

# ステンレス鋼管の表面洗浄装置の開発

Development of surface cleaning device for stainless steel pipe

安田 翔

Sho YASUDA

## 1. はじめに

ステンレス鋼管は、内質、寸法など他の一般鋼に求められる品質項目に加え、製品の見た目（表面肌状態）や色（光沢）などの外観も重要であり、汚れやむらのない、均一な表面肌が求められる。しかし、鋼管の製造工程では、製品の取扱い中に鋼管表面に汚れが付着するため、最終工程である検査工程にて表面の汚れを除去する必要がある。

汚れの除去は従来、作業員が人力で行っていたが、機械による自動化にて作業負担を軽減し省力するとともに、ステンレス鋼管の表面肌の品質を改善することを目的として2016年8月に表面洗浄装置を開発・導入したため、ここに紹介する。

を目視チェックし、検出した汚れを手作業にて拭き取りを行っており、大きな作業負担となっていた。



図1 従来の汚れ拭き取り作業

## 2. 従来の作業工程

ステンレス検査での検査工程及び作業内容を表1に示す。ステンレス検査は2つの検査ラインを保有しており、No.1検査台またはNo.2検査台それぞれに積み込んだ製品を解束し、寸法、長さ、目視検査、異材検査及び汚れの除去を実施する。その後、非破壊検査（NDI検査）、表示作業を行い、抽出クレードルにて製品の結束梱包を行っていた。

表1 ステンレス検査作業内容

検査工程	作業内容
解束作業	・検査台に束状態の成品を積み込み、解束する
検査台作業	・寸法(外径・肉厚)測定 ・長さ測定 ・内面・外面目視検査 ・異材検査(X線分析、試薬、火花検査)
汚れ拭き	・表面に付着した汚れをウエスを用いて拭き取る
NDI検査	・渦流探傷機を用いてステンレス鋼管の内外面の疵を探傷する
表示作業	・成品表面に印字を行う
結束作業	・顧客仕様に応じた結束を行う
梱包作業	・顧客仕様に応じた梱包を行う

鋼管表面に付着する汚れを図2に示す。前工程である酸洗工程でのシミ汚れや、運搬用吊り具であるナイロンスリングによって汚れが付着する。これまでの対策に関わらず、完全に汚れの付着を防止することは困難であった。

汚れの種類	外観例
スケール残り	
シミ汚れ	
スリング汚れ	

図2 外観目視検査時の汚れ対象例

## 3. 鋼管の汚れについて

検査工程での汚れの除去は図1の様に作業員が全周全長

#### 4. 表面洗浄装置の開発

汚れ拭き作業の自動化を目的に表面洗浄装置（以下、セラミックブラスト装置）を導入した。セラミックブラスト装置は、ステンレス鋼管表面にセラミックビーズを噴射することにより、付着した汚れを物理的に除去する装置であり、外径φ15mmからφ115mmの鋼管について自動で型替を行い、全周全長の汚れを均一に除去することができる。

今回開発を行なったセラミックブラスト装置の仕様を表2に、装置の外観を図3に示す。

表2 セラミックブラスト装置仕様

装置名称	セラミックブラスト
対象材径	φ15mm-115mm
研磨材	ジルコニア系セラミック材
圧縮機出力	37kw×2台
集塵装置能力	出力:7.5kw



図3 セラミックブラスト装置外観

#### 5. 設備の構造

洗浄用の装置としては高圧水を用いた洗浄やブラシを用いた洗浄など、数々の方式がある。その中で、効率的に汚れを除去できることや、洗浄後の成品に影響を与えないことを考慮して、ノズル投射口から粒状の研磨材を噴射させるブラスト方式を採用した。（図4参照）

研磨材は、ブラスト装置内で製品に噴射した後に装置内を循環し、再使用する構造となっている。

また研磨材は、再使用を繰り返すことで消耗し、除去力が低くなるという問題がある。そのため設備には、回収された研磨材をふるい機により選別し、所定の粒径の研磨材のみを使用できるように設計している。研磨材の循環には集塵機を動力源としており、排気に研磨材を含む粉塵が含まれないように集塵機内のフィルターを通すことで清浄な排気を実現している。

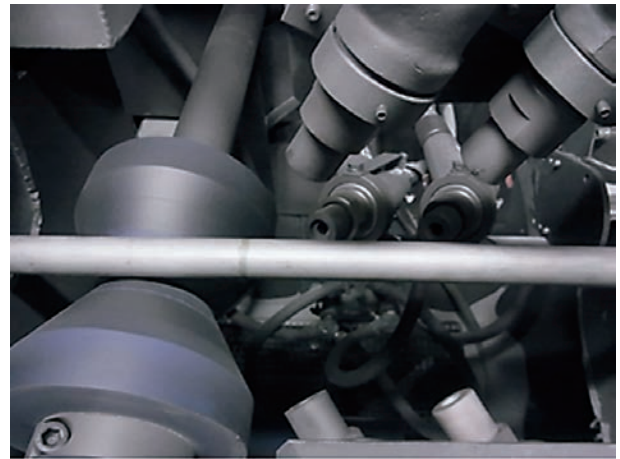


図4 ブラスト装置による汚れの除去

#### 6. 設備導入による作業工程の変更

セラミックブラスト装置の導入前の工程を図5に、導入後の工程を図6に示す。設備導入後は、汚れ拭き工程の作業負荷が軽減することから、従来二面保有していた検査台を一面に統合することが出来た。検査台作業完了後はセラミックブラスト装置に製品を送り、表面洗浄を行った後、No1ラインおよびNo2ラインに自動選択的に製品を搬送できる様、改造も行っている。

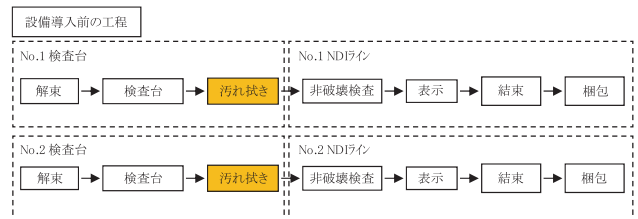


図5 従来の作業工程

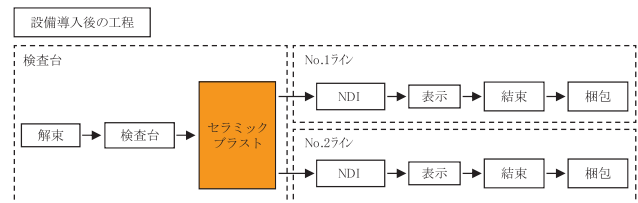


図6 設備導入後の作業工程

#### 7. 研磨材の選定

ブラスト装置による洗浄を行う上で、洗浄能力及び洗浄後の成品の物性（表面組織、硬さ、表面粗さ）に大きな影響を及ぼすのが、研磨材の選定である。研磨材には、粒度、形状、材質などさまざまな選択肢があり、目的に合わせた選択が必要となる。選定には次の4点を考慮する必要があった。

- ・製品の表面性状（硬さ・粗さ）に異常がないこと

- ・製品の色目に変化しないこと  
(白い材料肌が形成されること)
- ・ブラスト適用により対象の汚れが除去できること
- ・ランニングコストが安価であること

条件に適合する研磨材を選定していく中で、汚れの除去能力には、粒度が大きく、研磨材の形状の粗いものが有利であるが、加工硬化の影響が大きくなってしまったり、表面粗さが粗くなり見た目も黒くなってしまったりなどの大きな違いが現れることがわかった。

その中で表面性状・見た目・除去能力・ランニングコストを考慮し調査した結果、ジルコンビーズは以下の特徴をもつことがわかり、条件に最も適合していることから研磨材として採用することとした。

- ・研磨材は平均粒径に応じて各種番手が購入可能であり、加工硬化を抑える粒径の選択が可能となる
- ・粒が丸い形状(ビーズ形状:図7)であることから、色の变化を抑えられ、光沢のある材料肌に仕上がる
- ・クリーニング用途として取り扱われ除去力に優れる
- ・硬度が強く、繰り返し適用しても損耗が少ないためランニングコストで有利となる

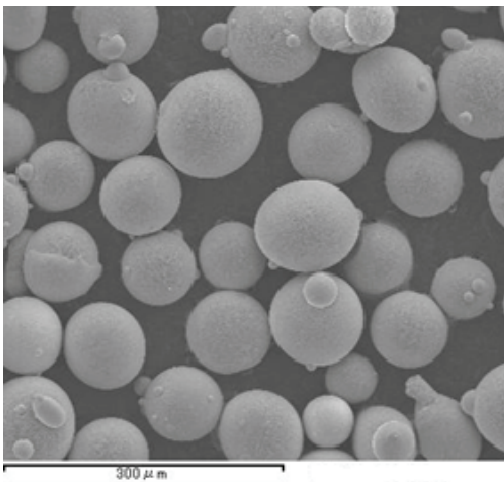


図7 ジルコンビーズの粒形状

### 8. 品質確認効果

シミ汚れ、スリング汚れ、スケール残りはステンレス検査でのブラスト適用によって、図8に示すようにいずれも除去できている。材料径別でも、ブラスト適用後の成品肌はムラのない均一な肌が形成され、目的とする除去能力を達成することができた。

また今回開発導入した汚れ除去装置は、物理的に表面を研磨するため、従来の拭き取り作業では除去できなかった、酸洗でのスケール残りについても除去することができる。

条件	汚れ名	ブラスト前	ブラスト後
小径材(φ25)	スケール残り		
中径材(φ48)	シミ汚れ		
大径材(φ90)	スリング汚れ		

図8 ブラスト適用による汚れ除去能力の評価

### 9. ブラスト適用による物性の変化

ブラスト適用後の物性(表面組織、硬さ、表面粗さ)の変化について述べる。

まず、図9にブラスト適用前後の表面組織のミクロ結果を示すがブラスト適用前と比較しても、ブラスト適用後に表面組織への影響はないことがわかった。

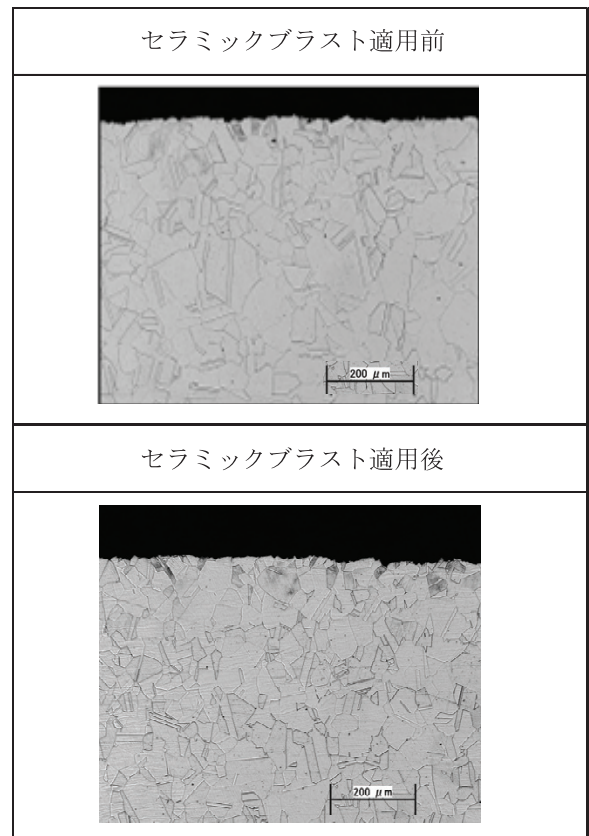


図9 表面組織の変化

次に、ブラストを適用前後の表面硬さを比較した結果を図10に示す。表層部においてもほとんど加工硬化がなく、問題がないことを確認している。



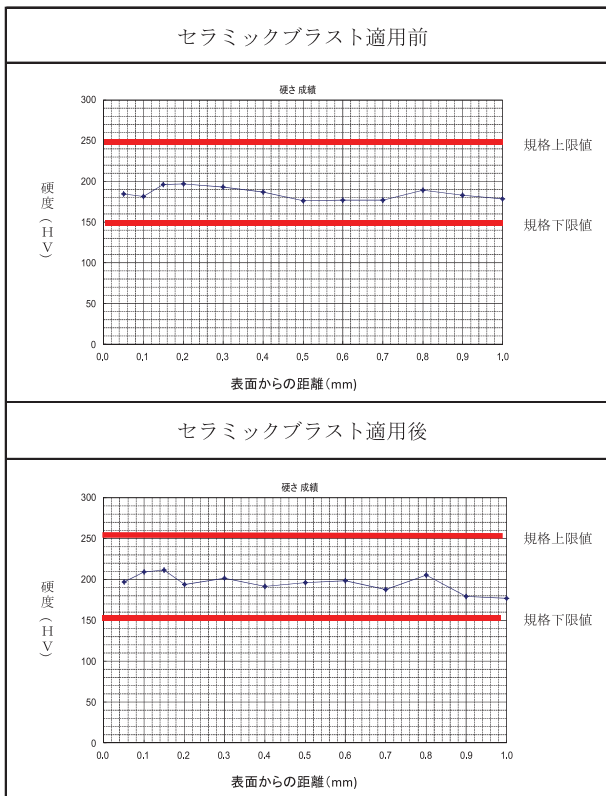


図10 表面硬度の変化

表面粗さについては、図11に示すように研磨材の粒度を適切に選定することで、汚れを除去しつつブラスト適用後の表面粗さを小さくすることができる。外観上の見た目についても、光沢のある白色の表面肌仕上げる事が可能である。

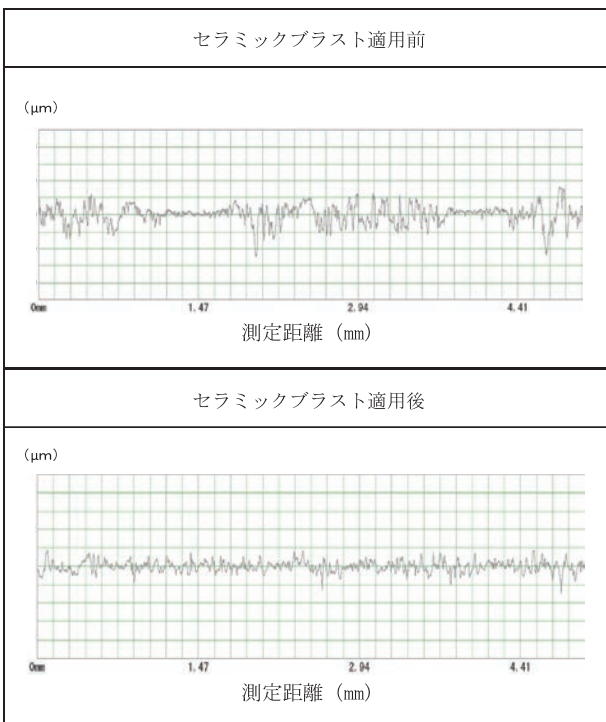


図11 表面粗さの変化

## 10. 新設備導入による効果

セラミックブラスト装置の導入により、汚れ拭き作業の省略を行うことができ、1名/直の省力を達成することができた。また、内部品質に影響を与えることなく、ムラのない均一な外観の製品を提供できたことで品質を向上することができ、顧客からの評価も得られている。

## 11. おわりに

今回の設備導入にて、ステンレス鋼管の品質改善と省力化によるコストダウンが図られた。検査工程にて汚れ除去を目的としたブラスト装置は国内においても実例がなく、他者に先駆けた商品価値向上が実現できた。

今後も多様化するお客様のニーズに対応できる優れた品質を目指していきたい。