分子材料に砥粒を混入して成型した樹脂メディアを用いる。このタイプのメディアは高弾性である為、メディア自体が緩衝作用を持つ。その為、加工液が存在しなくても研磨を行う

ことが可能である。しかしながら焼成メディアや焼結メディアと比較すると密度が小さくなる為、メディアそのものが持つ接触圧が低く研磨力は弱い。湿式・乾式バレル研磨の研磨力の比較の為、Fig.1に示した回転バレルを使用し、同一形状・同一寸法の湿式用の焼成メディアと乾式用の樹脂メディアを同一容量装入した場合について、S45Cの試験片を5時間研磨し研磨量を比較した。その結果をFig.3に示す。

比較の結果、湿式の研磨量の積算値は乾式の2倍であり、このことから同一の研磨量を得る為には乾式は湿式の2倍の研磨時間が必要となることが明らかとなった。

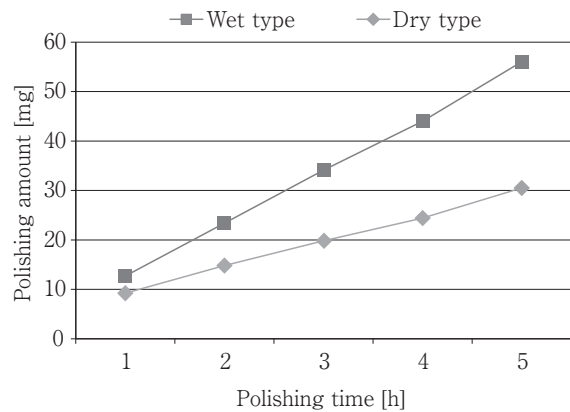


Fig. 3 Comparison by polishing type

その為、メディアの観点から研磨力を向上させる為には、密度が大きいメディアを用いることで接触圧を向上させ研磨力が高くなると考えられる。湿式バレル研磨における加工液の作用を乾式バレル研磨に付与し、被加工材の表面粗さRaとの両立や、メディアの目詰まりによる研磨力の低下を抑制することが課題となる。

Fig.3の結果から乾式バレルの課題と開発の方向性として

- ①研磨力向上の為のメディアの高密度化
- ②加工液を使用せずに緩衝作用を付与する
- ③磨耗粉によるメディアの目詰まり抑制

以上のことを踏まえ、湿式バレル研磨同等の研磨力・表面粗さRaを目標とし新乾式バレルプロセスの開発を行った。

3. 新乾式バレルプロセスの構成

2章にて、乾式バレル研磨の課題と開発の方向性について記述した。これらの課題を解決する為に、加工液の代わりに粉末のコンパウンドを用いることで研磨中に緩衝作用を付与し、高密度のメディアを使用可能とした新乾式バレルプロセスを考案したので以下に説明する。

3.1 粉末状の乾式用コンパウンドの採用

新乾式バレルプロセスで用いるコンパウンドは、脂肪酸及びその塩を含む粉末状のものを採用した。Fig.4に乾式用コンパウンドを示す。



Fig. 4 Dry type compound

被加工材とメディアが接触する際に、乾式用コンパウンドが間に介在することで衝撃を緩和することができ、密度が大きいメディアを用いても表面を過度に粗さない。脂肪酸の持つ潤滑性によってメディア同士の流動性が向上するという効果が得られる。

3.2 乾式用焼結メディアの開発

メディアには、焼成や樹脂メディアと比べ磨耗が少なく製造時に高密度化が可能なアルミナ焼結体を採用した。Fig.5に新乾式バレルプロセスで用いる乾式用焼結メディアを示す。



Fig. 5 New dry type media

このメディアは、従来の乾式用メディア（樹脂メディア）や湿式用メディア（焼成メディア）と比較して密度が大きく、メディアの被加工材への接触圧が高くなることで研磨力が向上すると考えられる。

Table 1 に各メディアの密度を示す。

Table 1 Density of each media

湿式バレル用 メディア (焼成)	乾式バレル用 メディア (樹脂)	新乾式用 メディア (焼結)
1700 kg/m ³	1500 kg/m ³	2000 kg/m ³

このメディアの特徴は、全体が多気孔状である為、研磨中にメディアが目詰まりをしても気孔部を起点として磨耗を促すことで、絶えず新しい砥粒をメディア表面に存在させる自生作用を持っている点である。Fig.6に、Fig.5で示した乾式用焼結メディア表面のSEM観察写真を示す。

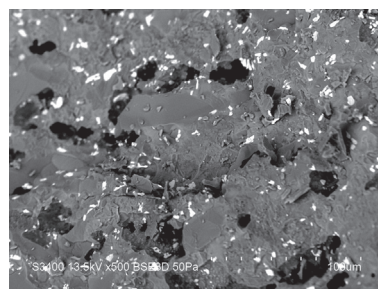


Fig. 6 Surface of new dry type media

また気孔部には乾式用コンパウンドが保持される為、コンパウンドの作用をメディア表面に持続することが可能になると考えられる。

4. 加工能力の確認

4.1 研磨能力の比較及び評価方法

湿式バレル研磨方法（焼成メディア）と新乾式バレルプロセス（乾式用焼結メディア）の研磨能力を比較評価した。

評価項目として、

- ①研磨後の試験片の除去重量
- ②研磨後の試験片の表面粗さ

について評価を行った。

4. 2 評価用の試験片

Fig.7 に、研磨能力を比較及び評価する為に用いた試験片を示す。試験片の材質には、機械構造用炭素鋼材 (S45C) を用いた。

- ①本試験片のバレル研磨前後の重量差を分析天びん (株島津製作所製 型式: A UX220) で測定することで、研磨力を評価した。
- ②本試験片の鏡面に仕上げた面を初期値とし表面粗さ測定機 (株東京精密 型式: Surfcom 1500DX) を用いて表面粗さ Ra を測定することで評価した。

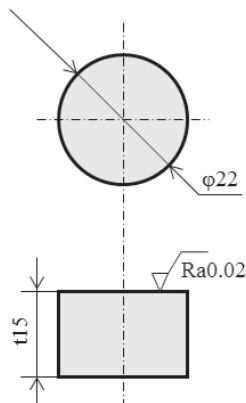


Fig. 7 Appearance of test piece

4. 3 実験条件

Table 2 に実験条件を示す。

バレル研磨装置は、Fig.1 で示した回転バレルにて同一の形状・寸法のメディアを使用し、同じ容量のメディアと Fig.7 の試験片を装入した。評価の為の研磨時間は 5 時間とし、研磨力及び表面粗さ Ra については 1 時間毎に抜き取り測定を行った。

Table 2 Barrel condition

Barrel type	New dry barrel	Wet barrel
Barrel system	Rotating barrel	←
Capacity	0.1m ³	←
Media type	Dry type sintered	Fired
Media shape Size	Cylindrical beveled φ10mm×15mm	←
Media charge	0.03m ³	←
Water charge	—	0.01m ³
Compound	Dry type compound	Type : CK-10 Sintokogio, Ltd.
Compound charge	100g/h (Powder)	2.0 ⁻⁵ m ³ (Liquid)
Rotation speed	0.442s ⁻¹	←
Polishing time	5h	←

5. 実験結果

研磨力を比較した結果を Fig.8 に示す。

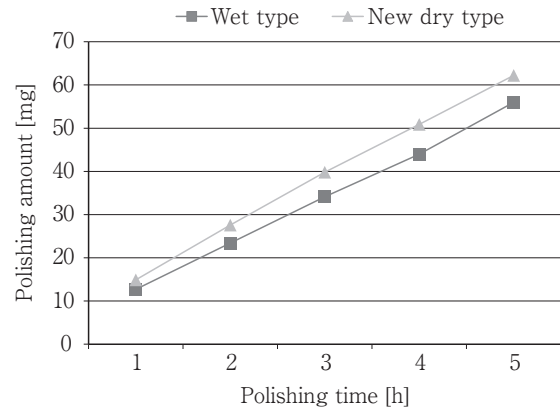


Fig. 8 Comparison of the abrasive power

表面粗さ Ra を比較した結果を Fig.9 に示す。

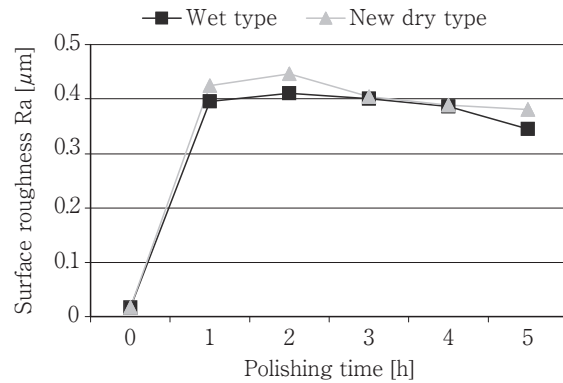


Fig. 9 Comparison of the Surface roughness Ra

Fig.3 に示したように、従来の乾式バレルの研磨力は湿式バレルの 1/2 の研磨力であったが、新乾式バレルプロセスでは、湿式バレル同等の研磨力が得られた。これは、メディア密度が高くなったことにより、メディアが試験片に接触する際の接触圧が高くなり付与される運動エネルギーが向上した結果だと考えられる。

また、本件で選択した乾式用コンパウンドを用いたことによりメディアと試験片の衝突が緩和され、表面粗さ Ra についても湿式バレル同等の結果が得られた。

以上のことから、本件で開発した新乾式バレルプロセスは、従来の乾式バレルより高い研磨力を維持しながら表面粗さ Ra を抑制でき、湿式回転バレル研磨と同等の乾式回転バレルプロセスであることが確認できた。

6. おわりに

今回は、試験片を用いた検証により、従来の乾式回転バレル研磨の2倍の研磨力を持つ新乾式バレルプロセスを報告した。

今後は、実ワーク加工の実績を蓄積し、本プロセスを可能とするFig.10の乾式回転バレル装置とともに、メディア・コンパウンドを新乾式バレルプロセスとして提案していく。



Fig. 10 Dry type rotating barrel machine

7. 参考文献

- 1) 北嶋弘一、山本章裕、伊澤守康、加島慎也：
流動方式によるドライバレル研磨法の高率化
への取り組み、砥粒加工学会誌、50、20、
(2006)、708