

連携記事

ステンレス鋼板の機械研磨技術 ～表面機能および意匠の追求

Mechanical Polishing Technology for Stainless Steel
Pursuit of Surface Function and Design

東京ステンレス研磨興業(株)
常務取締役
千葉工場工場長

河西寿雄
Toshio Kasai

東京ステンレス研磨興業(株)
営業部工程課
課長

日下部正範
Masanori Kusakabe

東京ステンレス研磨興業(株)
取締役
商品企画部、品質保証部、営業部 部長

遠藤嘉郎
Yoshio Endo

1 はじめに

ステンレス鋼は基本的にFeとCrの合金であり、表面に不動態被膜が形成されるため錆びにくい特徴を有する。従って塗装やコーティングを施さず素材表面を露出したまま使用されることが多いため、意匠面、機能面などの要求から研磨の必要性を高めている。

研磨の目的は不純物、介在物、製造工程に生じる表面欠陥等を除去するためであり、生産材では発錆を防ぐための機能研磨として、耐久消費材、建材では意匠性を求めて研磨が行われることが多い。

研磨とは何かという問いに一言で語るには非常に難しい。研磨という言葉には様々な作業が含まれている。大まかにはものを「削ること」と「磨くこと」をまとめて研磨と称されているため、研磨をする目的によっては通常イメージされる研磨とは全く異なる作業をすることもある。本稿ではステンレス鋼の最終仕上げとしての研磨加工を主体に述べる。

2 ステンレス鋼の研磨

2.1 ステンレス鋼研磨の種類

一般に研磨することにより求められるニーズは様々なものがあるが、ステンレス鋼の研磨に関しては「表面性状をどのようにしたいか」ということに帰着する。

ステンレス表面仕上げはJIS G4304およびG4305で定められている。表面仕上げの中でも研磨を施した状態での規格では使用する研磨砥粒の番手が定められているが、その他にも顧客の要求に沿った独自の研磨仕上げが行われ流通してい

る。当社で加工している仕上研磨の種類を表1に示す。

表1において「研磨目を付ける研磨」は、必要とされる意匠や粗度になるようステンレス鋼の表面に模様を付ける研磨である。顧客が求める意匠により様々な方法を用い組合せて研磨を施している。

一方、「光沢を出す研磨」はバフと呼ばれる布を束ねたものを回転させて磨く方法および下地研磨の後にラッピング研磨(*1)により光沢を出す研磨が挙げられる。またバフ研磨の場合、研磨後の表層の粗度および酸化被膜の状況から耐食性が大幅に向上する。いずれの場合も、使われる繊維等の種類や硬さならびに研磨部に供給する研磨剤の選定が重要なポイントとなる。

2.2 連続研磨技術

ステンレス鋼の冷間圧延技術は、昭和30年代初頭からメーカー各社が導入を進めたセンジミアミルに代表される連続コイル圧延ラインにより、それまでの板圧延からコイル圧延に代り大幅に生産性が向上し需要が増大していった¹⁾。

当社では仕上研磨においても研磨量が大幅に増え、従前の板研磨では量的対応が困難と予測した。そこで研磨の種類別需要量に即して連続コイル研磨ラインの導入を進めた結果、以下に記す3種類6ラインのコイル仕上研磨ラインを導入するに至った。

(1) バフ研磨ライン

板でのバフ研磨設備は需要量ならびに加工設備の簡便性から市中に多くの加工業者が存在する。

一方、ステンレス鋼の流通はコイルと板が大半であるが、薄板と呼ばれる板厚6mm以下程度の冷延材はコイルからレベ

表1 ステンレス鋼の研磨仕上・代表的な種類

目的	名 称	製 造 方 法	代表的な用途
研 磨 目 を 付 け る 研 磨	ベルト #80	#80 エンドレスベルトを高速回転させてスクラッチ目を付けたもの。	鉄道車両 板、コイルに適用
	ベルト No.3	#100～#120 エンドレスベルトを高速回転させてスクラッチ目を付けたもの。	厨房、建材、家電他 板、コイルに適用
	ベルト No.4	#150～#180 エンドレスベルトを高速回転させてスクラッチ目を付けたもの。	
	ベルト No.5	#200～#240 エンドレスベルトを高速回転させてスクラッチ目を付けたもの。	
	ベルト #320	#320 エンドレスベルトを高速回転させてスクラッチ目を付けたもの。	
	ヘアーライン #80～400	連続目の通った研磨。下地研磨の有無あり。	建材、エスカレータ、 エレベータ 板、コイルに適用
	バイブレーション	化学スポンジ等を押当て、ランダムに擦動させて方向性の無い研磨目を付けたもの。	建材、フロントサッシ、笠木、エレベータ
	サテン	化学スポンジ等を押当て、一定方向に細かく擦動させて研磨目を付けたもの。	建材、装飾品
	ビーズブラスト	ガラスビーズ等の粒子をエアージェンで吹きつけて、落着いた艶消しの肌としたもの。	
光 沢 を 出 す 研 磨	バフ #400	植物繊維等をホイールにまとめ、研磨材を塗布しながら磨いたもの。	一般建材、建築金物、 ビールタンク、クリー ンルーム 板、コイルに適用
	バフ #600	同上	建材、装飾品
	バフ #700	主に綿をホイールにまとめ、研磨材を塗布しながら磨いたもの。	
	バフ #800	同上	同上、特にショーケース類、タンクローリー
	鏡面(ラッピングのみ)	BA 仕上素材(*3)を用い、研磨剤を加えながらラッピング研磨(*1)したもの。研磨目は見えない。	建材、装飾品 板、コイルに適用
	鏡面(砥石+ラッピング)	2B 仕上素材(*3)を用い、砥石下地研磨の後にラッピング研磨したもの。研磨目、素材凹凸とも見えない。	高級建材、装飾品

- *1 ラッピングとは、遊離砥粒を研磨工具と被研磨面との間に介在させて擦り合わせる研磨法。遊離砥粒の種類他の条件設定により光沢表面を得られる。研削能力は少ないため、下地を整えておくことが必要。
- *2 レベラーカットラインとは、アンコイラー、レベラー、シャー、パイラーで構成されたライン。コイルを巻きほぐしながら通板し、レベラーにて巻き癖および形状を矯正後、所定長さの板に切断し積載する。
- *3 ステンレス鋼板の素材仕上は以下の3種類に代表される。
No.1 : 熱延材。熱間圧延後に焼鈍および酸洗を施したもの。表面は白く光沢のない酸洗肌。
No.2B : 冷延材。No.1 仕上材を冷間圧延焼鈍・酸洗後(この状態をNo.2D 仕上と呼ぶ)、さらに調質圧延したもの。調質圧延により形状が修正され、鈍い光沢の表面となる。
BA : 冷延材。上記のNo.2B 仕上の工程に対し、酸化させずに焼鈍するため雰囲気焼鈍を施したもの。表面は圧延肌に近い外観の焼鈍材となる。

ラーカットライン（※2）で切り出して使用される場合がほとんどである。その上でこの板を研磨することが一般的であった。これに対して、当社ではコイルのまま連続研磨を施してから切出せば、大幅な生産性向上、研磨品質の安定化、研磨後のオンライン洗浄が実現できると確信しコイルバフ研磨設備を開発することとした。

当社ではこのバフ研磨ラインを3基保有している。その内訳は、代表的なバフ仕上である#400仕上を主体とするラインが2基、「バフ鏡面」とも称される#800仕上を施すラインが1基である。

（2）ベルト研磨ライン

この研磨方法はステンレス鋼メーカーにおいて中間工程で発生する疵取り研磨加工から今日の発展に至っている。疵取り後の表面に意匠性が認められその後需要が急増した。しかし、疵取りのために深く削ることと表面に求められる意匠性とは両立しない場合が多い。疵を取ることを目的とした場合は粗い番手で研削量を多く得ることが必要である一方、意匠を目的とする場合は研磨の目を付けることが目的のため細かい番手での研磨が要望される場合が多いためである。

当社では後者を目的とした仕上研磨専用ラインを逐次増備し、現在3基を保有している。この内の1ラインは1パスで表裏両面が研磨できる機能を有し、裏面捨て研磨付き仕様はもとより、両面ヘアーライン研磨のコイル等も1回の通板で製作している。

（3）コイル鏡面ライン

鏡面仕上げは大別して二種類ある。一つはバフにより鏡のような光沢を出す方法である。これは柔らかいバフと酸化クロムを含有した研磨剤を使用するもので、（1）項で述べたバフ鏡面ラインである。この研磨方法では鏡のような光沢の中にバフにより付いた軽微な研磨目が残る。

もう一つの方法はこの目が全く生じないように仕上げる研磨で、最終研磨工程をラッピング研磨により仕上げる方法で



図1 コイル研磨ラインの例
（東京ステンレス研磨興業株式会社 千葉工場）

ある。当社ではこの研磨方法でコイルのまま連続鏡面研磨できるラインも開発し商業生産している。鏡面研磨の目的は鏡面の意匠もしくは工業的に要求される低粗度の2つに収斂する。後者の機能面からの低粗度要求は0.3mm以下の極薄材が多くかつ量的要求も多く、生産効率の高い本ラインが効果的に活用されている。

2.3 当社の最新研磨技術

2.3.1 電解砥粒減面²⁾

電解砥粒研磨（Electrolytic Grinding Reducing、以下EGR法と記す）は、中性塩電解と砥石研磨との組合せであり、ステンレス鋼の全鋼種に適用可能である。その特色は大きな減厚量、表面粗度の低減、耐食性の向上、低環境負荷である。

EGR法の概要を図2に示す。ヘッドは、中央に通液孔を有した円板状の台座に、電極と砥石とが円周方向に交互に配置されている。このヘッドを被処理面に押し付け、電解液（30% NaNO_3 ）と高密度の電流（5～40A/cm²）とを供給しながら回転させながら板表面を移動させる。

一般的なSUS304、No.1仕上材をEGR処理した場合、1パス当り厚みでおよそ30μmの減面量が得られる。この減面量は、一般的なバッチカル方式の砥面研磨の20～50倍に相当する。また熱延・焼鈍による酸化スケールを有する場合でも同様な減面が得られることも特筆すべき点で、硝酸による酸洗が不要であり環境に優しいデスケール技術としても極めて有効である（図3）。現在保有している設備の加工可能サイズは、板厚4mm以上、幅2500mm以下、長さ7000mm以下である。

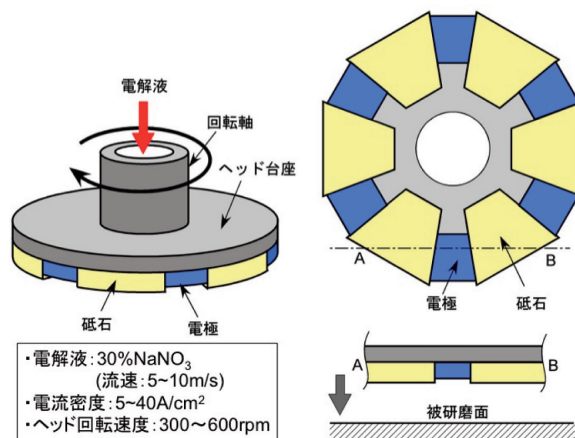


図2 EGR法の概要



図3 EGR法による酸化スケール表面材からの研磨例
（熱延フラットバー、厚さ6mm、幅100mm、長さ1000mm）
（左：酸化スケール表面→中央：EGR研磨面→右：鏡面仕上）

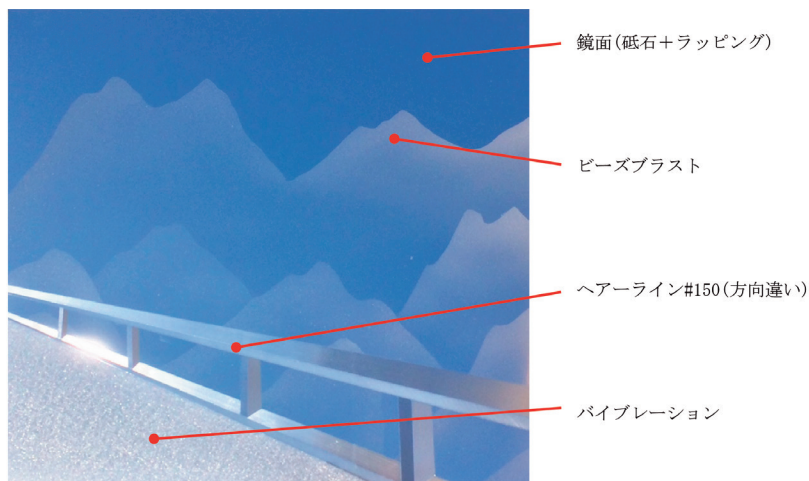


図4 研磨の種類を使い分けて製作した板アート研磨品の例

なお、電解液の処理はクローズドシステムで行い、回収されるスラッジはステンレス鋼の溶解原料として再利用されている。

2.3.2 ナノテク研磨

既存の鏡面研磨技術を応用し発展させた「超仕上」とも呼べる研磨である。最終工程であるラッピング研磨仕上に用いる研磨布の種類、および研磨剤の組成等を研究し実用化した。この結果、半導体製造用途、MEMS用素材等への要求を満足できる極限までの低粗度研磨面を追求したものである。SUS304の場合で $Ra < 5nm$ の仕上研磨が可能である。この粗度は一般的な鏡面仕上に比較して、 $1/2 \sim 1/5$ の Ra 値である。ステンレス鋼の各鋼種を始め、チタン（純チタンおよびチタン合金）への適用も可能である。

2.3.3 アート研磨

研磨は素材表面全体を単一の種類に仕上げるのが一般的である。しかし数種類の研磨を組合せたり、異なる方向に研磨した面を混在させることで新規性のある意匠を創造できる。また表1に挙げた種々の研磨方法は、そのほとんどが研磨工具・機械類を手で持って作業していたことから発展していることに注目し、意匠研磨の発展系としてアートセンスを持った技能者によるオーダーメイド商品を開発販売している。一例を図4に示す。通常は顧客・デザイナー等との打合せで構図ならびに仕様を決めて製作しており、意匠性が極めて高いジャンルに位置する。

人類が扱う限り不可欠の技術と考える。

ステンレス鋼の表面研磨を生業としてきた当社にとっても、研磨は目的に合った表面機能を最大限に引き出すための技術と位置付け、今後も新たな技術開発を進める所存である。まだ事例は少ないが、ステンレス鋼以外の研磨への当社技術の適用、他材料に施されている研磨技術のステンレス鋼研磨への応用、等も開発の視野に入れている。

一方、開発分野としては以下を目標設定している。

- (1) 表面機能のさらなる引出し
最新測定技術の活用による用途別要求表面に対する評価方法の確立および開発目標の明確化。これによりナノテク研磨のさらなる適用分野拡大が見込める。
- (2) 意匠性
多種の研磨方法の組合せによる新たな意匠商品の開発。
量産可能な意匠研磨品種の拡大。
- (3) 作業環境の改善
- (4) 環境負荷の低減

参考文献

- 1) 日本金属工業 50年史編纂委員会：日本金属工業50年史 付 ステンレス鋼技術史, (1982), 70.
 - 2) 日下部繁, 河西寿雄, 荒川基彦, 武藤泉, 原信義：まてりあ, 53 (2014) 1, 23.
- その他・入門書の一例：「ステンレス協会 市場開発委員会：ステンレスの初歩 2015, (2015)」

(2018年1月17日受付)

3 まとめ：ステンレス鋼仕上研磨の今後の方向性

大枠での研磨加工は石器時代の遙か昔から行われ技術を蓄積してきている。天然材料から工業材料まで、種々の材料を