

ブラスト装置における環境配慮システムの開発

Development of environmentally friendly systems in blasting equipment

家守 修一*
Shuichi Kamori

見城 維佐久**
Isaku Kenjo

山田 祐介**
Yusuke Yamada

鈴木 浩昭*
Hiroaki Suzuki

岡本 丈弘**
Takehiro Okamoto

山下 恭司**
Kyouji Yamashita

The blasting equipment and processing, which exists as one of the workpiece processing processes must meet the social demands of the global environment such as SDGs and carbon neutral. In order to implement optimal blast processing in response to these requirements, we have developed a system that collects information during operation and reflects this information in the control mechanism. In this report, we introduce an example of the development of an automatic diagnosis system to determine if the equipment is good or bad, and a wind sorting control mechanism to optimize the classification of the projectile material used in circulation.

KEY WORDS: Shot blast, Equipment diagnosis, Current value, Wind speed

1. はじめに

持続可能な世界の実現を目的としたSDGsを達成するため、これに大きく影響する地球温暖化防止への手段であるカーボンニュートラルへの対応がコストとして認識される時代から、成長の機会と捉える時代に変革している¹⁾。また、デジタル化の進展などものづくりを取り巻く外部環境も大きく変化している²⁾。

従来、化学・製鉄など長期間にわたる24時間連続操業をする業界では自動化・省人化により安定稼働の実現・コスト低減などを実現しており³⁾、最近では社会インフラなどに至る幅広い分野でもデジタル化により遠隔監視などの技術展開も進められている⁴⁾。

ショットブラストに代表されるブラスト装置・加工は、鋳造工程において鋳物砂型を解枳後の鋳物製品に付着した砂を落とす中間処理⁵⁾をはじめ、ショット投射技術を応用したショットピーニングによる表面改質⁶⁾に使用されるなど、幅広く素形材産業の1工程として活用されている。高品質かつ低コストでの素形材生産を追求する中、鋳造業界では最新のIoT技術を活用した画像処理及びデータ収集・利用など品質向上かつ自動化・

省人化を目的とした様々な試みがなされている⁷⁾⁻⁹⁾。これに対しブラスト装置では、鋳造機械のラインを構成する機器の一部として対応することはあるが、ブラスト装置独自の標準的な取り組みとする大きな動きはなかった。

そこで今回IoTソリューションを活用したブラスト装置の商品展開を定め (Fig. 1)、環境配慮を基本に『もっと良い表面を作る』技術の蓄積と装置としてもものづくりへ反映するシステム商品を開発した。本稿では『見る』ことに重点を置いた2つのシステム展開を紹介する。

【STC's Business Model with IoT Solutions】

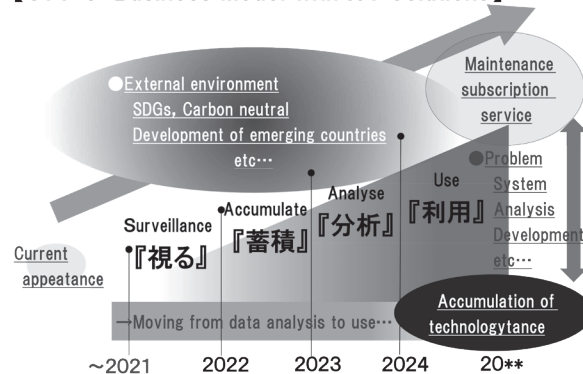


Fig. 1 Future vision.

*新東工業(株) STC (サーフェステックカンパニー) 開発グループ

**新東工業(株) STC 技術グループ

2. ブラスト装置への展開

2.1 ブラスト装置の定風速制御機能

ブラスト装置では、一般的に投射されたショットから破碎などで発生した微粉を分級除去の上、再利用する循環式機構を備えており、環境にやさしく経済的な処理を行っている¹⁰⁾。多くのブラスト装置では、関連する法規¹¹⁾から備えられる換気用の集じん機の気流を流用した風選式分級を行うことが多い。風選式分級ではショットの粒子が持つ大きさ・重さなどの物性に対し沈降速度の差異などを利用して、最適な粒子を選別し、更に風の作用により粒子表面をクリーニングしている。一般に風選式分級は、各種食品・原料など幅広く利用・研究されており¹²⁾⁻¹⁴⁾いずれも風選部の風速が重要であることが示されている。

ブラスト装置の定風速制御機能として、各機構の配置、集じん機との配管、ブラスト加工実施時の各機構運転状況を固有の条件として制御条件に組み込み、風選部での風速が望むものとなる制御運転を設備作動シーケンスに組み込んだシステムを開発した (Fig. 2)。風選部における風速を一定とすることで物理的な分級実施時の条件を一定に保ち、継時による集じん機の風量低下など外的要因での風速変動など、粒子選別への影響を抑えることができる。また、運転工程中の機械作動に伴う機内風量バランスの変化に対して制御対応する。

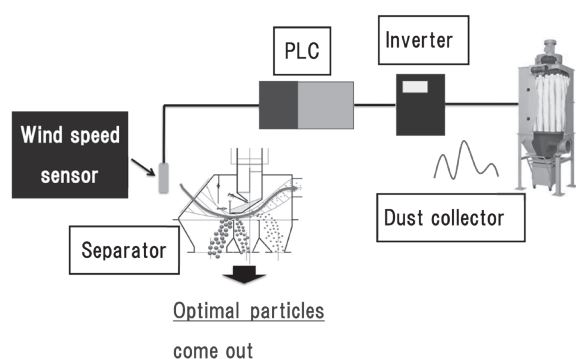


Fig. 2 System flow.

(Fig. 3) に開発初期に実施した、通常運転時と定風速制御実施時のY30型インペラ (30kW) 搭載のブラスト装置における試験結果を示す。同

一加工条件で運転時の排出微粉 (除去粉体) の推移を示す。

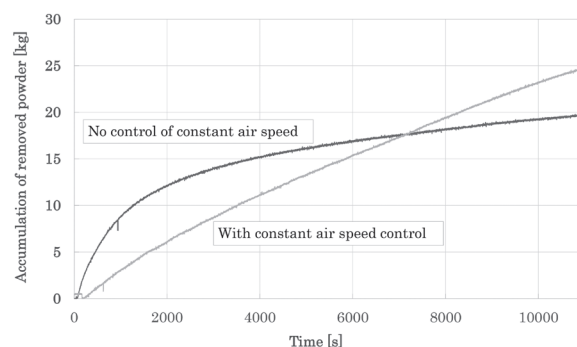


Fig. 3 Compare the state of accumulation of removed powder.

測定点での初期風速は、定風速制御有りでは風選分級部での理想状態 5m/s で設定した。定風速制御無しでは通常運転経過で見られる、集じんろ布目詰まり¹⁵⁾での風速低下を考慮して余裕を持った設定風速 6m/s としている。およそ 7000 秒 (約 2 時間) 運転経過以降、排出微粉量は定風速制御有りの方が多い。定風速制御無しでは初期に多量の微粉が排出されているが、1500 秒ほど経過した後は集じんろ布の目詰まりにより風選部の風速が低下し (4.5m/s)、排出量が減っている。一方、定風速制御有りでは微粉の量が一定量で増加推移しており分級が安定して実施されていることが確認できる。ブラスト装置内では次々と供給される素形材が加工されている。定風速制御しない場合、初期に分級されたショットで加工されたモノと 7000 秒後に分級されたショットで加工されたモノの加工条件が異なることが分かる。

量産工程において「同じもの」が生産されることは素形材産業において最も大事なことである。良品で無いモノの存在は、この工程のみならずその後工程の切削加工などに影響を及ぼす可能性もあり、エネルギー・時間の浪費となる。ショット一粒は小さくとも、多量のショットであるからこそ適正な粒子を維持し続けることでこれらを維持することができる。

2.2 ブラスト装置の自動設備診断機能

各種産業機械における異常か正常かを監視する手法として、駆動源の消費電流値に代表される各種パラメータを監視し、これを判断基準との比較によって異常検出するなど、手法も含めて研究・実施されている¹⁶⁾。手法も様々で、例えば管理限界での判定方法をとっても単純な比較判定や3σ法など、その産業機械特有の条件を鑑みた手段が検討・採用されている^{17),18)}。

ブラスト装置では先に述べたようにショットを分級し再使用するが、再使用不可として取り除かれたショットが存在するため、内部循環ショット量は減少し続ける。適正な補給を行うことで平衡し安定した稼働状況となる。

ブラスト自動設備診断機能として、生産運転前に定時観察するシステムを開発した。生産運転開始後の日々刻々の運転状態相違による閾値の範囲拡大を抑え、常に最良の状態に居るか否かの診断を下す。判定運転を設備作動シーケンスに組み込み、定時観察・比較を使用前に実施し、診断結果のディスプレイ表示及び結果の記録を行うシステムである (Fig. 4-1)。これで生産工程での不良を防止し管理業務の低減を図る。閾値のベースとなるものは設備立ち上げ時の初期値であり、また日々の運転で得られた状態値である。

診断結果より「いつもとちがう」稼働はいつもと違う加工となり、これが不良品・廃棄品発生原因となる (Fig. 4-2)。この結果、再加工で無駄なエネルギー・時間の浪費となり、機械装置もメンテナンス不足、特に潤滑不足でエネルギーが浪費され、機械故障で無駄な消耗部品の発生となる。本機能で基本から診断・判断し、適切な管理を行うことで、品質が確保される (Fig. 4-3)。これらステップを繰り返し維持することで最良な「いつもとおなじ」ことが保たれる (Fig. 4-4)。

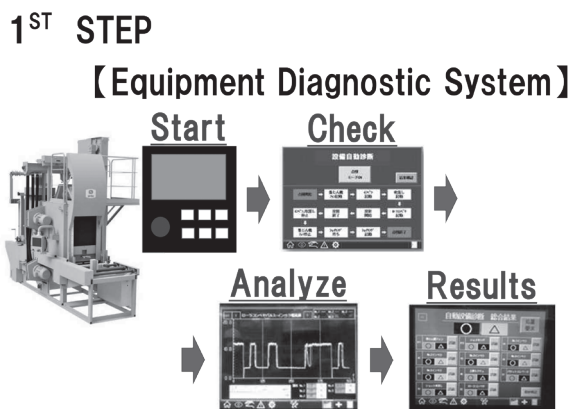


Fig. 4-1 System flow (1st STEP).

2nd STEP [Different from Usual]

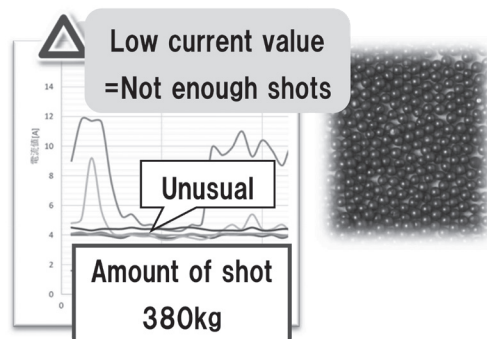


Fig. 4-2 System flow (2nd STEP).

3rd STEP [Same as Usual]

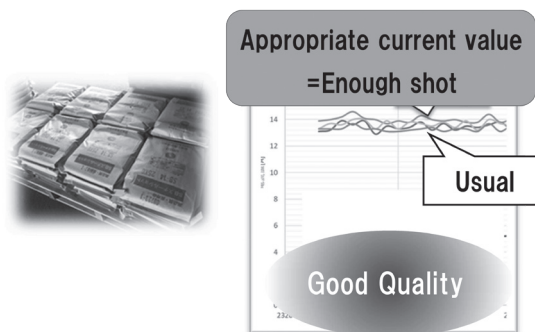


Fig. 4-3 System flow (3rd STEP).

Others [Prevent Abnormalities]

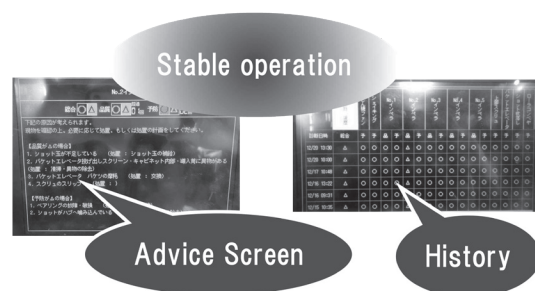


Fig. 4-4 System flow (Others).

この開発にあたり、建築用鉄骨製作メーカー（ファブリケータ）向けH型鋼専用ブラスト装置 KACX-II A（Fig. 5）を使用し装置内ショット循環量の不足状態についての検証を行った。



Fig. 5 KACX-II A.

Fig. 6 に装置内部循環ショット量を不足状態側から増加させ、適正量及び過量まで増加させることで複数台付属のショット投射装置（インペラ）駆動用モータ（動力源）の電流値の安定・不安定状態を確認した状態を示す。不足状態であると複数台設置したインペラの各々負荷状態が不規則に変化するため、電流値の大幅な変動の発生を確認できた。

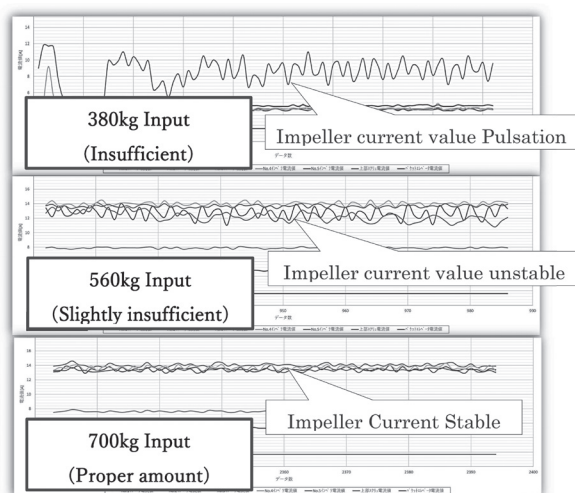


Fig. 6 Comparison value of measurement data.

3. おわりに

本稿ではブラスト装置を中心としたブラスト加工・技術が最適状態に近づくため、IoTを基軸とした2つの技術開発事例を紹介した。機械・設備は何もしないで永続して使用し続けられない。必要なメンテナンス及び消耗品の管理・補充など、生産現場に存在した熟練者が装置の状態をよく見極め保ってきた。日本国内で生産現場を担う人材不足は顕著である。熟練者が職場から去る時代、働き方も変わり人の入れ替わりも激しい世の中でもあり、国籍・背景も異なる働き手が現場を担う時代でもある。我々は現場装置から発せられる各種の状態をIoTにより得て、判別・最適にすることができる。IoTを基軸とする数多くの技術が急速に発展した現実、未来と言われた将来を急速に進めることができることを示す。ブラストに関する技術もIoTの技術と融合することで、地球環境への配慮という大義のため、さらに最適化・効率化を実現することを我々は進めていく。

参考文献

- 1) 経済産業省
https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/index.html : 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」(本文)(2021)
- 2) 経済産業省 中部経済産業局
https://www.chubu.meti.go.jp/b21jisedai/report/smart_factory_roadmap/ : 「スマートファクトリーロードマップ」(2017)
- 3) 四阿 佳昭 : 110 製鉄設備の保全と状態監視技術の適用(セッション3 状態監視(2)), 評価・診断に関するシンポジウム講演論文集 (2010) 2010.9 巻 110
- 4) 長谷川 孝, 早矢仕 芳昭 : 115 センサーネットワークを応用した状態監視システムの開発(セッション4 機械の状態監視), 評価・診断に関するシンポジウム講演論文集 (2013) 2013.12 巻 115

- 5) 加山 延太郎：鋳物のおはなし，日本規格協会 (1985) 228
- 6) 当舎 勝次：ショットピーニングの温故知新，まてりあ (2008) 47 巻 3 号 134-139
- 7) 久保田 知里, 園原 猛史, 太田 和弘, 川上 隆一：画像処理技術を用いた生型造型ラインでの型落ち検出，鋳造工学 全国講演大会講演概要集 (2021) 177 巻 66
- 8) 花井 崇：いい鋳物づくりに向けた鋳造工場でのIoTの取り組み，鋳造工学 全国講演大会講演概要集 (2021) 178 巻 4
- 9) 岩井 剛一：クラウド式IoTシステム導入による鋳物工場の予知保全・生産性向上，鋳造工学 全国講演大会講演概要集 (2021) 178 巻 2
- 10) 長坂 秀雄, 石川 量大, 青木 茂：ブラスト技術，コーテック (1985) 350
- 11) 昭和五四年労働省令第一八号 粉じん障害防止規則
- 12) 上加 裕子, 松井 正実, 青柳 悠也, 三浦 泰：選別風を受けるソバの空気力学特性，農業食料工学会誌 (2019) 81 巻 4 号 243-249
- 13) 宮部 芳照, 柏木 純孝, 小林 保之：さとうきび精脱葉装置の開発に関する研究 (2)，農作業研究 (2000) 35 巻 4 号 181-188
- 14) 野波 和好, 梅田 幹雄, 湯崎 芳啓, 木村 敦：コンバインの選別性能に関する研究 (第1報)，農業機械学会誌 (2002) 64 巻 3 号 45-50
- 15) 米田 佐：乾式ろ過集じん技術，粉体工学会誌 (2001) 38 巻 6 号 436-445
- 16) 山下 善之, 加納 学：プロセスシステムの状態監視，計測と制御 (2005) 44 巻 2 号 120-124
- 17) 伊藤 一夫：電力監視を基にした工作機械の診断技術，精密工学会誌 (2017) 83 巻 3 号 214-219
- 18) 鳴瀬 卓也, 高田 基樹, 平田 丈英, 萩尾 勇樹, 明智 吉弘：鉄鋼設備のために開発・導入された状態監視技術，トライボロジスト (2017) 62 巻 11 号 671-678