

めっき技術の基礎知識

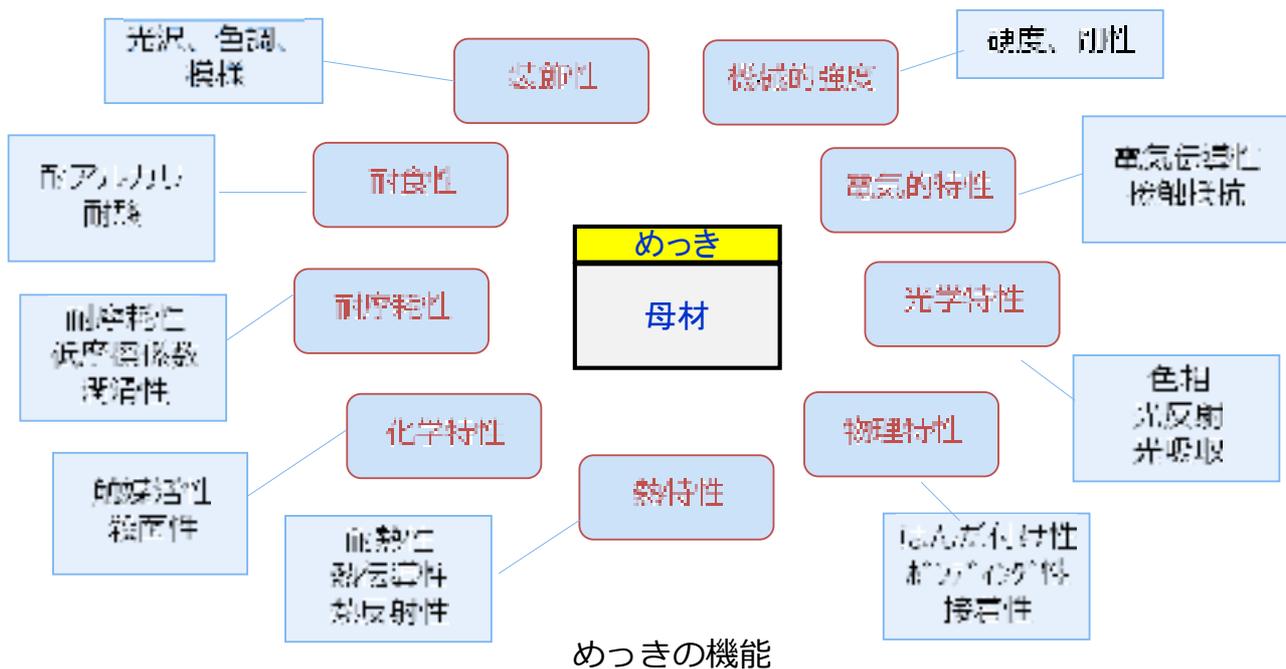
2019年1月28日
ソメイテック

©SOMEITEC

1

めっきとは

めっき：母材の表面に皮膜を被覆して様々な機能を付与する技術



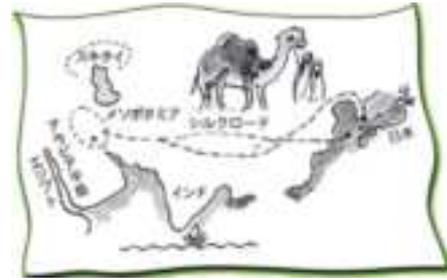
©SOMEITEC

2

めっき技術の起源

起源 (諸説有)

- ・紀元前700年：スキタイ地方
- ・メソポタミア文明・スズめっきの記録
- ・シルクロードで技術が世界へ伝来

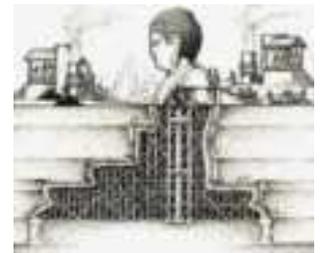


めっきの起源

出典：マンガめっき基礎技術入門“楽しいめっき”

日本への伝来

- ・4世紀頃に中国・朝鮮から伝来
- ・馬具、刀類、儀式用の帽子や靴など
- ・6～7世紀に奈良の大仏に金めっき
金と水銀を1：3でアマルガム（水銀合金）



めっきの用途

<p>建築材・構造材</p>  <p>防錆、防食、外観 亜鉛、クロム</p>	<p>家庭雑貨、食器</p>  <p>防錆、装飾 亜鉛、すず、クロム</p>	<p>自動車・機械部品</p>  <p>防錆、耐摩耗、外観 Ni、クロム</p>	<p>バイオ、医療機器</p>  <p>抗菌、触媒、耐薬 チタン</p>
<p>電子部品</p>  <p>防錆、電気接点 貴金属、銅、はんだ</p>	<p>機能性部材</p>  <p>シールド、耐候 金、銅</p>	<p>装飾・宝飾品</p>  <p>装飾（高価値化） Ni・銅（下地）、貴金属</p>	

めっき法の様々な用途

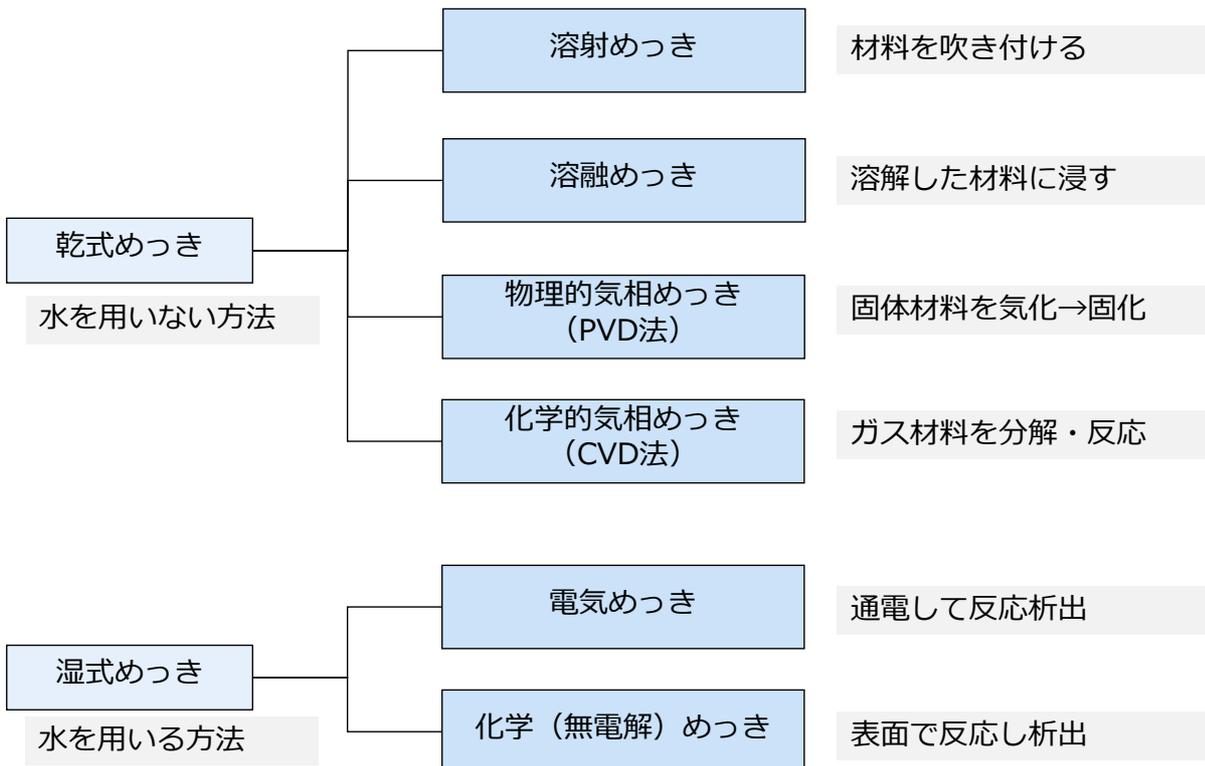
めっき材料の主な種類と用途

種別	めっき材料の種類	用途・機能
単一金属 めっき	銅	電子部品の接点、装飾めっきの下地、プリント基板の回路、美術工芸等の装飾
	ニッケル	装飾クロムめっきの下地、自動車・家電・機械・家庭雑貨の防錆、装飾めっき
	クロム	装飾の仕上げ、印刷・プレス金型・機械部品・自動車などの耐摩耗硬質膜
	亜鉛	自動車・家電・建築・雑貨等の防錆、自動車・パイプ等の防錆と機能付与
	すず	ブリキ、食器や家庭用雑貨の防錆、カメラ・電子部品の機能付与
合金 めっき	貴金属（金、銀、ロジウム、パラジウム等）	装身具・食器・家具の装飾、電子部品の接点等
	黄銅	機械器具の装飾
	はんだ	電気・電子部品の防錆、はんだ付け性向上
	Zn-Ni、Zn-Fe Ni-P、Ni-W、Ni-Fe	機械部品等の耐食性向上 機械部品等の装飾・耐食性・耐摩耗性、磁性膜
複合 めっき	SiC、CBN、PTFEなどの微粒子の分散	負荷の大きい金型・機械部品等の耐摩耗性・潤滑性向上

©SOMEITEC

5

めっき技術の主な分類



©SOMEITEC

6

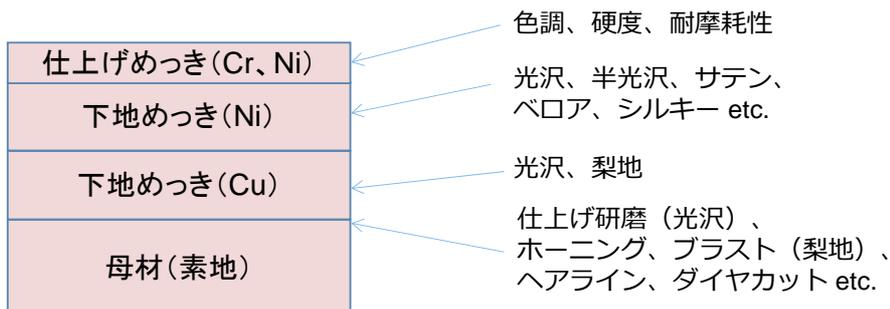
主なめっき技術の特徴

	電気めっき	化学（無電解）めっき	溶融めっき	気相めっき
方式	水溶液や溶融円などの電解液中に処理物を浸漬し、通電して液中の金属イオンを析出させる	めっき液中の金属イオンを、還元剤によって比処理物表面に析出させる	溶融した金属中に比処理物を浸漬して、金属を表面に付着させ凝固させる	金属を蒸発させたり高電圧でイオン化、またはハロゲン化蒸気としたものを被処理物表面に析出
用例	装飾仕上げCr	装飾下地Ni	亜鉛鋼板Zn	電子部品Cu配線
メリット	金属、合金めっき種が多い 比較的低温で可能 厚み自由度が高い	均一な膜ができる 導電性がなくとも処理できる 比較的低温で可能	処理が高速で生産性が高い 導電性がない物にも適用できる	・薄い膜ができる ・欠陥の少ない膜ができる ・比較的低温で可能
デメリット	・導電物を処理できない ・つき回りが電極配置に影響される ・液の回収・処理が必要	・可能なめっき種が少ない ・析出速度が遅い ・液の回収・処理が必要	・対応する金属の種類が少ない ・被処理物が熱影響を受ける ・めっき厚みを薄くできない	・めっき速度が遅い ・厚膜化しづらい場合が多い ・つき回りがよくないものもある ・設備が複雑で高価

©SOMEITEC

7

めっきの構造と処理（装飾めっき）



素材加工	下地めっき	中間層めっき	仕上げめき	化成処理	外装仕上
研磨 ドライホーニング 液体ホーニング 成形(プラ)	Cuめっき Niめっき	光沢Niめっき 光沢Cuめっき 梨地Niめっき	Cr、黒色Cr、 黒色Ni、Au、 Ag、Rh、黄銅、 Sn-Co、Sn-Ni、 Sn-Ni	硫化処理 酸浸漬(着色)	クリヤー塗装 着色塗装

装飾めっきにおける各処理方法

出典：電気めっきガイド（全国鍍金工業組合連合会）

装飾めっきは各層に役割がある

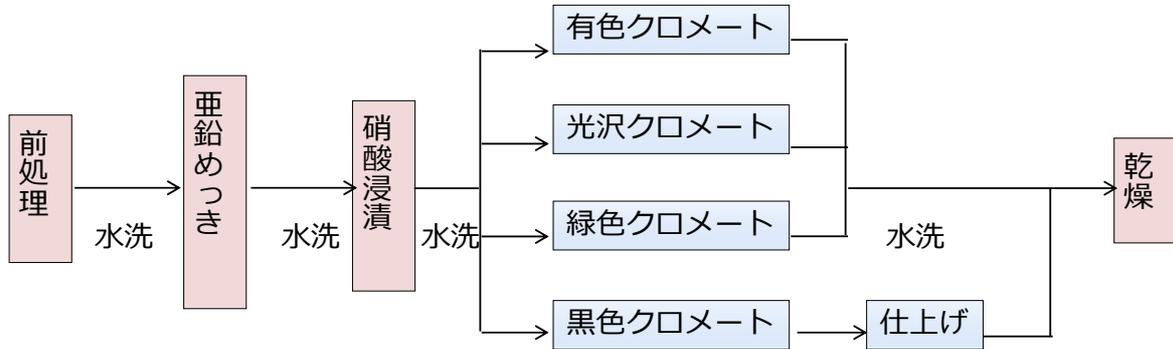
©SOMEITEC

8

亜鉛めっきとクロメート

クロメート

- ・黄銅、亜鉛、アルミニウムなどに行われる表面処理
- ・クロムを含む溶液に浸漬し不動態化させる
- ・自己修復性の皮膜を得ながら、なおかつ化学研磨作用を行う
- ・耐食性向上や変色防止の為に亜鉛めっきの後処理に行われる
- ・現在は六価クロムからの代替品として三価クロム処理が主流



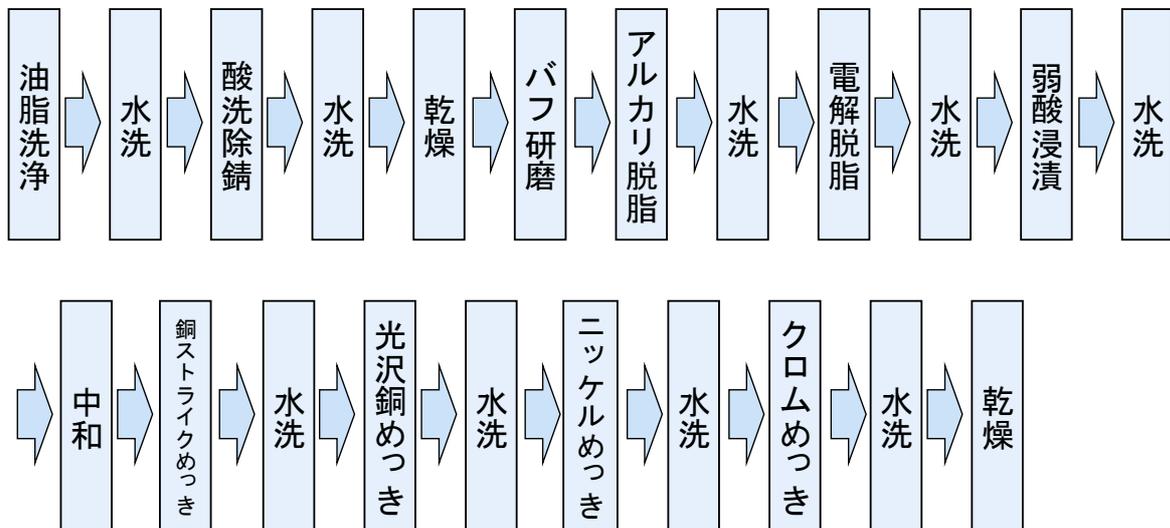
亜鉛メッキ～クロメートのフロー

クロメートには外観の異なる各種方式がある

めっきの工程フロー

めっき工程は多数の処理を必要とする

製品の種類・材質、皮膜の種類、目的、加工設備などによって様々に異なる



鉄素地に装飾用光沢ニッケル・クロムめっきを行う場合の工程フロー

めっき膜をよくする処理のポイント

レベリング

平滑性
電流密度大、低温、低金属イオン濃度、低pH

スローイング

均一電着性
金属錯塩浴、補助極、電流密度調整

カバーリング

良好な析出
低温、電流密度大、pH調整、不純物除去

めっき処理のポイント

©SOMEITEC

11

めっき作業に必要な資格や技能

技能

めっき技能士

- ・めっきの総合的な技能
- ・めっき加工の理論的な把握
- ・めっき作業の本質の体得
- ・段階的ステップアップが可能
- ・意欲の向上
- ・適正な能力評価
- ・指導力の向上

環境

公害防止管理者（水質1種or2種）

法律により届け出が必要

安全衛生

- ・毒物劇物取扱責任者
- ・特定化学物質等作業主任者
- ・危険物取扱者
- ・作業環境測定士
- ・ふんじん作業
- ・有機溶剤作業主任者
- ・乾燥設備作業主任者
- ・ボイラー技士
- ・衛生管理者
- ・フォークリフト運転者
- ・玉掛作業 など

めっき実務に必要な資格や技能

©SOMEITEC

12

めっき技術の今後の課題

用途拡大	被処理材の拡大
	用途・適用分野の拡大
環境対応	六価クロム代替
	排液無害化・回収
	作業安全衛生
	有価金属回収
技術伝承	技術ノウハウ伝承
	後継者育成

©SOMEITEC

13

めっき技術開発トピック

マグネシウムへの装飾めっき（塚田理研工業）



マグネシウムは塗装仕上げで、金属感が十分ではなかった
 →高耐食性と装飾性を持った表面処理技術の確立により、マグネシウム合金への装飾めっきを実用化した
 （塚田理研工業製品紹介資料）

高機能黒めっき（メルテック）

	処理タイプ	反射率	寸法変化	導電性
メルトブラックEX	めっき処理	3%程度	+0.001~ +0.002	○
スーパーメルトブラック	めっき処理	1%程度	+0.003~ +0.007	×

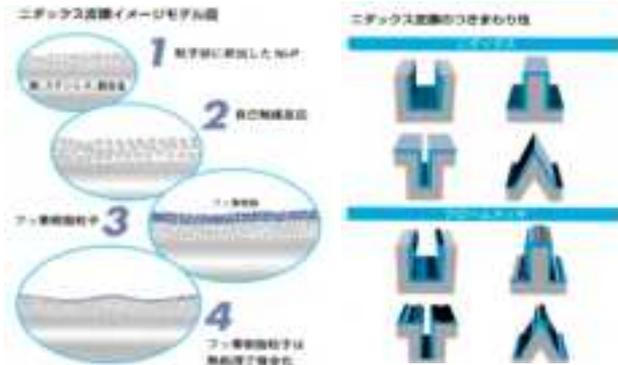
黒ニッケルめっき・1~3%、寸法変化0.007未満、
 導電性あり／なし選択可能、果的な反射防止処理の追究により開発
 （メルテック製品紹介資料）

©SOMEITEC

14

めっき技術開発トピック

高潤滑無電解Ni/PTFE複合処理 (ニダックス：アルバックテクノ)



鉄、ステンレス、銅、アルミ合金に対して、無電解ニッケルめっきにフッ素樹脂を複合させた処理。総厚5~20μm
高硬度(Hv750)、つき回り、耐摩耗、滑り性、非粘着性良好
(アルバックテクノ技術紹介資料)

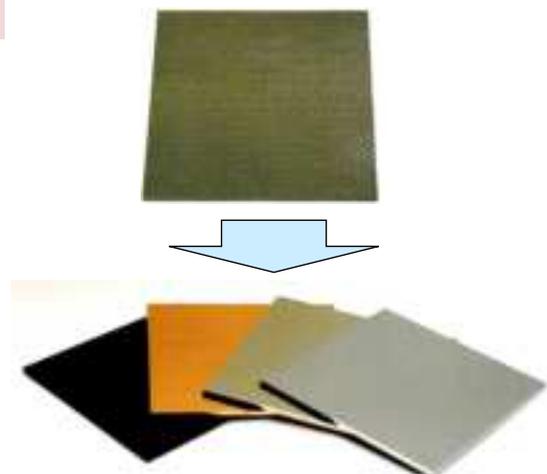
高潤滑無電解Ni/PTFE共析めっき (ハイライト)



PTFE含有量を10~30%で選択可能
ベーキング後硬度Hv750(PTFE10%)
(ハイライト技術紹介資料)

めっき技術開発トピック

CFRPへのめっき (奥野製薬工業)

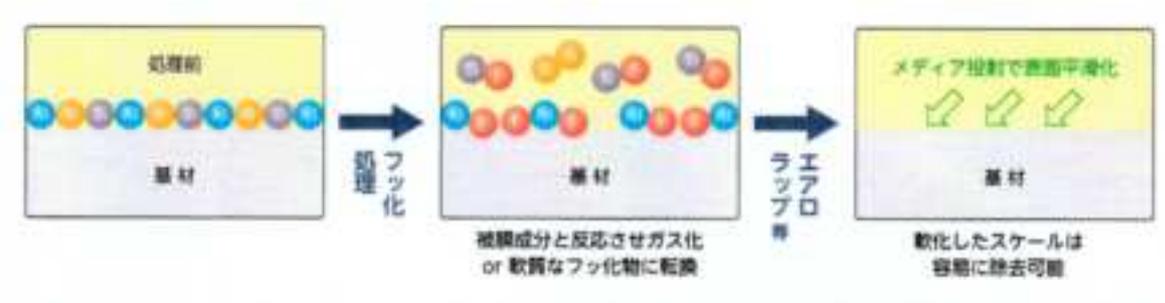


CFRP:炭素繊維強化プラスチック
鉄やアルミよりも強靱で軽量な素材
自動車や航空機用材料などに期待

摩耗性、意匠性、耐光性向上
(奥野製薬工業技術紹介資料)

皮膜除去技術

ガス除膜技術（ガスカンパニー）



ガスが細部までいきわたるため処理品の形状を問わない
除膜で問題となるCo溶出などが生じない
(ガスカンパニー技術紹介資料)

ドライアイスブラスト（各社）

めっき析出量の計算

還元析出量
= 原子量 (g) / 原子価 × 電流 (A) × 時間 (秒) / ファラデー (A×秒)

ニッケルめっき 5Aで1時間の場合

還元析出量
= 58.71 (g) / 2 × 5 (A) × 3600 (秒) / 96500 (A×秒)
= 5.48 g

めっき析出量の計算

めっき析出を妨げる要因

意図しない反応（電流効率）

水素の発生やその他の反応が起こる
電流効率は100%より低くなる

液の循環（拡散速度）

液の循環（攪拌）が不十分だと、イオンの供給と生成物の排出がめっき膜析出反応を律速する

めっき種（水素の発生しやすさ）

Zn < Pb < Sn < Pd < Cu < Ni < Ag < Pt < Fe < Au < Pt（黒）
水素が発生しやすいめっき種は電流効率が低くなる

めっき析出を妨げる要因

©SOMEITEC

19

めっき膜厚の測定方法

電解式

めっき試料に一定電流で電解を行い、溶解時間を測定（破壊試験）

渦電流式

高周波誘導コイルにより発生する渦電流（導電性）を検知

顕微鏡

試料を樹脂に埋込→鏡面研磨→化学腐食→400倍程度で断面観察

その他

表面抵抗測定、磁力式、滴下式、溶解厚さ、β線など

めっき種類	顕微鏡式	磁力式	電解式	滴下式	その他
電気亜鉛めっき	○	○	○	○	
カドミウムめっき	○	○	○	○	
工業用クロムめっき	○	○	○		マイクロメータ シリンダーゲージ 顕微鏡・JIS
金めっき	○				付着量
ニッケルめっきおよび ニッケル・クロムめっき	○		○		付着量
銅めっき	○		○		付着量
電気メッキ	○		○		付着量
溶解厚さ					付着量

めっき膜厚の測定方法（JIS）

©SOMEITEC



渦電流式非接触膜厚計

20

めっき膜の表面抵抗の基本公式

表面抵抗 R_s (Ω/\square) = 抵抗率 ρ (比抵抗) \div 膜厚 t

オームパースクエア

$$R = \rho \frac{L}{A} = \rho \frac{L}{Wt} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{\rho L}{t W} = R_s \frac{L}{W} \quad \Rightarrow \quad \frac{\rho}{t} = R_s$$



出典：Wikipedia「シート抵抗」

ρ は抵抗率、 A は試料の断面積、 L は試料の長さ
試料の断面積は、試料の幅 W と試料の厚さ t の積で表される

©SOMEITEC

21

四探針法による表面抵抗測定(接触式)

四探針法の原理：外側端子で電流を流し
内側端子間の電位を測定する



四探針法の原理



四探針方式の表面抵抗測定器

出典：ナブソンHP

表面抵抗の測定には、接触式の四探針型測定器が用いられる
非接触式として、渦電流式の測定方式がある

©SOMEITEC

22

めっき膜厚のバラツキの要因と主な対策

原因

形状 ワーク形状が複雑だと電流密度が不均一

抵抗 金属イオン供給・反応・生成物除去のしやすさの空間的偏り

対策

陽極配置 陽極配置の工夫により電流密度を調整

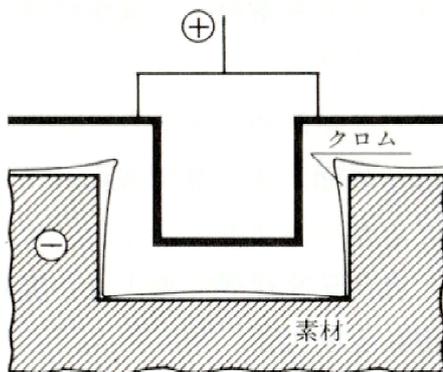
PR電流 交番電流により反応と拡散をスムーズにする

めっき膜厚のバラツキの要因と対策

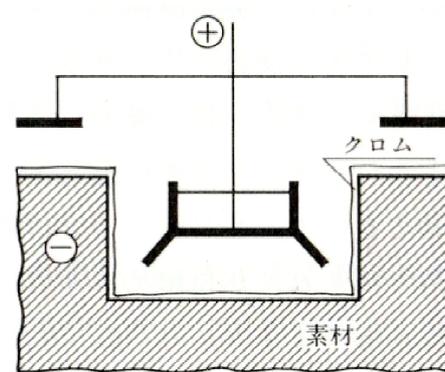
©SOMEITEC

23

めっき膜厚の均一化 陽極配置



(a) めっき面から等距離に陽極配置
(角部のめっきは厚く、隅部は非常にめっきが薄くなる)



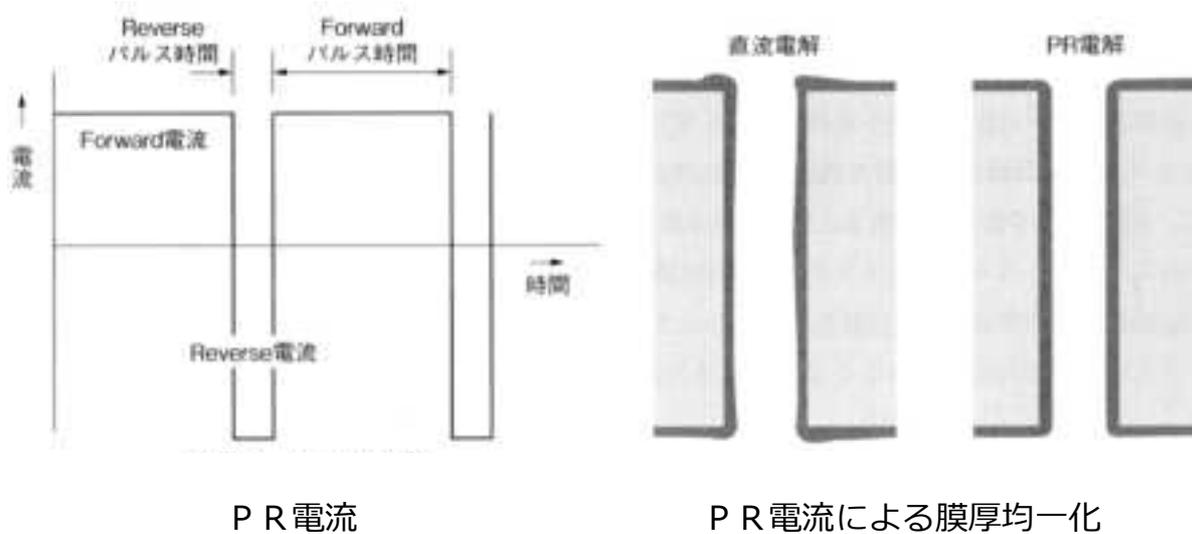
(b) めっき厚が割合平均的になる陽極配置

陽極配置による膜厚均一化 (クロムめっき)

©SOMEITEC

24

めっき膜厚の均一化 PR電流



©SOMEITEC

25

めっき膜の外観不良

外観不良

原因

ピット

めっき膜に窪み

ノジュール

ブツブツ状の異常

ホイスカ

針やこぶ状の成長物

ヤケ

めっき膜面の変色

ざらつき

めっき膜面の荒れ

素地の表面状態
 浴中の不純物粒子
 析出した金属の脱落・再吸着
 めっき中に発生する水素
 副生成物の取り込み
 金属イオン供給不足

めっき膜の外観不良

©SOMEITEC

26

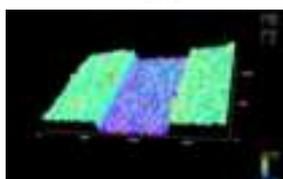
表面粗さ測定



測定範囲
Ra 0.05~10.0μm
測定精度 ±15%

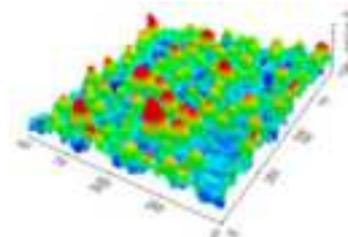
触針式粗さ計

表面粗さ計DR130
サトテック
<http://satosokuteiki.com/item>



光学干渉式

光学式高速3D粗さ計測システム
日立ハイテクノロジーズ
<https://www.hitachi-hightech.com/>



AFM

AFMWorkshop
<https://www.umass.edu/ials/afm>

触針式、共焦点レーザー式、光学干渉式、AFMなど
精度向上、低価格化、ポータブル化、IT化が進んでいる

©SOMEITEC

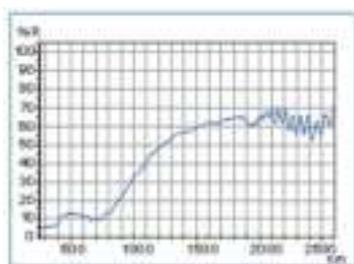
27

光学反射率



分光光度計

紫外可視近赤外分光光度計 UH4150
日立ハイテクサイエンス
https://www.hitachi-hightech.com/hhs/product_detail/?pn=ana-uh4150



遮蔽物の反射率スペクトル



顕微分光測定機

USPM-RU III
オリンパス
<https://www.olympus-ims.com/ja/metrology/lens-spectral/>

- ・ 反射率の代表値、波長スペクトルが得られる
- ・ 光学特性規格として、特定波長の代表値を設定することが多い

©SOMEITEC

28

めっき膜の密着性試験

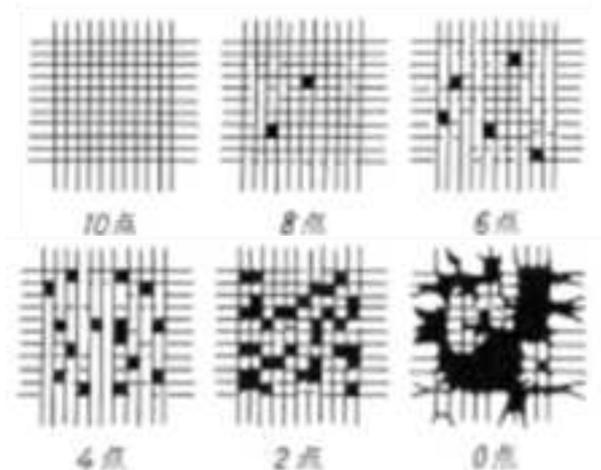
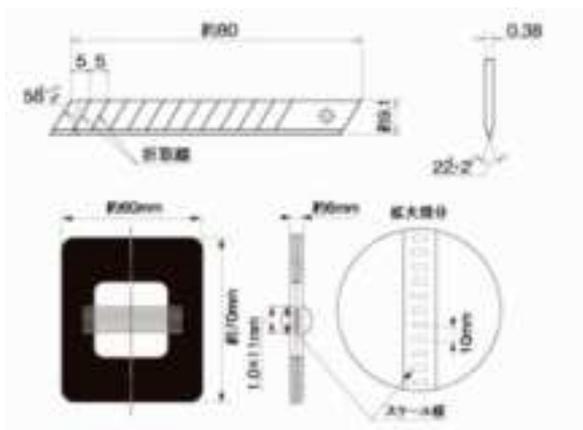
密着性テスト (90°曲げ試験)

製品的一方を固定し、他方を90°曲げ、起こし、また逆方向に曲げる、を繰り返す
硬質クロムめっきに適用（亜鉛めっきは180°で試験）

クロスカットピール試験

基盤目状に25マスまたは100マスにカッターで切り込みを入れ、テープで引きはがしを行ない、剥がれたマスの数で評価する
薄い、柔らかいめっき膜の場合や、プラスチック素地などで用いられる

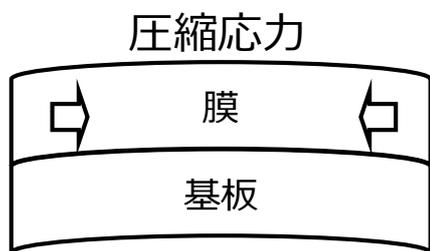
クロスカットピール試験（JIS K5400）



- ・テープ種を統一
- ・貼り付け時の力を統一
- ・カッター刃先の劣化を管理
- ・引きはがしまでの待機時間を統一
- ・引きはがしは勢いをつけない
- ・引きはがし方向と速度を統一

膜応力

膜に引張応力が残留すると剥がれの原因になることが多い



膜密度 : 高い

反り : 膜側に凸



膜密度 : 低い

反り : 基板側に凸

- 内部応力 = 膜の粗密で発生 (密であると圧縮)
- 熱応力 = 温度変化時に膜と基板の熱膨張の差で発生
- 膜応力 = 内部応力 + 熱応力

膜応力の測定

曲率半径の測定

$$\sigma = E b^2 / 6 (1 - \nu) R \cdot d$$

E: 基板ヤング率、b: 基板厚み、 ν : 基板ポアソン比、d: 膜厚

格子定数の測定 (X線回折)

$$\sigma = -E / 2\nu \cdot (\Delta d / d)$$

E: 薄膜ヤング率、 ν : 薄膜ポアソン比

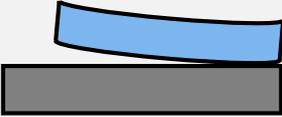
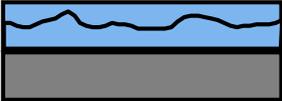
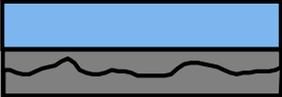
応力による格子定数の変化 Δd

圧縮応力 : Δd はプラス

引張応力 : Δd はマイナス



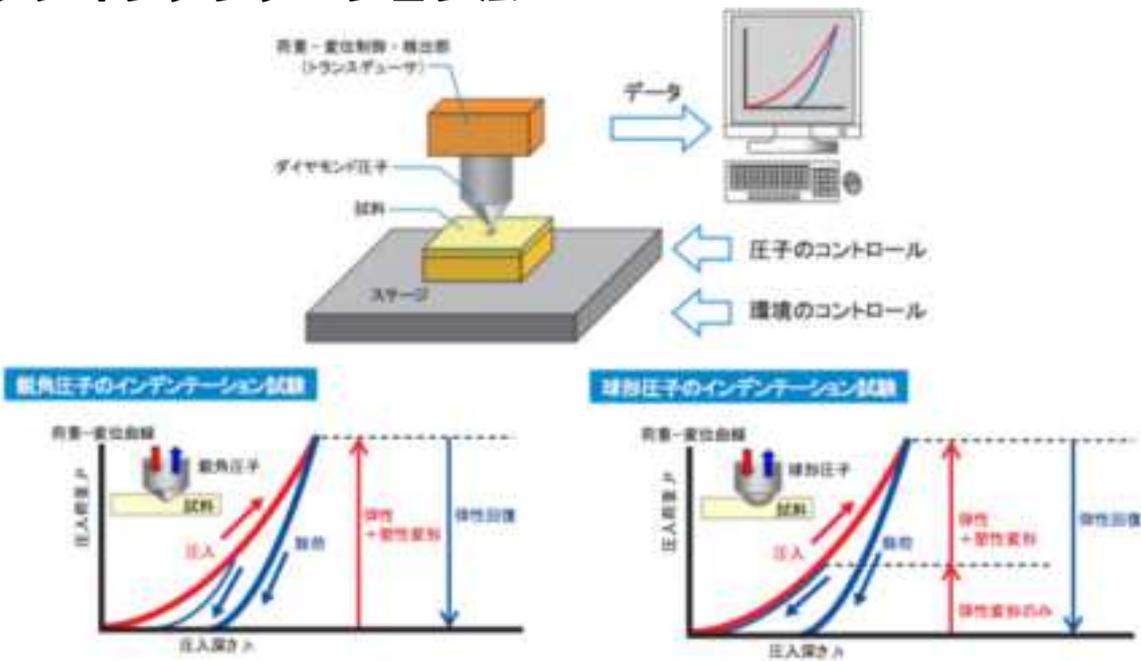
密着性改善方法

<現象>	<対策>	<内容>
①界面の剥離 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 化学的結合の強化 ・ 分子間力の強化 ・ アンカリングの強化 ・ 残留応力の緩和 ・ 剥離きっかけの防止 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 密着層の付与 ・ 活性化 (UV、プラズマ等) ・ 下地表面清浄化・荒らし ・ めっき・加熱条件調整 ・ 処理後の表面接触の低減
②膜の破壊 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 膜硬度アップ ・ 膜厚アップ ・ 物理的ダメージ抑制 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 組成・めっき条件 ・ 電力・処理時間・搬送速度 ・ ワーク取扱いの負荷低減
②下地表面の破壊 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 下地表面の脆化対策 ・ 残留応力の緩和 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 前処理後大気暴露時間短縮 ・ 研磨、ブラスト処理等 ・ めっき・加熱条件調整

©SOMEITEC

33

ナノインデンテーション法



出典：日産アーク株式会社HP

薄い膜の強度評価にはナノインデンテーションが有効

©SOMEITEC

34

めっき膜の耐食性評価

塩水噴霧試験

35±1℃の試験機に15～30°の傾斜で設置
5または20%食塩水を0.7～1.8kg/cm²で噴霧
8時間噴霧・16時間休止を1サイクル

ピンホールテスト (フェロキシル試験)

ろ紙に試験液を浸しテストピースに貼り付け、発生した
青斑点の数で判定する
Fe上の銅・ニッケル・クロム系のめっきに適用

めっき膜の耐食性試験

環境試験

環境試験

- ・ 後工程や実用を想定した環境にて品質を評価する
- ・ 加速試験・・・高温、寒冷、高湿度、紫外線照射など通常よりも厳しい条件により短期間で疑似的に長期間の試験を代替する方法
- ・ 過酷試験・・・加熱、衝撃、薬品浸漬、熱・湿度サイクルなど、過酷な環境により実用上の安全性を評価する方法
- ・ 加速試験と過酷試験を兼ねるケースもある
- ・ 評価項目は、密着性、機械的強度、各種特性、外観など

めっき製品の設計手順

製品開発における、皮膜形成の必要性
(外観装飾性向上、耐摩耗性などの機能付与、母材の代替など)



皮膜形成技術におけるめっき技術適用の判断：他の方法との比較
(機能面、コスト、供給面、その他制約)



めっき試作・評価 (外観、強度、膜厚、特性、耐久性)



めっき皮膜を形成した製品の評価 (機能、信頼性)

めっき製品の設計手順

©SOMEITEC

37

めっき技術適用判断のポイント

機能面

- ・母材と膜種の相性はよいか？
- ・用途は明確か？
- ・要求性能は明確か？それを満たす膜になるか？
- ・どんな使用環境で何年耐える必要があるか？それを満たすか？
- ・業界や顧客による評価基準はあるか？
- ・性能評価・品質管理に必要な測定・評価分析機器類はあるか？
- ・他の成膜技術と総合的に比較して、本技術が最適か？

コスト面

- ・電流密度・電流濃度は十分か？
- ・材料・加工のコストは？調達価格の将来の変動可能性は？
- ・想定される歩留まりは？
- ・母材の原価は？母材をリペア可能か？

供給面

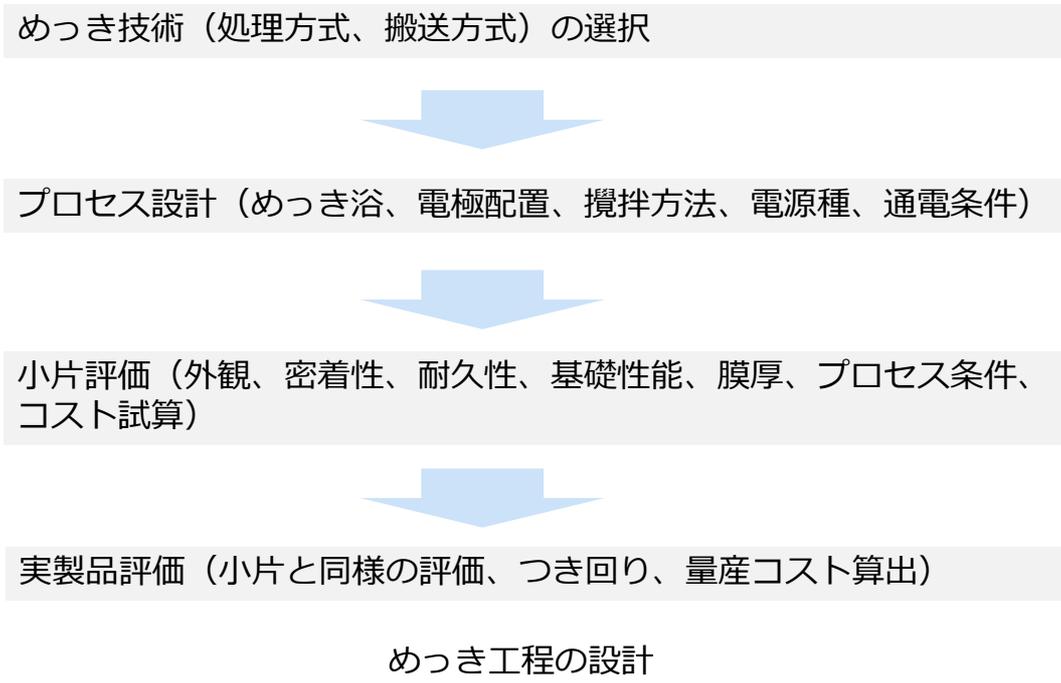
- ・成膜速度は十分か？
- ・次工程や委託先に必要な設備がそろっているか？
- ・材料を継続的に調達可能か？
- ・設備故障や災害の場合の復旧の可否、必要な時間と費用は？
- ・知的財産上の制約はないか？自社の知財権利化の必要性は？

めっき技術適用判断のポイント

©SOMEITEC

38

めっき工程の試作評価の流れ



めっき浴の設計・チューニング

めっき浴の名称	構成成分と濃度
銅めっき	硫酸銅 100~250 g/L, 硫酸 45~60 g/L, 電化剤イオン 20~60 mg/L
	シアン浴 シアン化銅 60~80 g/L, シアン化ナトリウム 70~90 g/L, 水酸化ナトリウム 10~40 g/L
	ワット浴 硫酸ニッケル 240~300 g/L, 塩化ニッケル 45~50 g/L, ホウ酸 30~40 g/L
ニッケルめっき	アスレシ浴 硫酸ニッケル 240~200 g/L, 塩化ニッケル 45~50 g/L, アスレシ酸 17~21 g/L
	スルファミン類浴 スルファミン類ニッケル 300~450 g/L, 塩化ニッケル 0~15 g/L, ホウ酸 30~40 g/L
	サーフェント浴 無水フロム酸 200~300 g/L, 硫酸 2~3 g/L
クロムめっき	フッ化物浴 無水フロム酸 250~350 g/L, 硫酸 0.5 g/L, ヘイフッ化ナトリウム 12~20 g/L

要求性能への適合

小片評価

チューニング

導電性塩・イオン濃度

各種添加剤

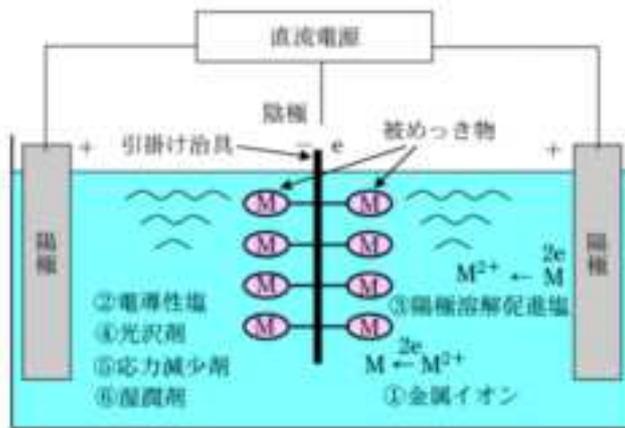
温度・通電・攪拌・電極配置

代表的なめっき浴の組成

基本のめっき浴から必要に応じてチューニングする

出典：めっき液成分の管理（土井正 日本分析化学会）

浴成分と添加剤



導電性塩

金属イオン

可溶陽極

光沢剤

応力減少剤

湿潤剤

レベリング剤

陽極溶解促進塩

©SOMEITEC

41

めっきプロセスの分析と診断

めっき（電気めっき、無電解めっき、溶融めっき）
濃度、添加剤、pHなどの浴調整
攪拌、温度などの環境調整



質量変化
表面観察（光学顕微鏡、電子顕微鏡）
X線回折、物理分析、機械的性質測定
溶液分析



物性・性質評価、実用診断

©SOMEITEC

42

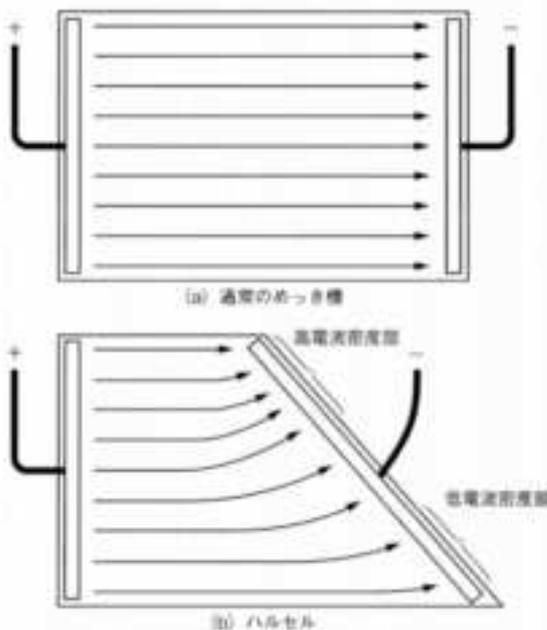
分析に用いるガラス器具類



©SOMEITEC

43

ハルセル試験法によるプロセス分析

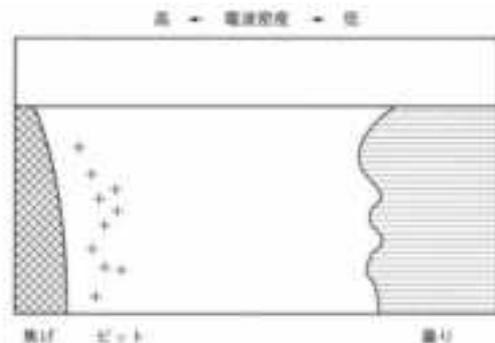


ハルセル試験法

浴組成とハルセル試験条件

成分	濃度	A	B	C	D
硫酸ニッケル	(g/L)	200	200	200	200
塩化ニッケル	(g/L)	45	—	45	—
ホウ酸	(g/L)	35	—	—	35

初期のpH: 4.0, 30℃, 3A, 5分, 数かく研



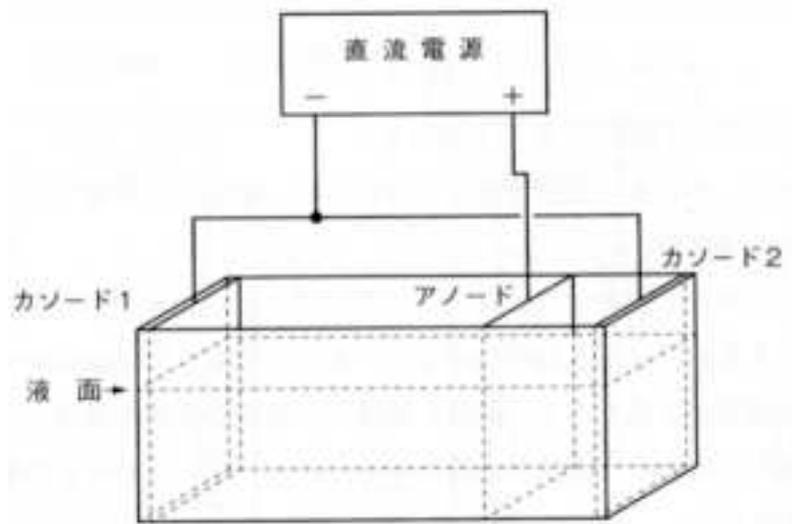
ハルセル試験結果の例

電極間の傾斜により電流密度を変えて外観品質を評価

©SOMEITEC

44

ハーリングセルによるプロセス分析



ハーリングセル

可変アノードによる評価

©SOMEITEC

45

めっき液の分析

元素分析

原子吸光分析、ICP発光分析、赤外分光光度計

電気泳動法

キャピラリー電気泳動分析

電気化学分析

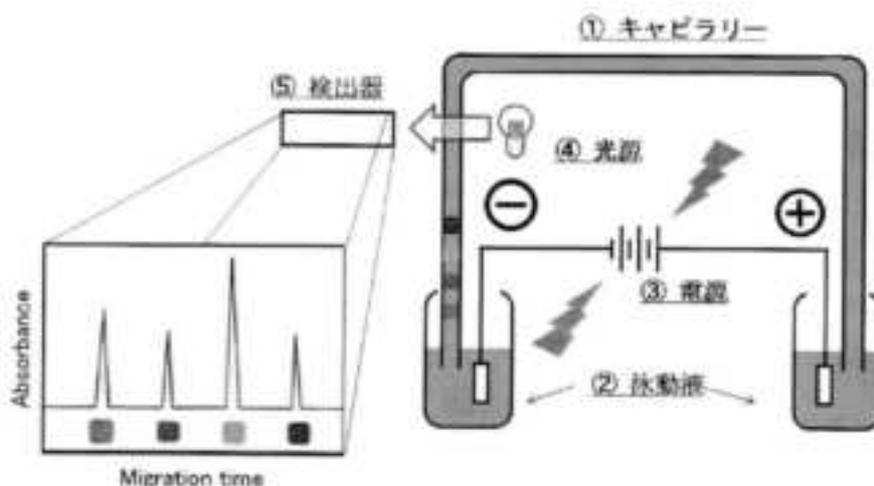
ポテンシオメトリー、サイクリックボルタンメトリー等

めっき液の各種分析

©SOMEITEC

46

キャピラリー電気泳動法によるめっき液分析

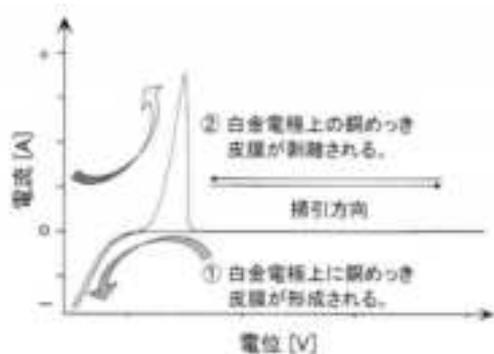


キャピラリー電気泳動法

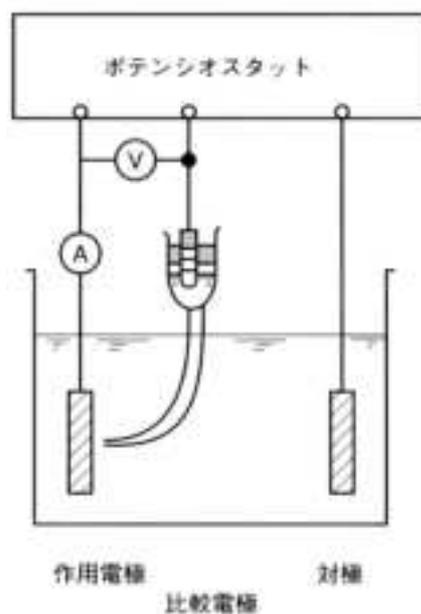
金属イオン、無機陰イオン、有機酸、アミンなどの成分を同時に測定可能
①キャピラリー、②泳動液、③電源、④光源、⑤検出器からなる

電気化学的手法によるめっき液分析

サイクリックボルタンメトリー
ポテンシオメトリー
アンペロメトリー
クーロンメトリー
ポーラログラフィー
インピーダンス測定



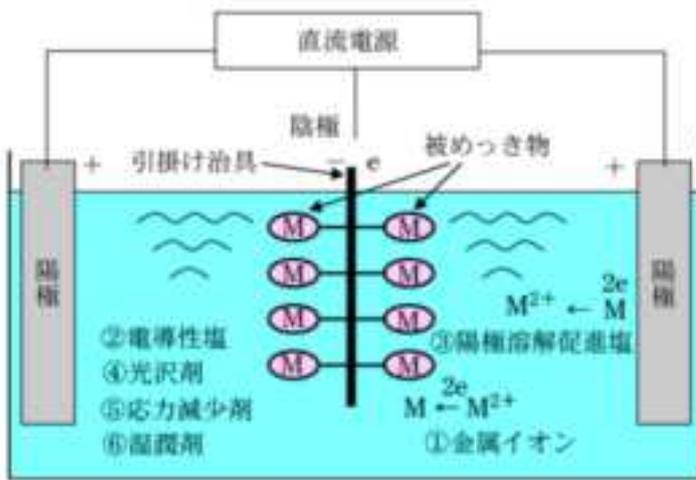
サイクリックボルタンメトリー



ポテンシオメトリー

電圧や電流の挙動から、めっきの各種成分や状態を分析する手法

めっき装置と管理



めっき装置の構成

管理する項目

浴組成
 浴レベル
 アノード消費
 pH
 OPR (電極電位)
 浴温度
 通電時間
 電流、電圧
 電気化学測定
 その他異常 (異臭等)

めっき浴管理項目

めっき工程設計における薬品中毒への対応

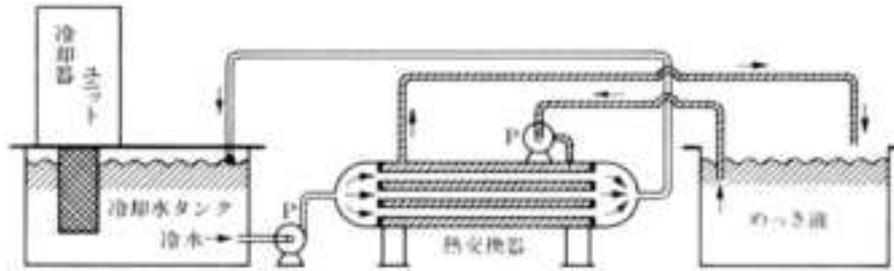
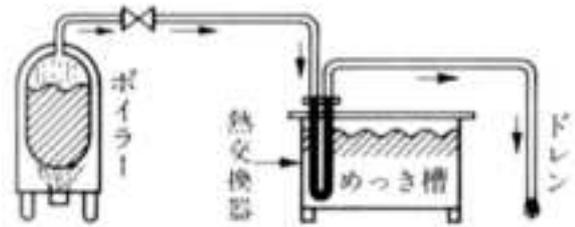
	症 状	予 防
クロム酸中毒	たん、せき、鼻汁、皮膚のただれ、鼻中隔穿孔	排気を完全に(局所排気)、噴霧防止剤の使用、直接皮ふに触れぬこと
硝気中毒	せき、めまい、呼吸困難、皮ふのやけど	換気を完全に、ゴム手袋の着用
硫酸・塩酸中毒	せき、呼吸困難、やけど	換気を完全に、ゴム手袋の着用
シアン化物中毒	はき気、頭痛、めまい、呼吸まひ	換気を完全に、酸との混合をさける、直接皮ふに触れぬこと
鉛中毒	頭痛、めまい、腹痛、食欲減退	直接皮ふに触れぬこと、水洗を十分に

めっきに関連する薬品中毒と予防

- ・排気の完全化が基本
- ・薬液を扱う際の保護具使用の徹底

めっき液の冷却

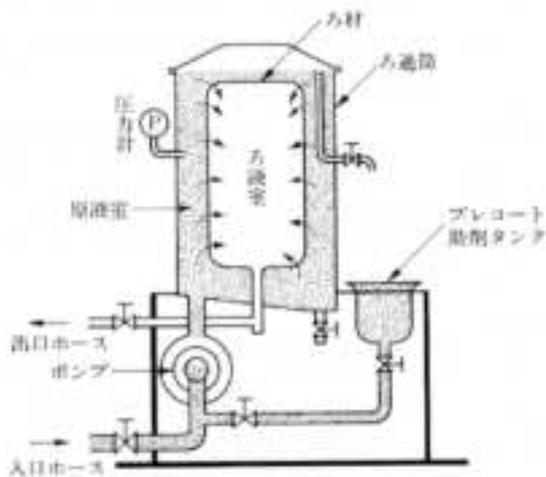
連続に大電流でめっきをすると、めっき液の電気抵抗と、直流電解電流によって液温が著しく上昇する必要がある。その場合はめっき液の冷却装置が必要になる



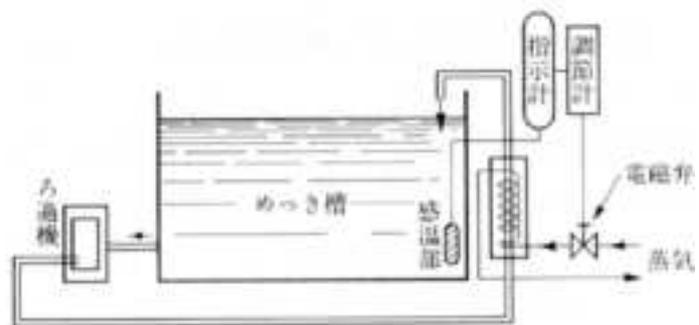
めっき液の冷却装置の例

シアン系バレルめっき、クロムめっき、陽極酸化（アルマイト）において特に冷却を要する

めっき液のろ過



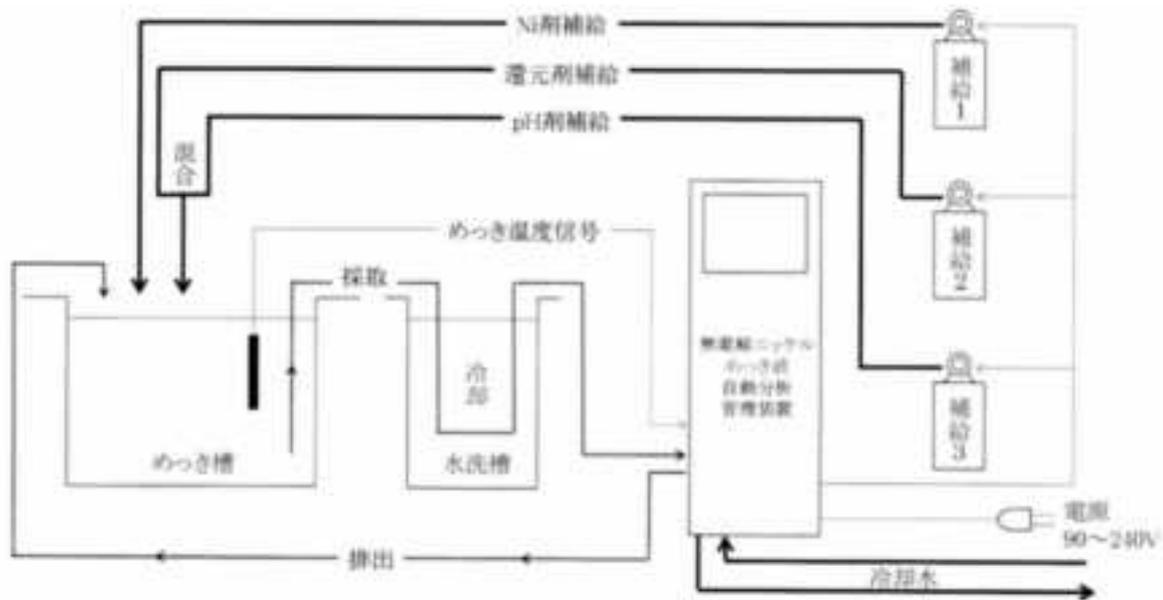
ろ過機



ろ過温調系統図

- ・前工程から持ち込まれる異物やめっき中に生成する不純物を分離除去
- ・1～10 μ 程度のろ過精度
- ・脱脂、めっき、水洗の各工程で使用

めっき液の自動分析管理システム



無電解ニッケルめっき液自動分析管理システム

©SOMEITEC

53

めっき技術の情報収集の方法

SURTECH (2月・東京)

めっき関連技術を中心に、あらゆる産業分野に対応した 表面処理・表面加工の専門展

ASTEC (2月・東京)

各種表面技術の先端技術の展示と会議
SURTECHと併催

表面改質展 (9月・横浜)

『難加工技術展』『表面改質展』との併催にてプロセス技術を幅広く扱う

高機能素材WEEK
(2月・東京,5月・大阪)

先端デバイス分野の応用技術展の中で開催される各種素材の展示会

団体・学会主催セミナー
(随時開催)

表面技術協会、応用物理学会、日本表面科学会等

めっき技術の情報収集の方法

©SOMEITEC

54

主な機関・団体

全国鍍金工業組合連合会	日本全国都道府県の電気めっき工業を営む約1300社が所属する24工業組合により組織
各県めっき工業組合	地域の電気めっき工業を営む会員が所属する組織
日本溶融亜鉛鍍金協会	溶融亜鉛めっきに関する事業者の団体
日本鍍金協会 十日会	都内及び近郊のめっき業者、及び協賛メーカーによる有志団体
表面技術協会	めっきをはじめとした表面処理技術の学会
日本表面科学会	表面・界面のサイエンスに関する学会
日本鍍金新報	ものづくりを支える「めっき」業界の専門紙
応用物理学会	「応用物理」を起源とし、理学・物理学と工学・産業を結ぶ学会

主な機関・団体

©SOMEITEC

55

めっき排液の処理の基本

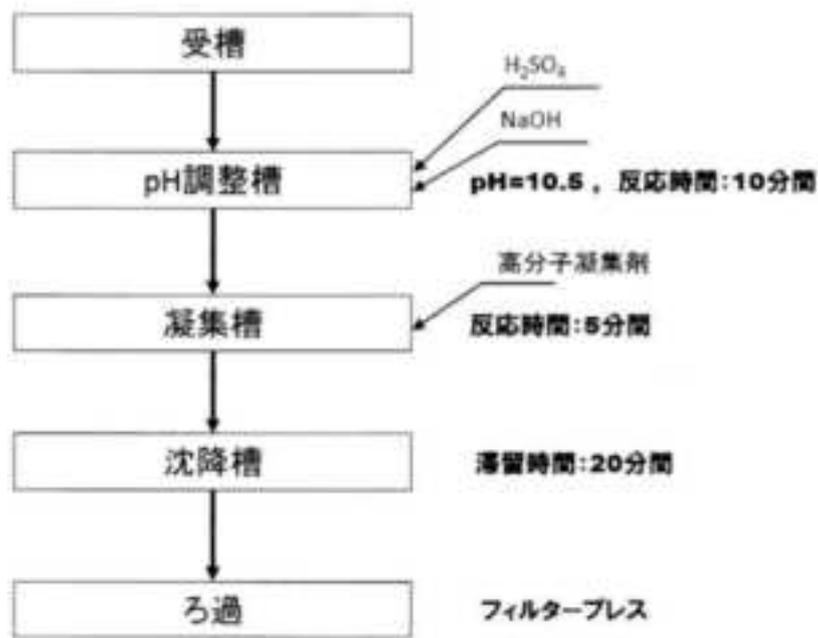
シアン排液	アルカリ塩素法（アルカリ性にして、塩素によって酸化して、二酸化炭素と窒素に分解） 塩素は10%次亜塩素酸ソーダを使用 pHとORPで反応を管理
六価クロム排液	排水を酸性にして、還元剤を加える ORP250mVで反応終了 還元された三価クロムは沈降処理
重金属排液	多くの重金属はアルカリで沈殿し、ろ過する 金属により最適pHが異なる キレート剤を含む排液（剥離剤や無電解めっき液）は別で処理する

めっき排液の処理の基本

©SOMEITEC

56

亜鉛めっき液の沈殿ろ過処理



亜鉛めっき液の沈殿ろ過処理

©SOMEITEC

57

国内の環境法規制

公害対策基本法	1970年制定、空気、水、土壌の汚染・破壊を防止
水質汚濁防止法 下水道法	工場から公共用水域に排出される水の排出を規制 有害物質の排水基準を規制
消防法	引火性や発火性のある物品の使用・保管・輸送方法を規定
労働安全衛生法	職場における労働者の安全確保のため作業環境を整備
有機溶剤中毒予防規則	有機溶剤を扱う業務において作業設備の性能、測定、健康診断、貯蔵や容器の処理を規定
特定化学物質障害予防規則	特定化学物質による労働者の健康障害を予防
作業環境測定法	作業環境測定士の資格及び測定作業を規定
廃棄物処理法	排液やスラッジの処分についての規定
化学物質排出把握管理促進法	PRTR制度とSDS制度、事業者による化学物質の自主管理を促進
化審法	新規化学物質による環境の汚染を防止するために評価判定

化学物質の審査及び製造等の
規制に関する法律

国内の環境法規制

©SOMEITEC

58

国際的な環境・化学物質規制

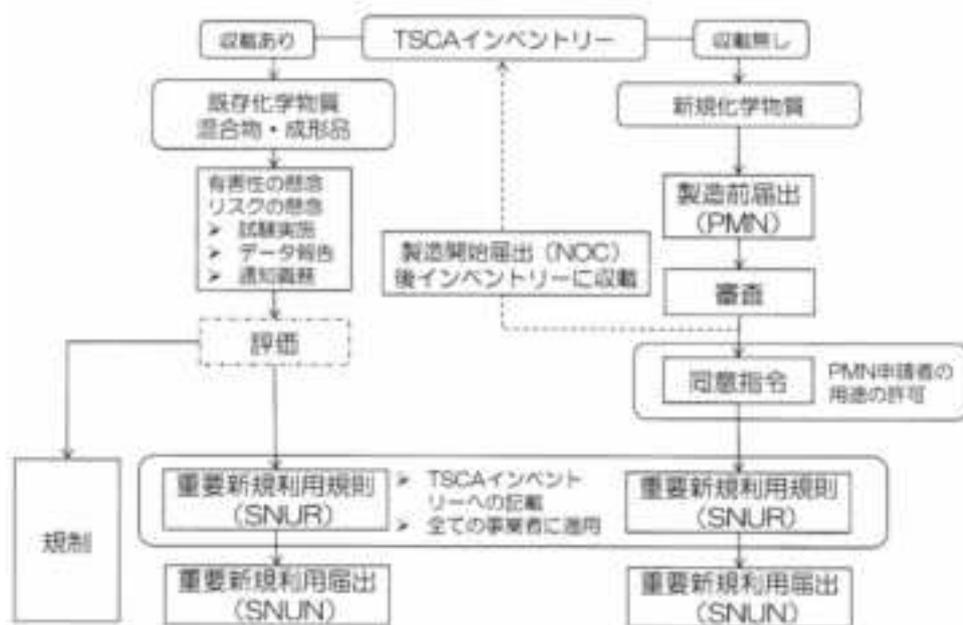
TSCA (米国)	人の健康や環境に対して不合理なリスクのある化学物質の規制
REACH (欧州)	EUにおける化学品の登録(Registration)・評価(Evaluation)・認可(Authorisation)及び制限(Restriction)に関する規則 ・新規化学物質と既存化学物質を同一の枠組で規制 (登録等) ・危険性が証明された物質の規制から安全性が証明できない物質の規制
Rohs指令 (欧州)	EUによる電子・電気機器における特定有害物質の使用制限の指令 六価クロム、カドミウム、水銀、鉛、PBB、PBDE
化学物質登録及び評価等に関する法律 (韓国)	新規化学物質及び1トン以上の既存化学物質の製造・輸入・販売量の報告及び新規化学物質及び政府により選定された既存化学物質の有害性情報等の登録
新化学物質環境管理法 (中国)	新規化学物質のリスク分類管理、申告・登録及び追跡管理制度
毒性化学物質管理法/職業安全衛生法 (台湾)	新規化学物質の登録制度実施 数量の多い物質に対して、リスク評価を求めている

欧米・アジアの化学物質規制

©SOMEITEC

59

米国 TSCA (トスカ)



米国の化学物質規制 TSCAの枠組み

©SOMEITEC

60

めっきに関連する環境規制物質

	特化物法	水質汚染防止法	土壌汚染対策法	Rohs指令
六価クロム	特化物2類 クロムとして0.05mg/m ³	六価クロムとして 0.5mg/l	六価クロムとして溶 出量0.05mg/l	電子・電気機器に 1,000ppm以下
シアン化合物	特化物2類 シアンとして3mg/m ³	シアンとして 1mg/l	シアンとして溶出量 検出されない事	
フッ化水素	特化物2類 0.5PPM	8~15mg/l	フッ化水素として溶 出量0.8mg/l	
鉛				電子・電気機器に 1,000ppm以下
ニッケル（粉状）	特化物2類 ニッケルとして0.1mg/m ³	ニッケルとして条 例による規制		
硫酸	特化物3類	pHに影響		

※ 除外：指定の含有率以下の鉛を含む合金／高温溶接タイプの鉛はんだ

めっきに関連する環境規制

©SOMEITEC

61

めっき技術開発トピック

高耐性3価クロム（ニスタロイ・トップファインクロム：奥野製薬工業）



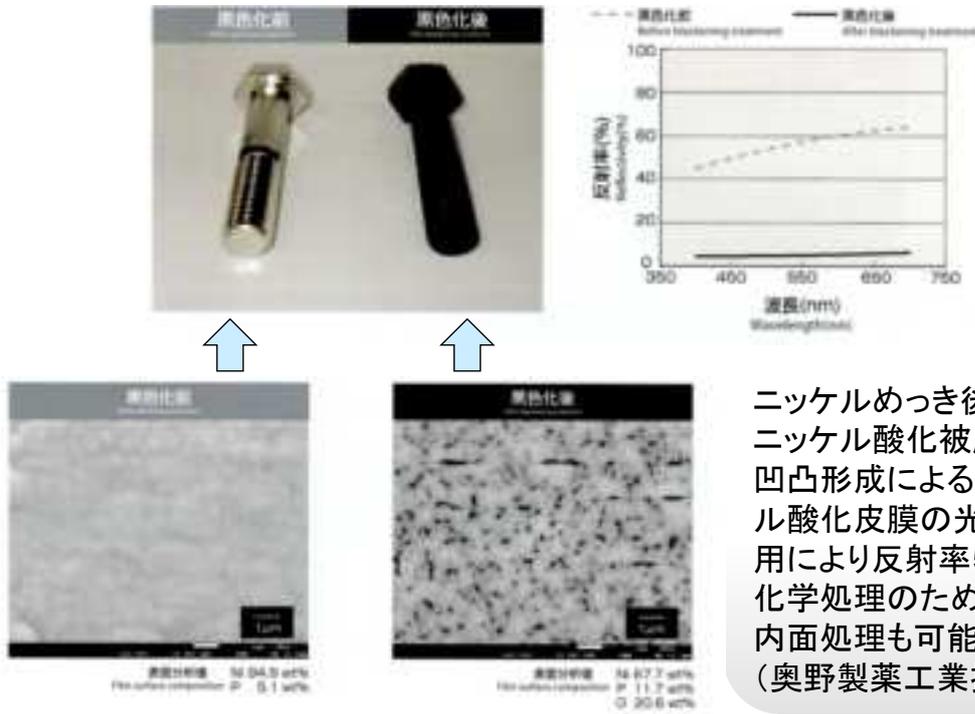
従来の6価クロムめっき膜よりも高耐食性
スズ-ニッケル合金めっき液が耐食性を付与
3価クロム液は従来6価クロム皮膜と同等の色調
(奥野製薬工業技術資料)

©SOMEITEC

62

めっき技術開発トピック

鉛フリー黒色無電解ニッケルめっき（ニコブラックMT-LFT：奥野製薬工業）



©SOMEITEC

63

環境関連の情報収集の方法（各種機関・団体）

日本の環境政策（環境省）	日我が国の環境政策に関するポータルサイト。
ケミココ（環境省）	化学物質の検索を支援するサイト
ケムシェルパ（経済産業省）	サプライチェーンにおける、新たな製品含有化学物、質情報の伝達スキーム
NITE（製品評価技術基盤機構）（経済産業省）	工業製品などに関する技術上の評価や品質に関する情報の収集・提供
chrip（経済産業省）	NITE 化学物質総合情報提供システム
職場の安全サイト（厚労省）	事業場における安全衛生活動のための情報を提供
e-Gov（総務省）	電子政府の総合窓口

環境関連の情報各種機関・団体

©SOMEITEC

64