

1.1 電気めっきの目的

1.1.1 めっきの定義と分類

日常に使用する文房具、アクセサリから自動車部品、各種電子部品など、「めっき」処理がなされていない部品や製品はないのではないかと思えるほど「めっき」技術は汎用性が高い技術である。この意味で、製品を製造する上では、無くてはならぬ技術の一つであると言える。近年では、めっき膜の機能性が着目されており、膜の特性そのものが重要視されてきている。

このような重要な技術である「めっき」は、“金属、または非金属の表面に別の金属の被膜を密着被覆する材料技術”と定義されている。

上記のめっきの定義に従えば、めっきの方法は表1.1に示すように、大きく4種類に分類される。

表1.1 めっきの方法分類

方 法	概 要
(1) 蒸着・スパッタ・CVD・溶射など	真空・化学反応・吹きつけなどを利用する通常の乾式製膜技術全般
(2) 電気めっき	電気化学反応を利用する方法
(3) 無電解めっき	酸化還元反応を利用する方法
(4) 溶解めっき	溶けた金属中に、製品を浸漬して目的金属で被覆する方法

通常の乾式製膜技術といわれる真空内で行う蒸着法やスパッタリング法、化学気相成長法や金属粉を吹き付ける溶射法などもめっき技術の1種である。

また、溶かした金属中に製品を浸漬して引き上げることによって溶かした金属の膜で製品を被覆する溶融めっきという方法もめっき技術の一つである。各種の金属に応用されるが、実用上では鉄系材料の防錆のために、溶かした亜鉛を被覆するトタン、溶かしたすすを被覆するブリキ

があげられる。トタンは屋根や物置、ブリキはバケツなどに用いられていることは周知である。

電気めっき法とは後述する電気化学反応を利用して製膜する技術である。めっきを施す金属部品を陰極として、めっきすべき金属がイオンとして存在する溶液につけ、陽極との間に電圧をかけると溶液中のイオンが陰極に移動し、電子と結びついて中和放電して金属原子となることによって、めっきすべき金属を析出させる方法である。

同様にイオンを含む溶液を使用するが、通電はせずに液内で酸化還元反応を利用して製膜を行う無電解めっきがある。

本書では、一般的に「めっきとは」というときに使用される電気めっき法を中心に以下に解説する。

なお、奈良東大寺の大仏は金めっきが施されているのは周知である。大仏は金の粉末を常温で液体である水銀に混ぜたアマルガムと呼ばれる液体を塗布した後に、表面を炙る（加熱する）ことによって水銀のみを蒸発させて金被膜を形成させるという焼付めっきという手法で作られている。この手法では、水銀と混ぜると一旦金の光沢がなくなる。このことから、古代人は減金と表記（発音はめっきん）した。時代が下がるにつれて、金を表面に塗布することからの当て字「鍍金」（発音はめっき）と呼ばれるようになった。現代では漢字の使用制限で「鍍」の字が使用不可になったため、漢字表記ができずに、古代からの呼称である「めっき」といわれている。上記のように「めっき」はあくまで日本語である。外来語に使われるカタカナ表記は学術的には間違いであろうと思うので、本書では、ひらがな表記の「めっき」で統一する。

1.1.2 めっきの目的

設計者が製品にめっきを行う目的を考えてみる。設計では、製品としての流麗なデザイン、目視の外観、重量も配慮する必要があるが、最も重要なことは、製品として要求特性を満足できているかどうかである。要求特性では製品として信頼性が高く、長寿命であることが最優先事項であろう。また、製造に際してコストパフォーマンスが高いことも重要

である。製品レベルでのこれらの要求特性を満足するために、個々の部品の表面にめっきを行うかどうか判断される。

なお、製品とは、一般的に数種の部品が組み合わされた物をさすと思われる。めっきを行うかどうかは製品ではなく部品レベルで考えるべきことなので、以下では、めっきの対象物を部品という言い方で統一する。

実際にめっきを採用する場合の目的は、

- ① 装飾や防食を主眼とした目視した時の部品の外観の美しさを目的としためっき
- ② 防食や機械的性質を付与することによって、部品の長寿命化を目的としためっき
- ③ 電氣的性質やはんだ付け性を付与することによる部品の作りやすさの付与を目的としためっき

の3点に分類される。

しかしながら、部品に使われる材料（下地材料）は鉄系金属から非鉄系金属まで多種であるし、めっきする金属材料（めっき膜）も多種であるため、部品の要求特性を満足できるように、かつ、高信頼性で長寿命を達成できるように、組み合わせを選択・決定することが重要である。これを間違えると、めっきを施した部品の思わぬトラブルの原因になりかねない。

1.2 最低限必要な電気めっきの電気化学

1.2.1 標準電極電位とめっき

金属には、水溶液中で電子を放出してイオンになろうという性質がある。このイオンになるために必要なエネルギーを、電位として示した値を標準電極電位と呼ぶ。この標準電極電位はそれぞれの金属に特有の値（エネルギー）である。この標準電極電位の低い順、すなわち、イオンになろうとする性質の大きさを順に並べたものをイオン化傾向という。各種金属の標準電極電位を表1.2に示す。

表1.2 イオン化傾向

電極反応	E_0^0	電極反応	E_0^0
Li = Li ⁺ + e ⁻	-3.05	Fe = Fe ²⁺ + 2e ⁻	-0.440
K = K ⁺ + e ⁻	-2.92	Cd = Cd ²⁺ + 2e ⁻	-0.403
Ca = Ca ²⁺ + 2e ⁻	-2.87	In = In ³⁺ + 3e ⁻	-0.342
Na = Na ⁺ + e ⁻	-2.71	Co = Co ²⁺ + 2e ⁻	-0.277
Mg = Mg ²⁺ + 2e ⁻	-2.36	Ni = Ni ²⁺ + 2e ⁻	-0.250
Be = Be ²⁺ + 2e ⁻	-1.85	Mo = Mo ³⁺ + 3e ⁻	-0.200
Hf = Hf ⁴⁺ + 4e ⁻	-1.70	Sn = Sn ²⁺ + 2e ⁻	-0.136
Al = Al ³⁺ + 3e ⁻	-1.66	Pb = Pb ²⁺ + 2e ⁻	-0.126
Ti = Ti ²⁺ + 2e ⁻	-1.63	H ₂ = 2H ⁺ + 2e ⁻	±0.000
Zr = Zr ⁴⁺ + 4e ⁻	-1.54	Cu = Cu ²⁺ + 2e ⁻	0.337
Mn = Mn ²⁺ + 2e ⁻	-1.18	2Hg = Hg ₂ ²⁺ + 2e ⁻	0.778
V = V ²⁺ + 2e ⁻	-1.175	Ag = Ag ⁺ + e ⁻	0.798
Nb = Nb ³⁺ + 3e ⁻	-1.1	Pd = Pd ²⁺ + 2e ⁻	0.987
Zn = Zn ²⁺ + 2e ⁻	-0.763	Pt = Pt ²⁺ + 2e ⁻	1.188
Cr = Cr ³⁺ + 3e ⁻	-0.744	Au = Au ³⁺ + 3e ⁻	1.498

金属がイオンになりやすいということは、元の金属の姿よりも水溶液中に溶け出した方が安定である、すなわち、「腐食した方が」安定であるということである。これらの金属を卑金属と呼ぶ。一方、金属のままの方が安定な金属もあり、これらは貴金属と呼ばれる。一般に使用される金属材料では上記の表からMg（マグネシウム）、Al（アルミニウム）、

Ti (チタン)、Zn (亜鉛) などが卑金属であることがわかる。また、Au (金) やPt (白金) などが貴金属であることがわかる。ここで、イオン化傾向の実験例を図1.1に示す。

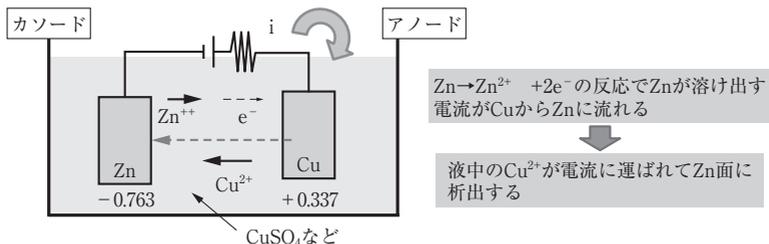


図1.1 イオン化傾向の実験例

イオン化傾向の低い亜鉛を陰極に、比較的高い銅を陽極として、水中で電圧をかけてみると、銅から亜鉛に向かって電流が流れる。これは、水の中に亜鉛が溶け出し（亜鉛の腐食）、電子が水中を伝わって、亜鉛側から陽極の銅側まで移動したため、電子の移動と逆方向に電流が発生したためである。一方、このとき、水中に銅イオンを添加してあれば、電流によって、銅イオンが陰極の亜鉛に運ばれて亜鉛の上に銅が析出する、すなわちめっき膜ができるということになる。

上述のように、イオン化傾向は腐食とめっきの原理に深く関わっているエネルギーである。

1.2.2 電気めっきの定義

イオン化傾向を踏まえて、電気めっきの原理を簡単に説明する図を図1.2に示す。

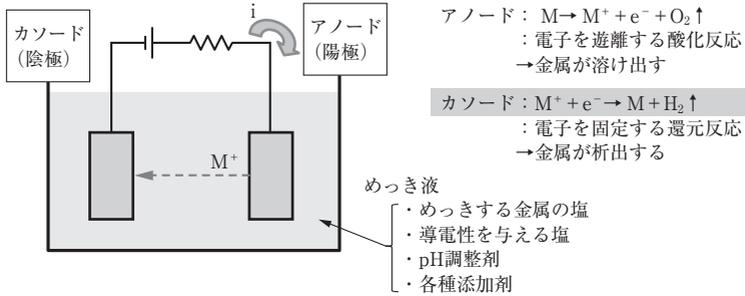
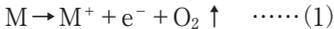


図1.2 電気めっきの原理

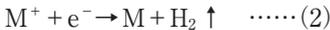
電気めっき法の定義は“めっきしようとする金属あるいは不溶性金属を陽極として、その金属塩を電解液として陰極とした部品に金属を析出させる方法”である。金属塩が溶液中で遊離してイオンとなるほか、陽極から溶液中に溶け出す金属がイオンとして働くことになる。

すなわち、陽極ではめっきしようとする金属を使用した場合、



という電子を遊離する酸化反応によって、金属が溶け出し、液中にめっきをしようとする金属イオン M^+ を供給することになる。

一方、陰極では電流によって運ばれてきた金属イオンを、



という電子を固定する還元反応によって、金属が析出し、めっき膜が得られることになる。

1.2.3 分極

めっき膜を得る場合、めっきは陰極で行われる。この時の陰極分極曲線図1.3において、電流密度0のときは標準電極電位（イオン化傾向の電圧） e_M で析出がはじまるが、電流 i のときは a ボルトだけ小さい電位