昭和33年6月10日第三種郵便物認可・令和8年3月1日発行（毎月1回1日発行）第77巻第3号

ISSN 0915-1869

表面技術

Journal of The Surface Finishing Society of Japan

No. 03
2026
Vol.77

HYGIEX 77(3)91-136(2026)

小特集

めっき工場・工程管理の最前線

一般社団法人 表面技術協会
https://www.sfj.or.jp/

小特集：めっき工場・工程管理の最前線

いま めっき工場に求められる工程管理について

笠原　めぐみ[a]

[a]清川メッキ工業㈱(〒918-8515 福井県福井市和田中1-414)

Process Management Required in Plating Factories

Megumi KASAHARA[a]

[a]Kiyokawa Plating Industry Co., Ltd (1-414 Wadanaka, Fukui-shi, Fukui 918-8515)

Keywords : Process Management, Plating Process, Quality Control, Change Point Management, Digitalization

1．はじめに

近年，製造業を取り巻く環境は急速に変化している。製品の高機能化・高信頼化に伴う品質要求の高度化，脱炭素社会の実現に向けた環境規制の強化，さらにはデジタル化の進展に伴う情報セキュリティリスクの顕在化など，製造現場に求められる要件は年々増大している。とりわけ「車載品質」「カーボンニュートラル」「情報セキュリティ」の三要素は，大企業を中心に経営・生産活動の前提条件として定着しつつあり，製造業全体に共通する課題として認識されている。

これらの要求はサプライチェーン全体へと波及しており，中小規模の表面処理事業者にとっては，新たな技術的・運用的課題として顕在化している。中小企業は，人員，設備，投資余力といった経営資源に制約がある中で，複数の要求に同時に対応する必要があり，大企業とは異なる視点での工程管理や技術導入が求められる。

表面処理，とりわけめっき技術は，材料そのものを変更することなく機能を付与・強化できる重要な基盤技術であり，自動車，電子機器，エネルギー分野など幅広い産業を支えている。一方で，めっき工程は多工程かつ条件依存性が高く，品質ばらつきやヒューマンエラーが発生しやすいという特性を有している。

本稿では，こうした背景を踏まえ，めっき工程を中心とした表面技術分野における工程管理の考え方とその最新動向について整理する。設計段階での不良リスク低減，製造現場におけるヒューマンエラー対策，検査・工程監視技術，設備保全および変化点管理，さらに環境対応や情報セキュリティへの取り組みまでを対象とし，中小規模事業者の視点から体系的に整理することを目的とする。(**図1**)

2．めっき工場に求められる工程管理の高度化

2．1　車載品質に対応した工程管理の考え方

自動車用途に用いられる部品には，一般製品と比較して極めて高い信頼性と安全性が求められる。万一の不具合が重大な影響を及ぼす可能性があるため，めっき工程においても不良の発生を前提としない工程設計と管理が重要となる。近年の電動化や電子制御技術の進展により，めっき皮膜の均一性や耐久性に対する要求は一層高度化している。

これらの要求に対応するためには，工程条件，使用材料，作業履歴を含めたトレーサビリティの確保が不可欠である。工程管理の高度化は，品質保証体制の強化のみならず，不具合発生時の原因究明や再発防止の迅速化にも寄与する。

2．2　設計段階で不良を抑制するプロセス設計

めっき品質は，電流密度，処理時間，浴温度など複数の工程パラメータに強く依存する。これらの管理幅を事前に評価し，品質に影響を及ぼさない安全領域を明確にしたものがプロセスウインドウである。量産工程において安定した品質を維持するためには，余裕を持ったプロセスウインドウを確保することが重要である。

また，工程FMEAは，各工程ステップにおける潜在的な故障モードを洗い出し，影響度，発生度，検出度の観点からリスクを評価する手法である。過去の不良事例やトラブルを含めて評価することで，類似トラブルの未然防止につながる。設計段階でリスクを明確化することにより，設備仕様や工程条件に対して適切な対策を講じることが可能となり，結果として管理がシンプルで安定した量産プロセスの構築につながる。

これらの設計段階における検証結果や判断内容を確実に残

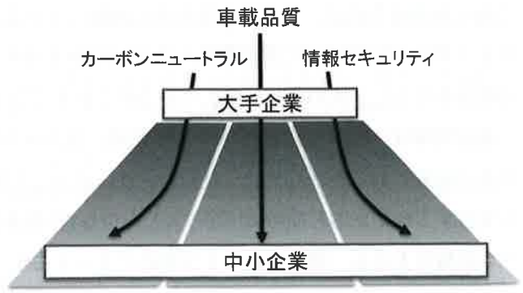


図1　サプライチェーンにおける要求の波及構造

すためには，記録および承認の管理方法も重要となる。従来は紙帳票や表計算ソフトによる管理が一般的であったが，記載漏れや最新版の不明確さといった課題を抱えやすい。近年は，専門的なIT開発を伴わず，ノーコード(必要に応じてローコード)により目的に応じた管理アプリを作成し，設計条件，評価結果，承認状況を一元管理する取り組みも進んでいる。これにより，検証の実施有無や承認状況を明確に把握でき，未承認のまま量産へ移行するリスクを低減することが可能となる。

3．ヒューマンエラー低減と工程の安定化技術

3．1　ポカヨケによるヒューマンエラー低減

めっき工程は前処理，めっき，水洗，乾燥など多くの工程から構成され，処理条件や作業内容も品種ごとに異なる。このため，作業標準や教育を徹底したとしても，人の判断や操作に起因するヒューマンエラーを完全に排除することは困難である。特に高い品質信頼性が求められる分野では，わずかなミスが重大な不良につながる可能性がある。

ポカヨケとは，作業者に誤った操作を行わせない，または誤った操作を行った場合でも不良が発生しないようにする仕組みであり，ヒューマンエラーに起因する品質不良を防止するための手法である。これらの仕組みは，工程内での対処にとどまらず，設備構成や作業方法を含めた工程設計の段階から組み込むことが重要である。(**図2**)

3．2　自動化・デジタル技術による工程安定化

めっき工程には，自動ラインと手動ラインの双方が存在する。自動ラインでは，PLCによる設備制御やMES (Manufacturing Execution System：製造実行システム)を用いた工程管理により，処理条件の自動設定や履歴管理が行われ工程の安定化が図られている。一方，手動ラインでは，多品種少量生産への対応が求められる場合も多く，作業者の経験や技能に依存する部分が大きい。手動ラインでは，品種ごとに処理条件や手順が異なるため，条件設定や段取り替えを作業者が判断して行う場面が多く，ヒューマンエラーが発生しやすい。このような課題に対しては，作業自体を全面的に自動化するのではなく，判断や設定ミスを防止するためのポカヨケを工程に組み込むことが有効である。例えば，バーコードやRFIDを用いて品番やロットを識別し，対応するめっき条件や作業指示を自動的に表示・確認する仕組みは，ヒューマンエラー低減に有効である(**図3**)。さらに，めっき液濃度や投入薬品量の自動判定・自動補給など，工程管理の一部にデジタル技術を導入する取り組みも進展している。これらは，作業ばらつきの低減と省人化を同時に実現し，多品種少量生産における品質安定化にも寄与する。デジタル技術は，熟練者の経験や勘に依存してきた暗黙知を工程内に組み込む手段としても有効であり，技術伝承と工程安定化を両立する基盤となる。

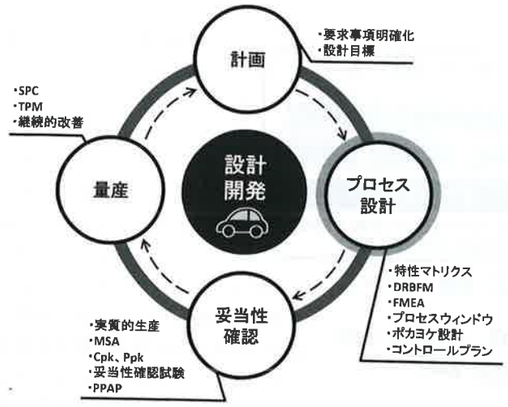


図2　プロセスウインドウ・FMEAを含む設計フロー

4．検査・工程監視技術の進展

4．1　AIを活用した外観検査技術

AI画像認識技術を活用した自動外観検査装置は，製品表面の微細なキズ，色調差，形状異常などを高い再現性で検出することを可能にする。検査基準をデータとして定義・蓄積できる点も特徴であり，検査工程におけるばらつきの低減と品質の安定化に寄与している。

また，作業者の熟練度や体調に依存しない検査が可能となることで，検査結果の再現性が向上し，人手不足が課題となる中小規模事業者においても有効な手段として期待されている。

4．2　SPCによる工程監視技術

製造工程における品質変動は，設備異常や操作ミスなどによって突発的に生じる特殊原因変動と，通常状態でも内在的に存在する共通原因変動に大別される。SPC (Statistical Process Control：統計的工程管理)は，管理図などを用いて工程変動を定量的に可視化し，異常を早期に検知するための有効な手法である。

近年は，IoT技術の進展により工程データの自動収集が容易となり，SPCは熟練者の経験や感覚に依存した管理から，データに基づく客観的な工程管理へと移行している[1),2)]。**図4**に示すように，めっき液濃度の分析結果を管理図で評価し，工程が安定状態にあるかを判断した上で調整要否を決定する流れとして位置付けることで，工程監視の実効性を高めることができる。

5．設備保全と変化点管理の高度化

第4章までで述べた工程設計，ヒューマンエラー低減，検



図3　バーコード等を用いたヒューマンエラー低減の概念フロー

査および工程監視は，いずれも工程を安定状態に保つことを目的とした取り組みである。しかし，実際の製造現場では，設備の経時劣化や材料ロットの切り替えなど，工程条件が時間とともに変化することを完全に避けることはできない。

そのため，工程管理を実効的なものとするためには，安定状態を前提とした管理に加え，変化の発生を前提として捉え，検知し，対応するための管理が不可欠となる。本章では，設備保全，計画的変更に対する変更管理，および日常的に発生する変化点管理の観点から，工程変化への対応を体系的に整理する。

5. 1　設備保全を基盤とした品質管理

めっき工程においては，設備の安定稼働が品質確保の前提条件となる。自動化が進んだ生産ラインでは，整流器，搬送装置，温調設備など複数の設備要素が連動して稼働しており，一部の設備異常や性能低下が工程全体に影響を及ぼす可能性がある。設備の摩耗や経時劣化は，必ずしも突発的な停止や警報として顕在化するとは限らず，わずかなばらつきとして工程データ上に現れ，結果として品質に影響を与えることがある。このため，定期的な点検や部品交換を行う予防保全が重要となる。一方で，設備状態を示すデータを継続的に監視し，劣化の兆候を捉えて対応する予知保全の考え方も有効である。近年は，温度，振動，消費電力などの設備データを活用した予知検知技術も進展しており，予防保全と組み合わせることで，設備トラブルの未然防止と保全効率の向上を両立することができる。また，設備状態の変化は作業者の感覚のみで捉えることが難しい場合が多く，第4章で述べたSPCによる工程監視と併用することで，設備起因の品質変動を工程ばらつきとして間接的に捉えることが可能となる。

5. 2　計画的変更に対する変更管理

製造現場においては，設計変更，材料変更，設備変更，工程変更など，品質改善や生産性向上を目的とした計画的な条件変更が不可避である。これらの変更は品質や工程に与える影響が大きく，変更管理のプロセスを経ずに工程へ反映された場合，重大な不具合につながる可能性がある。そのため，計画的な条件変更については，変更管理として厳密に取り扱うことが求められる。特に車載用途をはじめとする高信頼性分野では，顧客要求として事前連絡や承認を求められる場合が多く，いわゆるサイレントチェンジを排除するための仕組みが不可欠である。変更管理においては，変更内容の妥当性を事前に検証し，承認を経たうえで工程へ反映させるという一連の手順を，運用として確実に定着させることが重要である。このような運用を実務として回すための手段として，DXを活用した承認管理および記録保存が有効である。口頭連絡や個人管理に依存した運用では，検証の実施状況や承認の有無が不明確となり，変更管理の実効性を低下させるおそれがある。例えば，ノーコード(またはローコード)アプリを用いて，変更内容，検証結果，承認ステータスを一元的に管理し，承認が完了したもののみを工程へ反映する運用を構築することで，変更管理における判断と承認の流れを明確化・体系化することができ，サイレントチェンジの防止につながる。(図5)

5. 3　変化点管理による不良リスクの低減

工程で起こる変化点には，材料ロットの切り替え，めっき液の建浴，作業者の交代，設備の劣化や突発的な故障などが

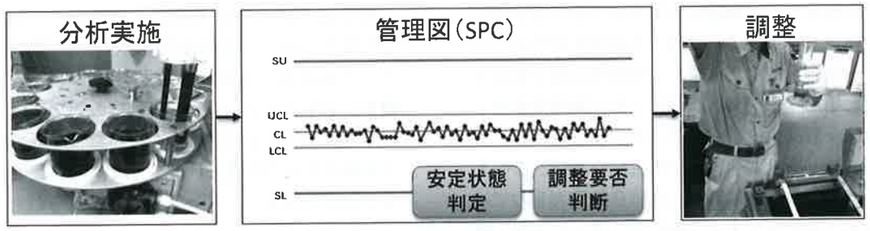


図4　SPCを用いためっき液濃度の工程監視

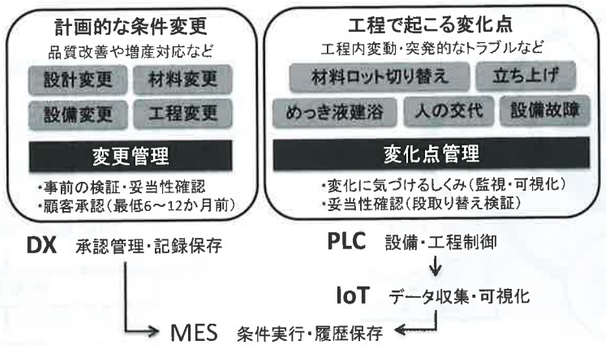


図5　変更管理および変化点管理における工程管理の枠組み
(PLC・IoT・MESを活用した管理例)

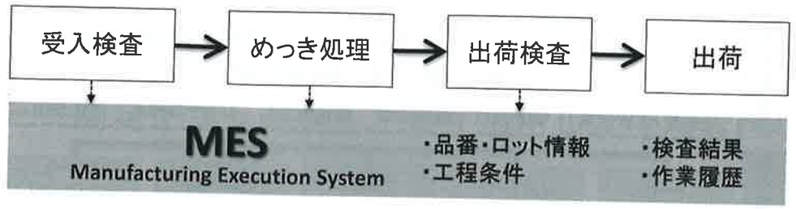


図6　MESによるめっき工程のトレーサビリティおよび条件管理の概念

含まれる。これらは日常的あるいは突発的に発生するため，計画的変更のように事前に十分な検証を行うことが困難である場合が多い。そのため，変化点管理では，変化を防止することよりも，変化が発生した事実を確実に把握し，品質への影響を評価することが重要となる。変化点の把握においては，PLCによる設備・工程制御を基盤とし，IoTを用いた工程データの収集および可視化によって，工程条件や設備状態の変化を早期に認識することが有効である。これにより，作業者の経験や感覚に依存せず，工程状態の変化を客観的に捉えることが可能となる。変化が検知された場合には，段取り替え後の初期品確認や工程条件の再確認などを通じて，製品品質が許容範囲内にあるかを迅速に評価することが重要であり，不良の流出や公定トラブルの拡大防止につながる。

このような変化点管理を継続的かつ再現性のある運用として定着させるためには，判断内容や対応結果を履歴として残す仕組みが不可欠である。MESは，実行された工程条件や処理結果を一元的に保存する役割を担い，変化点発生時の状況や対応履歴を後から客観的に確認することを可能とする。PLCおよびIoTによる工程データ取得とMESによる履歴管理を組み合わせた工程管理構造は，日常的・突発的な変化に対して，判断と対応を確実に積み重ねていくための実用的な枠組みとして位置付けられる。(図6)

6. 環境および情報セキュリティへの対応

6. 1　カーボンニュートラルへの取り組み

第1章で述べたように，製造業を取り巻く要求は品質確保にとどまらず，環境対応を含む社会的要請へと拡大している。カーボンニュートラルへの対応は，「脱炭素のために我慢する活動」ではなく，エネルギーの使い方を整理し，ムダを低減することで，環境負荷とコストを同時に低減する経営課題として捉えることが重要である[3]。

めっき工程では，電力，水，薬品といったユーティリティ使用量が工程条件と密接に関係しており，第2章から第4章で述べた工程条件管理，標準化，監視・記録の考え方は，そのまま環境負荷低減にも適用できる。工程条件のばらつき低減や管理範囲の明確化は，過剰処理や不要なエネルギー消費の抑制につながる。

近年は，サプライチェーン全体での排出量把握が求められる傾向が強まり，中小規模事業者においても，電力や水などの使用実績，改善内容，効果の根拠を説明する必要が生じている。この際，請求書ベースの月次集計のみでは，使用量増減の要因を説明しにくいという課題がある。ユーティリティ使用量を時間軸で可視化することで，待機運転や止め忘れ，ピーク時の同時稼働，設定過剰といった具体的な改善対象が明確となり，第5章で述べた変化点管理と組み合わせた継続的な改善が可能となる。

このように，環境対応は新たな管理項目を追加するものではなく，既存の工程管理を「見える化」し，改善を回し続ける仕組みとして再整理することで，無理なく定着させることができる。

6. 2　情報セキュリティ対策

設備のネットワーク接続やクラウドサービスの活用が進む中で，製造業におけるサイバーリスクは顕在化している。生産設備や工程管理システムが外部ネットワークと接続されることにより，不正アクセスや情報漏えい，操業停止といったリスクが現実的な課題となっている[4]。

図7に示すように，情報セキュリティ上の脅威は，情報漏えいや改ざんにとどまらず，設備制御や工程管理システムの停止を通じて，製造工程そのものに影響を及ぼす可能性がある。技術的な防御策のみで完結するものではなく，権限管理，作業手順の明確化，教育・訓練といった運用面の取り組みと組み合わせることで，初めて実効性を持つ。中小規模事業者においては，現場の実態に即した段階的な対応が重要である。また，情報セキュリティ対策においても，第2章で述べた標準作業の整備や，第5章で示した変化点管理の考え方が有効である。すなわち，通常状態を明確に定義し，そこからの逸脱にいち早く気づく仕組みを構築することが重要である。アカウント管理やアクセス権限の変更，システム更新といった日常的な運用変更は，意図せずリスクを高める変化点となり得るため，実施内容と判断理由を記録として残すことが求められる。

情報セキュリティを特別なIT対策として切り離すのではなく，工程管理や品質管理と同様に「異常を早期に検知し，影響を最小化する管理」として位置付けることが，安定操業と顧客信頼の維持につながる。

7. おわりに

本稿では，めっき工程を中心とした表面技術分野における工程管理の考え方と最新動向について整理した。設計段階での不良リスク低減を起点とし，ヒューマンエラー対策，検査・工程監視，設備保全，変化点管理へと展開される工程管理の体系は，品質安定化と信頼性向上に不可欠である。特に近年は，工程条件や設計，設備の変更に対して事前検証と顧客承認を伴う管理が強く求められており，サイレントチェンジの廃止は品質信頼性確保の観点から重要な要素となっている。IoTやDXを活用した記録・承認管理は，工程の変化を確実

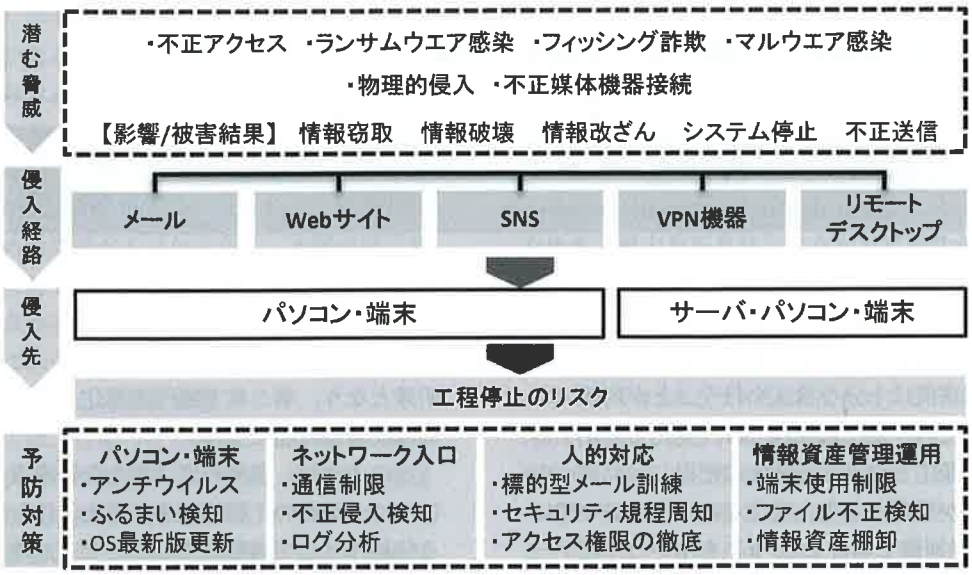


図7　製造現場における情報セキュリティ上の脅威と，それにより想定される影響の関係

に捉え，判断と対応の履歴を残すための実用的な手段であり，図5に示したような工程管理構造として整理することで，中小規模事業者においても無理なく導入・運用することが可能である。

また，カーボンニュートラルや情報セキュリティといった社会的要請に対しても，工程管理の枠組みを活用することで，中小規模事業者においても無理のない形で対応することが可能である。工程管理の基本的な考え方を基盤として改善を積み重ねることが，持続可能で信頼されるものづくりの実現につながると考えられる。

(Received January 14, 2026)

文　献

1) J. M. Juran ; Juran's Quality Handbook, 5th ed. (McGraw-Hill, 1999).
2) D. C. Montgomery ; Introduction to Statistical Quality Control, 7th ed. (Wiley, 2012).
3) 環境省 ; カーボンニュートラル実現に向けた産業分野の取組 (2021).
4) 経済産業省 ; サイバーセキュリティ経営ガイドライン Ver.3.0 (2020).