アイスウォーターブラスト装置の実用化に関する研究

山岸　陽一*　武藤　浩二*　荒川　良一*　坪水　英全*
杉井　伸吾**　中部　昇**　須藤　貴裕***

Development of Ice and Water Blasting Machine

YAMAGISHI Youichi*, MUTOH Hiroji*, ARAKAWA Ryouichi*, TSUBOMIZU Hidenori*
SUGII Shingo**, NAKABE Noboru** and SUTOH Takahiro***

抄　　録

氷粒を混合した高圧水でバリ処理，洗浄を行うアイスウォーターブラスト装置に関して，バリ処理能力の把握を行うと共に，装置能力の向上を図った。バリを実際に除去することなく簡便にバリ処理能力を評価しうる定量化手法を確立し，本手法を基に装置構造とバリ処理能力の関係を把握することにより，能力向上を目的とした装置の改良を行った。さらに，実際にバリ処理試験を行い，処理前後におけるバリ形状を測定することにより本装置の処理能力を定量的に把握した。

1．緒　　言

アイスウォーターブラスト装置は図 1，図 2 に示すように，ノズル内において高圧水，およびその負圧によって吸入される氷粒を混合して噴射する装置であり，金属製品のバリ処理，洗浄に用いられる。一般に，このようなブラスト装置においてはメディアと呼ばれる研磨剤を高圧水，あるいは空気と混合して噴射することによりバリを除去する。しかしながら，メディアの使用は処理後の洗浄工程を必要とし，またメディアが最終的に廃棄物となるなど環境面での問題も多い。一方，本装置では氷粒をメディアとして用いることによって，バリ処理後の洗浄工程が不要となるため作業効率が高く，さらには水を循環利用することで廃棄物を生じないという利点を有する。

本研究は平成 16 年に開発したアイスウォーターブラスト装置に関して，バリ処理能力の把握を行うと共に，装置能力の向上を図り製品の完成度を向上させることを目的とする。まず，バリを実際に除去することなく簡便にバリ処理能力を評価しうる定量化手法を確立した。次いで，これらの手法を用い，装置構造とバリ処理

図 1　アイスウォーターブラスト装置外観

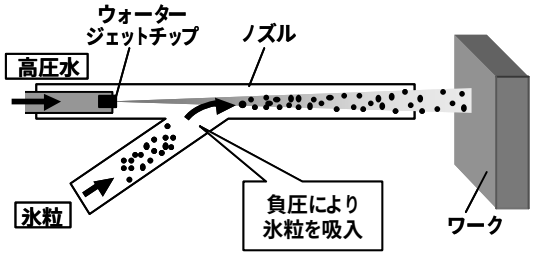


図 2　アイスウォーターブラスト原理

*　アドバンエンジ株式会社
**　研究開発センター
*** 下越技術支援センター

能力の関係を把握することにより，能力向上を目的とした装置の改良を行った。

2．ブラスト能力定量化手法の確立

装置の機能向上を図る際，それによりどの程度バリ処理能力が向上したかを定量的に評価することは重要である。従来バリ処理能力の評価については，あらかじめワーク，あるいはバリを生成させた試験片に対して処理を施し，バリが除去されているかを目視，形状測定などで確認することが多い[1)]。この手法では装置の処理能力を直接評価できる反面，ワーク，試験片の準備に手間がかかること，さらには，定量評価のための形状測定についても多くの時間を要するなどの問題がある。そこで，装置開発の効率を向上させる目的で，水・氷粒による噴射圧力（以下ブラスト圧力）に着目し，実際にバリ処理を行うことなく処理能力を定量的に評価する手法を確立した。

2.1　ブラスト圧力の測定

ブラスト圧力の測定には感圧紙（富士写真フィルム社製プレスケール）を使用した。本感圧紙は PET フィルム上に発色剤を封入したマイクロカプセルと顕色剤を塗布したものであり，圧力作用領域に挿入することによってマイクロカプセルが破壊され，その中の発色剤が顕色剤に吸着し，化学反応で赤く発色する。ここで，作用圧力の増加によりカプセルの破壊量，すなわち発色剤の反応量が増加することから，発色の濃淡によってその領域の圧力値を推定できる。なお，本感圧紙で測定可能な圧力分布の分解能は $0.01mm^2$（0.1mm×0.1mm）である。

2.2　較正実験

感圧紙による圧力分布の測定においては，発色の色濃度と作用圧力の関係を明らかにする必要がある。そこで，既知の圧力を作用させた場合の色濃度を測定し，両者の関係を求めた。較正実験は図 3 に示すように感圧紙を上下からパンチで挟み，万能試験機を用いて既知の圧縮荷重を作用させた。感圧紙の色濃度分布画像は市販のイメージスキャナによってパソコンに入力し，各画素における色濃度を計測した。図 4 に較正実験による感圧紙の濃度分布と作用圧力－色濃度の関係の一例を示す。両者の関係はほぼ線形を示すが，高圧力作用下，特に測定限界付近において色濃度増加が鈍化する傾向がみられたことから，圧力算出においては，両者の関係を 2 次式に近似した曲線を較正曲線として，計測された濃度値を圧力値に変換した。

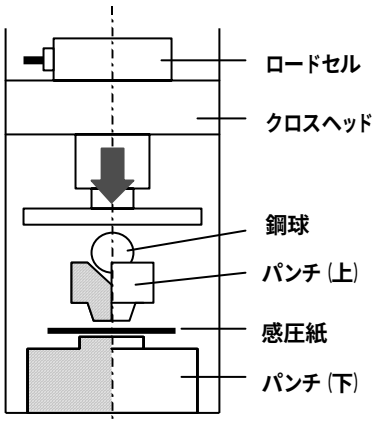


図 3　較正実験装置概略

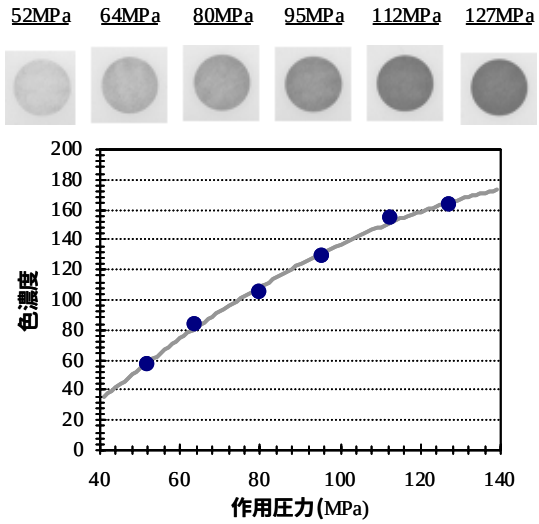


図 4　較正実験結果例
上：較正実験による感圧紙濃度分布
下：較正曲線（作用圧力－色濃度）

2.3　ブラスト圧力測定と評価パラメータ算出

ブラスト圧力は平坦なワークに感圧紙を貼り付け，そこに一定時間ブラスト処理を行うことにより測定した。ここで，ノズルは感圧紙に垂直方向に設定した。図 5 に測定例を示す。圧力分布は，高圧水による中心部の比較的均一な圧力を示す領域に加え，氷粒の衝突による，多数の局所的な高圧力領域が観察された。

これら圧力分布を基に，バリ処理能力評価パラメータとして，図 6 に示すように平均圧力，氷衝突圧力，圧力分布の均一度を定義した。ここで，平均圧力は圧力分布の図心を中心とした，ノズル径と同一円内の領域中における圧力値の平均値とし，氷衝突圧力は氷粒の衝突による，局所的に高い圧力値を示した点を順に 100 点抽出し，これらの平均値を求めた。これらの値が高いほどブラスト圧力が高い，すなわちバリ処理能力が高いと判断される。また，圧力分布の均一度は分布をその図心を中心とした円と想定し，その中心から任意の距離の同心円上にある点の圧力値の平均を求め，中心からの距離と圧力値の関係を圧力の均一度として定義した。一般に両者の関係は中心部で最大となり距離の増加に伴い減少する傾向を示すが，特にノズル径内において減少割合が小さいほど，ブラスト範囲において均一度が高い，すなわち均一にバリ処理が行われることを表す。

2．4　パラメータ算出プログラムの開発

バリ処理能力評価に関連して，上記パラメータを簡便に計算するプログラムを Microsoft Excel によって制作した。これにより，イメージスキャナを用いて入力した，感圧紙のビットマップ画像ファイルを直接読み込むことにより，平均圧力，氷衝突圧力，圧力の均一度等を直接計算・出力することが可能となり，バリ処理能力評価の効率化を図ることができた。

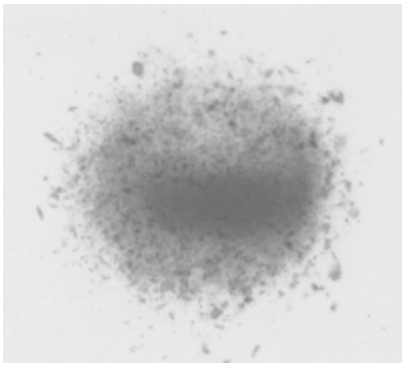
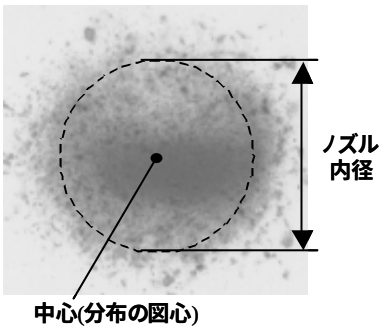
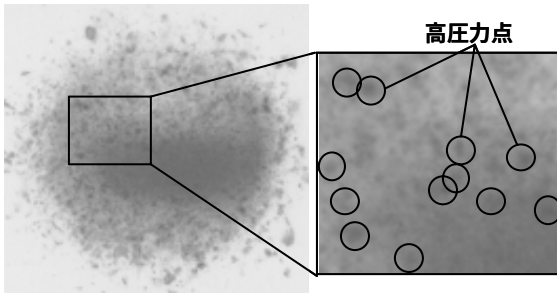


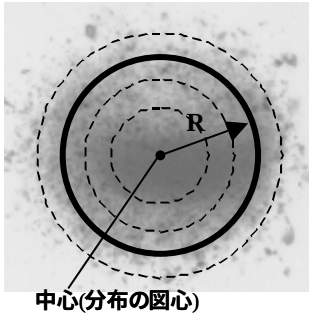
図 5　ブラスト圧力分布測定例



(a)平均圧力



(b)氷衝突圧力



(c)圧力分布の均一度

図 6　バリ処理能力評価パラメータの定義

3．装置機能向上を目的とした装置開発

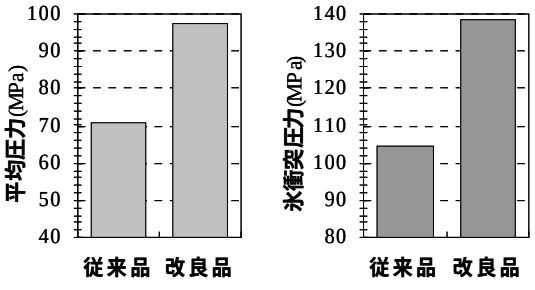
前章で示した評価手法を用い，バリ処理能力向上を目的とした装置の開発を行った。

3．1　最適ノズル構造の決定

氷粒を混合して噴射するノズルに関して，その最適な構造について検討を行った。ノズル構造の異なる試作品を製作し，ブラスト圧力の測定を行った。その結果，ブラスト圧力はノズル構造に大きく影響を受けることが明らかとなり，バリ処理に最適なノズル構造を把握することができた。また，これらの結果を基にノズル構造を改良した結果，図 7 に示すように，改良ノズルにおけるブラスト圧力は，従来品と比較して平均圧力，氷衝突圧力共に 30%以上増加することを確認した。

3．2　氷粒の最適管理

バリ処理能力を向上させるにあたり，メディアである氷粒の温度や供給条件の最適化はノズル構造と並んで重要であると考えられる。そこで，氷粒温度，および供給量を変化させた場合のブラスト圧力を測定し，両者が共にバリ処理能力に影響を及ぼすことを確認した。また，氷粒温度，供給量に加えて，供給方式やノズル氷吸入部の構造等もバリ処理能力向上に寄与することが実験によって示唆されており，今後これらを総合的に考慮した設計を行うことにより，更なる機能向上が期待される。

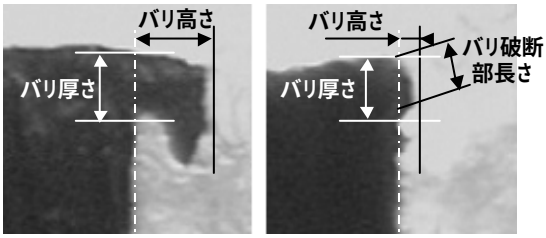


(a)平均圧力　　(b)氷衝突圧力

図 7　改良ノズルにおけるブラスト圧力

3．3　バリ処理能力の把握

ブラスト圧力測定実験結果を基に改良を施したアイスウォーターブラスト装置において，実際のバリ処理能力を把握するため，フライス切削加工によってバリを作成したアルミニウムおよび鋳鉄試験片に対し，本装置を用いてバリ処理を施した後，バリ形状を測定し処理前と比較した。ここで，バリ形状の測定は，処理前後における試験片を樹脂に埋入した後にバリ断面が観察できる方向から切削加工を行い，バリ断面を撮影することにより行った。撮影したバリ断面画像より，図 8 に示す発生したバリの根本厚さ，バリ高さに加え，ブラスト後にバリが破断していることが明らかな試験片についてはその破断部長さを測定した。図 9 にアルミニウム試験片に対する測定結果の一例を示す。これによって，様々な材料，切削条件におけるバリの形状，および，これらのバリに対する本装置の処理能力を定量的に把握することができた。



(a)処理前　　(b)バリ処理後

図 8　バリ断面画像とバリ形状の定義

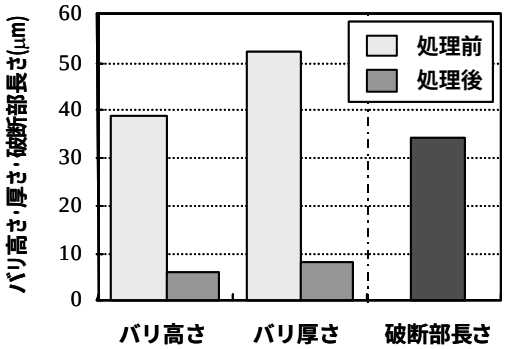


図 9　バリ処理試験結果の一例
アルミニウム試験片におけるバリ形状の比較

4．結　　言

(1)水・氷粒による噴射圧力（ブラスト圧力）を感圧紙で測定することによって，実際にバリを除去することなくバリ処理能力を簡便，かつ定量的に評価する手法を確立した。

(2)確立した評価手法を用い，アイスウォーターブラスト装置構造とバリ処理能力の関係を把握し，能力向上を目的とした装置の改良を行った。

(3)改良したアイスウォーターブラスト装置について，アルミニウムおよび鋳鉄試験片に対してバリ処理を施し，その処理前後における形状を比較することにより，様々な材料，切削条件におけるバリ形状，および，これらに対する本装置の処理能力を定量的に把握した。

参考文献

1) 高沢孝哉，北嶋弘一，“ バリテクノロジー入門 ”，2002.