平成 11 年度ものづくり人材支援基盤整備事業

－技術・技能の客観化、マニュアル化等－

電気めっき加工全般に係る技術テキスト

平成１２年２月

中小企業総合事業団

情報・技術部

技術テキスト作成協力者

星野　重夫　武蔵工業大学機械工学科教授

佐藤二三男　通商産業省基礎産業局非鉄金属課

榎本　英彦　大阪市立工業研究所　無機化学課長

久米　道之　名古屋市工業研究所　材料技術部長

平松　　実　岡山県工業技術センター　研究企画室長

大高　徹雄　大高技術士事務所　所長

矢部　　賢　㈱大崎金属　最高技術顧問

星野　芳明　星野技術士事務所　所長

鈴木喜代壽　全鍍連副会長

笹野不二夫　全鍍連副会長

内藤　雅文　全鍍連技術委員長

中島　　清　全鍍連技術副委員長

浅下　昭彦　全鍍連技術副委員長

小池　　揚　全鍍連技術副委員長

前川　浩一　全鍍連技術委員

江原　三郎　全鍍連技術顧問

「電気めっき加工全般に係る技術テキスト」目次

技術テキスト作成協力者

第１部　めっきの技術技能の基礎---------- 1
第１章　めっきの基礎理論---------- 1
第１節　めっき加工の概要（1)
１－１　めっきとは（1)
１－２　めっきの歴史（1)
１－３　めっきの用途（2)
１－４　装飾めっきの動向と推移（4)
１－５　防食めっきの動向と推移（5)
１－６　機能用めっきの動向と推移（6)
１－７　めっきの特徴（6)
１－８　めっき工業に必要な資格及び免許（7)
第２節　めっきに関する電気化学的知識（9)
２－１　物質の構成（9)
２－２　化学反応（10)
２－３　電気めっきの知識（11)
２－４　電気の知識（14)
第３節　めっき工程の概要（16)
３－１　一般的なめっきの工程（16)
３－２　特殊な素材へのめっき（17)
第２章　各工程の技術技能の概要---------- 20
第１節　前処理工程（20)
１－１　研磨（20)
１－２　脱脂（23)
１－３　酸洗い（24)
第２節　めっき金属析出工程（26)
２－１　銅めっき（26)
２－２　ニッケルめっき（29)
２－３　クロムめっき（32)

２－４　亜鉛めっき（34）
２－５　すずめっき（37）
２－６　はんだめっき（39）
２－７　貴金属めっき（40）
第３節　後処理工程（44）
３－１　後処理の目的（44）
３－２　水洗（44）
３－３　クロメート処理（44）
３－４　金属の着色（44）
３－５　乾燥（44）

第２部　主なめっき種類別の技術技能---------- 46
第１章　装飾めっき---------- 46
１－１　装飾用めっきの最近の傾向（46）
１－２　装飾めっきの多様化（46）
１－３　中間層のめっき（50）
１－４　めっき皮膜上への塗装（50）
１－５　まとめ（51）
第２章　防食めっき---------- 52
２－１　防食めっきの最近の傾向（52）
２－２　各種亜鉛めっきの特徴と選択の目安（52）
２－３　クロメート処理（54）
２－４　クロメート皮膜の性質と耐食性（55）
２－５　６価のクロムを用いないクロメート処理（57）
２－６　まとめ（57）
第３章　合金めっき---------- 59
３－１　はじめに（59）
３－２　合金めっきの特徴（59）
３－３　合金めっきの装飾的用途（59）
３－４　合金めっきの防食的用途（61）
３－５　合金めっきの機能的用途（62）
３－６　合金めっきに及ぼす種々の因子（63）
第４章　複合めっき---------- 71
４－１　複合めっきとは（71）
４－２　複合めっきの種類（71）

４－３　複合めっきの基礎（72)
４－４　複合めっきの実用化例（74)
４－５　おわりに（77)
第５章　無電解めっき---------- 79
５－１　はじめに（79)
５－２　無電解ニッケルめっき（79)
５－３　無電解銅めっき（82)
５－４　その他の無電解めっき（83)
第６章　　硬質めっき---------- 85
６－１　はじめに（85)
６－２　硬質クロムめっき（85)
６－３　合金めっき系（86)
６－４　複合（分散）めっき（88)
６－５　今後の動向（89)
第７章　電子部品へのめっき---------- 90
７－１　はじめに（90)
７－２　主な適用（90)
７－３　半導体用パッケージと実装技術に係わるめっき技術（91)
７－４　プリント基板（93)
７－５　ＬＳＩ微細配線技術（94)
７－６　ハードディスク装置（96)
７－７　薄膜抵抗（99)
７－８　電磁波シールド（100)
７－９　展望（101)
第８章　プラスチック上へのめっき---------- 103
８－１　ＡＢＳ樹脂上へのめっき（103)
８－２　その他の樹脂上へのめっき（104)
第９章　難素材へのめっき---------- 106
９－１　はじめに（106)
９－２　めっきの密着性確保の指針（106)
９－３　密着性確保の具体例（116)
９－４　まとめ（118)

第３部　めっき品質検査に関する技術技能---------- 124
３－１　はじめに（124)

３－２　品質管理と品質保証へ（124）
３－３　品質保証を目標とした品質管理手順（127）
３－４　これからの品質保証　-無検査体制から品質保証の国際審査登録に-（142）
第４部　品質管理に関する技術技能とＩＳＯ－９０００---------- 145
４－１　はじめに（145）
４－２　ＩＳＯ－９０００ファミリーについて（145）
４－３　ＩＳＯ－９０００シリーズ認証取得の意義・効用とその限界（149）
４－４　ＩＳＯ－９０００シリーズの２０００年改訂について（150）
４－５　ＩＳＯ－９０００シリーズ（1994 年版）認証取得実施のポイント（153）
４－６　製造物責任法について（参考）（167）
第５部　めっきに関する日本工業規格（ＪＩＳ規格）の概要---------- 170
５－１　電気めっき関連ＪＩＳ一覧（170）
５－２　電気めっきの記号による表示方法（171）
５－３　電気めっきの種類及び等級 等（173）
第６部　これからのめっき技術技能---------- 184
６－１　はじめに（184）
６－２　めっき皮膜（184）
６－３　表面処理技術の複合化と新技術開発（185）
６－４　めっき素地（185）
６－５　めっき装置（186）
６－６　電鋳（186）
６－７　環境対策（187）
６－８　今後の方向（187）

平成11年度ものづくり人材支援基盤整備事業
－技術・技能の客観化、マニュアル化等－
「電気めっき加工全般に係る技術テキスト」

発行　中小企業総合事業団 情報・技術部 技術振興第二課
〒105-8453
東京都港区虎ノ門3-5-1 虎ノ門37森ビル
TEL03-5470-1523　FAX03-5470-1526
無断転載を禁ずる
Copyright© 2000 中小企業総合事業団.All right reserved.

※このマニュアルは、全国鍍金工業組合連合会の協力を得て中小企業総合事業団が作成いたしました。

※中小企業総合事業団は、平成11年7月1日付けで、繊維産業構造改善事業協会からの業務移管を行うとともに、中小企業信用保険公庫と統合し、中小企業総合事業団となりました。

第１部　めっきの技術技能の基礎

第１章　めっきの基礎理論

第１節　めっき加工の概要

１－１　めっきとは

鉄は素地のままではすぐに腐食され、赤いサビが発生する。そして長い間、そのままにして置くと、この腐食は表面から次第に内部へと深まり、その表面は、ボロボロになり、ついには、元の形が見る影もない程になる。
鉄だけでなく他の金属、例えば銅、黄銅やアルミニウムなどの金属も表面に酸化物ができ、変色したり腐食したりする。これらの金属の表面をいつまでも美しく保つために、サビや変色に強い金属の薄い皮膜をその上にかぶせることを「めっき」という。

めっきは、このようにあらゆる金属をサビから守るだけでなく、表面を美しくして製品の価値を高めたり、表面をいろいろな色に着色することも可能で、さらに表面を硬くして磨耗を防いだり、磨耗したものをもとの寸法にすることもできる。

めっきの方法には、いろいろあるが最も代表的なものは我々の工場で行っている「電気めっき」である。これは電気分解を応用して、めっき液中に品物を入れ、電流を流してめっきする方法である。この電気めっきは最も用途が広く、工場の数も多い。

その他のめっき法としては、電流を使わない無電解めっき、溶融した金属の中へ品物を入れてめっきする溶融めっき、真空にした容器の中でめっきする真空めっきなどがある。

一般にめっきや塗装のように品物の表面を加工することを「表面処理」といい、これらの工業を「表面処理工業」と呼んでいる。品物にめっきすることによって金属製品の寿命が著しく伸び、資源を節約するのに大きく貢献している。

１－２　めっきの歴史

めっきという言葉は、英語でなく純粋の日本語である。漢字では鍍金と書くが、当用漢字に鍍の字がないので、現在では「めっき」と書くのが正しい。

約１千年前の古書には「滅金」すなわち「めっきん」を語源とし、これが「めっき」に転じてきたものであるという。「滅金」は同時に同じ意味で、「鍍金」「塗金」などという言葉でも用いられてきたが、近世以後はむしろ「鍍金」が主流となり、これを同じように「めっき」と読ませるようになった。

さらにそれより以後西洋技術の導入によって「電気鍍金」あるいは「電鍍」という言葉も用いられるようになり、このような表現による書物も多く出ているが、現在ではいずれも同じ意味の「めっき」に違いない。

古来のめっきは仏像、仏具などのめっきであったが、さらに下ってくると刀剣、武具などのかざりや雑貨類のかざりとして用いられるようになってきた。しかしこれまではいずれも金・銀などの焼付けめっきが行なわれたにすぎない。

それでは日本で初めて電気めっきを行ったのは誰か、それは鹿児島の藩主　島津薩摩守斉彬（なりあきら）である。島津藩主は、安政元年に日本最初の軍艦昇平丸を建造し、日の丸の旗をかかげた人として有名であるが、桜島湾の沿岸に西洋流の新工場を建設し、製鉄を始め、いろいろな工業製品を作った。そして、鎧や兜の金具に金、銀の電気めっきを施した。

現在のような電気めっきはガルバニ・めっきという名前でわが国に導入された。明治以降、金・銀・銅のほかニッケル・鉄・黄銅・青銅などのめっきが行なわれるようになり、美術装飾めっきから次第に実用めっきへの道を歩み、ついに今日の隆盛を見るに至った。

電気めっき技術としては、西欧ではすでに 19 世紀中頃から金・銀・銅のようなめっきが盛んに行われていたが、ニッケルめっきは 1870 年頃から、亜鉛めっき・黄銅めっきは 1900 年頃から、クロムめっきは 1920 年頃から、カドミウムめっきは 1924 年頃から行われた。そのほかタングステン・モリブデンめっきは 1922 年頃から始まり、1934 年にはレニウムめっきが発表された。また鉛やすずめっきも古くから研究され、ロジウム・白金・イリジウム・パラジウムめっきも行なわれるようになった。

特に第二次大戦後のめっき技術の進歩は著しく、各種光沢剤による光沢めっきの進歩、高能率浴の開発、電流波形の変化によるめっき効果の向上、化学めっき法の普及、めっき設備の自動化など多くの問題が解決された。

１－３　めっきの用途

めっきは表面を美しくする装飾的な用途や素地金属をサビから守る防食的な用途に主に用いられていたが、近年電子部品などのめっきのように機能的な用途のめっきが増加してきた。

装飾めっきとしては、銅－ニッケル－クロムめっき、二重(W)ニッケル－クロムめっきなどが自動車、自転車、オートバイなどに施されていたが、素材の転換、塗装の採用などの因子で装飾めっきの加工量が大幅に減少してきた。最近、多様化の要望により、新しい外観の合金めっきなどが用いられるようになってきた。

防食的な用途に用いられるめっきとしては亜鉛めっきがある。亜鉛めっきに求められる耐食性は益々厳しくなり、光沢クロメート処理よりも耐食性の優れている有色クロメート処理の割合が多くなってきた。最近では自動車用のめっきの耐食性がさらに厳しくなったため、亜鉛－鉄、亜鉛－ニッケル、すず－亜鉛などの合金めっきもさらに耐食性を向上させるために用いられはじめたといわれている。

機能的なめっきとしては、従来から用いられている工業用クロムめっきと、電子部品の

めっきが中心である。工業用クロムめっきはロール、シリンダーのような磨耗の厳しい部品に耐磨耗性を向上させるために施されている。

また近年の情報産業のめざましい発展に伴い電子部品の需要が増大している。特にパソコンや携帯電話の普及はめざましく今後これら電子部品関連の機能的なめっき用途が多様化し拡大し日本の表面処理産業の中心となって行くと思われる。

表１－１－１に電子部品へのめっきについてまとめた。

表１－１－１　電子工業で用いられているめっき

分　類	部　品　名	適用されているめっき
電子部品	トランジスタ	金めっき、銀めっき、ニッケルめっき、はんだめっき、すずニッケル合金めっき
	コンデンサー	はんだめっき
	抵　抗	無電解ニッケルめっき、はんだめっき
	フィルター	銅めっき、金めっき
電子回路	プリント基板	無電解ニッケルめっき、銅めっき、金めっき、はんだめっき
	Ｉ　Ｃ	金めっき、銀めっき、はんだめっき、すずニッケル合金めっき
	ハイブリッドIC	ニッケルめっき、金めっき
	導　波　管	銅めっき、金めっき、銀めっき
	電　鋳　部　品	銅めっき、ニッケルめっき
構造部品	摺　動　部　品	銅めっき、ニッケルめっき、無電解ニッケルめっき、クロムめっき
	接　点　部　品	ニッケルめっき、すずニッケル合金めっき金めっき、銀めっき、ニッケルパラジウム合金めっき
	歯　車　部　品	ニッケルめっき、クロムめっき
情報処理	プリンター	銅めっき、ニッケルめっき、無電解ニッケルめっき
	磁気テープ	ニッケル－コバルト－りん合金めっき
	磁気ディスク	亜鉛置換、無電解ニッケルめっき、ニッケル－コバルト－りん合金めっき
外装部品	ケ　ー　ス	亜鉛めっき、電磁波シールド用無電解めっき

(出所)日本表面処理新聞

１－４　装飾めっきの動向と推移

装飾用めっきは、日用雑貨品から音響部品、自動車外装品、自動車部品、室内インテリア、照明器具、装身具などあらゆる生活分野の製品に適用されている。

製品の使用目的や使用環境は様々であり、要求された装飾上の特性（高級感・金属感・汚染防止・耐食性・光反射性など）も千差万別である。従って、使用されているめっきの種類も多く、まためっきの方法にもいろいろな工夫がなされ特殊な場合を除き、それぞれ単独でめっきされることはまれで、下地めっきと組み合わせて用いられている。

現在、装飾用めっきで幅広く使われているめっき方法は、金属、プラスチック素地上に銅めっき→ニッケルめっき→クロムめっき、あるいはニッケルめっき→クロムめっきを施す多層めっき方法であり、装飾用めっきの主流を占めている。一昔前までは、装飾クロムめっきが施された製品の大半は鏡面光沢のある外観に仕上げられ、当時めっき製品と言えばキラキラ、ピカピカの“光り物”というイメージが強く、素地も仕上げ研磨（光沢）され、下地ニッケルめっきも光沢のあるめっきが用いられている。

ところが、最近ではライフスタイルの多様化により、ユーザーは製品に感性を求めるようになり、装飾用めっきに対し多彩な外観（光沢度・模様）と多種の色調が要望され始めている。ギラギラの光沢より、落ち着いた外観が、そして単一のクロム色より、黒色や渋い中間色が好まれるように変化してきている。そこで素地を加工したり、特殊なニッケルめっきを下地のニッケルめっきに使用することで対応し、外観の模様は梨地調（つや消し）、ビロード調、パール調など非常に多彩な表面状態が得られるようになった。また、従来のめっき法では、色調はあくまでクロム色単一なため、最近、次々と工業化された各種の合金めっきがクロムめっきに代わって仕上げめっきに適用され、今までにない新しい色調を付与しようとする試みが行われている。

このように、各種の素地加工、種々の下地ニッケルめっきの使用、仕上げめっきへの合金めっきの適用などにより、製品は、外観・色調とも非常に多様化している。

一方で、金色仕上げのめっきとして、金めっきや銅－亜鉛合金めっき（黄銅めっき）が、装飾クロムめっきと並んで以前から広く用いられてきた。金めっきや黄銅めっきは、従来も今もめっきの方法やめっきの種類に大きな変化はなく、さん然と輝く黄金色はいつの時代にあっても魅力的なものであり、今後も用途に応じ広く使用されていくものと思われる。

装飾用めっきには一風変わっためっき方法もあり、たとえば、古美（こび）仕上げと呼ばれ、銅めっきや黄銅めっきなどに黒色の濃淡のぼかしを付与し、独特の色調を出す方法がある。

装飾用めっきは消費者ニーズの多様化とあいまって、今後ますます多様化するであろうし、印刷技術や電着塗装技術など、他の表面処理技術との複合化・高度化が図られ、利用はさらに大きく広がっていくと思われる。

１－５　防食めっきの動向と推移

素地金属の腐食を防止するめっき方法としては、鉄素地へのニッケルめっきに代表される、素地金属より卑な金属で被覆するバリヤー型のめっき方法と、鉄素地への亜鉛めっきに代表される、素地金属よりも卑な金属で被覆する犠牲防蝕型のめっき方法がある。

防食用のめっきとしては、安価でかつ鉄に対して優れた犠牲防食作用を有する亜鉛めっきがよく知られている。しかし、亜鉛めっき表面には、大気中において比較的早く白錆（水酸化亜鉛あるいは、塩基性炭酸亜鉛）が生成する。この白錆は防食性の面からは有効だが、水により徐々に洗い流されるために、次第に亜鉛が消耗していき、一般には、この白錆発生を防止するためには、亜鉛めっき後、クロメート処理が行われている。

その他の防食めっきとしては、航空機の高張力銅部品の防食と水素ぜい化の防止を目的としたカドミウムめっきがある。カドミウムめっきは、塩水に対して防食性能を有しているが、公害問題を契機として現在では航空機部品などの一部にしか用いられていない。最近の航空機部品への防食めっきは、カドミウムめっきに比較して防食性が数倍優れ、さらに水素ぜい性に優れているカドミウムチタン合金めっきに移行しつつある。

最近、自動車関連業界では、自動車車体及び部品の防錆対策が強く求められている。これは、米国、カナダ、北欧諸各国において、冬期に路上凍結防止に使用された岩塩散布量の増加に伴う自動車車体の腐食が社会問題となり、自動車車体の防錆基準の法的規制の施行が背景にある。

また、1983 年に提示されたノルディクコード及び米国の三大自動車メーカーが打ち出した防錆目標には、車体だけでなく自動車部品の防錆保証も含まれている。自動車の生産台数の半数をこれらの地域に輸出している日本の自動車メーカーは当然、上記の規制を受け、対策として、自動車車体の材料については、鋼板から亜鉛めっき鋼板へと移行しつつある。しかし、自動車車体防錆鋼板として要求される“加工性溶接性を損なうことなく、防食性及び塗膜接着性にすぐれた亜鉛めっき”という命題に対して、従来の単一亜鉛めっきではこれらのニーズに十分に対応できないことから、鉄鋼メーカーを中心にして、亜鉛－鉄合金めっき、亜鉛－ニッケル合金めっき、亜鉛－鉄二層合金めっき、亜鉛－鉄－亜鉛－ニッケル二層合金めっき、亜鉛－アルミナ複合めっき、亜鉛－ニッケル／シリカ複合めっき溶融亜鉛めっきなどの研究開発が精力的に進められ、一部実用化するに至っている。

一方、ボルト、ナット、スプリング、オイルシール燃料パイプなどの小物自動車用部門の防食性能を向上させるために、クロメート処理を施すことを前提とした亜鉛－ニッケル、亜鉛－鉄、すず－亜鉛合金めっきが実用化されつつあるといわれている。

注（参考）1991 年メルセデスベンツのカタログには、「亜鉛－ニッケル合金めっきは現在ではまったく使用されていません。」との記事あり。

１－６　機能用めっきの動向と推移

当初、装飾を目的に利用されるようになっためっきが、防食の目的に使用されるようになり、さらにめっき皮膜そのものの性質が被めっき物の機能に大きく影響するというように、用途が著しく拡大、発展してきた。

従来からの装飾めっきや防食めっきも広い意味では、めっきによる装飾性の付与、素地金属の防食保護という機能をもっている。しかし、“めっきでなければ目的とする機能が得られない”とか、“めっきにより目的とする機能が容易に得ることができる”というように、めっき皮膜が部品の機能を左右する一次目的に使用されるめっきを特に「機能めっき」（Fanctional Plating, Engineering Plating）と呼んでいる。

このような目的に使用されためっきは、以前からも特殊な用途に使用されてきた。
古くは耐磨耗性、離型性のための工業用クロムめっきは、はんだ付けのためのすず－鉛合金めっき、軸受け用の鉛合金めっき、レーザー光線反射用の金めっきなどが使用されている。しかし、「機能めっき」に広く関心が寄せられるようになったのは、近年の電子工業の急激な発展に起因している。

近年、エレクトロニクスの発達は目覚ましく、電子工業を中心とした各種関連工業が急速に発展しており、関連工業の一つであるめっき工業においても、めっき皮膜に対する要求が大きく変化すると同時に、多種多様化してきている。即ち、従来のめっきの代名詞であった装飾及び防食めっきとは異なった、新しい機能特性が注目されるようになり、その特性に応じた新たな用途が開発されるようになってきた。

我々の日常生活を顧みると、機能めっきの関与する製品の極めて多いことに気が付く。例えば、テレビ、ビデオ等のほとんどの電化製品の内部の電気配線には、銅めっきによるプリント配線基盤が使用されているし、IC チップ等の半導体部品には金めっき、銀めっき、はんだめっきが施されている。高級カメラ、自動車、エアコン、パーソナルコンピュータ、ファクシミリ、電卓等の部品にも同様に機能めっきが多用されている。

１－７　めっきの特徴

めっきは次のような優れた特徴を持っている。

ａ）銅、ニッケル、クロム、金、銀など多くの金属をめっきすることができ、さらに黄銅、はんだなどの合金めっき、複合めっきもできる。

ｂ）鉄、銅などの金属をはじめとして、プラスチック、セラミックスなど広範囲の素材にめっきできる。

ｃ）省資源、省エネルギーな技術である。
　例えば、金で造られた製品とめっき製品を比較した場合高価な金の使用量を大幅に節約できる。

ｄ）めっき浴の選択と添加剤の選択により、光沢、半光沢、無光沢、梨地、ビロード状

など多彩な表面外観が得られる。

ｅ）めっき厚さは時間、電流密度などで制御できる。電気めっきの厚さの均一性は電流分布により影響されるが、無電解めっきは比較的均一に析出する。

ｆ）密着性が優れている。

ｇ）小さなボルトから、大きなロールまで連続性のある設備でなおかつ生産性の高い加工ができる。

１－８　めっき工業に必要な資格および免許

めっきをするためには、公害防止管理者など多くの資格や免許が必要である。

表１－１－２に電気めっき工業関係の資格および免許の一覧表を示した。

表１－１－２　電気めっき工業関係資格及び免許の一覧表

	法　　令	資格取得方法	備　　考
１．毒物劇物 取扱責任者	毒物及び劇物 取締法	国家試験	毒劇物を取扱う工場はすべて必要 （ただし、届出はシアン使用工場のみ必要）
２．公害防止管理者 （水質大気等 第１～４種）	特定工場における 公害防止組織の整 備に関する法律	①国家試験 ②資格認定講習	工場排水が下水道法で規制されている処は必要であるが、水質汚濁防止法適用地域は届出が必要。 めっきは「水質関係第二種公害防止管理者」
３．衛生管理者	労働安全衛生法	国家試験	従業員が 50 人以上の工場
４．労働衛生管理員	労働省通達	講習	特定化学物質取扱事業場で従業員が 10 人以上 50 人未満の工場
５．特定化学物質等 作業主任者	特定化学物質等 障害予防規則	技能講習	特定化学物質を取扱う工場はすべて必要 （1. 2. 3 類物質･････シアン・クロム化合物・硝酸・硫酸）
６．乾燥設備 作業主任者	労働安全衛生法	技能講習	乾燥設備のうち熱源として燃料を使用するもの （その最大消責量が固体燃料にあっては毎時 10kg 以上液体燃料にあっては毎時 10 リットル以上、気体燃料にあっては毎時１㎥以上であるものに限る）または、熱源としては電力を使用するもの（定格消費電力が 10KW 以上のものに限る）
７．有機溶剤 作業主任者	有機溶剤中毒 予防規則	技能講習	有機溶剤を取り扱う工場は必要
８．ボイラー技士 （1 級・2 級）	労働安全衛生法	国家試験	蒸気ボイラーはゲージ圧力１kg／㎝³以上で、伝熱面積が１㎡以上のもの。 温水ボイラーは水頭圧 10m以上で伝熱面積が８㎡以上のもの貫流ボイラーはゲージ圧力 10 kg／㎝³以上で伝熱面積が 10 ㎡以上のもの。
９．フォークリフト 運転技能講習 修了者	労働安全衛生法	講習	学科及び実技講習
10．電気めっき 技能士 （1 級・2 級）	職業訓練法	国家試験	実技及び学科試験
11．危険物取扱者	消防法	国家試験_	灯油及び軽油は 500 ﾘｯﾄﾙ以上、重油 2000 ﾘｯﾄﾙを取扱う場合は乙種第四類または丙種、無水無水クロム酸、濃硝酸、濃硫酸は夫々200kg 以上取扱う場 合は乙種第六類。
12．電気主任技術者 （第三種）	電気事業法	国家試験	契約電力 50KW～500KW の工場は選任届出が必要。
13．作業環境測定士	作業環境測定法	国家試験	作業環境の測定 第一種環境測定（分析・解析） 第二種環境測定（上記を除く）

第２節　めっきに関する電気化学的知識

２－１　物質の構成

(１)元素

元素とは物質を作り上げる基本的な成分で、それ以上に単純な他の成分に分けられない最終成分をいう。元素は元素記号という世界共通の記号で表され、今日 100 以上発見されている。

〔例〕水素H、酸素０、金Ａｕ、鉄Ｆｅ、炭素C、窒素N

(２)原子

すべての物質は、それ以上分割できない原子からできている。原子は、元素の種類によって決まる一定の大きさと質量をもつ。原子は図１－１－１のように、原の質量の大部分を占める、陽子と中性子よりなる原子核の周りを、その電荷をちょうど打ち消す数の電子が運動しているものと考えられている。

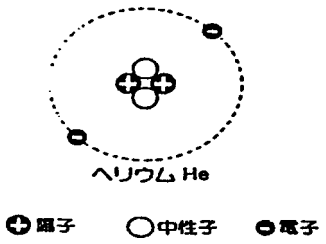


図１－１－１　原子の構造モデル

(３)分　子

同種または異種の原子が一定数結合してできた単位粒子を分子という。分子は分子式という化学式で表される。

〔例〕水素 H_2、水 H_2O、窒素 N_2、アンモニア NH_3、
ヘリウム Ｈｅ（単原子分子)、塩化水素 ＨＣｌ

(４)イオン

原子は、電子を放出するか、あるいは電子を受け取って、電気的に中性でない状態になることがある。これをイオンといい、イオンになることをイオン化という。例えば、塩化ナトリウムＮａＣｌを水に溶かすと、Na^+とCl^-のイオンに分かれる。この時ナトリウム原子は電子を１個放出して、1^+の電荷をもつイオンになり塩素原子は電子を１個受け取って、1^-の電荷をもつイオンになる。

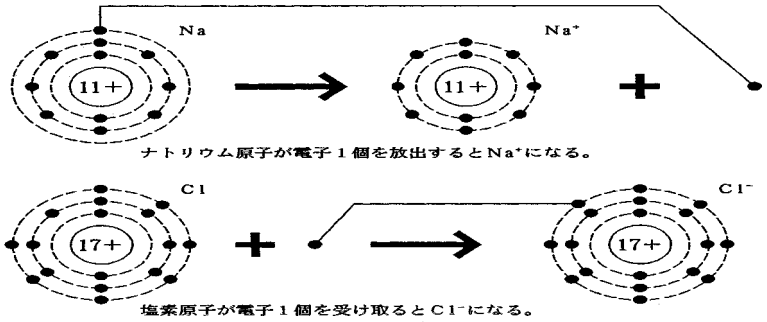


図１－１－２　ナトリウム原子と塩素原子のイオン化

２－２　化学反応

(１)酸化と還元

いおう(硫黄)が空気中で燃える化学変化は、いおう(硫黄)が酸素と化合するもので、酸化とよばれ、その結果、酸化物である二酸化いおう(硫黄)を生成する。これを化学反応式で表すと次のようになる。

$S + O_2 \rightarrow SO_2$　――――――――― 酸化反応

また、鉄が錆びて酸化鉄になるのは、ゆっくり起こる酸化が原因である。

$2Fe + O_2 \rightarrow 2FeO$　――――――― 酸化反応

酸化銅ＣｕＯと木炭Ｃの粉を混ぜて加熱すると、次のような反応が起こる。

還元された　　――――――― 還元反応

$2CuO + C \rightarrow 2Cu + CO_2$

酸化された

炭素が酸化されると同時に、酸化銅ＣｕＯが酸素を失って Cu になっている。このような酸化物が酸素を失う化学変化を還元という。

(２)酸、塩基（アルカリ）

a)塩素・硫酸などは、いずれも水中で電離して水素イオンH^+を生じる。

水中で水素イオンを生じる物質を酸という。水素イオンは酸性の原因であり、青色リトマス紙を赤くする。

（塩酸）　$HCl \rightarrow H^+ + C^-$

（硫酸）　$H_2SO_4 \rightarrow H^+ + HSO_4^- \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$

b)水酸化ナトリウム・水酸化カルシウム（消石灰）などは、いずれも、水に溶けたとき電離して水酸化物イオンOH^-を生じる。このように、水中でOH^-を生じる物質を塩基（アルカリ）という。塩基の水溶性は赤色リトマス紙を青くし、指先につけるとぬるぬるした感じがする。

（水酸化ナトリウム水溶性）　$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$

（水酸化カルシウム水溶性）　$Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$

(３)中和反応

酸に塩基を加えると、H^+とOH^-とが反応して、中性の水H_2Oに変わる。このような変化を中和反応という。中和反応は速く進む反応である。

〔例〕$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$

$H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow N_2SO_4 + 2H_2O$

$2HCl + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2 + 2H_2O$

$HCl + NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_4Cl + H_2O$

中和反応において、水とともに生成する物質を塩(えん)という。上の例では、$NaCl$、Na_2SO_4、$CaCl_2$、NH_4Clが塩である。一般には水に溶けやすい電解質である。

２－３　電気めっきの知識

(１)水の電気分解

図１－１－３のような方法で水を電気分解すると水素と酸素になる。

水が水素と酸素になる化学変化は分解であり、電流を通じて起こる分解は、特に電気分解といわれる。分解と反対に、水素と酸素を混ぜて点火すると水ができるような化学変化を化合という。

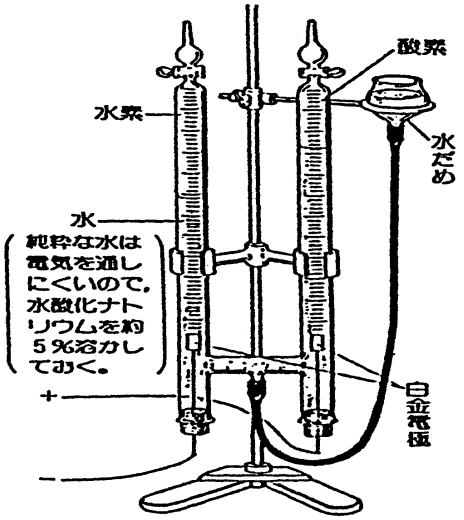
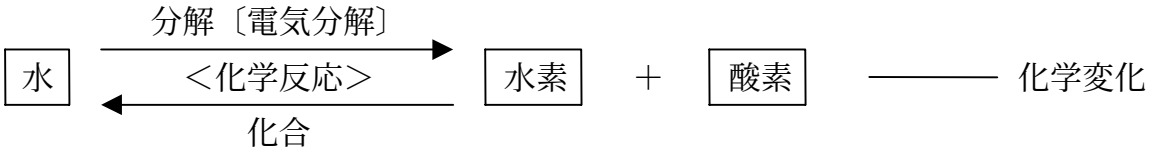


図１－１－３　水の電気分解



(２)電気めっき

電気めっきは電流の化学作用による電気分解である。水に電解質である硫酸銅を溶かすと

$CuSO_4 \rightarrow Cu^{2+} + SO_4^{2-}$

となる。このように液の中でイオンを作ることを電離という。

つぎに、図１－１－４のように、陽極に銅板、陰極に鉄板を吊し電池をつなぎ電圧をかけると、イオンが溶液中を移動し、電気が流れる。陽イオンのCu^{2+}は陰極へ移動し電子を放し金属銅となり、鉄板上に銅めっき皮膜を形成する。陰イオンのSO_4^{2-}は陽極へ移動し、銅板から溶解したCu^{2+}と平衡を保つ。

また、このとき水の電気分解も同時に起こり、陽極で酸素、陰極で水素が気体となり生成される。

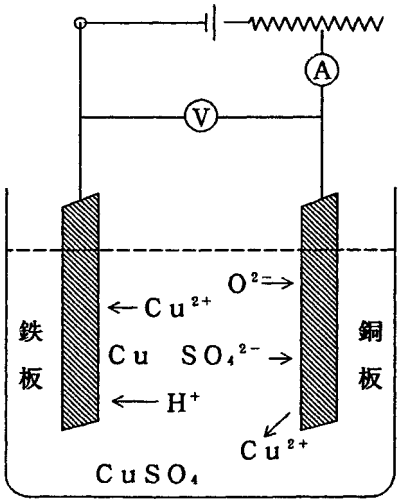


図１－１－４　電気めっき

(３)ｐＨ（水素イオン濃度）

溶液が酸性かアルカリ性かを知るには、リトマス試験紙が用いられるが、その強弱の度合を知るには水素イオン濃度を知ることが必要である。水はごく微量であるが解離し

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

のように電離する。しかし、その〔H^+〕も〔OH^-〕も同じ量であるのでアルカリでも酸性でもないが、酸性溶液では〔H^+〕が大きく、アルカリ溶液では〔OH^-〕が大きくなる。この〔H^-〕と〔OH^-〕を１４段階に分けこれをｐＨで表す。

PH	1	2	3	4	5	6	⑦	8	9	10	11	12	13	14
	酸性						中性							アルカリ性
	強 ←					弱		弱					→	強

純粋な水のｐＨは７で、めっき液は適当なｐＨで良好なめっきができる。例えば、光沢ニッケルめっき液はｐＨが４～５、光沢ピロリン酸銅めっき液はｐＨ８～９が実用されている。ｐＨの測定には現場ではｐＨ試験紙を使う。

(４)水素ぜい性

ばね鋼などを酸で洗ったり、めっきをしたりすると異常にもろくなり、折れやすくなることがある。鉄鋼を酸洗いしたり、めっきをしたりすると水素が発生し、この水素が結晶粒子間に入って吸蔵され、鉄をもろくする。このような状態を水素ぜい性という。

この水素ぜい性は、200℃前後に加熱すると水素を放出して除去することができる。これを普通ベーキング処理と呼ぶ。

(５)界面活性剤

溶液中に界面活性剤を加えると表面張力が低下するので、固体と液体とが良くなじむ。めっき液の表面張力が高いと水素ガスなどがめっきや素地面に付いて離れにくくなり、ピットを生じやすいので、界面活性剤を添加して表面張力を下げる場合がある。また、脱脂液や酸洗い液もよく金属面をぬらすようにし、作用を速めるため界面活性剤がよく使用される。

(６)ストライクめっき浴

密着性の悪い置換めっきがつくのを防ぐために密着性の良い均一な薄いめっきを比較的高い電流密度でつけることをストライクめっきという。これには、鉄、亜鉛ダイカストまたはアルミニウム素地上へのシアン化銅ストライク、ステンレス鋼上へのめっきを行うためのウッドニッケルストライクめっきがある。また、鉄素地上に硫酸銅めっきを行うためのイマージョン・ニッケルめっきは、硫酸銅めっきのつき回りの悪い部分が硫酸銅液で腐食されるのを防ぐために行われる。

(７)M比、R比

シアン化亜鉛めっき液における亜鉛とシアン化ナトリウムと水酸化ナトリウムの三者の関係をM比、R比で表わす。

$$\text{M比} = \frac{\text{全シアン化ナトリウム濃度g／L}}{\text{亜鉛濃度g／L}}$$

$$\text{R比} = \frac{\text{シアン化ナトリウム濃度（N）＋　水酸化ナトリウム濃度（N）}}{\text{亜鉛濃度（N）}}$$

ただし（N）は規定度

M比が大きくなれば、つき回りがよくなるが、電流効率が悪くなり、M比が小さくなれば電流効率は良くなるが、つき回りが悪くなる。シアン化亜鉛めっき浴の良好なM比は1.5～３の間である。

(８)ピット

ニッケルめっきのように、水素ガスが共析するめっきでは、発生した水素ガスがめっき製品に付着し離れなかった場合、その部分が凹状のめっき状態となるが、これをピットという。ピットを防ぐ方法としては、界面活性剤を使用したり、空気撹拌を行って水素ガスを除くようにする。

(９)ピンホール

針で孔をあけたような小さい孔のことをピンホールといい、一定の面積にあるこれらの孔の数を有孔度という。めっきにおいてはこのようなピンホールの有無、多少によって耐食性が非常に左右される場合がある。この検査方法として、フェロキシル試験や塩水噴霧試験がある。

(10)ふくれ

金属の表面が完全に脱脂されていない場合や、さびがとれていない状態でめっきをするとめっきの一部または全体がふくれたり、はく離することがある。これをふくれとか、ビリという。

(11)平滑化作用（レベリング作用）

近年、光沢めっきが一般的となり、めっき液中に光沢剤を入れ、めっきの表面を少しでも平らな鏡面状態に近づけられるようになった。めっきに用いる素材には微小な凹凸が存在する。この微小な凹凸をめっきによって平らにすることを平滑化作用（レベリング作用）という。このような平滑化作用の良いめっき液を使用すると工程も省け、めっきの仕上がりが非常にきれいになる。

(12)補助陽極

めっき製品の中には形状が非常に複雑なものがあり、品物の内側をめっきするような場合は、電流がすべての部分に均一に行きわたるように補助的に陽極を使用してめっきを行う。このように、正規の陽極以外に、補助的に用いる陽極を補助陽極という。

(13)均一電者性とつきまわり

めっきをする場合に品物全体に均一な厚さのめっきがつくことが望ましいが、複雑な品物ではめっき液の種類によってはめっきが十分つかない個所ができる。この時、均一電着性が悪いとか、つきまわりが悪いとかいう。また、めっきしようとする品物に電流を流した場合､電流の分布によってめっきの厚いところと薄いところが生じる。このバラツキが少いときに均一電著性がすぐれているという。これはめっき液の性質によっても異なるが、電流が凸部に流れすぎるのを防ぐために遮へい板や補助陰極を用いたり、電流の流れにくいところへ補助陽極を使用することによって改善することができる。

２－４　電気の知識

(１)オームの法則

電気の流れを電流といい、その強さはアンペア（A）という単位で表わす。電気が流れるためには電位差が必要である。これは水が流れる水位の差がないと流れないのと同じである。この電位差を電圧といい、その強さはボルト（V）という単位で表わす。

水が流れる時にはいろいろな摩擦が起こるように、電気が電線を流れる時にも電線のサイズによって電流が流れるのを妨害する作用がある。これを抵抗といい、オーム（Ω）という単位で表わす。

以上の電圧（V)、電流（A)、抵抗（Ω）には次の様な関係がある。

$$V = A \times \Omega \qquad A = \frac{A}{\Omega} \qquad \Omega = \frac{V}{A}$$

この関係をオームの法則という。

例えば、同じ電圧が出ていても、負荷の抵抗が増すと、電線を流れる電流は小さくなることを意味する。

(２)電力

電線に電流が流れるとある一定の仕事をする。この仕事を電力といい、ワット（W）の単位で表し、W＝V×Aとなる。

例えば、100Vの電圧で２Aの電流を流したとすると、

100V　×　２A　＝　200W

となり、200Wの仕事をした事になる。

仕事量は仕事と時間の積で表され、例えば１キロワット時（KWh）とは200Wの電力であれば５時間通したときの仕事量である。

(３)直流と交流

電流の流れる方向がいつも一定の場合を直流と（ＤＣ）といい、電流の流れが時間によって反対になるのを、交流（ＡＣ）という。

１秒間に変わる回数を周波数（Ｈｚ、ヘルツ）といい、電力は関東地方より東は50ヘルツ、中部関西方面より西では60ヘルツである。

交流を直流にかえることを整流といい、めっきには直流を用いるので、一般の商用交流電流を整流器などで直流に変えている。

(４)電流効率

理論的には１ファラデーの電気量で１ｇ 当量の物質が析出するが、実際のめっき作業では目的物以外のイオン、例えば水素イオンなどの還元反応が起こり多くの場合、金属の化学当量に相当するだけのめっきは析出しない。実際のめっきの析出量は理論値より低いのが普通で、この理論値と実際の析出量の比を電流効率という。電流効率が100％に近いほど、速くめっきすることができる。

第３節　めっき工程の概要

受注された品物が、完全にめっきされ製品として納入されるまでの過程をめっき工程という。その工程には、製品の材質の違い、仕上りの違い及び各工場の設備の違いなどによっていろいろな工程がある。めっきの工程は大きく分けて前処理工程、めっき工程、後処理工程に分けられる。またその間に水洗や乾燥などがあり、非常に多くの工程になるので、無駄をさけ、かつ不良品が出ないように心がけなければならない。

前処理工程には、さび取り、脱脂、研磨などの工程、また特殊な素材などには、その素材に応じてめっき前の工程がある。めっき工程には、各種のめっきに応じて各種の工程があり、後処理工程には、各種めっきに相応する後処理工程、または製品の形状や材質、ユーザーの要望に応じての工程である。

以上のように、めっきの工程にはいろいろな工程があるが、各工程をよく理解し、よりよい製品を造るため、工程の標準化並びに工程管理を十分に行い、いつも良い製品となるように心がけなければならない。

次に一般的なめっきの工程、また特殊な素材へのめっき工程の代表的なものを示す。

３－１　一般的なめっきの工程

(１)銅・ニッケル・クロムめっき

工　　程	注　意　事　項
１．素材の研磨	必要に応じて研磨方法は異なる。
２．浸漬脱脂	アルカリ脱脂
３．電解脱脂	陽極、陰極、PR 法等
４．弱酸浸漬	硫酸もしくは塩酸
５．銅ストライクめっき	
６．光沢銅めっき	シアン化銅・硫酸銅・もしくはピロリン酸銅
７．光沢ニッケルめっき	
８．クロムめっき	
９．乾燥	

（注）各工程間には、水洗又は回収の工程が必要に応じて入る。（以下の各項についても同様）

(２)二重ニッケル・クロムめっき（Wニッケル・クロムめっき）

工　　程	注　意　事　項
１．素材の研磨	
２．浸漬脱脂	
３．電解脱脂	
４．弱酸浸漬	
５．ニッケルストライクめっき	全塩化浴が使用される。
６．半光沢ニッケルめっき	一次光沢剤のような硫黄系成分を含まない光沢剤使用
７．光沢ニッケルめっき	
８．クロムめっき	
９．乾燥	

(３)亜鉛めっき

工　　程	注　意　事　項
１．浸漬脱脂	
２．電解脱脂	
３．弱酸浸漬	
４．亜鉛めっき	塩化亜鉛浴、シアン浴、ジンケート浴等
５．クロメート処理	有色クロメート処理、光沢クロメート処理等
６．乾燥	

３－２　特殊な素材へのめっきの工程

(１)亜鉛ダイカスト素材へのめっき

工　　程	注　意　事　項
１．素材の研磨	
２．浸漬脱脂	弱アルカリ性のものを選ぶ_
３．電解脱脂	
４．弱酸浸漬	
５．シアン化銅ストライク	遊離シアンの管理を充分に
６．光沢銅めっき	
７．各種のめっき	
８．乾燥	

(２)銅及び銅合金素材へのめっき（真鍮素材へのめっき）

工　　程	注　意　事　項
１．素材の研磨	
２．浸漬脱脂	弱アルカリ性のものを選ぶ
３．電解脱脂	
４．弱酸浸漬	弱酸浸漬は硫酸で行う
５．各種のめっき	
６．乾燥	

(３)アルミニウム素材へのめっき

工　　程	注　意　事　項
１．浸漬脱脂	
２．エッチング	
３．硝酸浸漬	アルミ素材に応じてソフトエッチングまたは、 ３．４の工程を繰り返す場合が多い。
４．ジンケート処理	酸化亜鉛＋水酸化ナトリウム＋その他の塩類 直接にニッケルめっきも行われている。
５．ニッケルめっき	ジンケート処理の後、銅ストライク、銅めっきなども行われる場合もある
６．各種のめっき	
７．乾燥	

(４)ステンレス鋼素材へのめっき

工　　程	注　意　事　項
１．浸漬脱脂	
２．電解脱脂	
３．濃塩酸浸漬	ふっ化物系のものを添加すると密着がよくなる
４．ニッケルストライク	ウッド浴（全塩化物浴）
５．弱酸脱脂	
６．各種のめっき	
７．乾燥	

(５)プラスチック素材（ABS 樹脂）へのめっき

工　　程	注　意　事　項
１．浸漬脱脂	
２．エッチング	クロム酸＋硫酸
３．弱酸浸漬	塩酸
４．キャタリスティング	塩化パラジウム、塩化第一スズ、塩酸
５．アクセレーション	硝酸（アクセレ一タ一）
６．無電解ニッケル	
７．酸浸漬	
８．各種のめっき	
９．乾燥	

ＡＢＳ樹脂へのめっきの工程を上げたが、その他ポリプロピレンやポリカーボネイト樹脂なども工程を変えることによってめっきが可能。

(６)プリント基板へのめっき（パターンめっき）

工　　程	注　意　事　項
１．ドリル加工	銅はくをクラッドしたものを使用する。必要に応じてバリとり研磨。
２．浸漬脱脂	アルカリ脱脂
３．ソフトエッチング	過硫酸アンモンなどで表面を粗化する。
４．弱酸浸漬	
５．キャタリスティング	プラスチックめっきに同じ
６．アクセレーション	〃
７．無電解銅めっき	スルホールめっき
８．めっきレジスト印刷	非回路部をマスキング
９．銅めっき	スルホールめっき・硫酸浴またはピロリン酸浴
10．エッチレジスト金属めっき	めっき部の遮へいをする。Au、Sn、Sn-Pb めっきなど
11．めっきレジスト除去	
12．エッチング	
13．エッチング中和	
14．乾燥	

その他、このパターンめっき以外に、穴埋め、回路部のレジスト印刷をして非回路部のエッチング、回路部レジスト除去をするパネルめっき法などの方法も採られている。スルホールめっきが終わると、接点部に端子めっきなどが施される。

第２章　各工程の技術技能の概要

第１節　前処理工程

１－１　研　磨

美しい光沢のあるめっきを行うためには、めっきされる品物の素地表面が平滑で光沢のある状態でなければならない。めっきの良否はこの素地表面の状態で左右される。めっき前の研磨としてはバフ研磨、バレル研磨、化学研磨、電解研磨などがある。また艶消し調のめっきをする為に上記の方法と共にブラストがある。

(１)バフ研磨

バフ研磨とは綿布、サイザル麻布などの材料を基材としたバフを用い、その外周面に研磨材を接着剤（ニカワなど）で固定するか、または回転バフ表面に研磨剤が一時的に保持される状態で、バフを高速回転させる。その回転面に品物の表面を押しつけ、機械的に素地の表面をけずりとって均一な表面に加工する方法である。

a)研磨機

バフ研磨機は、その軸端にバフを装着し、バフ外周面に研磨剤を保持させ、それを高速で回転させて加工を行う研磨機械である。

比較的簡単なバフレースや、パイプなどのように同じ品物を大量に研磨するには自動研磨機が普及している。

またベルト研磨機は、駆動輪と従動輪に研磨ベルトを張架し、これを高速に回転させ加工する研削・研磨機械である。

b)バ　フ

バフの種類は布バフでは、縫いバフ、とじバフ、ばらバフ、バイアスバフ、サイザルバフなどがある。その他のバフとしては、フラップホイール、不織布ホイール、ワイヤーホイールなどがある。これらのバフは、その用途に応じて使用される。

c．研磨材

バフ研磨材とは、比較的微粉の研磨材を主成分とし、これと油脂やその他適当な成分からなる媒体とを均一に混合した研磨材料のことである。

①エメリー

エメリーの名称は、天然エメリーの産地であるギリシャのエメリー岬からとったもので、天然品と人造品がある。人造エメリーは、酸化アルミニウムが主成分で粒度 70－320 番（番数が多いほど細かい）のものが、めっきの下地研磨に使われている。

②油脂性研磨材

油脂性研磨材とは微細な研磨粒を油脂で練り固めたもので、バフ研磨の行程は中磨きや仕上げ研磨に主として使われる。使用される油脂は一般的にステアリン酸、パラフィン、牛脂、松ヤニなどである。油脂性研磨材をバフに押しつけると摩擦熱によって油脂が溶けて、油脂と共に研磨粒がバフの表面に移動する。この時、品物をバフに押しつけると油脂は素地金属の表面で油膜となり、研磨粒が金属面にむやみに食い込むのを防ぎ、金属の表面を平滑にするのに役立つ。油脂性研磨材の種類はエメリーペースト、トリポリ、グロース、ライム、青棒、赤棒、白樺、グリース棒などがあり、それぞれ用途に応じて使用する。

③液体研磨材

液体研唐材とは、自動バフ研磨機に使用される目的で作られたもので、研磨機に自動的に供給する為に液状にしたものである。研磨材をスプレーガンを使用して吹き付け、スプレーガンのノズルの開閉をタイマーと連動させることによって間欠的に噴出させる方法がある。

④研磨補助剤

布バフにエメリーを接着させる物として、にかわ、セメントなどがある。にかわはグルーとも呼ばれ動物の骨や皮を煮詰めた物を精製し、固形にしたもので、あめ色をし半透明で光沢がある。熱湯に溶けて粘度の高い液状になる。セメントはけい酸ナトリウムに合成樹脂を配合したもので、にかわと同様にエメリーをバフに接着させる。しかしセメントよりも、にかわの方が摩擦や気候の変化によっても変質しにくい・軟化しにくい・品物を研磨した時の切れ味が良い・研磨可能な時間が長い、など長所が多い。

(２)バレル研磨

加工物、メディア、水、及びコンパウンドを投入し、バレルの運動により、加工物の研磨を行う方法をバレル研磨と呼んでいる。

a)回転バレル研磨

回転バレル研磨は、バレルの回転数、装入量、加工物とメディアの比、水の量、時間、加工物の形や大きさなどによって、その光沢度は大きく左右される。

①バレルの回転数

回転数は、素地金属の種類、加工物の形、大きさ、研磨の目的（光沢、面、かえりのどれを主に研磨するか)、バレルの直径、メディアの種類によって設定する。

②装入量

回転バレルでは、装入する品物の量を少なめにすると研磨効率が良くなる。一般的には、装入量は内容積の 50～60%ぐらいである。

③加工物とメディア

製品を研磨すると同時に、品物相互のあたり傷を防ぐ働きをするものをメディアと呼んでいる。湿式研磨の時は、焼成メディア、焼結メディア、プラスチックメディアなどを使い、乾式研磨の時はおがくず、木片、プラスチックなどを使う。加工物との割合は、仕上がりぐあいにより適切な比率を選ぶ。

④コンパウンド

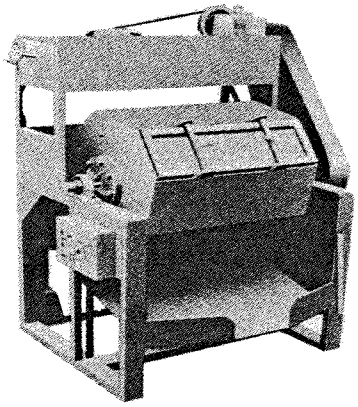
錆取りを目的とする酸性コンパウンドや､アルカリ性コンパウンドがあるが、近年では排水処理の関係から中性コンパウンドが多く使用されている。すべりを良くするためと、品物相互の衝突をやわらげる働きをする。

b)振動バレル研磨

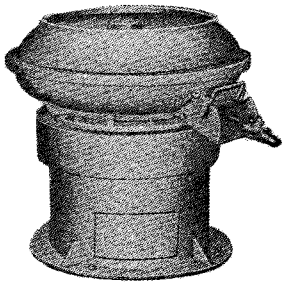
振動によりスプリングなどにより保持された槽中で製品およびメディアを回転運動させ、能率よい研磨が行えるようにしたものが振動バレルである。鉄製品のバリ、かえり取りには最適で作業の合理化が可能である。また非鉄金属、特に亜鉛ダイカスト製品には、打こん、圧こんが少なく適している。

メディア、コンパウントは、回転式と同じものを使用するが、水量は回転式より少なめにし、装入量も少なめに入れる方が良い。

研磨能力は、回転バレルに比べて３倍ぐらいの能率がある。



回転バレル研磨機



振動バレル

(３)化学研磨

化学研磨は、古くからキリンス仕上げなどで知られ、液体中で濃度分極をおこし、凸部の溶解に比べ、凹部の溶解が抑制されるため平滑化の効果を示す。化学研磨液は、酸化剤、粘度向上剤、溶解促進剤、表面活性剤などによりなりたっている。最近では、銅・銅合金用の硝酸を主体にしたキリンス液に替わり、過酸化水素系の化学研磨液が普及してきている。

(４)電解研磨

電解研磨は、研磨しようとする金属を陽極にして、陰極には鉛・ステンレス鋼や炭素などを使用し、それぞれの素地に適した電解液を用いて、直流または交流併用で電

解を行い、平滑で光沢のある研磨面を得る方法である。

電解研磨は、陽極で濃度分極が起き、凸部が余計に溶けて、平滑化がおこなわれる。従って粘度の高い硫酸、りん酸、クロム酸、硝酸などが使われる。一般的には、ステンレス鋼の電解研磨が多く行われている。

(５)プラスト

a)湿式プラスト

この加工法は、研磨材を均一に混合した液体を圧縮空気により高速噴霧体として品物に激突させて、その表面に研削作用、研掃清浄作用、梨地仕上などを行う加工法である。

b)乾式プラスト

この加工法は、砥粒を品物に吹き付け、またはたたきつけることにより、研掃、研削、艶消し、梨地、ピーニング、バリ取りなどを行う加工法である。一般に、サンドブラスト、ホーニングなどと呼ばれている。

１－２　脱　脂

脱脂は金属の表面についている油や油性の汚れを落とす目的で、これには溶剤脱脂、アルカリ脱脂、電解脱脂の方法が主として用いられている。不完全な脱脂ではめっきの密着不良やしみなどが発生するので、これらの方法をうまく組み合わせて使用し、完全に脱脂を行う。

(１)溶剤脱脂（予備脱脂）

溶剤脱脂は有機溶剤たとえばトリクロロエタン、トリクロロエチレンなどを使用し、金属製品表面に付着している油脂類の汚れを溶解して除去する方法である。製品表面のグリス、機械加工油、多量に付着している油脂等の除去に適している。汚れは溶剤により薄められるので、完全な脱胎方法ではなく、予備洗浄に適する。また特定フロン、トリクロロエタン等の溶剤は、今後全廃していく傾向にある。溶剤によっては人体に影響を及ぼすものもあり、種類により取り扱いに気をつけなければならない。

(２)アルカリ脱脂（煮沸脱脂）

主として製品表面に付着している油（切削油、プレス油など）の除去を目的としている。

アルカリとけん化性油脂が結合すると、水溶性の石鹸ができる。このけん化作用によって脱脂する方法がアルカリ脱脂である。アルカリ脱脂浴は、通常無機成分として水酸化ナトリウム、炭酸ナトリウム、炭酸水酸ナトリウム、オルトやメタ珪酸ナトリウム、りん酸ナトリウムなどのアルカリ化合物に、少量の界面活性剤を添加し使用する。水酸化ナトリウムはかなり強い塩基性を示し、けん化作用は強いが、銅、亜鉛、アルミニウムやこれらの合金素地に対しては腐食する作用があるので、注意をしなけ

ればならない。

(３)電解脱脂

電解脱脂は製品を陰極または陽極としては電流を通じ、金属表面を洗浄する方法で、電解液は一般にアルカリ化合物を主体としている。また汚れの種類によっては界面活性剤等を少量添加し、使用する場合もある。電解によって発生するガスによる表面撹拌、陰極還元、陽極酸化がその主な作用である。この方法は微量の汚れをとるのに迅速で、確実であるので最終仕上げ脱脂として使用される。陽極脱脂及び陰極脱脂の特徴を下記表１－２－１に示す。

表１－２－１　陽極電解脱脂と陰極電解脱脂の特徴

	陰極電解脱脂	陽極電解脱脂
長　所	金属面から発生する水素ガスにより付着している汚れを物理的に落とす。 金属表面の活性化を計ることができる。 表面の多少の酸化物の除去が可能である。	金属面から発生する酸素により、表面の汚れを電解酸化して分解する。 水素ぜい性を起こさない。 素地溶解の効果でスマットの除去に適している。
短　所	鉄鋼素地では水素ぜい性を起こす。 液中に不純物として存在する金属イオンが電着し、めっきのざらつきの原因となる。	不導体皮膜や酸化皮膜を生成する。 処理後は必ず酸洗して、活性化を計る。

現在では陰極処理、陽極処理の短所を補う意味で、陰極処理後、陽極処理を行なう交互法やＰＲ電源を使用する方法もある。

１－３　酸洗い

めっき前の製品には、油脂類以外にサビが発生していたり、加工の際に生じた黒皮やスケールと呼ばれる酸化皮膜で覆われている。このような状態でめっきを施すと、密着不良の原因となるので、これを除去するために主として化学的に硫酸や塩酸を使用して除去する。

またこれらの酸類はエッチング処理にも使用されている。金属類のエッチングとは冷間加工などによって生じた金属材料表面の加工変質層を除去し、歪みのない金属結晶面を露呈させる目的で行なう酸浸漬を言う。

(１)鉄鋼の酸洗い

a)硫酸による酸洗い

酸浸漬に最も多く使われる酸で、室温及び加温して使われる。通常 10～20%（重量%）の濃度で使用する。

b)塩酸による酸洗い

塩酸は硫酸に次いで多く使われる。常温で硫酸より早くサビ取りができるが、塩化水素ガスを発生し臭気や腐食性が強いので排気を必要とする。通常は 10～30%（重量%）の濃度で使用する。

(２)銅および銅合金の酸洗い

銅及び銅合金のスケールは鉄鋼上のそれと比べ、非常に強固で除去が難しく、古くからキリンス処理と呼ばれる方法が多く用いられた。キリンス処理というのは硫酸、硝酸、塩酸の混合液中に銅系製品を浸漬し、表面の酸化膜の除去を行なう方法である。（各酸の濃度は材質により変更する必要がある。）しかし、この処理の際に窒素酸化物のガスが多量に発生し、有害であるため、最近では過酸化水素を使用する化学研磨液が多く用いられている。

第２節　めっき金属析出工程

２－１　銅めっき

銅めっきは鉄鋼素地、亜鉛ダイカストやアルミニウム素地上へのめっきの下地めっきとして広く用いられる。また、銅の無電解めっきおよび電気めっきはプラスチックへのめっきにも多く利用されている。銅めっき浴としては、シアン化銅浴、光沢ピロリン酸銅浴および光沢硫酸銅浴が一般的に使用されている。

シアン化銅めっきは、以前は広範囲に使用されていたが、レベリング能力の不足とシアン排水処理の問題から使用が減少している。シアン浴よりはレベリング作用が大きく、毒性の少ない弱アルカリ性の光沢ピロリン酸銅浴がその後使用されるようになったが、鉄素地には直接密着の良いめっきが得られず、シアン化銅浴のストライクが必要であった。ピロリン酸銅浴は装飾めっきの下地めっきとしてはあまり発展せず、その後盛んになったプリント基板のスルホールめっきとしては用途が広がった。

硫酸銅めっきは、従来鉄素地や亜鉛合金素地に直接密着の良いめっきができないことや均一電着性が良くなかったが、レベリング、光沢とも抜群の添加剤が開発され、プラスチック素地上のめっきとして使われるようになってきた。その後、均一の電着性が大幅に改善され、管理が容易で物性にも優れ、また排水処理も容易なため、機能めっきとしてプリント基板のスルホールめっきなどに使われるようになってきている。

銅めっきの用途は装飾兼防食用の鉄鋼素地上のニッケル－クロムめっきの下地めっきとしては、その効果は疑問視されることもあり、使用が減少してきたが、主にプラスチック素地、亜鉛ダイカスト素地の下地めっきとして実施されている。また銅の電気伝導性の良いことを利用して、機能部品の導電部に使用する用途が増えている。

表１－２－２　いろいろな銅めっき浴の比較

	硫酸銅浴	ピロリン酸銅浴	シアン化銅浴
浴の性質	強酸性で毒性が少	中性で毒性が少	アルカリ性で猛毒
浴の管理	簡単	比較的簡単	比較的簡単
操作温度	20～30℃	50～60℃	50～60℃
つきまわり	悪い	良い	良い
光沢、レベリング	非常に良い	良い	悪い
素材との密着性	鉄・亜鉛に不可	鉄・亜鉛に不可	殆んどの素材に可
利用分野	プリント配線板 銅電鋳 印刷用製版ロール	プリント配線板 鋼電鋳 印刷用製版ロール 各種装飾めっきの下地めっき	ストライクめっき 亜鉛ダイキャストへの下地めっき 各種装飾めっきの下地めっき

(１)シアン化銅めっき

a)シアン化銅めっきの主な用途

①ストライク銅めっき

鉄鋼、亜鉛ダイカストのストライク浴としては抜群の適性をもっている。

シアン化銅ストライクは､めっきの密着性を良好にするための下地めっきで、高い電流密度で水素ガスの発生を伴いながら行うめっきで、素地金属と密着力が良く、つきまわりの良い銅めっきである。

②浸炭防止

鉄鋼に直接めっきできるため、多く使用される。

又、窒化防止にはすずめっきを用いる。

③　装飾めっきの下地

小物製品にバレルめっきで使われることが多い。

光沢シアン化銅めっきは、均一電着性が良く、複雑な形状の製品でも各部分をほとんど均一な厚さにめっきすることができる。

b)シアン化銅めっきの浴組成およびめっき条件

表１－２－３　光沢シアン化銅めっきの浴組成とめっき条件

		静　止	回　転
シアン化第一銅	g／L	50～60	30～50
シアン化ナトリウム	g／L	60～70	40～60
遊離シアン化ナトリウム	g／L	8～15	15～25
ロダンカリウム	g／L	5～15	
ロッシェル塩	g／L	30～40	20～30
水酸化カリウム	g／L	5～10	5～10
光　沢　剤		適　量	適　量
浴　温	℃	50～60	35～45
pH		12.4～12.6	12～13
電流密度	A／gm²	1～4	0．5～1．5
電　源		直流またはPR	直　流

表１－２－４　シアン化銅ストライクめっきの浴組成とめっき条件

シアン化第一銅	g／L	20～40	浴　温　℃	30～40
シアン化ナトリウム	g／L	30～50	電　圧　A／dm²	４～６
遊離シアン化ナトリウム	g／L	10～20	めっき時間　分	１～２

(２)硫酸銅めっき

硫酸銅浴は他の銅めっき浴に比べて建浴費が安く、廃水処理も容易で経済的であるのみならず、比較的、浴の管理も容易である。また、得られる皮膜は柔らかく、延性にも富む。

光沢剤を添加しないとすじ状の析出が生じやすいが、優れた添加剤が開発され、また、浴の均一電着性も改善されてきたので、今日では非常に多方面で利用されている。（光沢剤により、析出物が硬く、もろくなる欠点もある）

a)硫酸銅めっきの利点と欠点

表１－２－５

利　　点	欠　　点
・安価である。 ・浴組成が簡単で浴管理が楽である ・常温でめっきできる。(夏は冷却) ・皮膜が柔らかく、内部応力が少ない。 ・排水処理が容易である。	・めっき液の腐食性が強い。 ・鉄鋼素地、亜鉛素地などに直接めっきができない。 ・光沢剤が比較的高価で、消耗量が大きい。 ・二価の銅からの析出なので、めっき速度が遅い。

b)硫酸銅めっきの浴組成およびめっき条件

硫酸銅と硫酸が浴の主成分であり、硫酸銅は２価の銅イオンの供給源で、硫酸は電導度を高め、アノードの溶解を良くする作用がある。添加剤としては、高光沢、高レベリングを与えるため、界面活性剤と不飽和有機化合物、染料、塩化物イオンの併用が必要　と言われる。

表１－２－６

硫酸銅　g／L	200～250	電流密度　A／d㎡	１～５
硫酸　g／L	45～65	空気撹拌、ろ過	必　要
塩素イオン　g／L	10～15	温　度　℃	20～30
光沢剤	遮　量	陽　極	含リン銅

(３)ピロリン酸銅めっき

ピロリン酸銅めっきは浴が低毒性であることと、均一電着性に優れているところから、硫酸銅めっきの良好な光沢剤が開発される以前は多用された浴である。今日においても、プリント配線板スルホールめっきに欠くことのできない浴である。

ピロリン酸銅めっき浴は、欠点として加水分解する性質をもち、加水分解により生成したオルソりん酸はめっき浴の寿命を損ね、めっき不良の原因となるので浴管理には注意を要する。

a)ピロリン酸銅めっき浴の利点と欠点

表１－２－７

利　　点	欠　　点
・均一電着性がよい ・ピンホールが少ない ・素材金属への浸食が少ない ・浸炭防止に有効	・排水処理がやや困難である。 ・鉄鋼素地上に直接めっきするのが困難である。 ・平滑化作用が他の浴に比べやや劣る。 ・めっき皮膜が硬く、電気伝導度が劣る。

b)ピロリン酸銅めっきの浴組成およびめっき条件

表１－２－８

ピロリン酸銅	g／L	85～105
＜銅　分＞	g／L	(30～38)
ピロリン酸カリウム	g／L	300～375
アンモニア水	ml／L	２～５
光沢剤		適量
P　比	（P_2O_7／Cu）	6.4～7.2
pH		8.5～9.0
電流密度	A／d㎡	1.5～３
温度	℃	50～60

２－２　ニッケルめっき

ニッケルめっきは、R.Boettger が 1843 年に最初に硫酸ニッケルと硫酸アンモニウムとを含有するめっき浴から得られた外観的に緻密なニッケルめっきについて記載しているのが始めてであると言われている。

その後、1915 年までに多くの組成のめっき浴が考案されたが、現在まで残っているのは、Weston のほう酸を入れたことや、陽極腐食を早めるための塩化物や、カドミウム塩が光沢剤に使われたが、1894 年ごろからは温度を上げた硫酸ニッケル・ほう酸浴が多く使われた。

1915 年には有名な 0. P. Watts による高速めっき法のワット浴が開発された。その後ｐＨ管理法、低ｐＨめっき浴の使用、光沢ニッケルめっき浴などが開発された。

ニッケルの特徴は堅くて、薬品にも強く、色調も良くて変色しにくい。また、強磁性の

金属でもある。ニッケルは各種の金属素地に直接密着のよいめっきができるので、めっきに利用できる金属としては最も重要な金属の一つとなっている。

用途はクロムめっき、真金属めっきの下地めっきに使用するニッケルめっきや金属の装飾や腐食防止に使用するめっき、またニッケルの適度な硬さや機械加工性の良さを利用して各種工業的な分野にも多用されている。そのほか、機能めっきの分野では金、銀などが素材への拡散を防止するための下地めっきとして、また、磁性めっきとしての利用もある。さらに、電鋳製品として、プラスチック成形金型、箔、各種メッシュ、ダイヤモンドドリルなどの多くの用途がある。

しかし、ニッケルは金属アレルギーの原因となり、特に近年ヨーロッパを中心に問題となってからは、皮膚に接する装飾部分へのニッケルめっきは減少している。

(１)無光沢ニッケルめっき

無光沢ニッケルめっきは、皮膜に光沢を与えるためにバフ研磨するなど工程が複雑になる欠点がある。しかし、皮膜のつきまわり、柔軟性、耐食性、変色しないなどは光沢ニッケルめっきより良好で、現在は装飾めっきよりも機能的用途に使われるようになっている。

無光沢ニッケルめっき浴の代表的な浴組成と作業条件を表１－２－９に示す。

表１－２－９　無光沢ニッケルめっきの浴組成とめっき条件

成分と条件	ワット浴	回転浴	高硫酸塩浴	全塩化物浴	硫酸塩塩化物浴	全硫酸塩浴
硫酸ニッケル　g／L	240	70～150	75～113	－	200	300
塩化ニッケル　g／L	45	－	－	300	170	－
塩化ｱﾝﾓﾆｳﾑ　g／L	－	30	15～38	－	－	－
ほう酸　g／L	30	30	15	30	40	40
硫酸ナトリウム g／L	－	－	75～113	－	－	－
pH	1.5～6.0	5.0～5.5	4.9～5.8	2.0	1.5	3.0～5.0
温度　℃	40～70	20～30	20～33	50～70	45～50	45～50
陰極電流密度 A／dm²	2～10	－	1～4	2～10	2～10	2～10

(２)光沢ニッケルめっき

光沢ニッケルめっき浴はワット浴に光沢剤を添加したものである。光沢ニッケルめっきはレベリング作用が強く、クロムめっきや各種貴金属めっきともよく適合することから、これらの下地めっきとして用いられる。

光沢ニッケルめっきは１次光沢剤と２次光沢剤を併用したものとなっている。１次

光沢剤は単独使用では充分なレベリングを得ることができないが、２次光沢剤の効果を助け、また引っ張り応力を減少させる重要な作用をもつ。２次光沢剤はレベリング作用、光沢作用が強く、１次光沢剤との併用で良好な光沢皮膜を与える。

浴管理の注意点は、めっき作業の進行に従って浴のｐＨが高くなっていくので、適宜調整する、光沢剤の添加量を正確に管理する、などである。

表１－２－１０　浴組成

硫酸ニッケル	$NiSO_4 \cdot 6H_2O$	g／L	250～370
塩化ニッケル	$NiCl_2 \cdot 6H_2O$	g／L	40～60
ほう酸	H_3BO_3	g／L	30～50
光沢剤（1次、2次）			適　量
ｐＨ			3.5～5.0

光沢ニッケルめっき層には、若干の硫黄が含有されており、無光沢ニッケルめっきに比べ耐食性が劣る。また、硫黄は熱脆化の原因となるため、めっき後熱処理を行なうものについては注意を要する。

(３)半光沢ニッケルめっき

半光沢ニッケルめっきは光沢ニッケルめっきと比べ外観美は劣るが、耐食性は硫黄の含有量が少ないため非常によい。耐食性向上を目的として、半光沢ニッケルめっきの上に光沢ニッケルめっきを重ねた２層ニッケルめっきと、２層ニッケルめっき以上の耐食性をもたせるために、半光沢ニッケルめっきの上に高硫黄含有のトリニッケルストライクを行い、その上に光沢ニッケルめっきを行なった３層ニッケルめっきを行なう場合がある。

ニッケルは一般に硫黄含有量が多いはど標準電極電位が卑になる。硫黄含有量の違う皮膜を重ねるとその間に電位差が生じ､硫黄含有の多い皮膜が優先的に腐食される。つまり、２層ニッケルめっきでは、光沢めっき層は半光沢めっき層に比べ卑な電位となり、優先的に腐食され、その結果半光沢ニッケルめっき層の下の素地は守られる。３層ニッケルめっきでは光沢ニッケルめっき層が侵された後、腐食はトリニッケルめっき層で横に拡がり、半光沢ニッケルめっき層と素地はより守られることになる。

（二層ニッケルめっきの厚さは20μｍ以上でないと防食効果は少ない）

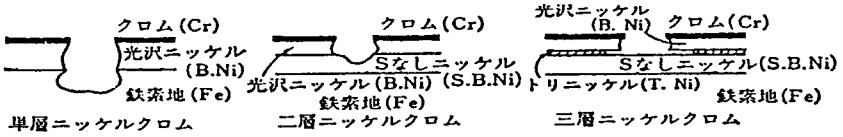


図１－２－１　単層、二層、３層ニッケルめっきの腐食状況

半光沢ニッケルめっきは、ワット浴に半光沢剤を添加して得られる。半光沢剤は大別するとクマリン系と非クマリン系とがある。クマリン系は優れたレベリング作用があるけれども、臭気が強いので作業環境上好ましくなく、また、分解生成物のメリロット酸を生じ、液管理も頻雑なため、最近ではほとんど使用されなくなった。

２－３　クロムめっき

クロムめっきは、ニッケルめっき上に施され、装飾用として一般に広く用いられている。

一般には、光沢ニッケルめっきの上に施され、光沢を保つクロムめっきとして使用されているが、下地の光沢ニッケルめっきを、サチライトニッケルめっき、半光沢ニッケルめっき、または、下地をホーニング加工などで処理することによって、すぐれた耐食性または異なる外観をもって装飾性として使用されている。また硬度も高いので工業用クロムめっきとして耐摩耗性を必要とする部品に用いられる。

現在使用されている代表的なクロムめっき浴の条件を表１－２－１１に示す。

表１－２－１１　クロムめっきの浴組成とめっき条件

		低濃度浴	サージェント浴	けいふっ化浴
クロム酸	g／L	100～150	250	250
硫　酸	g／L	1.0～1.5	2.5	0～1.0
けいふっ化ナトリウム	g／L	－	－	5～10
電流密度	A／d㎡	10～30	20～60	10～60
温　度	℃	45～55	45～55	35～55
ボーメ度		13.5 度	22 度	22 度

低濃度浴は、めっき排水処理及び省資源のために最近では多くの工場で装飾クロムめっきに使用されている。

けいふっ化浴は、つきまわりおよび電流効率が良く、比較的に低温で作業できるが、陽極の溶解と管理が難しい欠点があり工業用クロムめっきには用いられていない。

(１)装飾用クロムめっき

クロムめっき浴は不溶性陽極を用いるので、クロムの補給は無水クロム酸で行う。クロム酸はくみ出しやミストなどによる減少が多いので、分析によってその補給量を決定しなければならない。三価クロムは一般には１～４g／L が適当で、過少・過多いずれもつき回りと光沢を悪くする。この三価クロムの濃度は陽極板の表面積で増減で管理する。

硫酸はくみ出しとミストにより減少するが、その補給は経験上少なめに補給する。間

違って多く添加したときは炭酸バリウムによって除去する。通常ろ過の必要はないが、沈澱物が多くなれば上澄み液を移しかえ、沈澱物を除去する。

クロムめっきにおいては、クロム酸の濃度に対する硫酸の量が重要である。サージェント浴に代表されるようにクロム酸 100 に対して硫酸１の比率が標準である。硫酸がやや少ない場合は、均一電着性が良好となる。多い場合には光沢が良く、電流密度を増すことができる。

クロムめっきは、つき回りが悪いので形状の複雑な製品では、初めに 30～40A／dm²の浴中で５～15 秒間ストライクを行うか、補助陽極を用いるとよい結果が得られる。銅、銅合金はクロム酸におかされやすいので、通電浸漬する必要がある。

クロムめっき液の陽極には鉛合金を使うが、新しい鉛陽極板は休止時に液中に入れておくと黄色のクロム酸鉛の皮膜が生じ、電導性が悪くなるので、めっきを行わない時や作業終了後は必ず引き上げて、ブラシで清掃しておくとよい。（鉛陽極表面に過酸化鉛が生成すると変化は起こりにくい。）

(２)黒色クロムめっき

黒色クロムめっきは装飾用としてだけでなく、工業用として多く使われている。例えば、太陽熱吸収板、光学器械、医療器械、オートバイ部品などがある。
黒色クロムめっきの色調は、電解条件や下地金属の性質により灰色から深黒色まで変化する。析出された黒色クロムめっきの皮膜は光の吸収性がよい。

黒色クロムめっき浴はクロム酸に硝酸ナトリウムなどを含有する浴が数種類実用化されているが、一般のクロムめっき浴に比べて硫酸が含まれていなくて、大電流を必要とし、さらに冷却を行う。又、一般的にめっきのあと表面保護のためのクリヤー塗装などが必要である。

(３)工業用クロムめっき

多くの機械的特性をもつ代表的な工業用めっきである。クロムめっきとしては、装飾用も工業用も本質的な相違はなく、使用目的が装飾以外のもので比較的厚い（JIS 8615 では 2μm 以上と規定）めっきを工業用（硬質）クロムめっきと呼んでいる。工業用クロムめっきに要求される基本的な条件は、素地に直接密着性の良好な厚いめっきを均一に施すことである。

工業用クロムめっきの機械的特性として、高硬度、耐摩耗性があり、サージェント標準浴でめっきした場合、条件によっては機械的な摩耗に耐えうるめっきがされ、硬さは Hv500～1100 程度の範囲まで可能である。一般的には浴温が低いほど、また、陰極電流密度が高いほど、硬いめっきになる。作業面おいては治具は電流容量を大きく取り、発熱を抑制することが必要である。設備面では、浴槽を大きくし、浴中の電流

濃度を小にして浴温の上昇を防止する。浴温の上昇が激しい場合は、冷却が必要である。

２－４　亜鉛めっき

鉄・鋼素地の防蝕皮膜として亜鉛が優れているのは、鉄素地に対して亜鉛は電気化学的に陽性になり、皮膜のキズ、割れ目、小孔など鉄素地の露出している部分でも、亜鉛自身が先に腐食して白サビに守り、鉄の赤サビ発生を防止する特性があり、また比較的安価であること並びに1940年代の第２次世界大戦に際して兵器類に施した亜鉛めっき･有色クロメート処理製品の耐久性が実証されて以来、急速に普及し出しためっきである。

鉄・銅素地に亜鉛を被覆する方法としては、

①溶融亜鉛めっき　②シェラダイジング　③メタリコン　④電気亜鉛めっき

などがある。

また一般に実用化されている電気亜鉛めっき浴には、

(1)シアン浴　(2)ジンケート浴　(3)中性または弱酸性塩化浴

などがある。

(１)シアン化亜鉛めっき浴

＜シアン化亜鉛めっきの主な用途および浴組成＞

シアン浴はめっき浴自体に洗浄力があり、均一電着性・密着カ・物性など良い点が多く用途は広い。ただし、排水処理には注意を要する。

シアン化合物の毒性のため、めっき浴自体が低濃度化され、最近では低・中濃度浴が使われている。現在使用されているシアン化亜鉛めっき浴組成を表１－２－１２に示す。

表１－２－１２　シアン化亜鉛めっき浴組成とめっき条件

		中濃度浴	低濃度浴
亜　鉛	g／L	15～30	10～15
シアン化ナトリウム	g／L	25～40	10～20
水酸化ナトリウム	g／L	60～80	60～90
光沢剤		適　量	適　量
M比　　註）		1.7～2.5	1.1～1.7
温　度	℃	20～30	20～30
電流密度　　バレル	A／d㎡	0.1～1.5	0.1～1.5
電流密度　　静　止	A／d㎡	１～５	１～５

註）M比　全シアン化ナトリウム濃度の金属亜鉛濃度に対する割合

(２)ジンケート亜鉛めっき浴

＜ジンケート亜鉛めっきの主な用途および浴組成＞

ジンケート浴はシアン浴に劣らぬ物性が有り、排水処理には金属亜鉛以外問題となる物質も少なく排水処理上は有利である。しかし浴中の金属不純物には割合敏感であるので管理は難しい。

ジンケート浴は酸化亜鉛を水酸化ナトリウムで溶解して建浴する。溶解した亜鉛はNa_2ZnO_2であるという説と、もっと複雑な形であると云う説がある。しかし、Na_2ZnO_2は過剰の水酸化ナトリウムがないと水溶液にはならない。近年、シアンの毒性のため急速に発展したが、有効な添加剤なしでは析出物は粉末状で、密着の良い光沢亜鉛めっきは得られない。代表的な光沢ジンケート浴の組成を表１－２－１３に示した。

表１－２－１３　ジンケート亜鉛めっきの洛組成とめっき条件

亜　鉛		g／L	８～15
水酸化ナトリウム		g／L	80～120
光沢剤			適　量
温　度		℃	15～25
電流密度	バレル	A／d㎡	2.0～3.0
電流密度	静　止	A／d㎡	0.5～1.0

(３)酸性亜鉛めっき

＜酸性亜鉛めっきの主な用途および浴組成＞

最近めざましい発展をみたもので、シアンを使用せず、めっき速度が速く、浴電圧が低く、電流効率が良く、鋳物、熱処理物などいわゆる難めっき物とされた材質にも、直接めっきが可能な特徴をもっている。

しかし、めっき液中に多量の塩化物イオンを含むため、設備の腐食性が極めて強いという欠点がある。

現在では塩化アンモニウム浴が多く使用されているが、排水処理における亜鉛の除去を解決するため、塩化カリウムや、塩化アンモニウムと塩化カリウムを併用する浴も使用されている。

表１－２－１４　酸性亜鉛めっきの浴組成とめっき条件

		塩化アンモニウム浴	塩化カリウム浴	併用浴
塩化亜鉛	g／L	25～35	60～80	30～60
塩化アンモニウム	g／L	180～200	－	60～90
塩化カリウム	g／L	－	180～250	60～90
ほう素	g／L	－	25～35	－
光沢剤	ML／L	20～40	20～40	20～60
温度	℃	20～35	20～35	20～35
電流密度　バレル	A／d㎡	0.2～３	0.2～３	0.2～３
電流密度　静　止	A／d㎡	１～10	１～10	１～10
浴電圧	V	３～10	３～10	３～10
pH		5.5～6.2	5.3～5.6	5.0～6.3

(４)クロメート処理

亜鉛めっき皮膜は、めっきしただけで使用されることはほとんどなく、クロメート処理を施してはじめて完成品となる。亜鉛めっきは、クロメート処理によって美しい外観を得るだけではなく、耐色性が著しく向上する。クロメート皮膜には有色クロメート、光沢クロメート、黒色クロメート、緑色クロメートの４種がある。

クロメート処理をする前には十分水洗し､0.5～１％の容量の硝酸溶液中に２～３秒浸漬して、表面をごく薄く均一に溶解することにより光沢を出しておく。クロメート処理液の濃度によって浸漬時間は多少違うが普通５～30 秒、浴温は 25℃位で行う。乾燥は高温であるとクロメート皮膜にヒビ割れを生じて耐食性が悪くなるので、乾燥温度は 60～70℃が普通である。

a)有色クロメート

現在クロメート処理の 50%近くを占めていると言われており、耐食性が増し、また干渉色の艶のある美しい外観になる。

b)光沢クロメート

光沢クロメートは「ユニクロ」とも呼ばれ、光沢のある青白色を呈す。外観本位の研磨型と耐食性を重視した耐食性型に分けられる。いずれの光沢クロメートも、他のクロメート皮膜にくらべ耐食性が劣るため、徐々にその使用は減少の傾向にある。

c)黒色クロメート

1960 年前後から使用されはじめ、美しい黒色の色調が好まれ、急速に普及した。クロメート液に黒化剤として少量の銀塩を加えたもので、リン酸と酢酸を含む２

種があるが、耐食性はリン酸を加えたものが良好である。どちらのタイプもクロメート皮膜が厚いた　め、皮膜に傷がつきやすく、乾燥時のシミが出やすいので、クロメート処理後に無水クロム酸１～２g／L の浴に浸漬し、手早く乾燥してシミの発生を防ぐ。

d)緑色クロメート

自動車関連部品における高耐食性の要望に答えるため開発されたもので、暗緑色の渋い色調と、これまでのどの種類のクロメート皮膜より優れた耐食性のため、飛躍的に普及した。クロメート液にはりン酸が添加されており、亜鉛めっきと強固な皮膜を生成する。

e)クロメート処理における注意

① クロメート皮膜の乾燥温度は高すぎると耐食性の低下の原因になるので 60～70℃で行う。

② 亜鉛めっきの厚さは、硝酸浸漬やクロメート処理によって、溶解し減少するので最低５μm 以上必要である。

③ 乾燥前のクロメート皮膜は、耐摩耗性が良くなく、傷がつきやすいので取扱いに注意が必要である。

④ 低濃度クロメート処理液は化学研磨作用が劣るので、亜鉛めっきで光沢を出しておく必要がある。

⑤ 光沢クロメート処理の場合、乾操を出来るだけ速くしないと斑点が出ることがある。クロメート処理後 50～60℃の湯洗をしてから乾燥させる。

⑥ クロメート処理浴は強酸性であるため、ステンレス鋼などの耐酸性容器を使用し、皮膚などに付着しないように特に注意しなければならない。

２－５　すずめっき

すずは比較的柔らかく、展延性に富み融点の低い（231.9℃）金属である。すずは人体に対する毒性が少ないので、食器そのものや食器のめっきに使用されている。また鉄板上のすずめっきはブリキ板と呼ばれ、缶詰の容器に使用されている。

またはんだ付け性が良いので、電気接点、端子、コネクター、プリント基板、リードフレームなどにすずめっきが行われている。

すずは鉄に対して陰極として作用するので、ピンホールが多い薄いすずめっきでは鉄素地に対する防錆効果は期待できない。また電気めっきのようなすずの薄膜からはウィスカー（whisker）と呼ばれるすずの針状単結晶が発生しやすいので、精密な電気回路部品などに用いる場合は、回路の短絡を防止するために溶融処理などの後処理や、鉛を共析させたハンダめっきに変えるなどの対策が必要である。

(１)硫酸酸性浴

最も多く使用されている浴で無光沢～光沢めっきが得られる。アルカリ浴に比べて２倍以上の析出速度が得られるが不溶性の４価のすずができ易いので温度(25℃以下)管理が重要である。

表１－２－１５　硫酸酸性すずめっきの浴組成とめっき条件

硫酸第一錫	g／L	25～50
硫　酸	g／L	80～180
光沢剤		適　量
温　度	℃	15～25
陰極電流密度	A／d㎡	0.5～３
陽極電流密度	A／d㎡	2.5
撹　拌		陽極の振動（エアー撹拌は不可）
陽　極		高純度錫
口　過		連　続

註）純度の低い陽極はスライムが多く発生し不動態化しやすい。

(２)アルカリ浴

ナトリウム浴とカリウム浴があり、カリウム浴の方が電流効率が良く作業範囲が広い。また遊離アルカリを適正に管理する必要があり、光沢めっきは得られない。

表１－２－１６　アルカリ性すずめっきの浴組成とめっき条件

		カリウム浴	ナトリウム浴
すず酸カリウム	g／L	80～120	
すず酸ナトリウム	g／L		80～120
遊離水酸化カリウム	g／L	15	
遊離水酸化ナトリウム	g／L		10
酢酸カリウム又はナトリウム	g／L	0～15	0～15
過酸化水素水		適　量	適　量
陰極電流密度	A／d㎡	3～10	0.5～3
温度	℃	60～85	60～85

(３)中性浴

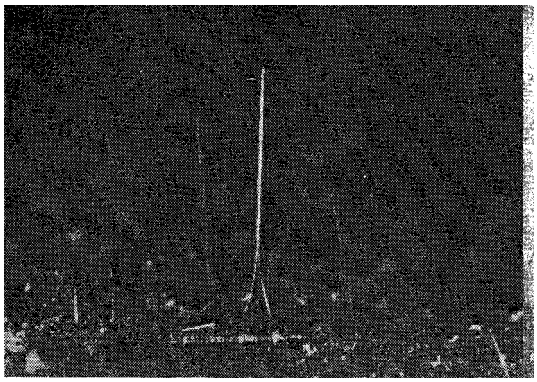
酸やアルカリに侵されやすい素材（チップ抵抗やチップコンデンサーなど）のめっきに使用されている。PH 調整した有機酸浴やピロリン酸浴がある。

２－６　はんだめっき

すずめっきにはウィスカーが発生しやすいが、鉛を共析させることで発生を防ぐことができる。また共析の比率を変えることによって融点を変化させることができるので、用途によって鉛を５～95%共析させたはんだめっきがすずめっきに代わってリードフレーム、コネクターやプリント基板などのめっきに多く使われている。

しかしはんだに含まれている鉛は人体に有害であり、近い将来、使用が規制される可能性が非常に高い。従って鉛の代わりに銀、ビスマス、アンチモン、亜鉛などの金属をすずに対して単独もしくは複数共析させるめっき液の開発が行われているが、現在のところ、はんだめっきに勝る物は発表されていない。

はんだはすずと鉛の合金であり、すず 60、鉛 40 の共晶はんだをはじめ、すず 90、鉛 10、またはすず 80、鉛 20 のようにすずに特性を近づけためっきがプリント基板をはじめとする電気電子機器部品に利用されている。また軸受用としてすずを減らし、鉛を増やした浴も実用化されている。すずめっきにはウィスカー発生のトラブルが生じやすいため、はんだめっきの需要がすずめっきに取って代わり、多くなってきている。またはんだめっきをする事により、はんだ付け性の向上、耐食性の向上にもなっている。



ウィスカーの例

はんだめっき浴には、ほうふっ酸浴、有機酸浴の２種類が主として使用されているが、ふっ素やほう素の規制が厳しくなっている今日では有機酸浴が主流になっている。

(１)ほうふっ酸浴（すず 60%、鉛 40%）

浴の安定性やめっき皮膜の物性は最も良いがほう素及びふっ素による環境汚染の可能性および排水処理の難しさにより需要は減少している。

表１－２－１７　ほうふっ酸はんだめっき浴の組成（Sn60%、Pb40%－註）とめっき条件

Ｓｎ	ｇ／Ｌ	15～50
Ｐｂ	ｇ／Ｌ	５～20
遊離ほうふっ酸	ｇ／Ｌ	80～120
光沢剤		適　量
温　度	℃	15～25
陰極電流密度	Ａ／ｄ㎡	0.5～３

註）Sn90%、Pb10%の場合は、浴中の Sn 濃度を 13～17g/L、Pb 濃度を１～３g/L にすれば良い。

(２)有機酸浴（アルカノールスルホン酸、メタンスルホン酸等）

ふっ素やほう素を含まないので排液処理がほうふっ酸浴に比べて容易であり、需要が大幅に伸びているが経費が高くつく欠点がある。

表１－２－１８　有機酸はんだめっき浴の組成（Sn90%、Pb10%）とめっき条件

Ｓｎ	ｇ／Ｌ	９～25
Ｐｂ	ｇ／Ｌ	１～３
有機酸	ｇ／Ｌ	80～120
光沢剤		適　量
温　度	℃	15～25
陰極電流密度	Ａ／ｄ㎡	0.5～３

２－７　貴金属めっき

(１)金めっき

金は極めて高い耐食性を持ち、電気、熱の電導性が良く更に低い接触抵抗を兼ね備えた金属である。それらの特性に応じて、金めっきも装飾用から、電子、電気部品などの工業用に至るまで多く利用されている。

金めっき浴の種類は、シアン化金カリウムを用いるシアン化物浴と、金の亜硫酸塩やチオシアン酸塩を用いるノーシアン浴の２種類がある。現在最も多く使用されているのは前者のシアン化物を用いた浴である。

シアン化物浴には過剰のシアンを含むアルカリ性浴（一般にシアン浴と呼ばれている）と過剰のシアンを含まない中性及び酸性浴の３種類がある。

a)アルカリ性浴（シアン浴）

ｐＨは９以上で遊離シアンを含み、均一電着性、陰極電流効率が良く、銀、銅、ニッケル、パラジウム、インジウム等を加える事により析出純度を下げたり、色調を変化させる事ができる。欠点としては炭酸塩の増加と排水処理に問題がある。

表１－２－１９　アルカリ性金めっきの浴組成とめっき条件

成　　分		色　　調		
		純　度	黄　色	青　金
シアン化金カリウム	g／L	1.8	1.8	2.0
遊離シアン化カリウム	g／L	7.5	7.5	7.5
りん酸水素二カリウム	g／L	15	15	15
シアン化ニッケルカリウム	g／L		0.26	
シアン化鋼カリウム	g／L		0.13	
シアン化銀カリウム	g／L			0.26
すず酸カリウム	g／L			2.11
温　度	℃	65	65	65
電流密度	A／dm²	1～4	1～3.5	1～3
陽　極		SUS		

b)中性浴

ｐＨは５～８である。析出純度は 99.9%以上で陰極電流効率も 90%以上と良い。主として工業用､特に半導体関係のボンディングを必要とする部品に用いられる。欠点は平滑性に乏しい事や、金メタル濃度が高く、不純物に弱い点である。表１－２－２０に中性金めっきの浴組成とめっき条件を示す。

表１－２－２０　中性金めっきの浴組成とめっき条件

成　　分		一般浴	高速浴
シアン化金カリウム	g／L	8～12	9～25
りん酸二水素カリウム	g／L	15	
りん酸水素ニカリウム	g／L	35	110
クエン酸	g／L	－	20
添加剤　（註）		－	適量
ｐＨ		5.5～7.5	5.5～7.5
温　度	℃	65	65
電流密度	A／dm²	～1.0	0.5～5.0
陽　極		白金または白金張チタン	

註）添加物はＴｉ、Ｐｂ、窒素化合物等である。

c)酸性浴

ｐＨは２～６で遊離シアンをほとんど含まない。硬度を増すためや、平滑なめっきを得るために、コバルトやニッケル等を加えて使用されている。析出純度は98%以上で陰極電流効率は20～50%である。欠点は効率が悪い事とボンディング用に不向きな点である。

表１－２－２１　酸性金めっきの浴組成とめっき条件

成　　分		Ａｕ－Ｃｏ合金		Ａｕ－Ｎｉ合金
シアン化金カリウム	ｇ／Ｌ	8～12	12	3
りん酸二水素カリウム	ｇ／Ｌ	96		
クエン酸	ｇ／Ｌ	24		100
ＥＤＴＡ－コバルトカリウム	ｇ／Ｌ	１～３	3	
クエン酸カリウム	ｇ／Ｌ		125	150
酒石酸カリウム	ｇ／Ｌ	1		
りん酸水素二カリウム	ｇ／Ｌ	80		
硫酸ニッケル				７～11
ｐＨ		3.5～5.0	3.0～4.5	4.0～4.4
浴　温	℃	35	30	30
電流密度	Ａ／ｄ㎡	～1.5	0.5～1.0	0.5～1.0
陽　極		白金または白金張チタン		

(２)銀めっき

銀は電気と熱の伝導性が金属の中で最も良いので用途は広い。銀めっきも電気接点やＩＣ、ＬＳＩのリードフレーム等の工業用をはじめ、アクセサリーや食器等の装飾用に幅広く使用されている。

銀めっき浴の種類はシアン化銀を用いるアルカリ性浴と銀カリウムを用いる中性浴、シアン化合物を全く使用しないノーシアン浴があるが、ここでは主としてアルカリ性浴について述べる。

＜アルカリ性浴（シアン化銀浴）＞

ｐＨは10以上で遊離シアンを含み、現在最も多く使われている浴である。光沢浴には光沢剤としてアンチモン等の無機金属塩が微量に添加されている。無光沢浴には添加剤を全く含まない浴と、微量のセレンを添加した無光沢～半光沢の外観が得られる浴がある。

一般的に無光沢～半光沢浴は工業用に、光沢浴は装飾用に使用されている。

欠点としては遊離シアンを多量に含む事である。また、銀はほとんどの金属よ

りも貴であるため、銀めっき液に品物を浸漬すると素材に銀が置換して密着不良を生じる。これを防ぐために銀ストライクめっきを行う。

表１－２－２２　アルカリ性（シアン化銀浴）銀めっきの浴組成とめっき条件

		無添加浴	光沢・半光沢浴	ストライク浴
シアン化銀	g／L	35～50	35～50	１～３
シアン化カリウム	g／L	80～100	80～100	75～115
炭酸カリウム	g／L	10～15	10～15	－
光沢剤		－	適量	－
温度	℃	20～25		
電流密度	A／dm²	～0.5	0.5～2.0	
電　圧	V			３～６
陽　極		銀		ステンレス

第３節　後処理工程

３－１　後処理の目的

後処理はめっきの仕上工程である。

いくらめっきが良くできても後処理を慎重に行わないと、しみ、変色、割れ、ヒズミ等の不良が後で発生する。

後処理の目的はこれらの事故を防止するため、水、溶剤、活性剤などによる完全洗浄、乾燥、熱処理、水素ぜい性の除去、変色防止、防食の他、着色、仕上研摩等によりめっき後の表面を美化したり精度を上げることである。

３－２　水　洗

製品に付着した処理液を完全に水と置換し、次の工程の処理液に混入しないようにする重要な工程である。

最近では、フロン、有機溶剤による洗浄の代替として、超純水の使用も行なわれている。

３－３　クロメート処理

変色防止等のためにクロメート処理を行う。

クロメート処理には、浸漬クロメートと電解クロメートに大別される。

浸漬クロメートはめっきした品物をクロメート液中に漬け、その後水洗し乾燥する方法である。耐食性、変色防止性では劣るが、方法が単純であり、ある程度の効果を得られるため、亜鉛めっきやニッケルめっきや合金めっき後の変色防止のため広く行われている。

電解クロメートは、クロム酸イオンを含む溶液中で電通し、より耐食性の高い皮膜を得る方法である。しかしながらバレルでめっきする様な小物類には不適であると言えよう。

３－４　金属の着色

金属素材の表面に、その硫化物や酸化物皮膜を人為的に形成させ、それ以上の酸化、または硫化を抑制し、安定した皮膜を金属表面に与える方法である。

金属着色法は金属素地との化学反応であるので、同じ金属でもその素地に含まれる金属の比率によって、同じ処理をしても色調が大きく異なる点に留意すべきである。

３－５　乾燥

(１)熱風乾燥

ラックによるめっきに主として使用され、通常めっきラインに組み込まれたトンネル状の乾燥機にラックのまま入り、内部で熱い空気を品物に吹き付け、水分をとる方法である。簡単な方法ではあるが、温風の吹き出し角度、前行程の湯洗・水洗水の汚

れに注意をしないと乾燥染みが出やすい。

(２)遠心脱水乾燥

バレルめっきで処理する小物で、キズのつきにくい品物に適した乾燥法である。一度に大量に処理ができ、乾燥時間も速い。また同時に、脱水機上部より温風を送風したり、ヒーターを付ける事によりいっそう乾燥しやすくする手段がとられているが、変形しやすい品物やキズがついてはいけない品物には不向きである。

第２部　めっき種類別の技術技能

第１章　装飾めっき

１－１　装飾用めっきの最近の傾向

鉄素材に、銅→ニッケル→クロムめっき、あるいはニッケル→クロムめっきを施す、いわゆる装飾めっきが一般的に用いられている。しかし、自動車のバンパーにめっきが施されなくなったように、装飾めっきの需要が減少し、しかも長期低落傾向にある。この原因として次のようなことが考えられる。

① 素材の転換、表面処理法の変更。
② 発展途上国の躍進による輸出減。
③ 最終仕上げのクロムの色調があきられはじめたこと。
④ 多彩な外観に対応できないこと。
⑤ ギラギラの光沢より、渋い色調が好まれるようになったこと。

③､④､⑤の傾向については、最近特に顕著であり、自動車部品、弱電部品、室内装飾品などで従来の装飾めっきが敬遠されはじめた｡自動車業界の装飾めっきへの要望としては、

① 各種色調が得られ、外装にも使用できること。
② 幅広い素材に適用できること。
③ 低コスト化。

さらに工業デザイナーから最近の若者の傾向を聞くと、

① 他人が持っていない物を持つという個別化、差別化傾向を満足させること。
② 機能を買うのではなく、雰囲気を買うという情緒化傾向に適合すること。
③ シャーベットトーン、中間色、渋い落ち着いた色調を好むこと。

このような傾向をまとめると多品種少量、そして多種類の外観・色調が要望されていると思う。従来の、銅→ニッケル→クロムめっきでは対応できなくなってきた。

１－２　装飾めっきの多様化

装飾を目的としためっき製品はその使用目的、使用環境によってめっきされている。表２－１－１に主な装飾めっき製品の処理法についてまとめた。中間のめっき、仕上げのめっきを変えることにより、多様化を図っていることがわかる。それぞれの製品に必要な耐食性により、めっき法が異なることはいうまでもないが、外観の色調によっても変えられている。とくに、最近は外層のクロムめっきの要望が減り、新しい合金めっきなどが用いられるようになってきた。筆者が経験した事例として、ある自転車部品の製造メーカーから、「従来のニッケル→クロムめっきではあまりにも多く普及しているために､安っぽい感覚になる。なにか､良いめっき法がありませんか」というような相談があった。そこで、ク

ロムめっきに代えて、スズ－ニッケル合金めっきを推奨したところ、高級品に採用し成功している例がある。非常に売行きが好調なために、現在では中級品にまで適用範囲を広げているそうである。同じ機能の製品であっても、表面処理法の違いにより（外観の違い）、明確に差がでたことがわかる。多様化するためには素材の加工法、下地めっき、中間層のめっき、仕上げめっき、外層被覆を適当に組み合わせる必要がある。

表２－１－１　主な装飾用めっき製品のめっき法

代表的な用途事例	めっきによって付与される装飾上の特性	外観の種類	めっきの種類		
			下地	中間	仕上げ
ツマミ、スイッチ等（音響、家電、ミシン等）編機	高級化、精密さ、操作性、防眩性、汚染防止、金属感（樹脂素材）、衛生的	無光沢梨地調（ベロア*、シルキー*、パールブライト等）	銅 ニッケル	ベロアニッケル* シルキーニッケル* パールブライトニッケル*	クロム、金、スズ－コバルト、銅－ニッケル等
		半光沢梨地調（サチライト*）	銅 ニッケル	サチライト*ニッケル	同上
		模様（素材加工）（ヘアライン、スピン、梨地、ツートン等）	銅	ニッケル	同上
		色調（クロム、クロム色、金色、銀白色、黒色等）	同上	同上	同上
自動車外装品 バンパー、ドアハンドル、グリル、オーナメント(ネーム)、ミラーステー、ワイパー、ホイールナット、ホイールキャップ	高級化、防錆、金属感（樹脂素材）、汚染防止、耐候性、防眩性	光沢、半光沢梨地（サチライト*）、色調（クロム、黒色）	銅	二重ニッケル シールニッケル* ポストニッケル*	クロム 黒色クロム
			半光沢ニッケル	光沢ニッケル	同上
			銅	半光沢ニッケル サチライト*ニッケル	同上
水洗金具、シャワー、把手等 冷蔵庫ドアハンドル（ＡＢＳ樹脂素材）	高級化、防錆、汚染防止、衛生的	光沢、色調（クロム）	銅	半光沢ニッケル －光沢ニッケル	クロム
カメラ外装品 グンカン部(上蓋)、エプロン、底板 （ＡＢＳ樹脂素材）	高級化、防眩性、精密さ、金属感、耐候性	無光沢梨地、色調（クロム、黒色）	銅 ニッケル	ベロアニッケル* サチライト*ニッケル	クロム 黒色クロム
椅子、デスク等の家具金物（パイプ類）	高級化、防錆、汚染防止	光沢、無光沢梨地 色調（クロム）	銅 銅 ニッケル	半光沢ニッケル －光沢ニッケル ベロアニッケル*	クロム 同上
店内展示金具	高級化、光反射性、衛生的、汚染防止	光沢、色調（クロム、金色）		光沢ニッケル	クロム 金
時計（側）、ライター、眼鏡フレーム	高級化、精密さ、汚染防止、耐摩耗性	模様（素材加工）（ヘアライン、ダイヤカット、梨地等） 光沢、半光沢 色調(クロム、金色、銀色、黒色、古美)	銅	光沢ニッケル	クロム、金、ロジウム、銅古美仕上、金色
カバン止金具、口金、ネックレス、バックルなど装身具・袋物金具	高級化	光沢、模様（ヘアライン等） 色調（クロム、金色、古美）	銅	光沢ニッケル	クロム、金、ロジウム、銅古美仕上、金色
照明器具等のインテリア金物	高級化、精密さ、多様化	光沢、色調（クロム、金色、古美、ホワイトブロンズ、舶来色等）	銅	光沢ニッケル	クロム、金、金色、ニッケル、銅、銀、黄銅、化成処理等
洋食器、ハウスウェア	高級化、衛生的、汚染防止、防錆	光沢、模様（パール加工等）、色調（クロム、銀色、金色）	ニッケル	光沢ニッケル	クロム、銀、金、スズ－ニッケル

＊は商品名

１－２－１　仕上げめっき

仕上げめっきとしては表２－１－２のように色合いで分類できる。クロム色系のめっき皮膜は耐食性が優れており、表面にクリアコーティングをしなくともよいが、銀色系、金色系、黒色系、古美色系などはクリアコーティングして利用されている。一般的なめっきの解説は省略し、最近多く用いられるようになってきた合金めっきについて述べる。

表２－１－２　現在用いられている装飾用仕上げめっきの分類

- クロム色系
  - クロムめっき
  - スズ－コバルト合金めっき（○）
  - スズ－ニッケル合金めっき
- 銀色系
  - 銀めっき
  - 銅－スズ－亜鉛合金めっき（○）
  - ロジウムめっき
- 金色系
  - 金めっき（○）
  - 金合金めっき（○）
  - 黄銅めっき（銅－亜鉛合金めっき）（◎）
  - 代用金めっき（銅－亜鉛－スズ合金めっき）（◎）
- 黒色系
  - 黒色クロムめっき(＊)
  - 黒色ニッケルめっき（◎）
  - スズ－ニッケル－銅合金めっき（○）
  - 黒色スズ－ニッケル合金めっき（○）
  - 無電解黒色ニッケルめっき
  - 黒色ルテニウムめっき
- 古美色系
  - 銀めっき→硫化着色→研磨（◎）
  - 銅めっき→硫化着色→研磨（◎）
  - 黄銅めっき→硫化着色→研磨（◎）

（○）使用環境により､めっき後、クリヤー塗装されるもの
（◎）めっき後、必ずクリヤー塗装されるもの
（＊）めっき後、油塗布

１－２－２　仕上げめっきとしての合金めっき

装飾用合金めっきとしては、古くからシアン化物浴による黄銅めっきが多く用いられている。しかし最近めっきした製品の多様化の要望により、多くの合金めっきが採用されるようになってきた｡中間層のめっきと最終仕上げのめっきを種々組み合わせることにより、かなり外観の異った表面が得られ、製品の多様化を図ることができる。このように従来のクロムめっきと異った色調を有し、耐食性、耐変色性の優れた合金めっきが装飾用として要望されている。

１－２－３　仕上げめっきとしての合金めっきの耐食性

最近、室内で用いる製品で、色彩の多様化の要望から合金めっきが多く用いられるようになってきた｡従来のニッケル→クロムめっきについての耐食性は種々検討されているが、クロムめっきの代わりに合金めっきを用いた系の耐食性については、さほど検討されていない。合金めっきの用途開発で重要なことは、皮膜の耐食性を十分認識することである。

そこで合金めっきを従来のクロムめっきと同様の用い方、すなわち最外層にした場合の耐食性を塩水噴霧試験、キャス試験、人工汗（酸性及びアルカリ性）試験、耐指紋試験な

どにより評価した。各合金めっきでクロメート処理しないものは耐食性が悪かった。浸漬クロメート処理、電解クロメート処理の顕著な差が認められなかったが、わずかに電解クロメート処理する方が優れていた。このことから合金めっきを行う上で重要なことは、浸漬クロメート処理か電解クロメート処理を必ず行うことである。そうすれば従来のクロムめっきに匹敵する耐食性が得られることがわかった。これは通常のクロムめっきはクロム酸浴中で行われるので、浸漬あるいは電解クロメート処理と同等の効果があるため、表面に露出した微小部分の光沢ニッケルめっきを不動態化しているためと考えられる。

なお酸性人工汗試験では、光沢ニッケルめっきの皮膜が侵されて、はくりしたが、合金めっきでは顕著な差はみられない。一方、アルカリ性では光沢ニッケルめっきすず－ニッケル－銅合金めっきでわずかに変色がみられた。耐指紋性はクロムめっき＝すず－ニッケル合金めっき＞すず－コバルト合金めっき＞すず－銅－亜鉛合金めっき＞ニッケルめっき＞すず－ニッケル－銅合金めっきの順序で優れていた。

以上の結果から、室内及び腐食の厳しくない環境では、合金めっきはクロムめっきに十分代替可能である。しかし合金めっきする際には必ず浸漬クロメート処理を、できれば電解クロメート処理することが望ましい。

１－２－４　屋外用部品や厳しい腐食環境での使用に対する合金めっきの耐食性

自動車のバンパーのような外装部品や自転車部品などは、優れた耐食性が要求される。合金めっきを最外層として用いる場合には、電解クロメート処理するのが望ましいことはすでにわかった。そこで鉄素材上に、下地ニッケルめっきの厚さを 10、15、20μmと変え、電解クロメート処理したものと電解クロメート処理後電着塗装したものの耐食性を塩水噴霧試験とキャス試験により評価した。

塩水噴霧試験３サイクルではニッケルめっき厚さが薄い時にはピンホールを通じ素材の鉄が腐食した。しかしいずれもレイティング・ナンバー 9.3 以上であり、ほぼ満足できる耐食性を示したが、キャス試験ではニッケルめっき厚さが薄い場合にはすず－コバルト合金めっき、すず－ニッケル合金めっきなどで腐食がみられた。しかし、下地のニッケルめっきを 20μm以上の厚さにするとほぼクロムめっきに匹敵する耐食性を示した。なお、合金めっき皮膜上に透明の電着塗装を施すとニッケルの膜厚が薄い場合でも十分な耐食性を示した。キャス試験３サイクルでは全く腐食されなかったので、かなりの耐食性を示すと思われる。従ってニッケルめっきのトータル膜厚を 10μm程度とし合金めっきクロメート処理、電着塗装を行うと、屋外のかなり厳しい腐食環境に耐えることができる皮膜が得られる。

自転車業界、自動車業界など屋外で用いる金属部品は高耐食性で多彩な色調が要求されている。合金めっきと電着塗装を組み合わせることで、両者を満足できる製品を得ることができ、今後の展開が期待される。

１－３　中間層のめっき

中間層のめっきと仕上げめっきを組み合わせると外観がかなり違った感じの製品が得られる。例えば光沢ニッケルめっき上にすずーニッケル合金めっきを施した外観と、ビロード状ニッケルめっき上にすずーニッケル合金めっきを施した外観では全く違ったものになる。したがって、現在用いられている中間層のめっきと仕上げめっきを巧みに組み合わせて、新しい感覚の製品が得られる可能性もある。実際に、梨地上に合金めっきされた製品が従来のニッケル→クロムめっきに代わって高級品として製造されて、好調な売れ行きを示している例もある。そこで、光沢ニッケルめっき、半光沢ニッケルめっき以外の外観を示すニッケルめっきについて述べる。

１－３－１　ノーレベリングニッケルめっき

素材にヘアーライン加工したり、梨地加工した製品に通常の光沢ニッケルめっきを施すと、光沢ニッケルめっきのレベリング作用によりヘアーライン、梨地が消えてしまい加工した効果がない。そこで、光沢ニッケルめっきに代わってノーレベリングニッケルめっきが用いられるようになってきた。とくに種々の複雑な加工を行った金型を用いて成形したプラスチックス上へのめっきにはノーレベリングニッケルめっきが多用されている。

１－３－２　ビロード状ニッケルめっき

通常のニッケルめっき浴に 50℃ぐらいで曇点を持つ界面活性剤を添加すると、ニッケルめっきの作業温度で界面活性剤が分解し、めっき液中に分散してめっき皮膜にとりこまれ非常に微細な梨地、すなわちビロード状の外観を持つめっきが得られる。最近光沢面より渋い色調が好まれるようになり、ベロアニッケル、パールニッケルなどの商品名で呼ばれ多く用いられるようになってきた。

１－３－３　複合ニッケルめっき

ニッケルめっき浴中にアルミナ、シリコンカーバイドなどの粒子を懸濁させて、ニッケルめっきを梨地状にするめっき法で、装飾めっきとしてはサチライトニッケルという商品名のめっき法が多く用いられている。懸濁させる非電導性の粒子の大きさによっても、得られる外観が異なるので、適当な大きさの粒子を用いなければならない。蛍光染料をめっき液中に添加して、蛍光を発するめっきの研究も発表されているが、実用化するためには問題点があり、実用化技術の開発が待たれる。耐摩耗性、離型性など機能的な性質を持つめっき皮膜として、今後大いに期待されている。

１－４　めっき皮膜上への塗装

塗装は多彩な色調を出せることから、金属表面上の保護皮膜と装飾の目的で多く使用されている。しかしながら、金属表面に塗装した場合、金属表面独特の金属光沢が得られない。一方めっきすると外層のめっきにより色合いが決められ、多彩な色調は出しにくい。そこで、めっきと電着塗装と組み合わせると金属光沢を持ち、かつ多彩な色調が得られる。

電着塗装はアニオン系、カチオン系があり、めっき皮膜上の電着塗装はめっき皮膜の特長と塗膜の特長を兼ね備えた方法であるため、今後多くなることが予測されている。選択めっき、部分めっきなどへの適用も期待されている。

１－５　まとめ

装飾めっき製品の外観に対するニーズは、近年、さらに多様化してきた。市場や消費者の要求に応じた色調、表面状態の合金めっきを開発、実用化することが必要である。

さらにこれからは、下地めっき、合金めっき、そして塗装技術を巧みに組み合わせ、様々な表面処理プロセスを展開し、多品種の製品への対応が要望されるようになると思われる。

第２章　防食めっき

２－１　防食めっきの最近の傾向

鉄鋼材料は安価で、優れた特性を有しているので、多くの製品に用いられているが、最大の欠点は錆やすいことである。腐食損失調査結果では、腐食のみによる損失は不明であるが、対策費を含めた腐食損失はＧＮＰの２～４％に相当するといわれている。

防食用のめっきとしては亜鉛めっきが一般に用いられている。亜鉛めっきは鉄素材に対して、自己犠牲作用が働き、亜鉛自らが溶解し、鉄の腐食を抑制する。しかし、亜鉛めっきの表面には比較的短時間で白錆が発生する。このため防止策として、亜鉛めっき後に各種のクロメート処理が行われている。めっきの用途として防食用めっきである亜鉛めっきの割合はきわめて大きい。６年前の若干古い資料であるが、全鍍連調べで亜鉛めっき液量は全めっき液量の約４割、 2,000 トンであり、最も多い。ついで工業用あるいは装飾用のクロムめっき、銅、ニッケルめっきの順になっている。銅、ニッケルめっきはおもに装飾用であり、最近、最も業界を賑わしてきた電子部品関連のめっきはその一部に過ぎない。防食用めっきの重要性が分かる。

自動車用には、より耐食性の優れた亜鉛系の合金めっきが用いられているが、第３章で詳述しているので、参照されたい。なお、最近の傾向であるが、亜鉛系合金めっきが加工費が高価なために、亜鉛めっきの緑色クロメート処理が見直されはじめている。

２－２　各種亜鉛めっきの特徴と選択の目安

亜鉛めっきとしては、アルカリ浴にはシアン化物俗、ジンケート浴があり、酸性浴には塩化物浴、硫酸浴がある。このうち硫酸浴は鉄鋼メーカーの連続めっきラインで用いられているが、一般のめっき工場ではあまり用いられていない。表２－２－１に現在使用されている亜鉛めっきの性能を比較した。それぞれ一長一短があり、製品にあわせて使い分けられている。なお、それぞれのめっき浴の代表的な浴組成を表２－２－２に示す。

表２－２－１　各種亜鉛めっき浴の特性

めっき種類	亜　鉛　め　っ　き		
特　性	シアン化物浴	ジンケート浴	酸　性　浴
硬　さ　（　Ｈ　ｖ　）	60～80	90～120	70～90
均　一　電　着　性	◎	◎	◎
低　水　素　脆　性	×	×	◎
鋳 物 へ の め っ き	×	×	◎
プレス物へのめっき	◎	◎	◎
ビス､ボルトへのめっき	◎	◎	◎
クロメートの密着性	◎	◎	○

◎：良好　　○：普通　　×：悪い

表２－２－２　各種亜鉛めっき浴の浴組成

シアン化亜鉛浴組成

	低濃度浴	中濃度浴	高濃度浴
金属亜鉛 シアン化ナトリウム 全水酸化ナトリウム 添加剤	10g/l 12g/l 70g/l 適量	20g/l 45/l 70g/l 適量	30g/l 80g/l 70g/l 適量
Ｍ　　比	1.2	2.3	2.7

塩化亜鉛めっき浴組成

	アンモニウム浴	併用浴
塩化亜鉛 塩化アンモニウム 塩化カリウム 添加剤	40g/l 200g/l － 適量	40g/l 120/l 80g/l 適量
ｐＨ	5.0～6.2	5.0～6.2

ジンケート亜鉛浴組成

金属亜鉛 水酸化ナトリウム 添加剤	8g/l（6～13g/l） 100g/l（80～150g/l） 適量

シアン化亜鉛浴は他の浴に比べて素材との密着性が優れている、皮膜中の炭素量が他の浴に比べて１／５～１／10 と少なく柔軟性が良い、ウイスカーがでにくいなどの理由で幅広く使用される。しかし、シアン化物を使用するので、排水処理に注意が必要である。

ジンケート浴は排水処理が容易で、被覆力が優れ、均一電着性が優れている。また、建浴費およびランニングコストが低い。一方、めっき皮膜の柔軟性は他の浴に比べて劣る。

塩化亜鉛浴は鋳物や高炭素鋼にめっきができ、電流効率がよく、水素脆化を受けにくいという利点があるが、均一電着性が悪い、めっき装置を腐食させやすいなどの欠点がある。したがって、これらの特性を考慮して、めっき浴を選択しなければならない。

２－３　クロメート処理

亜鉛めっきは単独で使用されることはほとんどなく、必ずクロメート処理をする。クロメート処理をすることにより、耐食性を付与しているといえる。クロメート処理には、光沢クロメート、有色クロメート、黒色クロメート、緑色クロメートの４種類があり、それぞれの外観と耐食性により、クロメート処理の種類が選択されている。クロメート処理液の組成と処理条件を表２－２－３に示す。

表２－２－３　クロメート処理液の組成と処理条件

成　　分	光沢クロメート	有色クロメート	黒色クロメート	緑色クロメート
無水クロム酸	0.1～2g/l	4～10g/l	10～40g/l	10～30g/l
硫　　酸	0.3～5g/l	0.5～5g/l	2～30g/l	1～10g/l
硝　　酸	0.5～10g/l	1～5g/l	－	0～10g/l
リ　ン　酸	0～2g/l	－	0～20g/l	0～30g/l
フッ化水素酸	0～2g/l	－	－	－
酢　　酸	－	－	0～100g/l	0～70g/l
銀	－	－	0.2～0.4g/l	－
浴　　温	室温	室温	室温	室温
浸　漬　時　間	10～30 秒	10～30 秒	30～120 秒	30～120 秒

２－３－１　光沢クロメート処理

光沢クロメート皮膜は皮膜中に６価のクロムがほとんどなく、３価のクロムの皮膜であるため耐食性はあまり良くない。クロムめっきの外観に似ていることから、ユニクロム処理と呼ばれ、外観を重視する用途に用いられるが、クロムめっきと基本的に異なるため、耐食性の欠如によるトラブルが多い。フッ化物を含有する光沢クロメート処理液は研磨作用が強く、青みを帯びた光沢外観が得られる。市販されている光沢クロメート処理には青色染料が含まれているものもある。

２－３－２　有色クロメート処理

有色クロメート処理は耐食性を向上させる目的で古くから行われている処理法である。皮膜の色調は亜鉛めっきのクロメート処理液への浸漬時間が長くなり、クロメート皮膜の厚さが厚くなるほど青→黄→紫→赤→赤緑→緑褐→茶褐色へと変化する。これらの色調はクロム酸濃度、ｐＨ、処理温度、攪拌、乾燥温度にも影響される。

２－３－３　黒色クロメート処理

黒色クロメート皮膜は独特の黒色の外観を有し、比較的耐食性も優れている。黒色クロ

メート処理液は銀塩を含み、液中ではクロム酸銀として溶解しているが、亜鉛との反応でクロメート皮膜中に黒色の酸化銀が共析することにより、黒色を呈する。黒色クロメート処理には耐食性の優れたりん酸タイプと漆黒調の外観の酢酸タイプとがある。

黒色クロメート皮膜は乾燥後にしみが生じやすいので、無水クロム酸１g/L の液に浸漬した後に乾燥すると良い。

２－３－４　緑色クロメート処理

緑色クロメート処理は最も耐食性の優れたクロメート処理であり、自動車工業を中心に高耐食性が要求される製品に対して用いられるようになってきた。この優れた耐食性はクロメート皮膜中に含まれる６価のクロムの量が最も多いことと亜鉛素地近くにりん酸根を多く含む密着性の良い層があり、厚く緻密な層を形成し、クラックが亜鉛めっきまで達しないことに起因する。

２－４　クロメート皮膜の性質と耐食性

クロメート皮膜の組成や構造については明確にされていないが、次のような反応によって水酸化クロムが亜鉛表面に生成する。

$Zn + 2H^{+} \rightarrow Zn^{2+} + H_2$　①亜鉛の溶解

$Cr_2O_7 + 4H_2 \rightarrow 2Cr(OH)_3 + H_2O$　②還元反応

$2Cr(OH)_3 + CrO_4^{2-} + 2H^{+} \rightarrow Cr(OH)_3 + Cr(OH)\cdot CrO_4\cdot H_2O$　③化成反応

クロメート処理された直後の皮膜は、多量の水分を含む柔らかいゼリー状である。このため、剥離したり、傷を生じやすい。この皮膜を適当な温度で乾燥させると固いはっ水性の皮膜となる。

クロメート皮膜は数分の１μmの薄さで優れた耐食性を示す。皮膜に傷がつき、亜鉛めっきが露出した場合、皮膜中の可溶性の６価のクロムが亜鉛と反応して、再びクロメート皮膜が生成されることによって、白錆を防止できる。これは自己修復作用と呼ばれている。したがって、クロメート皮膜の耐食性は皮膜が厚く、６価のクロムが含まれている量が多いほど優れている。表２－２－４に各種のクロメート皮膜の耐食性を比較した。緑色クロメート処理、黒色クロメート処理、有色クロメート処理のように皮膜中に６価のクロムが多量に含まれている皮膜ほど耐食性が良い。

表２－２－４　各種クロメート皮膜の耐食性比較の一例（実用品）

種　　類	白錆発生までの時間	赤錆発生までの時間
装飾光沢クロメート	２４時間	２４０時間
有色クロメート	９６時間	６００時間
黒色クロメート（酢酸系）	２４時間	２４０時間
黒色クロメート（リン酸系）	９６時間	６００時間
緑色クロメート	２４０時間	１０００時間

（平均亜鉛めっき膜厚８ミクロン）

クロメート皮膜の耐食性は乾燥温度によっても大きく影響される。高温乾燥した皮膜は６価のクロムが不溶性となり、自己修復性が消失する。また、クロメート皮膜にクラックが入り耐食性が極端に低下する。表２－２－５に 60℃と 150℃で乾燥させた場合の耐食性の比較を示す。乾燥温度が高いとあきらかに耐食性が低下することが分かる。

表２－２－５　クロメート皮膜の乾燥温度の耐食性（テストピース）

乾燥温度（℃） クロメート種類	６０	１５０
光沢クロメート	４８時間	２４時間
有色クロメート	１４４時間	２４時間
黒色クロメート	１９２時間	１８時間
緑色クロメート	３６０時間	１８時間

試験方法：塩水噴霧試験（JIS Z 2371）　※白錆発生までの時間

表２－２－６　各種のクロメート皮膜中の６価クロム含有量

	皮膜の色	皮膜全Ｃｒ（μg/cm^2）	皮膜中Ｃｒ$^{6+}$（μg/cm^2）
緑色・黒色クロメート	暗緑黒色	75 以上（推定）	25 以上（推定）
有色クロメート 10mL/L、20℃ 乾燥：60℃	暗赤橙	26	9.9
	緑	23	7.8
	赤	18	6.1
	赤紫	16	4.1
	紅	16	－
	黄紅	15	－
	淡黄	13	－

２－５　6価のクロムを用いないクロメート処理

クロメート皮膜中には6価クロムが含まれており、この6価クロムが優れた耐食性をもたらす役割を果たしている。すなわち、傷等によりクロメート皮膜が壊された場合でも、6価クロムによりクロメート皮膜が修復されるからである。したがって、クロメート皮膜中に6価クロムが多く含まれているほど、耐食性が優れている（表２－２－４、表２－２－６）。この有用な6価クロムであるが、人体に長期間6価クロムが触れているとアレルギーや潰瘍を起こすといわれ、ひどい場合には発癌性の疑いがあるといわれている。このことから、ヨーロッパ、アメリカなどの自動車メーカが6価クロムによるクロメート処理を規制しはじめた。スウェデンのボルボ社は1992年にいち早く6価クロムの規制を行っている。その規制の内容はめっきした部品を人口汗（塩化ナトリウム　5g/L、　尿素　1g/L、　乳酸　1g/Lアンモニア水でpHを6.4～6.6に調整）溶液に20分間浸漬して，1㎠あたり0.3μg6価クロムが溶出してはならないというものである。ドイツのGMは2000年までに6 価クロムを用いたクロメートを全廃したいそうである．その他、イタリアのフィアット社、ドイツのオペル社なども規制策を発表しており、環境問題のたかまりから、日本の自動車メーカも何らかの対策を迫られている。

６価クロムを用いないクロメート処理については，３価クロムによるクロメート処理、有機皮膜によるコーティング、モリブデン－リン酸塩処理など多くの方法が提案されているが、６価クロムによるクロメート処理に比べて、①耐食性が悪い②価格が高い③操作性がよくないなどの理由で、国内ではほとんど用いられていない。安価で、耐食性の優れた６価クロムを含まないクロメート処理剤の開発が待たれる。

２－６　まとめ

防食めっきはめっきの基本であり，なくなることはない。しかし，これから安定した需要を確保するためには，品質を向上させること，めっき発注者のニーズに応えられることが重要となる。自社の工程をもう一度この機会に検討されることを勧めたい。

下記の文献を参照及び引用させていただきました（第１章及び第２章）。

【参考文献】

1）榎本英彦：表面技術，**40**，508（1989）

2）堀　龍蔵：金属表面技術協会第７０回講演大会(1984)

3）三城紅人：「デザイナーから見た電気めっきについて」電気鍍金研究会講演資料(1983)

4）全国鍍金工業組合連合会編「電気めっきガイド　８８版」，（1988）

5）榎本英彦：実務表面技術，**30**，№４，132(1983)

6）榎本英彦：新しいめっき技術講習会テキストｐ.22 大阪工研協会(1982)

7）藤原　裕，榎本英彦：金属表面技術，**35**，77（1984）

8）榎本英彦，石川正巳，藤原　裕，伊崎昌伸：昭和 59 年度活路開拓調査事業報告書，全国鍍金工業組合連合会(1985)

9）尾崎治一，吉村昭三，榎本英彦：電気鍍金研究会講演資料　12 月例会(1987)

10）篠原長政：めっき技術講座，日刊工業新聞社ビデオテキスト（1990）

11）青江徹博：表面技術，**49**，221（1998）

第３章　合金めっき

３－１　はじめに

めっきのニーズが多様化、高機能化し単一金属のめっきでは対応できなくなり、多くの合金めっきが用いられるようになってきた。装飾めっきの分野では、家電製品、自動車内装部品などにＳｎ－Ｃｏ合金めっき、Ｓｎ－Ｎｉ合金めっき、Ｓｎ－Ｎｉ－Ｃｕ合金めっきなどの合金めっきが多く用いられている。防食めっきの分野では、自動車用表面処理鋼板が従来の亜鉛めっきからＺｎ－Ｎｉ合金めっき、Ｚｎ－Ｆｅ合金めっきに代わってきており、また、自動車のエンジンルームの部品などにも合金めっきが適用されている。さらに、機能的な分野は、合金めっきの最も期待されている分野であり、とくに、エレクトロニクス関連のめっきには多くの合金めっきが採用されている。そこで、現在用いられている合金めっきを中心に合金めっきの基本的な考え方と応用例について紹介したい。

３－２　合金めっきの特徴

(1) 単一金属では得られない色調が得られるので多様化に対応しやすい。

Ｓｎ－Ｎｉ合金めっき	わずかにローズピンクがかる
Ｓｎ－Ｃｏ合金めっき	クロムめっきより少し白っぽい外観
Ｓｎ－Ｎｉ－Ｃｕ合金めっき	少し黒色がかった光沢のある外観
Ｓｎ－Ｃｕ－Ｚｎ合金めっき	アルミ色に似た白っぽい外観

(2) 単一金属では得られない性質を持つめっきが得られるため、要望される機能、特性を満足できる場合がある。

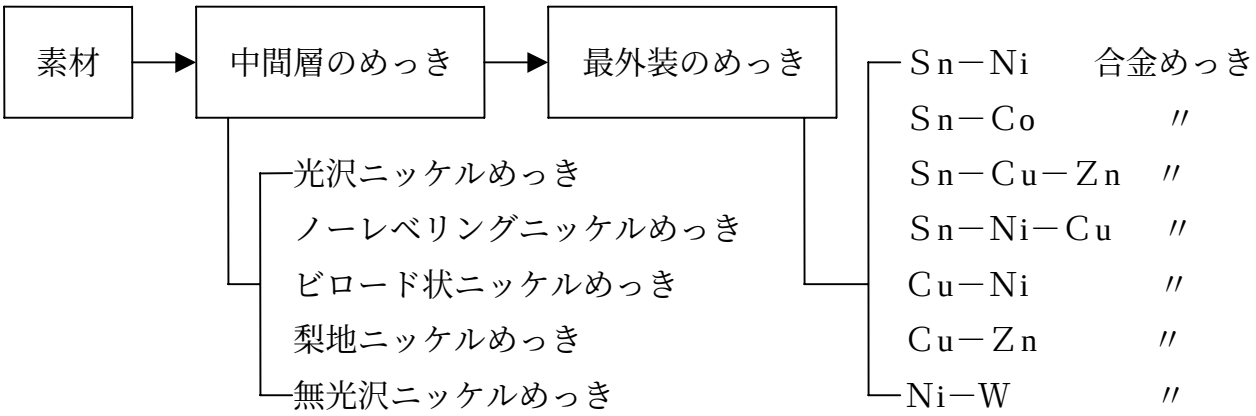
硬さが高い	Ｎｉ－Ｐ、Ｎｉ－Ｃｏ
耐食性が優れている	Ｓｎ－Ｎｉ、Ｎｉ－Ｐ、Ｎｉ－Ｚｎ、Ｚｎ－Ｆｅ、Ｓｎ－Ｚｎ
潤滑性が優れている	Ｃｕ－Ｐｂ、Ｓｎ－Ｐｂ
接着性が優れている	Ｃｕ－Ｚｎ
磁性合金	Ｎｉ－Ｐ、Ｎｉ－Ｃｏ－Ｐ
はんだ付け性がよい	Ｓｎ－Ｐｂ、Ｓｎ－Ｎｉ
耐摩耗性	Ｎｉ－Ｍｏ
耐熱性	Ｎｉ－Ｗ

このような優れた特性を持つ反面、合金めっきは単一金属のめっきに比べて、浴中の金属イオン濃度、配位子濃度、添加剤濃度、還元速度、還元速度を支配する過電圧、ｐＨ、浴温度、攪拌の有無とその速度、電極表面の性質などに左右されやすい。したがって単一金属のめっきに比べて浴管理、作業条件の管理などが重要である。

３－３　合金めっきの装飾的用途

装飾用合金めっきとしては、古くからシアン化物浴による黄銅めっきが多く用いられている。しかし最近めっきした製品の多様化の要望により、多くの合金めっきが採用されるようになって
きた。表２－３－１のように、中間層のめっきと最終仕上げのめっきを種々組み合わせることにより、かなり外観の異った表面が得られ、製品の多様化を図ることができる。このように従来のクロムめっきと異った色調を有し、耐食性、耐変色性の優れた合金めっきが装飾用として要望されている。そこで現在応用されている装飾用合金めっきについて簡単に紹介する。

表２－３－１　種々の組み合わせによるめっき製品の多様化



①自転車部品

アルミニウム上のSn－Ni 合金めっき

②電気製品、自動車内装品

Sn－Co 合金めっき、Sn－Ni－Cu 合金めっき

③照明器具、建築金物

Cu－Zn 合金めっき、Zn－Ni 合金めっき

④文房具

Sn－Co 合金めっき、Sn－Ni－Cu 合金めっき

⑤メガネ

Sn－Ni 合金めっき、Ni－Pd 合金めっき、Sn－Ni－Cu 合金めっき

⑥装飾用ボルト、ナット

Sn－Co 合金めっき

⑦金めっき下地

Sn－Cu 合金めっき

装飾用の合金めっきは多様化の要望から、新しい色調の合金めっきの開発が要望されており、電着塗装と組み合わせることにより、多彩な外観を得る方法が増加するものと推定できる。

３－４　合金めっきの防食的用途

防食用の合金めっきはＳｎ－Ｚｎ合金めっき、Ｚｎ－Ｆｅ合金めっき、Ｚｎ－Ｎｉ合金めっきであり、自動車のいわゆる防錆基準である10－５－２－１（孔あき錆なし10年、表面錆なし５年、エンジンルーム内錆なし２年、床裏錆なし１年）をクリアするために用いられている。したがって、これらの合金めっきは自動車関連の部品を中心に用いられている。表２－３－２にこれらの合金めっきの特性を比較した。

表２－３－２　防食用合金めっきの特性の比較

合金めっき	組　成	価　格	長　　所	短　　所
Ｓｎ－Ｚｎ	Ｓｎ　70%	４．０	・皮膜がやわらかい ・二次加工性がよい ・はんだ付け性がよい	・屋外での耐食性が悪い
Ｚｎ－Ｎｉ	Ｎｉ　6～8%	１．６	・皮膜の耐食性がよい ・加熱による耐食性の低下が少ない	・亜硫酸ガスにより腐食しやすい
Ｚｎ－Ｆｅ	Ｆｅ　0.8%	１．２	・銀塩なしで黒クロメート処理できる ・亜硫酸ガスによる耐食性が優れている	・加熱により耐食性が急激に低下する

①エンジンルーム内の熱のかかる部品

　　Ｚｎ－Ｎｉ合金めっき

②曲げ加工、かしめなど二次加工する部品

　　Ｓｎ－Ｚｎ合金めっき

③はんだ付け、ろう付けする部品

　　Ｓｎ－Ｚｎ合金めっき

④締め具（ボルト、ナット、ワッシャー）

　　Ｚｎ－Ｆｅ合金めっき

⑤ガソリンタンク、管内部など均一電着性の必要な製品

　　Ｓｎ－Ｚｎ合金めっき

自動車の耐食性を改善するために種々の合金めっきが用いられているが、使用する自動車メーカーの話では、「価格の割合に応じた耐食性を示さない」とのことである。厳しい経済情勢の下で、これらの合金めっきを発展させるためには、合金めっきの加工価格の引き下げも必要となる。これからの防食用合金めっきは部品別、用途別にこれらの合金めっきが用いられるようになるものと思われる。

３－５　合金めっきの機能的用途

電気めっきの用途は従来は装飾用、防食用が主であった。しかし最近はめっき皮膜の持つ性能を利用した機能的用途が中心になってきた。特に工業材料の要求性能が厳しくなり、単一なめっきだけでは対応できない場合が多い。そこでそれぞれの特性をもつ合金めっきが使用されるようになってきた。

合金めっきが機能めっきとして、期待される点は、

①高融点金属と低融点金属の合金が容易に作れること（Sn-Ni 合金めっき）

②溶融法では混ざり合わない合金ができること（Cu-Pb 合金めっき）

③平衡状態図に存在しない金属間化合物を作れること（Sn-Ni 合金めっき）

④溶製合金に比べて、硬さが高く、耐摩耗性が優れていること

(Ni-P,Ni-Co,Fe-C 合金めっき)

⑤非晶質合金が作れること（Ni-P,Cr-C 合金めっき）

などがある。まだ、合金めっきの機能的な用途は限られているが、すでに開発されている合金めっきやこれから開発される合金めっき皮膜の特性を測定することにより、より広い分野での使用が期待されている。

①はんだ付け性の必要な電子部品（リードフレーム、チップ抵抗、プリント基板）

Ｓｎ－Ｐｂ合金めっき、Ｓｎ－Ｎｉ合金めっき

②接点特性の優れた金めっきの下地めっき

Ｓｎ－Ｎｉ合金めっき、Ｎｉ－Ｐｄ合金めっき

③検針器にかからないめっき

Ｓｎ－Ｎｉ合金めっき、Ｎｉ－Ｐ合金めっき

④ガラス用金型

Ｎｉ－Ｗ合金めっき

⑤連続鋳造用モールド

Ｎｉ－Ｐ合金めっき、Ｎｉ－Ｆｅ合金めっき

⑥電鋳金型

Ｎｉ－Ｃｏ合金めっき

⑦常温硬化皮膜

Ｆｅ－Ｃ合金めっき

⑧耐熱酸化皮膜

Ｎｉ－Ａｌ合金めっき

単一金属では対応できなくなってきた種々の機能に対し、合金めっきが用いられ始めた。金属材料は単一な金属ではほとんど用いられていないことからも、合金めっきがますます用いられるようになるものと推定できる。

３－６　合金めっきに及ぼす種々の因子

３－６－１　析出電位

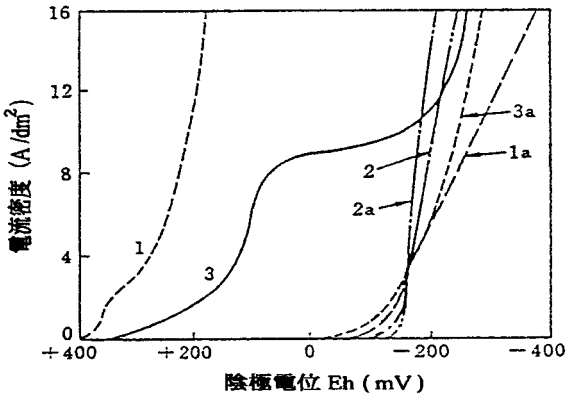
表２－３－３　各種金属の標準電極電位

電　極	E（V）	電　極	E（V）	電　極	E（V）
Au/Au^{+}	+1.7	Sn/Sn^{4+}	+0.005	Fe/Fe^{2+}	-0.44
Au/Au^{3+}	+1.42	$H_2/2H^{+}$	+0.00	Cr/Cr^{3+}	-0.71
O_2/H_2O	+1.23	Fe/Fe^{3+}	-0.036	Zn/Zn^{2+}	-0.763
Pt/Pt^{2+}	+1.2	Pb/Pb^{2+}	-0.126	Al/Al^{3+}	-1.66
Pd/Pd^{2+}	+0.83	Sn/Sn^{2+}	-0.140	Ti/Ti^{2+}	-1.75
Pb/Pb^{4+}	+0.80	Ni/Ni^{2+}	-0.23	Na/Na^{+}	-2.71
Ag/Ag^{+}	+0.799	In/In^{+}	-0.25	Ba/Ba^{2+}	-2.90
Rh/Rh^{2+}	+0.6	Co/Co^{2+}	-0.27	K/K^{+}	-2.925
Cu/Cu^{+}	+0.52	In/In^{3+}	-0.34	Li/Li^{+}	-3.045
Cu/Cu^{2+}	+0.34	Cd/Cd^{2+}	-0.402		

各種金属の酸化還元電位を表２－３－３に示す。ニッケルとコバルトあるいはスズと鉛のように比較的電位の近接した金属は、酸性浴からでも共析するが、銅と亜鉛のように電位の離れているような金属の場合は、両者は合金めっきとして得られない。電位は濃度、温度などにも影響されるが、１価イオン濃度が 10 倍変化しても平衡電位を 0.058Ｖだけ変化させるが、2 価イオンの場合には 0.029Ｖの変化をもたらすだけである。銅と亜鉛のような標準電位が著しく異なる金属の場合には、濃度差だけでは電位を近接させることは難しい。そこで、析出電位を調節するために、錯化合物が用いられる。その代表的なものがシアン化合物であり、Cu－Zn の合金めっきにも、シアン化合物からめっきされているゆえんである。合金めっきの金属錯化剤として、古くからシアン化物が最も多く用いられているが、排水処理の問題から低公害浴が望まれ、著者の研究室ではピロリン酸浴を中心に合金めっきの研究を行っている。その他の錯化剤としては酒石酸、クエン酸、リンゴ酸、グルコン酸などのヒドロキシ有機酸、エチレンジアミン、エタノールアミンなどのアミン類、ＥＤＴＡ、ＮＴＡなどのキレート剤、アンモニア、スズ酸イオンなどが用いられる。

また、単純塩溶液に有機添加剤を加えることにより、合金めっきが得られる場合がある。これは有機添加剤の分極作用により、電気化学的に貴な金属の共析電位を卑にし、しかも卑な金属の析出電位をほとんど変えないような添加剤が選択されている。図２－３－１に Cu－Pb 合金めっきにおけるチオ尿素の影響を示した。銅の析出電位は、鉛のそれよりも約 0.4Ｖ貴である。混合溶液において銅の析出電位を超えない限り、銅しか析出しない。

しかし電解液に１g/Ｌのチオ尿素を添加すると、銅の電位曲線は約0.45Ｖ卑な電位に変化するが、鉛の電位は変化せずに一定である。チオ尿素を含んだ溶液から鉛はより低い電流密度で銅と共析する。



1) 60g/lCu. 1a) 1)+1g/lチオ尿素
2) 185g/lPb. 2a) 2)+1g/lチオ尿素
3) 60g/lCu+185g/lPb. 3a) 3)+1g/lチオ尿素

注)1a),2a),3a)は1),2),3)の液体に1g/lﾁｵ尿素を添加したもの

図２－３－１　銅－鉛合金めっき浴におけるチオ尿素添加の影響

ここではスズ－ニッケル合金めっきあるいはニッケル－鉄合金めっきなどを例として、各因子の析出皮膜への影響について述べる。

３－６－２　浴中の金属濃度の影響

Ｂrenner が合金めっきを正常共析、異常共析、誘導共析などに分類した。この分類に応じて浴管理をするのが望ましい。

(1) 正常共析系の合金めっき

電気化学的に貴な金属が優先的に析出する系の、合金めっきである。図２－３－２に示したようにノーシアン浴中の貴な金属イオンである銅がわずかに増加しても、皮膜中の銅含有量が大きく増加する。図２－３－３に、スズ－ニッケル合金めっきの浴中の金属イオン濃度と合金組成の関係を示した。スズ－ニッケル合金めっきの場合、原子比で１：１の組成のところで平坦な部分があり、浴中のイオン濃度が多少変動しても合金組成はほぼ１：１（原子比で）の合金が得られる。両者とも浴中の電気化学的に貴な金属イオンが増加すると、皮膜中の貴な金属イオンが富むようになる。しかし、増加のしかたは合金めっきにより変わり、一様でない。貴な金属は優先的に共析するため、浴中での変動も大きい。そこで貴な金属イオンの濃度を、より十分に管理すればよいことになる。ほとんどの合金めっきはこの系に属する。

(2) 異常共析系の合金めっき

電気化学的に卑な金属イオンが優先的に共析する系の、合金めっきである。図２－３－４に、ニッケル－鉄合金めっき浴中の鉄イオン濃度と、皮膜中の鉄含有量の関係を示した。

浴中に大過剰のニッケルイオンがあるにもかかわらず、電気化学的に卑な金属である微量の鉄が優先的に析出する。したがってこの系の場合、優先的に析出する鉄イオンを管理すれば、皮膜組成を制御できることになる。ニッケル－亜鉛、ニッケル－コバルト、亜鉛－鉄などが、この系に属する合金めっきである。

(3) 誘導共析系の合金めっき

水溶液から単独ではめっきできないモリブデン、タングステン、りんなどが、鉄属の金属(ニッケル、鉄、コバルト）と共に共析する。このような系の合金めっきを、誘導共析型合金めっきと分類している。浴中のモリブデンやタングステン濃度がたとえ 100%になったとしても、皮膜中のこれらの金属の含有量は 100%にはなり得ない。それぞれの系によって含有量も異なるが、浴中のこれらの金属イオン濃度変化により皮膜組成が変わるため、これらの金属イオン濃度に重点をおいて管理しなければならない。図２－３－５に代表的な誘導共析の合金めっきである、ニッケル－タングステンの浴組成と皮膜組成の関係を示した。

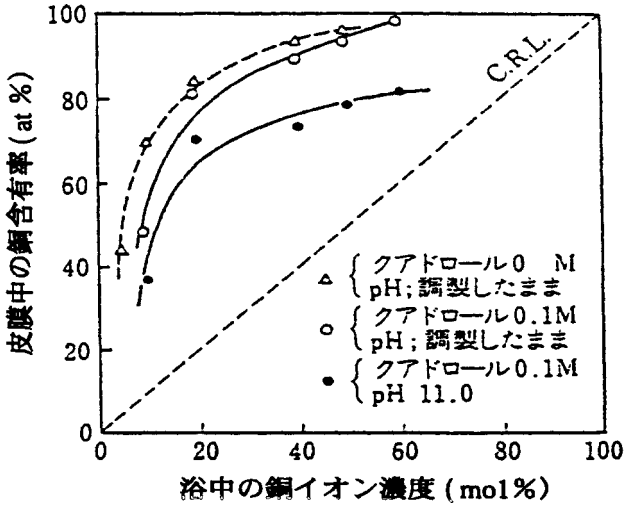


図２－３－２　ノーシアン銅－亜鉛合金めっきにおける浴中の銅イオン濃度の影響

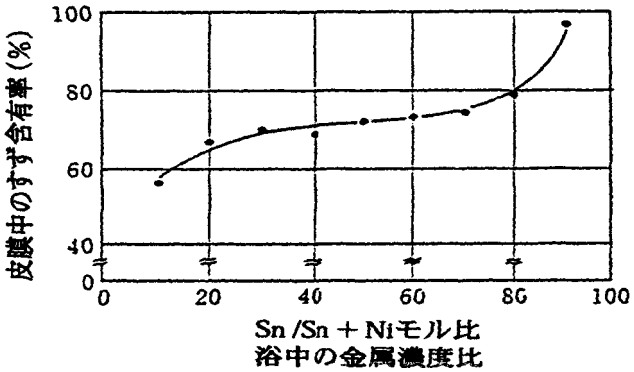


図２－３－３　すず－ニッケル合金めっきのすず含有率に及ぼす浴中の金属濃度比の影響

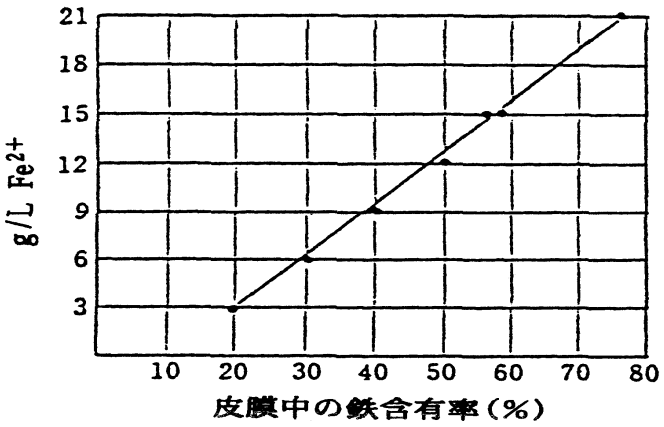


図２－３－４　ニッケル溶液中への Fe^{2+} イオン添加による皮膜中鉄含有率の変化
（Ｎｉ $^{2+}$40ｇ／Ｌ）

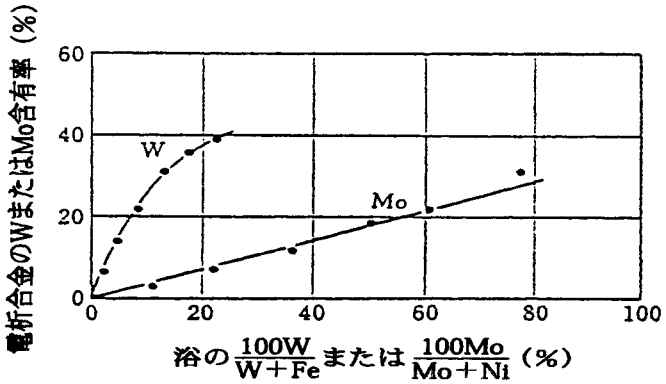


図２－３－５　ﾆｯｹﾙ-ﾀﾝｸﾞｽﾃﾝ及びﾆｯｹﾙ-ﾓﾘﾌﾞﾃﾞﾝ合金めっきの浴組成と皮膜組成

３-６-３　浴中の錯化剤濃度の影響

合金めっきにおける錯化剤は、合金成分の共析電位を近接させるために必要である。錯化剤濃度により合金組成に影響を及ぼすことは容易に推測できる。一般に、浴中の錯化剤濃度が高くなればなるほど、金属イオンの共析電位はより卑な値に変わる。

例えば、シアン化物からの銅－亜鉛合金めっき浴中で、シアン化物錯イオンＭ（ＣＮ)$_m$ と単純金属Ｍと遊離ＣＮとの間に

$$M(CN)_m \rightarrow M^+ + mCN^-$$

の平衡が成立している。したがって、シアン化物の濃度が増えると M^+ の濃度が減少するので、金属の析出電位は卑に移行し、合金組成に変化が生じる。例えば銅－亜鉛合金めっき浴中で、遊離のシアン濃度が増加すると皮膜中の銅含有量が減少する。すなわち銅の電位が卑に移行し、析出しにくくなる。

図２－３－６に、フッ化物浴からのスズ－ニッケル合金めっき浴中の錯化剤濃度と、皮膜組成の関係を示した。図２－３－７には、ピロリン酸浴中での錯化剤であるピロリン酸

イオンと、グリシンの濃度変化による合金組成の変化を示した。フッ化物浴ではスズと錯塩になることにより、析出電位を卑に移行し合金めっきを可能にしている。したがって、フッ化物濃度が増すとスズの電位を卑に移行させるため、合金めっき皮膜中のスズ含有量が低下する。一方、ピロリン酸浴ではピロリン酸濃度によって、スズ含量はほとんど変化しない。グリシン濃度が増加することにより皮膜中のニッケル含量が一定となり、ほぼ2倍モル以上ではあまり変化がみられない。これは、浴中でニッケルに対し、次式のようなピロリン酸イオンとグリシンイオンが配位した混合錯塩ができることにより、この合金めっきができることとよく一致する。

$$Ni(P_2O_7)^{2-} + gly^- \rightarrow Ni(P_2O_7)(gly)^{3-}$$

この例からも同じ系の合金めっきであっても、錯化剤がどのような金属に、どのような形で影響を及ぼしているかによって異なるので、どのような機構で析出しているかを知ることが重要である。

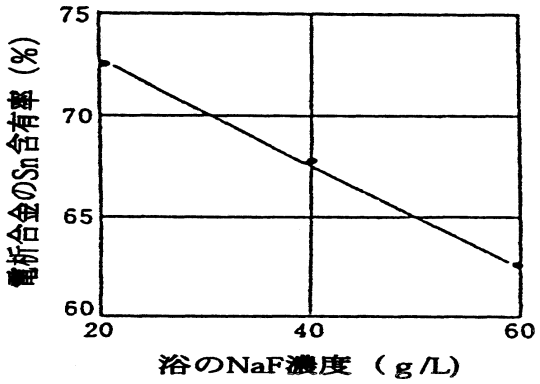


図２－３－６　すず－ﾆｯｹﾙ合金めっきの皮膜組成に及ぼす錯化剤濃度の影響（フッ化物浴）

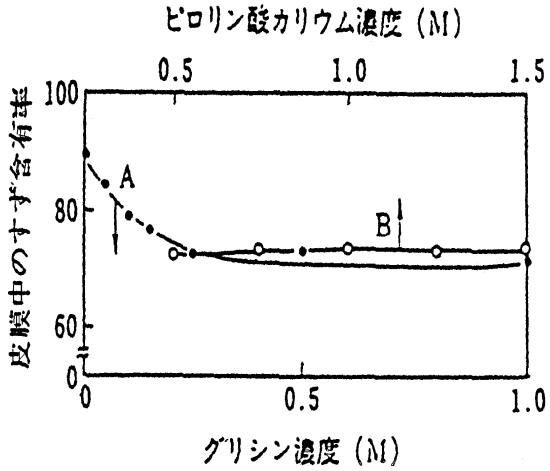


図２－３－７　すず－ﾆｯｹﾙ合金めっきの皮膜組成に及ぼす錯化剤濃度の影響（ピロリン酸浴）

３－６－４　浴のｐＨの影響

合金めっき浴は単純塩溶液よりもｐＨに影響されやすい。これは合金めっき浴は錯塩浴が多く、浴中に含まれる錯イオンの安定度が、ｐＨによって影響されるからである。図２-３-８に、ピロリン酸浴からのスズ-ニッケル合金めっきにおけるｐＨの影響を示した。ｐＨ７より低いところでは、錯化剤であるグリシンがニッケルに配位しなくなり、合金めっき中のニッケルが少なくなる。一方、ｐH9.0 以上では、ニッケルはより安定なＮｉ$(gly)_3$錯体になり、この錯体は安定なため合金めっき中のニッケルが減少する。すなわち、Ｎｉ(P_2O_7)(gly)錯体が最も形成されやすいpH領域で、良好な合金めっきが得られることになる。ニッケル－鉄合金めっきの皮膜組成に及ぼすｐＨの影響を図２-３-９に示した。浴のｐＨ

が上昇するにしたがい鉄含量が増加する。ニッケル－鉄合金めっきではｐＨが低いと水素の発生が激しくなり、電流効率は低下する。一方ｐＨが低いと水素の発生が激しくなり、電流効率は低下する。一方、ｐＨが高いと鉄（Ⅱ）イオンから鉄（Ⅲ）イオンへの参加が速く起こりと、めっき皮膜中の水酸化物量が増す。ニッケル－鉄合金めっきのような単純な浴でも、ｐＨの影響は大きい。合金めっきの系によってｐＨの影響がかなり異なる。

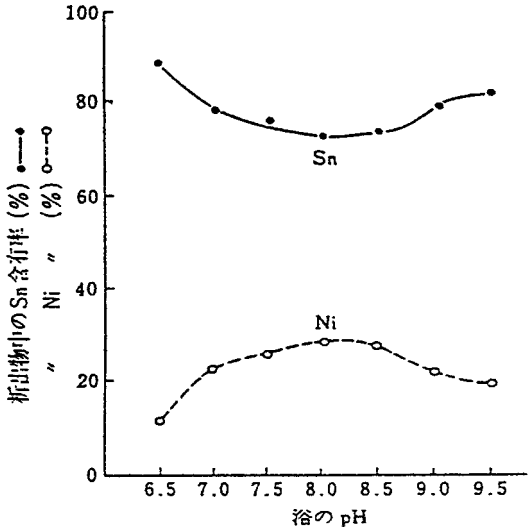


図２－３－８　すず－ニッケル合金めっきの皮膜組成に及ぼす pH の影響

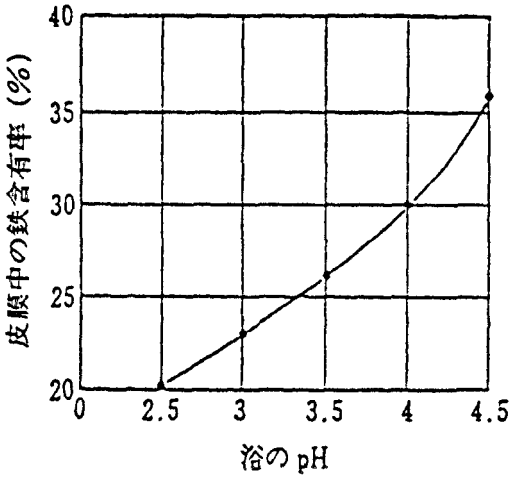


図２－３－９　ニッケル合金めっきの皮膜組成に及ぼす pH の影響

３－６－５　電流密度の影響

一般に、電流密度が高くなれば、合金めっき組成は卑な金属に富むようになる。この傾向をＢrenner は、陰極電位と拡散支配の点から、理論的に考えた。電流密度を増加させると、陰極電位はより卑な電位に移行するから、合金めっきはほぼ卑な金属の電流－電位曲線で表される条件で行われるようになり、合金めっき中の卑な金属の含量を増加させる。

また、拡散理論によれば、貴な金属の析出速度が卑な金属の析出速度より限界値に近いため、電流密度を増加させると相対的に卑な金属に富むようになる。

図２－３－１０は、正常共析系である銅－ニッケル合金めっきに及ぼす、電流密度の影響を示した。電流密度が増加するにしたがい卑な金属であるニッケルが増加する。図２－３－１１は、異常共析系であるニッケル－鉄合金めっきの皮膜組成に及ぼす、電流密度の影響を調べている。電流密度の増加にともない、優先的に析出する金属である鉄が減少している。前者は陰極電位で説明でき、後者は拡散理論により説明できる。一方、ニッケル－タングステン合金めっきは電流密度が増すと含量が増加する。また、コバルト－ニッケル合金めっきでは電流密度が増加しても、皮膜中のコバルト含量は増加しない。このことから、理論的にあてはまらない例があることがわかる。

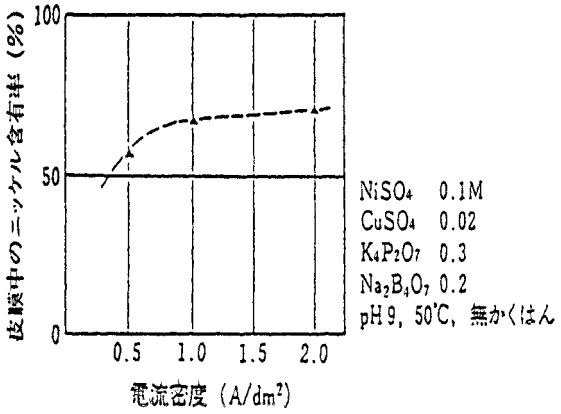


図２－３－10　ピロリン酸浴からの銅－ニッケル合金めっき浴における皮膜組成に及ぼす電流密度の影響

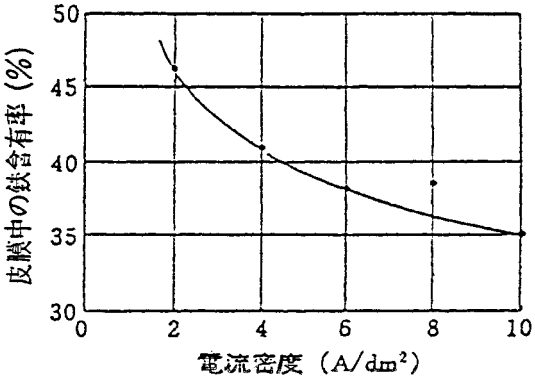


図２－３－11　ニッケル－鉄合金めっきの皮膜組成に及ぼす電流密度の影響

３－６－６　浴温の影響

浴温の上昇は、金属イオンの対流速度と拡散速度が増加するため、優先的に析出する金属がより多くなる。温度の上昇によって分極が減少し、金属の析出電位はより卑な値になる。しかし、これによりどちらの方の金属がより優先的に析出するかはわからない。したがって、浴温の上昇は、攪拌速度の上昇と同様の効果をもたらす。図２－３－12 は、スズ－ニッケル合金めっき皮膜組成に及ぼす、浴温度の影響を示した。浴温度が上昇すると、わずかに貴な金属が増加するようになる。また図２－３－13 には、ニッケル－鉄合金めっきに及ぼす、浴温度の影響を示した。浴温度の上昇にしたがい、優先的に析出する鉄が増加している。

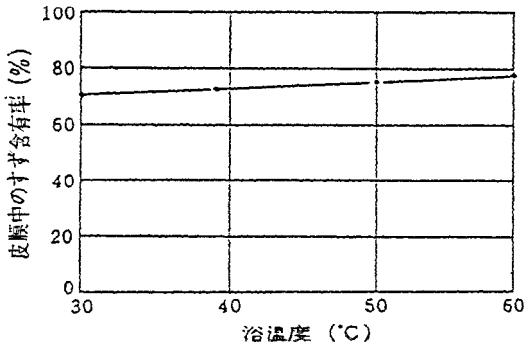


図２－３－12　ﾋﾟﾛﾘﾝ酸浴からすず-ﾆｯｹﾙ合金めっきの皮膜組成に及ぼす浴温度の影響

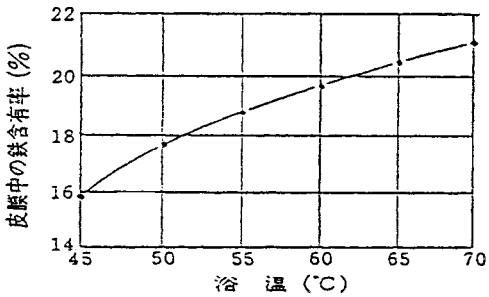


図２－３－13　ニッケル－鉄合金めっきの皮膜組成に及ぼす浴温度の影響

３－６－７　攪拌の影響

浴を攪拌すると拡散層の厚さが減少し、拡散層内の金属イオン濃度が増大する。この場合も優先的に析出する金属の濃度が増加するので、優先的に析出する金属に富むようにな

る。表２－３－４に、ニッケル－鉄合金めっき浴の攪拌方式の違いによる、皮膜中の鉄の含有量の違いを示した。静止の場合に比べ、強く攪拌すると鉄の含有量が 27%近くにもなる。

表２－３－４　ニッケル－鉄合金めっき浴のかくはん
方式の違いによる合金組成への影響

かくはん方法	皮膜中の鉄含有率（%）
空気かくはん、強	26.91
空気かくはん、弱	23.74
機械的かくはん	18.76
製　紙	11.19

３－６－８　おわりに

合金めっきは装飾用をはじめとして、防食用、機能用として多く使用されるようになってきた。今後、装飾めっきはできるだけ多様化を図るため各種の色調が要求されるようになると予想できる。防食めっきはより耐食性が要望されると思われる。また、機能めっきは合金めっきとして最も期待されている分野であると思う。いずれにしても合金めっきの種類、加工量とも増加すると思うので是非この機会に検討されたい。

【引用文献】

１)榎本英彦、小見崇：「合金めっき」日刊工業新聞社、(1987)
２)小谷勇：「亜鉛めっき、亜鉛系合金めっき、防錆コーティングの現状」(1993)
３)深田新：第８８回講演大会　特別講演(1993)
４)A.Brenner：“ Electrodeposition of Alloys"Vol.1,2 Academic Press(1963)
５)榎本英彦：実務表面技術、30,№4,132(1983)
６)榎本英彦：新しいめっき技術講習会テキスト、p.22 大阪工研協会(1982)
７)榎本英彦、石川正巳、藤原裕、伊崎昌伸：昭和 59 年度活路開拓調査事業報告書,
全国鍍金工業組合連合会(1985)
８)尾崎治一、吉村昭三、榎本英彦：電気鍍金研究会講演資料　12 月例会(1987)
９)大阪府鍍金工業組合：大阪府地場産業振興対策事業報告書
「亜鉛めっきに代わる防食用合金めっきの研究」(1987)

第４章　複合めっき

４－１　複合めっきとは

複合めっき（Composite Coating）は、電気めっきや無電解めっき（化学めっき）による析出金属のマトリックス（Matrix)の中に第二相として微粒子や繊維状物質を含む複合皮膜であり、これはめっき法を用いた金属複合材料であるといえる。とくに、微粒子を分散させて、分散相を第二相とする皮膜は分散めっき（Dispersion Coating)とよばれるが、ここでは統一し、複合めっきと称することにする。現在用いられている複合めっきについて述べる。

４－２　複合めっきの種類

複合めっきの種類としては、めっき法の違いにより次のように分類できる。

①微粒子を分散相とし、めっき液中に懸濁させる最も一般的な方法

②粒子が大きかったり、重い場合、めっきされる表面に粒子を沈降させておき析出金属により粒子を埋めこんでゆく沈降共析法（Sediment Codeposition)と呼ばれる方法。

③長繊維をめっき中に埋めこんだり、巻き付けたりしてめっき皮膜に取り込む方法。

なお、得られためっき皮膜は①、②の方法では複合めっき（Composite Coating)であり、③の方法で得られためっき皮膜は繊維強化複合めっき（Fiber Reinforced Composite Coating）と呼ばれている。

複合めっき皮膜は、めっき浴中で連続的に成長する金属表面に分散粒子が衝突して吸着し、析出金属によって次々に埋め込まれ生成するものである。したがって、金属と共析出した粒子は金属マトリックスの中で不規則に分布した分散相となる。繊維強化複合めっきでは、巻き付けられて長繊維の規則的な配列が認められる。金属と共析出した分散粒子は、おのおの一部分が金属の中に埋め込まれ、残りが皮膜の表面に露出した状態にある。複合めっき皮膜の特性は、このような表面粒子の性質や皮膜内部粒子の作用により得られることになる。たとえば、自己潤滑性皮膜や蛍光性皮膜では皮膜表面に半分露出した粒子が、一方、分散強化皮膜や耐熱性皮膜では内部の粒子がそれぞれ重要な役割を果たしている。

複合めっきを粒子とマトリックスの組み合わせから､次のように分類できる（図 2-4-1)。

①単一のめっき金属の中に分散相が含まれるもの

（Ni/Al_2O_3：Ag/MoS_2：Cu/SiC)。

②合金マトリックスの中に分散相が含まれるもの

（Ni-P/PTFE：Pb-Sn/TiO_2：Ni-Co-P/Si_3N_4)。

③２種以上の分散相が含まれるもの

（Ni/Al_2O_3,MoS_2：無電解Ni/P/Al_2O_3,CaF_2：Cr/ZrB_2,BN)。

④めっき後熱処理により合金化するもの（Ni/Al 金属粉末)。

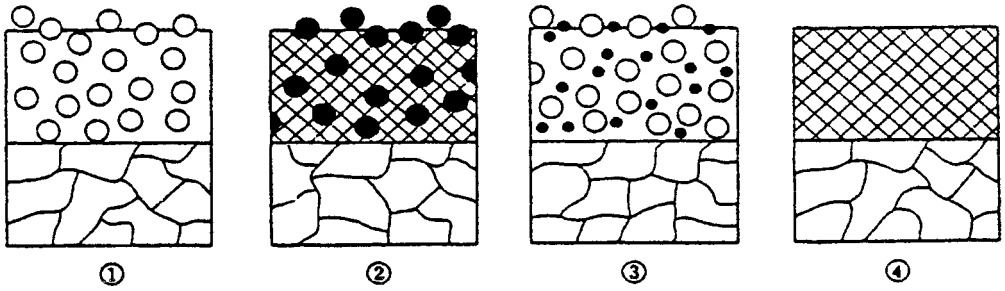


図２－４－１　複合めっきの基本的な４つの型

なお、複合めっきを施す場合、素材に直接めっきを行う、下地めっきをしてから複合めっきを行う、複合めっきの上にオーバーレイめっきを行うなどの方法が目的により選択されている。また、熱処理により、素材と複合めっきの合金相を作ったり、下地めっきと合金相を形成させる場合がある。これらの方法については具体的な応用例で詳しく述べることとする。

４－３　複合めっきの基礎

複合めっきに用いられるマトリックス金属としてはニッケルめっきが非常に多い。これはニッケルめっき皮膜はある程度の硬さをもち、めっき条件も複合めっきに適しているためと思われる。そのほか、無電解ニッケルめっき、銅めっき、クロムめっき、亜鉛めっきなどの順である。一方、分散させる粒子はアルミナが最も多く、シリコンカーバイド、二硫化モリブデン、樹脂などの順である。最近の傾向としては四フッ化エチレンなどの樹脂も多く検討されるようになってきた。

４－３－１　分散粒子の共析過程

複合めっきの分散粒子の共析機構としては、機械的共析機構、電気泳動機構、吸着機構などが提案されてきた。複合めっきの析出機構が複雑で現在でも解明されていないが、一般に粒子のめっき面への吸着と金属の析出を考慮した電気化学的な機構が認められている。図２－４－２に分散粒子が析出金属と共析するための吸着現象を示す。

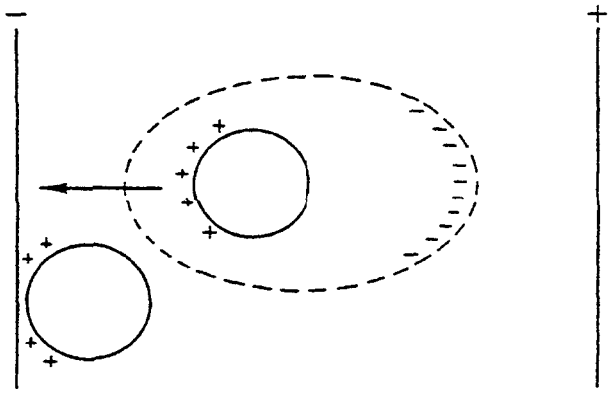


図２－４－２　分散粒子が析出金属と共析するための吸着現象

１．分散粒子表面への水和イオンの吸着

２．カソード表面への粒子の吸着

(1) めっき液の攪拌によるカソード表面への粒子の移動
(2) カソード表面の二重層内に分散粒子の一端が入り、カソード粒子間の静電的相互作用によって、粒子が引き付けられ、粒子がカソードに吸着する。
(3) 吸着粒子に対して、重力およびめっき浴の攪拌にともなう機械的な分離力が働き、粒子の一部が脱離する。浴の攪拌の強さが一定であれば、粒子が一種の吸着平衡を達成する。
(4) カソードと粒子の間で金属の電析が起こり、粒子がより強くカソードに結合される。
(5) 粒子と粒子の間で金属の析出によって、マトリックスが成長し、同時に粒子も析出金属に巻き込まれる。

４－３－２　分散粒子

分散粒子の第一の条件はめっき浴中で安定であり、溶解しないものでなくてはならない。また、不純物を含まない高純度でなければならない。粒径はできるだけ細かいものが望ましい。とくに、比重の大きな粒子であると粒径が大きくなると共析し難くなる。粒径のばらつきのないことも重要である。分散粒子はめっき液中で濡れなければ均一に分散しない。したがって、ＰＴＦＥのような水濡れしにくい粒子の場合には界面活性剤を用いて、いかにめっき浴中に均一に分散させるかが重要である。分散粒子の多くは非電導性であるが、中には電導性の粒子を用いているものもある。電導性粒子の場合には粒子にめっきが付着する場合があり、外観を損なうことがあるので注意が必要である。

粒子濃度は図２－４－３に示すように浴中の粒子濃度が増すとともに粒子含有量が増し、しだいに一定になる。粒子濃度が低いときには粒子濃度が増すと皮膜中の粒子含有率は直線的に増加する。

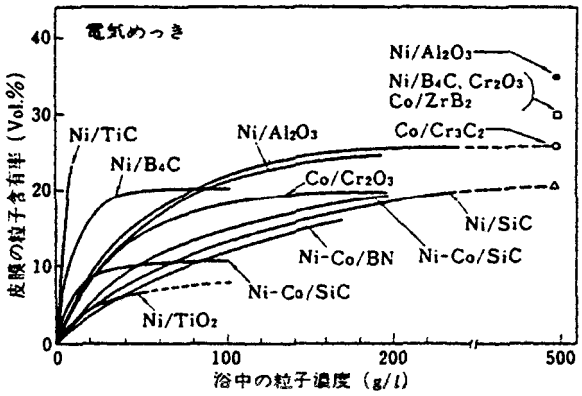


図２－４－３　複合めっきの粒子含有量と浴中の粒子濃度との関係（電着）

４－３－３　電解条件

(1) 攪拌

複合めっきでは分散粒子を均一にカソード面に衝突させるために、分散粒子をめっき浴に均一に分散させるために非常に重要である。図２－４－４に種々の攪拌方法を示してい

るが、その製品に均一に粒子を衝突させるために製品に合った攪拌方法を採用している。工業的に生産する場合、均一に攪拌することが製品の出来上がり具合を左右する。

(2) 電流密度

複合めっきでは、カソード電流密度が増すと共析量が増す場合や逆に減少する場合がある。カソード電流密度は析出速度に相当する。金属の析出速度が増すとともに粒子－カソード間での結合速度も速くなるので、電流密度が増すとともに粒子の共析速度は増大する。一方、電流密度が高くなるにつれて、水素の発生が多くなり、そのために粒子の電極表面は粒子カソードの吸着が阻害されて、共析量が減少する場合もある。

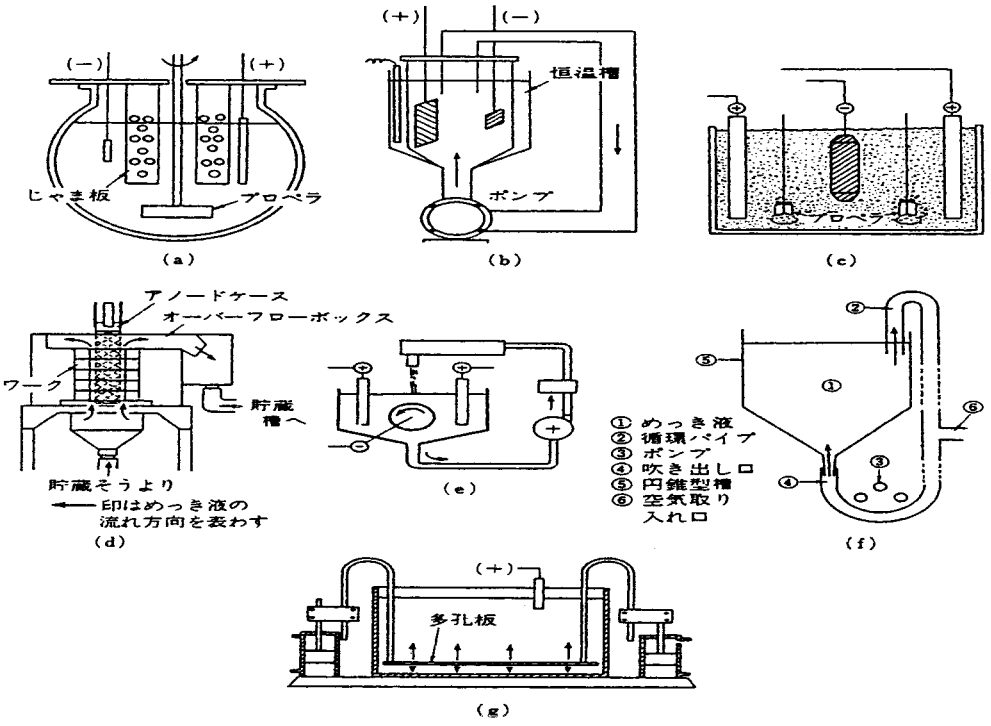


図２－４－４　攪拌方法

４－４　複合めっきの実用化例

複合めっきの用途として主なものは次のようである。

①耐食性の向上

②表面外観の変化

③耐摩耗性の向上

④潤滑性の向上

⑤その他の機能的特性の向上

これらの用途に複合めっきがどのような形で用いられているかについて以下に述べる。

４－４－１　複合めっきによる耐食性の向上

鉄素材に防食と装飾の両方の目的で銅めっき→ニッケルめっき→クロムめっき、あるいは半光沢ニッケルめっき→光沢ニッケルめっき→クロムめっきする方法が一般的に用いら

れている。自動車のバンパーのように屋外で使用される部品にはさらに耐食性が要求されるために、クロムめっきをマイクロポーラスにするめっき方法が採用されている。マイクロポーラスクロムめっきが高耐食性が得られる理由としては、クロム表面の微小なポアーにより、ニッケルの露出面積を増大させ、腐食電流を分散させるためであると考えられている。

マイクロポーラスクロムめっきを得るための方法としては、クロムめっき液中にグラファイトを添加してマイクロポーラスにする方法と、光沢ニッケルめっき後にニッケルめっき浴中に微粒子を懸濁させて薄い複合ニッケルめっきを行い、その上にクロムめっきを施してマイクロポーラスにする方法の二つの方法がある。クロムの複合めっきにより、マイクロポーラスクロムめっきを得る方法はクロムめっき厚さを厚くしなければならない、クロムめっきの電流密度依存性が大きいなどの理由で安定したマイクロポーラスクロムめっきが得られないため、あまり用いられていない。一方、ニッケルの複合めっきはマイクロポーラスクロムめっきを得るために多く用いられている。A社よりジュールニッケルめっき（ニッケルシールとも称する）として市販されている。分散させる粒子としては、0.02μm程度の大きさのシリカ、アルミナ、カオリン、硫酸バリウムなどである。めっき厚さが 2.5μm程度で、粒子があまりにも微細であるので、表面の光沢には影響しない。ポアーの密度は、200 ポアー／mm^2で耐食性が良くなり、400 ポアー／mm^2でさらに良くなり、800 ポアー／mm^2で優れた耐食性を示す。このめっき浴を使用する場合には次のような注意が必要である。

①均一な攪拌を行うようにすること。

②めっき液の濾過ができないため、不純物の持ち込みを注意すること。

③めっき浴中の粒子がアノードを覆いやすく、アノードバッグをつまらせやすいので注意すること。

その他の耐食性を向上させるための用途に、亜鉛めっきにアルミニウム粉末を分散させて、複合めっきを得ている例がある。高耐食性自動車用表面処理鋼板として用いられている。

４－４－２　表面外観の変化

硫酸銅めっき、光沢ニッケルめっきなどのように光沢とレベリング作用の優れためっきが一般に用いられている。しかし、最近の傾向としてギラギラした鏡面光沢以外の処理が好まれ、ハーフトーン、渋い色調の外観が好まれるようになってきた。古くから行われている梨地面を得る方法としては、素材をエッチング、サンドブラストによりあらす方法があるが、加工する製品を一つずつ加工しなければならないこと、均一な梨地が得にくいことなどの欠点がある。これらの欠点を解消するために複合めっきにより、梨地面を得る方法が開発され、用いられている。

(1) 非電導性粒子を共析させる方法

ワットニッケルめっき浴にサッカリンのような一次光沢剤と共に１～５μmの粒径の硫酸バリウムやシリカのような非電導性粒子を添加し、ニッケルめっきと共にこれらの粒子をめっき皮膜中に取り込み、梨地面を得る方法である。工業的にはＡ社からサチライトニッケルという商品名で市販されているめっき浴が多く用いられている。懸濁させる粒子の大きさにより、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲタイプと分かれており、粒子径を選択することにより、表面粗さが異なる皮膜が得られる。主な用途としては、防眩性が要求されるような製品に適用されている。

(2) 界面活性剤のエマルジョンによる梨地面を得る方法

ニッケルめっき浴中に、温度が上昇すると分解してエマルジョンを形成する界面活性剤を添加し、このエマルジョンによりニッケルめっき表面に梨地を形成させる方法である。この方法により得られるめっき表面は先に述べた非電導性粒子を添加する方法により得られた皮膜より、均一で、微細である。丁度ビロード状の外観を示すので、オーディオ部品、自動車の内装部品、ビデオなど弱電部品に多用されている。本法はめっき浴を低温にすると濾過ができること、また、ハーフトーン、ビロード調の色調が好まれることもあり、多く用いられるようになった。工業的にはシェーリング社のベロア、上村工業株式会社のパールブライトとそれぞれ名付けられためっき浴を使用している。ＡＢＳ樹脂を成型したプラスチックスのノブにはこのめっきが多く適用されている。このめっきの上にスズ－ニッケル合金めっき、スズ－コバルト合金めっき、スズ－ニッケル－銅合金めっきを施すと、光沢ニッケルめっき上にこれらの合金めっきを施すのと違った外観を呈する。

４－４－３　耐摩耗性の向上

耐摩耗性、あるいは耐摩擦性を目的とした用途に複合めっきが用いられることは非常に多い。とくに、マトリックスとしてはニッケルめっきが用いられることが多い。最近は無電解のニッケルめっきもマトリックスとして、使用されることが多くなってきた。これは熱処理することにより、硬さの高い皮膜が得られるからである。電気めっきによるニッケル－リン合金めっきをマトリックスに選択する場合もある。なお、ニッケル以外では銅、鉄、クロム、コバルトなどがマトリックスとして用いられる。分散剤としてはＳｉＣ、ＢＮ、アルミナ、ダイヤモンドなど比較的粒子の硬さの高いものが選択されている。

ニッケル／ＳｉＣの複合めっきは耐摩耗性が優れていることから自動車用のエンジンシリンダーに適用されている。たとえば、ドイツではNikasil 法と呼ばれる複合めっきがアルミニウムシリンダーのめっきに用いられている。また、日本では鈴木自工㈱が 1970 年頃より、複合めっきを採用し、水冷用ローター、二輪車の空冷用シリンダーにはNi／SiC複合めっきが行われており、軽トラック用２サイクルエンジン、雪上車用空冷シリンダーにはNi-Ｐ／ＢN、Ni-Ｐ／ＳｉＣの複合めっきがそれぞれに行われている。

また、ダイヤモンドの粒子をニッケルめっき皮膜中に複合させて、砥石、グラインダーホイール、歯科用研削針などに応用されている。

４－４－４　潤滑性の向上

潤滑性も複合めっきの特性として期待されている性質である。ニッケル、あるいは銅をマトリックスとして、二硫化モリブデン、グラファイト、フッ化黒鉛、四フッ化エチレン樹脂などが用いられている。用途としては、軸受け、シャフト、シリンダー、歯車などであり、とくに焼き付きの起こり易い金属どうしの組み合わせのときに用いると効果的である。

４－４－５　その他の機能

プラスチック、ゴムの成型用金型に対する型離れを良くするためのニッケル／四フッ化エチレン樹脂複合めっき、塗膜の接着性を良くするための亜鉛／シリカ複合めっき、高温時の耐摩耗性を改良するため連続鋳造用モールドなどに用いられているニッケルーリン／ＳｉＣ複合めっき、耐熱性を得るためのニッケル／アルミニウム複合めっき、装飾性を付与するためのニッケル／蛍光染料複合めっきなど新たな機能を求めて、複合めっきが検討されている。そのほか、導電性、反射防止性、触媒活性、多孔性などの機能を複合めっきにより得られている。

４－５　おわりに

複合めっきは、新しい機能を求めて、多くのところで使用されるようになってきた。まだ、種々の特性については十分把握されていない面が多い。実際の製品に適用した場合の利点、欠点についてはこれから集積していかなければならない。そのためにも、全国鍍金工業組合連合会などの組織を通じて、技術的データーの取りまとめが必要である。それが複合めっきの需要の拡大につながるものと思われる。

以下の文献を参照あるいは引用させていただきました。

【参考文献】

１)榎本英彦、古川直治、松村宗順：複合めっき、日刊工業新聞社(1989)
２)秋山美智子、松本誠臣、今村武夫：
金属表面技術協会第 64 回講演大会要旨集、p.13(1981)
３)松村宗順、川崎元雄：金属表面技術協会　第 64 回学術講演大会要旨集,p.18(1984)
４)M.Viswanathan : Metal Finishing,71,(1),38(1973)
５)M.Viswanathan : ibid,73,(12),38 (1975)
６)ＧＥ社：ＧＥプロセスカタログ
７)エル、エス、サイフルリン：複合電着被覆と材料、p.2、日ソ通信社(1974)
８)Williams, Martin : Trans. Inst. Metal Finishing,42,182(1964)
９)W. Metzger, R.Ott : Metalloberflache,31,404(1977)
10)H. Brown, H.Silman : Trans. Inst. Metal Finishing,42,50(1964)
11)Ａ社：ジュールニッケルカタログ
12)吉原敬久、木村肇、原田俊一：鉄と鋼,66,(7),779(1980)
13)Ａ社：サテンニッケルカタログ
14)Ｂ社：ベロアニッケルカタログ
15)Ｃ社：パールニッケルカタログ
16)榎本英彦：合金めっき、p.34,日刊工業新聞社(1987)
17)Blasberg-Oberflachentechnik 社 : Nikasil ピロセスカタログ
18)高間政善、小長井信寿、足立元志：金属表面技術協会第 78 回講演大会要旨集
p.274(1988)
19)Ｃ社：メタフロン技術資料
20)Ｄ社：コンポジットカニゼンカタログ
21)平松実、草野文男、小見崇、川崎仁士：金属表面技術誌、37,87(1986)
22)伊崎昌伸、榎本英彦：表面技術協会第 78 回学術講演大会要旨集,p.126 (1989)
23)古川直治、林忠夫：金属表面技術,31,576,(1980)

第５章　無電解めっき

５－１　はじめに

無電解めっきは電気めっきに対応する表現であり、文字通り外部電源を必要としないめっき法である。外部電源を用いない金属析出法としては、金属の標準酸化還元電位（イオン化傾向）の差によって生じる置換（浸漬）めっきと還元剤を利用する化学還元めっきの２つが良く知られている。

前者の置換めっきの例としては､溶融亜鉛めっきの均一性試験の終点に利用されている、硫酸銅水溶液中における鉄片上への銅の析出がある。この反応は、イオン化傾向の大きい金属（鉄）とイオン化傾向の小さい金属（銅）の間で電子の授受が行われることによるものであり、式で示せば次のようになる。

$$Fe + Cu^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Cu \qquad (1)$$

この他の置換めっきの例として、アルミニウム合金上の電気めっきの際に、前処理として行われるジンケート溶液中での亜鉛置換がある。置換めっきは、表面が析出した金属で覆われると反応が停止するため、極めて薄い皮膜しか得られない。また、置換めっきで得られる皮膜は素地との密着性に乏しい。

一方、化学還元めっきは、金属イオンが還元剤によって還元析出するものであり、析出金属が還元剤の反応に対して触媒作用を有することに最大の特徴がある。つまり、この自己触媒作用により、金属析出反応は連続的に進行し、めっき皮膜は成長する。現在、広く工業的に利用されている無電解ニッケルめっきや無電解銅めっきは、こうした自己触媒型化学還元めっきである。自己触媒作用を有する金属としては、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｆｅ、Ｃｕ、Ａｇ、Ａｕ、Ｒｈ、Ｐｄ、Ｐｔなどが知られている。化学還元めっきの特徴を次に示す。

・外部電源を使用しないため、形状の不規則な表面に均一厚さのめっき皮膜が得られる。
・プラスチックやセラミックなど不導体上に直接めっきできる。
・各種の機能特性を有するめっき皮膜が得られる。

ここでは、自己触媒型化学還元めっきについて、現在工業的に最も多く使用されている無電解ニッケルめっきを中心に述べる。

５－２　無電解ニッケルめっき

５－２－１　無電解Ｎｉ－Ｐめっき

無電解めっき浴は、金属塩と還元剤からなる基本組成に、錯化剤、ｐＨ調節剤、ｐＨ緩衝剤、安定剤、促進剤、改良剤などが添加されて構成される。無電解Ｎｉ－Ｐめっきは、次亜リン酸塩を還元剤とするもので、基本的な浴組成を表２－５－１に示す。通常は酸性浴が多く使用されるが、アルカリ性浴が使用されることもある。特に、プラスチックのめっきには低温タイプのアルカリ性浴が用いられる。

表２－５－１（A）　高温タイプの無電解ニッケルめっき浴

浴種 / 成分･条件	酸性浴(１)	酸性浴(２)	アンモニアアルカリ性浴	か性アルカリ性浴
硫酸（塩化）ニッケル	21g/l	26g/l	26g/l	26g/l
酢酸ナトリウム	―	26g/l	―	―
乳酸	28g/l	―	―	―
プロピオン酸	2.3g/l	―	―	―
クエン酸ナトリウム	―	15g/l	60g/l	60g/l
次亜リン酸ナトリウム	21g/l	16g/l	21g/l	21g/l
ホウ酸	―	―	―	30g/l
硫酸(塩化)アンモニウム		―	65g/l	―
チオ尿素		3～5ppm	―	―
pH	4.5～5.5	4.5～5.5	8～9(NH_4OH)	8～9(NaOH)
温度（℃）	90	90	90	90

表２－５－１（B）　低温タイプの無電解ニッケルめっき浴

浴種 / 成分･条件	中性浴	アンモニアアルカ性浴	か性アルカリ性浴
硫酸（塩化）ニッケル	26g/l	25g/l	125g/l
エチレンジアミン	90g/l	―	―
クエン酸アンモニウム	―	―	135g/l
ピロリン酸ナトリウム	―	50g/l	―
次亜リン酸ナトリウム	11g/l	25g/l	100g/l
pH	6～7	10～11(NH_4OH)	10(NaOH)
温度（℃）	60	60	30

一般に、酸性域における無電解Ｎｉ－Ｐめっき反応は次式で表される。

$$Ni^{2+}+2H_2PO_2^{-}+2H_2O \rightarrow Ni+2H_2PO_3^{-}+H_2+2H^{+} \quad (2)$$

また、リンの共析反応は、原子状水素による還元として次式が考えられている。

$$H_2PO_2^{-}+H \rightarrow P+OH^{-}+H_2O \quad (3)$$

（１）より、１モルのニッケルを還元析出させるのに、２モルの次亜リン酸ナトリウムが必要になるが、実際にはそれ以上の次亜リン酸ナトリウムを消費する。これは、（２）式により、リンの共析に消費されたり、水素発生のみに消費されるためである。

無電解Ｎｉ－Ｐめっきの主な特徴を示す。

①めっき膜はＮｉとＰの合金であり、Ｐ含有率は６～１２％の範囲である。

②硬度は、めっきしたままの状態でビッカース硬度５００程度であるが、３５０～４００℃で熱処理するとビッカース硬度１０００に達する。これはリン化ニッケル、Ni_3Pの析出硬化に起因する。
③耐磨耗性は、電気ニッケルより優れており、熱処理によりさらに向上する。
④鋼を素地とする耐食性は、電気ニッケルめっきより良好である。
⑤磁性は、Ｐ含有率の増加とともに減少し、８％以上で非磁性となる。
無電解Ｎｉ－Ｐめっきの産業界における実用事例とその使用目的を表２－５－２に示す。

表２－５－２　無電解ニッケル－リン合金めっきの用途事例と目的

産業分類	適用部品	目的
自動車工業	ディスクブレーキ、ピストン、シリンダ、ベアリング、精密歯車、回転軸、カム、各種弁、エンジン内部	硬度、耐摩耗性、焼き付防止、耐食性、精度など
電子工業	接点、シャフト、パッケージ、バネ、ボルト、ナット、マグネット、抵抗体、ステム、コンピュータ部品、電子部品など	硬度、精度、耐食性、ハンダ付け性、ろう付け性、溶接性など
精密機械	複写機、光学機器、時計などの各種部品	精度、硬度、耐食性など
航空・船舶	水圧系機器、電気系統部品、スクリュー、エンジン、弁、配管など	耐食性、硬度、耐摩耗性、精度など
化学工業	各種バルブ、ポンプ、揺動弁、輸送管、パイプ内部、反応槽、熱交換器	耐食性、汚染防止、酸化防止、耐摩耗性、精度など
その他	各種金型、工作機械部品、真空機器部品、繊維機械部品など	硬度、耐摩耗性、離型性、精度など

無電解Ｎｉ－Ｐめっきでは、反応によりニッケル塩と次亜リン酸塩が消費されるので、できる限り濃度の変動幅が大きくならないようにこれらを補給する必要がある。また、(2)式から明らかなように、反応の進行により浴ｐＨは低下するので、水酸化ナトリウム溶液を加えて一定値に保持しなければならない。無電解めっき浴は使用により、還元剤の酸化生成物が蓄積して老化する。めっき浴の１タンク分のニッケル塩を補給したとき、これを１ターンと呼ぶが、通常５～７ターンでめっき速度が低下し、めっき外観も悪くなるので更新される。

５－２－２　無電解Ｎｉ－Ｂめっき

ジメチルアミンボラン（ＤＭＡＢ）やテトラヒドロホウ酸ナトリウム（水素化ホウ素ナ

トリウム）を還元剤として無電解Ｎｉ－Ｂめっきが得られる。テトラヒドロホウ酸ナトリウムは強アルカリ性でのみ安定であるため、ｐＨ１１以上で使用されるのに対して、ＤＭＡＢの加水分解速度は強酸性または高温域を除いてそれほど大きくないので、酸性から弱アルカリ性(ｐＨ５以上、７０℃以下)で使用される。ＤＭＡＢを還元剤とする反応は、

$$(CH_3)_2NHBH_3 + 3Ni^{2+} + 3H_2O \rightarrow 3Ni + (CH3)_2H_2N^+ + H_3BO_3 + 5H^+ \qquad (4)$$

のように表される。無電解Ｎｉ－Ｂめっきは、無電解Ｎｉ－Ｐめっきと比較して、融点が高い、はんだ付け性が良好であるなどの特性を有し、電子部品用途に用いられるが、還元剤が高価であるため、無電解Ｎｉ－Ｂめっき浴の使用量は無電解Ｎｉ－Ｐめっきの１割に満たない。

無電解Ｎｉ－Ｂめっきの主な特徴を以下に示す。

①めっき膜はＮｉとＢの合金であり、ＤＭＡＢを還元剤とした場合、Ｂ含有率は０．１～６％である。

②Ｂ含有率約３％以上で非晶質となり、非晶質皮膜は３００～４００℃で加熱すると結晶化する。Ｂ含有率が高いほど非晶質構造の熱安定性が優れている。

③硬度は、めっきしたままの状態でもビッカース硬度７００～８００を示し、４００℃で熱処理すると、Ni_3Bが形成されるため、ビッカース硬度１２００～１４００に達する。

④Ｂ含有率が高いほど優れた耐食性を示す。７％Ｂ含有無電解Ｎｉ－Ｂめっきは電気ニッケルめっきより耐食性に優れるが、無電解Ｎｉ－Ｐめっきと比較すると耐食性は劣る。

５－３　無電解銅めっき

無電解銅めっきは不導体表面に導電皮膜を形成させるため、プラスチック上やプリント基板のスルーホールめっきに用いられている。この場合の無電解銅めっきの膜厚は０．１～０．３μm程度であり、薄付け用のめっき浴が使用される。一方、近時プリント基板の回路形成を無電解銅めっきのみで行うフルアディティブ法に適した厚付け用のめっき浴が開発された。この場合、めっき膜厚、２０～３０μmが要求され、しかも電気銅めっきに匹敵した延性、抗張力などが求められる。さらに、高速であることも要求される。厚付け用にはロッシェル塩は不適当であり、より安定な銅錯体を形成するエチレンジアミン四酢酸（ＥＤＴＡ）を錯化剤とする浴が、６０～７０℃で使用される。表２－５－３に薄付け用および厚付け用めっき浴の組成例を示す。

表２－５－３　無電解銅めっき浴

	薄付け用	厚付け用（１）	厚付け用（２）
硫酸銅	10g/l	7g/l	10g/l
ロッシェル塩	40g/l		
ＥＤＴＡ		25g/l	30g/l
ホルマリン（37%）	25ml/l	6.5ml/l	3ml/l
水酸化ナトリウム	9g/l		
シアン化ナトリウム		0.06g/l	
ビピリジル	0.01g/l		若干
ＰＥＧ		若干	若干
ｐＨ	12.5	12.6	12.2
温　度	20～23℃	69℃	70℃

無電解銅めっきの反応は、(5)式のように表される自己触媒反応であるが、正常条件を外れると、生じた亜酸化銅の不均化反応（(7)式参照）により溶液内全体で金属銅粉末が析出し、めっき液は分解する。

$$Cu^{2+} + 2HCHO + 4OH^{-} \rightarrow Cu + 2HCOO^{-} + H_2 + 2H_2O \quad (5)$$

$$2Cu^{2+} + HCHO + 5OH^{-} \rightarrow Cu_2O + HCOO^{-} + 3H_2O \quad (6)$$

$$Cu_2O + H_2O \rightarrow Cu + Cu^{2+} + 2OH^{-} \quad (7)$$

こうした自己分解反応が起こるとめっき液は使用できなくなるので、自己分解反応を抑制する必要がある。このため次のような浴管理が重要である。

①Ｃｕ２Ｏの不均化反応を防止するため、空気攪拌を行う。

②１価のＣｕと選択的に錯形成するとともに、浴中に析出した粒子に選択的に吸着して微粒子の触媒活性を低下させる安定剤を添加する。

③浴組成濃度と浴温管理を正しく行う。

④連続的にろ過して浴を清浄に保持する。

５－４　その他の無電解めっき

５－４－１　無電解コバルトめっき

コバルトはニッケルと同族元素であるが、無電解めっきの析出挙動はかなり異なっている。無電解コバルトめっきは酸性域では析出しないため、アルカリ性浴が使用される。次亜リン酸塩を還元剤とした場合、得られるめっき皮膜はＣｏとＰの合金であり、Ｐ含有率は２～４％である。無電解Ｃｏ－Ｐめっきの特徴はその磁性にあり、高密度磁気記録媒体としての利用が進められている。

５－４－２　無電解スズめっき

現在、無電解スズめっきとして市販されているものはほとんど置換型である。置換スズめっきは銅、鉄、アルミニウム素材に適用されているが、素材表面がスズで覆われると析出反応は停止するので、薄いめっき膜しか得られない。アルミニウム素材への置換スズめっきは自動車のピストンへの適用例がある。ここでは、スズめっきが潤滑剤として作用し、アルミニウム酸化物によるシリンダの焼付きを防止している。自己触媒反応による無電解スズめっきについては、三塩化チタンを還元剤とする方法が提案されているが、めっき浴の安定性に問題があり、長期間の使用に耐えない。また、還元剤を使用せず、$2Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + Sn$という不均化反応を利用した無電解スズめっき法が開発されたが、なお浴管理に問題がある。

５－４－３　無電解金めっき

電子機器の小型化、高性能化に伴い、回路の微細化、複雑化が進み、電気的に孤立した回路への金めっきの必要性が高くなっている。この場合、無電解金めっきを適用できれば製造工程の短縮につながる。無電解金めっきには置換型と自己触媒型がある。金はイオン化傾向が最も小さい金属であるため、置換めっきは容易に起こる。しかし、置換反応は素材表面を金が完全に覆うと停止してしまう。そこで、テトラヒドロホウ酸カリウム（水素化ホウ素カリウム）またはＤＭＡＢを還元剤とする強アルカリ性の自己触媒型無電解金めっき浴（シアン浴）が開発された。確かに、金表面を触媒とする析出反応が進行し、金めっきの膜厚は時間に比例して増加するが、これらの浴には、めっき速度が遅い、浴の安定性が十分でない、ニッケルによる汚染に非常に敏感であるなどの問題点があり、様々な改良が進められている。

５－４－４　無電解銀めっき

銀はイオン化傾向の小さい金属であり、金と同様、容易に置換めっきが起こる。古くから、ガラス鏡の製造に利用されてきた銀鏡反応は還元剤による銀の析出であるが、この反応は被めっき物表面だけでなく、溶液内においても同様に起こる。したがって、銀鏡反応を行う際には、銀溶液と還元剤溶液を直前に混合するか、それぞれの溶液を同時に被めっき物に吹き付けて反応させる。銀溶液は硝酸銀溶液にアンモニア水を加えて、銀アンモニア錯イオンとしたもの、また還元剤にはぶどう糖、グリオキザール、ホルマリン、ロッシェル塩などが使用される。厚付け用自己触媒型無電解銀めっきとして、ＤＭＡＢを還元剤とするシアン浴の例がある。

５－４－５　無電解パラジウム

電子機器の高密度化、高機能化、製造コスト削減を考慮する場合、無電解パラジウムめっきの電子部品への適用が期待される。そこで、エチレンジアミンを錯化剤とし、次亜リン酸塩を還元剤とする自己触媒型無電解パラジウムめっき浴が開発された。この浴はノーシアン浴であり、中性、低温で使用できるため、作業性がよく、耐アルカリ性、耐熱性に問題のある複合材料からなる電子部品、あるいは電気的に孤立した回路などへの適用が期待されている。

第６章　硬質めっき

６－１　はじめに

かつてＭＥＴＥＣの特別展示で“硬い表面”を取り上げ、硬い皮膜の実物や簡単な解説パネルを展示したところ、このブースには多くの見学者が立ち寄り、大変好評であった。このことは表面処理の中で硬い表面を作ると言うことに多くの人の関心事であり、そのニーズも高いことを意味するものと思われた。したがって、更に性能に優れた硬質めっきの開発も、今後の大きな課題の１つとして考えておく必要があろう。

めっき金属の硬さは通常の冶金学的に得られたものより硬くなることが知られている。この硬化の原因として析出金属の結晶粒子の微細化や、吸蔵水素、格子歪などが挙げられている。このことは光沢めっき皮膜が無光沢より一般に硬いのは、光沢剤の添加によりめっき皮膜の結晶粒が微細化されるためであり、クロムめっき皮膜から水素を除去すると硬さが大幅に低下することなどからも裏付けられている。しかし、その硬化の詳細なメカニズムについては、まだ十分に解明されていない。一般に硬質金属は耐摩耗性に優れているので、硬質めっきは機械部品等に多用されている。硬質めっきとして最も多く用いられているのは、硬質クロムめっきであり、これを専業とする工場も多い。しかしながら、最近このクロムめっき皮膜でも耐摩耗性を確保するのが困難なケースも増えており、さらに高度の性能が要求されることがしばしばある。このため、合金めっきや複合めっき等により優れた耐摩耗性を有するめっき皮膜が開発され、実用化されるようになった。また、クロムめっきの分野でも従来のものより硬い超硬質クロムめっきや作業性に優れた新しい浴が開発されている。ここでは、これらのめっきの技術動向について述べる。なお、銅めっきや、金、銀、パラジウムなども、用途によっては硬質化して用いるが、ここでは割愛した。

６－２　硬質クロムめっき

クロムめっきはその光沢、および高い硬度と優れた耐摩耗性から装飾および工業用として永く使われてきた。めっき浴としてはサージェント浴やフッ化物浴が主に用いられてきたが、最近になってＨＥＥＦ－２５やＡＮＫＯＲ，ＭＡＣＫ－１等の商品名で呼ばれる高電流効率浴が発売され、Ｃｒ－Ｃ系の超硬質クロムめっきも実用化されている。一方、６価クロムの有毒性が問題になるに従い、三価クロムめっきへの関心も集まり、この方面での開発も進んでいる。ここではこれらの動向について述べる。

６－２－１　高効率浴

前述のＨＥＥＦ等の高効率浴は従来のクロムめっきより電流効率がかなり改善されたために作業性がかなりアップされた。また、発売当初に問題となった陽極の消耗も解決されている。このめっき皮膜は光沢がよく、皮膜に微細なマイクロクラックを有するため、耐食性に優れているのが特徴である。この耐食性は研磨により飛躍的に向上するため、従来

のクロムめっきの最大の弱点であった防食性が大幅に改善された。このため自動車部品や産業機械等のめっきに広く採用されるようになった。

また、高効率浴としては高濃度クロム酸浴に塩化物を加えたＣｈｒｏｍｉｓｐｅ１浴が知られており、５０％以上の効率が得られているが、実用化の話は聞いていない。最近、中国でも高濃度クロム酸浴からの高効率浴が開発され、文献もあるが、その添加剤の組成は公表されていない。

６－２－２　超硬質クロム

クロム酸にシュウ酸および硫酸アンモンを添加した浴から、森河らはＣｒ－Ｃ系の超硬質クロムを得ており、同じ様な皮膜がクロム酸一硫酸浴にギ酸を添加した浴からも得られている。これらの皮膜は電析時にはアモルファス構造であるが、熱処理により硬化しHV１８００程度まで硬さが増加するのが特徴である。また、この皮膜は高温での硬さが高い（６００℃で約ＨＶ１０００）ので、粉末冶金用金型やプラスチックの成型用スクリュー、自動車エンジン部品、ガラス成型用金型などに利用され成果を上げている。

６－２－３　三価クロム浴

三価クロム浴は現在装飾用として実用化されているが、硬質クロムとしては実用化の一歩手前という段階である。この皮膜はめっき液中に有機カルボン酸等を含むため皮膜中に炭素が取り込まれるので、熱硬化性を有し、前述の超硬質クロム同じような特性を示すのが特徴である。この浴が実用化されると、環境対策の立場から急速に普及するものと思われる。最近の報告によれば、３価クロム浴は分散めっきにも適しており、アルミナや炭化珪素等の微粒子を多量に共析させることが可能であり、耐摩耗性に優れた分散めっきが得られている。また、クロム酸をアルコールで三価クロムに還元した浴から１００μm以上の硬質クロムめっきが得られたとの報告もある。

６－２－４　その他

クロムめっきの表面に窒素を打ち込んで超硬質の窒化クロムを形成する試みやＰＶＤによりＴｉＣやＴｉＮの皮膜をクロムめっき上に設けた例なども報告されている。いずれ、このような複合処理した皮膜が実用化されることになろう。

６－３　合金めっき系

めっき皮膜中に炭素やほう素、燐、タングステン、モリブデンなどが共析すると硬さが向上することが知られており、これらの合金めっきは非晶質構造となったり、熱硬化性を示すことが多い。Ni-B，Ｎｉ－Ｐめっきは電解や無電解法で容易に得られているが、何れも通常のニッケルめっきより硬く、熱処理により硬化することがかなり以前より知られている。また、Ｎｉ－Wめっきは W含有量を増し、熱処理すると通常のクロムめっきより遥かに硬い皮膜となる。クロムめっきでも皮膜中に炭素を２－３％共析させると、皮膜は非晶質となり、熱処理によりその硬さは急激に上昇する。次にこれらの合金めっきの特性

について述べる。

６－３－１　Ｐ，Ｂ系合金めっき

次亜リン酸ソーダを還元剤とする無電解ニッケルめっきが開発された頃は熱処理によりその硬さがＨＶ１０００前後に達することから、硬質クロムの代替めっきとして期待され、さまざまな応用の試みがなされたが、これは成功しなかった。その後、この皮膜の均一性や耐食性、非磁性などの特性を生かした新しい需要が増し、最近では精密機械の部品をはじめエレクトロニクス関連分野でその需要を大幅に伸ばしている。

この皮膜の特徴はめっきのままでも、通常の電気ニッケルめっきより硬く、クラックやピンホール等の欠陥が極めて少ない皮膜が得られることにある。開発当初はコストが高いのが欠点であったが、最近では大幅にコストも低下している。しかし、この方法では数回の使用でめっき液を廃棄しなければならず、廃液の処理が今後の大きな課題となっている。

無電解ニッケルを３００℃以上に加熱すると、めっき皮膜は結晶化し、皮膜はＯ．１％程度収縮するので、微小割れを生じ耐食性が低下すると云う欠点がある。そこで２５０－２７０℃で５－８時間熱処理し、硬さを上昇（Ｈｖ８５０前後）させると共に微小割れを防止する工夫もされている。

皮膜硬さと耐摩耗性はアブレション摩耗では一般に相関性が認められている。前述のように熱処理した無電解ニッケルめっきは硬質クロムとほぼ同じ硬さであるが、無潤滑摩耗試験では一般に摩耗量が多い。これはクロムの摩擦係数の低さと、凝着摩耗を抑制する自己潤滑性の酸化皮膜（Cr_2O_3）の存在によるものと考えられている。

３％以上のホウ素を含むNi－Ｂめっきはめっきのままでも硬度が高い（ＨＶ８５０）ので、ジェットエンジン部品やガラス成型用金型、自動車のクラッチ組立部品のような温度の上昇する部分に使われている。

６－３－２　Ｍｏ，W系合金めっき

モリブデンやタングステンは単独では電析しないが、ＮｉやＣｏ，Ｆｅ等とは共析する。Ｂｒｅｎｎｅｒらはこれを誘起共析と呼んでいる。これらの合金は硬く、耐摩耗性に優れているので、古くから種々の分野で利用されている。しかし、最近になって、Wを多量に含む（４０－５０ｗｔ％）めっき皮膜が開発され、従来のＮｉ－W皮膜より優れた物性を有することから注目されている。また、これらの合金は非晶質構造をとるものが多く、加熱により結晶化する。この時、生成する微細析出物による析出硬化で皮膜は硬くなり、いずれも熱硬化性を有するのが特徴である。小見らによれば、Ｎｉ－５１ｗｔ％W合金めっきは、加熱によりα－Ｎｉの巨大単位胞からなる疑似安定相を生成しながら最終的に平衡状態図のＮｉ４W＋Wとなる。この変態に伴い皮膜の硬さが変化するとしている。また、このＮｉ－W皮膜は高温に於ける硬さも６００℃でＨＶ１０００と硬いことと、高温耐摩耗性や熱衝撃性に優れていることから、ブラウン管の成型金型などに利用されている。これはタングステンを多量に含むＮｉ－Wめっきは耐酸化性に優れているためと言われている。

Ｆｅ－W合金めっきは電析時でＨＶ１ＯＯＯ、熱処理でＨＶ２０００にも達すると言われ、切削工具への応用が試みられている。この皮膜は硫酸第一鉄、クエン酸ソーダ、タングステン酸ソーダから成る浴から析出すると報告されている。

６－３－３　その他

炭素系合金はクロムめっきの項でＣｒ－Ｃについて述べたが、最近Ｆｅ－Ｃ系のめっき浴が精力的に検討されている。このものは黒味のある光沢を有し、皮膜硬さは炭素含有量０．６％で最大便さＨＶ８５０を示し、構造は体心立方晶のマルテンサイトである。今後の実用化に向けての研究が期待される。

６－４　複合（分散）めっき

複合材料の発展は航空・宇宙関係をはじめ多くの産業分野に大きな貢献をしている。めっきの分野でも、分散強化皮膜の作成と云う観点から研究が進められ、その後、種々の特性を有するめっき皮膜が開発され、大きな成果を収めている。この系のめっき皮膜は分散材とマトリックスであるめっき金属を適当に選べば、種々の機能性表面を創製することが可能なことから、各国で活発な研究開発が行われている。ここでは主に、耐摩耗性および潤滑性を対象とした分散めっきを取り上げる。

分散めっきのマトリックスとしては種々のめっき金属が研究されているが、耐摩耗性を目的としたものでは、ニッケルやコバルト及びそれらの合金が多い。分散材にはダイヤモンドをはじめ炭化珪素、アルミナ、窒化ほう素等の硬質微粒子やＰＴＦＥのような潤滑性粒子が用いられている。分散めっき皮膜の硬さは皮膜中の粒子含有量の増加に伴い上昇し、熱処理により低下するが、それでも粒子を多く分散させた方が硬くなる。例えば、スルファミン酸浴から得られたＮｉ－ＳｉＣ１Ｏ％系の分散めっきでＨＶ５５０前後の値を得ている。また、この分散めっきの引張強度はニッケルのみに比べて約４０％、降伏強度が７０％増大し、伸び率はかなり低下する。このＮｉ－ＳｉＣ分散めっきは自動車のエンジンシリンダーの内面めっきに利用され、硬質クロムより耐摩耗性に優れていると云われる。

マトリックスにコバルトを用いたケースでは、分散材にＣｒ２Ｏ３を用いた例が報告されており、このものは高温（３００－７００℃）での耐摩耗性に優れており、航空機のエンジン部品に利用された。この皮膜は３００℃以上では潤滑性のある酸化コバルト層が生成することと、Ｃｏが耐熱性のＣｏ－Ｃｒ合金に変わるためと云われている。

また、マトリックス金属として硬質のＮｉ－W合金めっき、そして分散材に炭化珪素を用いた、Ｎｉ－W－ＳｉＣ複合めっきが航空機用のクロムめっきの代替めっきとして開発され、現在実機テストに入っている。この皮膜の硬さは、めっきのままではＨＶ８５０前後であるが、６００℃１時間の熱処理でＨＶ１５００に硬化し、各種摩耗試験の結果も硬質クロムめっきを上回る性能を示している。この他、クロムめっきをマトリックスとした分散めっきや油をマイクロカプセル化して分散材とした自己潤滑性分散めっき等、さまざ

まな試みがなされており、今後、新しい応用例が増えて行くものと期待される。

無電解ニッケルめっき（Ｎｉ－Ｐ）をマトリックスとした分散めっきは、分散材に炭化珪素やダイヤモンド、テフロン（ＰＴＦＥ）を用いたものが実用化されており、研究室的には炭化ホウ素、窒化ホウ素、炭化タングステン等を分散したものが検討されている。得られた皮膜の耐摩耗性はＮｉ－Ｐ皮膜の数から数十倍に達し、硬質クロムと同等またはそれ以上の耐摩耗性を有するものもある。このうち、テフロン分散めっきは自動車やエレクトロニクス、製紙関係部品の無潤滑のところに用いられて成果を上げており、ダイヤモンド分散めっきは切削工具や織物機械部品などに活用されている。

６－５　今後の動向

湿式による硬質めっきは以上述べたように硬質クロムめっきを中心として発展してきたが、最近の各産業分野における技術の進歩は、より性能に優れためっき皮膜を要求している。このため耐摩耗性皮膜としてＮｉ－ＳｉＣ分散めっきが登場し、滑り性の改善として自己潤滑性めっきが実用化された。このように従来のクロムめっきに代わるめっき皮膜が開発され、新しいめっきの分野を切り開き、新素材の出現によって失われためっきのシェアーを取り戻していくものと思われる。また、クロムめっきは、三価クロム浴への転換や皮膜特性の改善などによって、新しい発展が期待されよう。

一方、ドライプロセスの分野ではＴｉＣやＴｉＮ、ダイヤモンド、ＢＮなどの超硬質皮膜が一般化されている。これらの皮膜と湿式によるものでは、コスト的または装置的な制約から適用できる品物に制限があり、両者はそれなりに使い分けられている。しかし、将来的にはドライプロセスの成長がかなり見込まれるので、この技術動向には十分に注目して行く必要があろう。場合によっては、この技術を自社技術の１つとして取り込みたいものである。

第７章　電子部品へのめっき

７－１　はじめに

表面処理技術として“めっき技術”は再現性に乏しく、制御が充分にできない非科学技術と思われてきた。しかしながら最近では管理技術の向上によって経済的な精度の高い加工技術として各種の機能性皮膜を形成し、あらゆる産業の支援技術産業として発展している。中でもエレクトロニクス産業では欠くことのできない技術として、その発展に寄与している。

７－２　主な適用

アクティブエレメント	ＩＣチップ 記録ヘッド ワイアメモリ バブルチップ ディスクメモリ ディプレー	Ｎｉ系 Ｆｅ－Ｎｉ系 Ｎｉ，Ｃｏ系 Ｎｉ－Ａｕ系 ＮｉＰ，Ｃｏ，Ｎｉ-Ｃｏ Ｎｉ系
チップキャリアー	多層セラミック リードフレーム	Ｎｉ，Ｃｕ，Ａｕ，Ａｇ Ａｕ，Ａｇ，Ｎｉ，Ｐｄ
プリント基板	リジット基板 フレキシブル基板	Ｃｕ，Ｎｉ，Ａｕ，はんだ Ｃｕ，Ｎｉ，Ａｕ，はんだ
コネクター	ビーリード 各種コネクター リードスイッチ バンプ	Ｎｉ，Ａｕ系 Ｎｉ，Ａｕ，Ａｇ，Ｒｈ Ｎｉ，Ｒｈ系 Ａｕ，はんだ
キャビネットと筐体	電磁波シールド 耐食性コーティング 装飾	ＡＩ，Ｃｕ，Ｎｉ Ｎｉ系 Ｃｕ，Ｎｉ，Ａｕ
抵抗器部品	ディスクリート部品 ハイブリット部品	Ｎｉ，Ｃｕ，Ａｕ系 Ｎｉ，Ｃｕ，Ａｕ系
ディスプレー	ＥＬ電極	Ｎｉ系
高周波部品	マイクロストリップライン 導波管	Ｃｕ，Ｎｉ，Ａｕ，Ａｇ Ｃｕ，Ｎｉ，Ａｇ

７－３　半導体用パツケージと実装技術に係わるめつき技術

半導体技術はその将来予測で 2012 年には 50ｎｍラインにより回路が形成され、チツプ上のパッド数は最大 7300 に達するとされている。一方パッケージ側では汎用品で 23mm 角、MPU で 37.5mm 角、高機能品で 45mm 角で現在より大きくならず外部端子数は夫々670, 2700, 5500 ピンになると予測されている。[1)]

パッケージは小型化、高密度化しており、形状もピン挿入型から表面実装型へ移行している。形状の分類からは DIP、QFP、PGA,BGA、CSP、製造技術からは TAB、PLP といつた分類がある。

パッケージに利用されるめつき皮膜としては、金、銀、はんだ、錫、パラジューム、ニッケル等がある。この皮膜に要求される機能としてはボンディング性、はんだ濡れ性、耐熱性、耐食性、蜜着性、展延性、封止樹脂との蜜着性がある。

パッケージの小型化、薄型化の方向としては TAB を転用した BGA-T やμBGA、さらに CSP がある。高機能、小型化を指向しているパッケージもシングルパッケージから MCM へ大きく流れている。パッケージのロードマップ図２－７－１[2)]に示す。

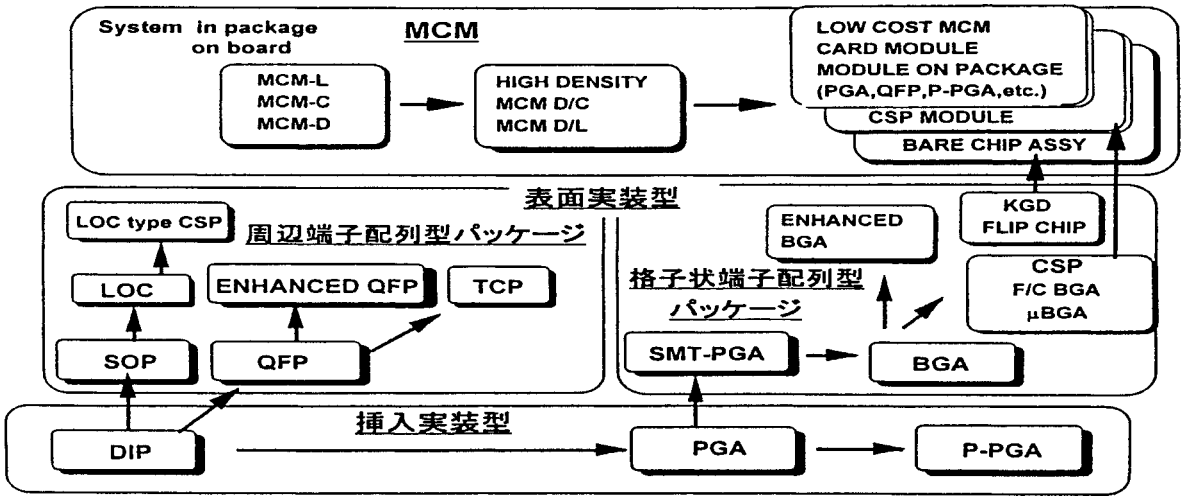


図２－７－１

実装とは基板と部品を線で繋ぐことであり、その小型化は信号配線の引き回しが短くなり高速化をもたらす。究極の実装はリードレス、ベアチップ実装である。

裸の IC を基板上に実装する方法として TAB や FCA があり LSI の多ピン化や侠ピッチ化へ対応し、小型化に寄与している。

TAB 実装とは、有機フイルムに銅箔を張り、エッチングで配線パターンを形成したテープをＬＳＩチップと接続する技術である。

ＦＣＡ実装は半導体の端子数の増加に対応した高密度実装方式で実装面積が小さく、高速化ＬＳＩに対応する。接続材料としてははんだ、金、異方性導電樹脂等が利用される。バンプ形成法の一つとして、めつき法があり、微少ピッチ、微細バンプが可能で経済的である。

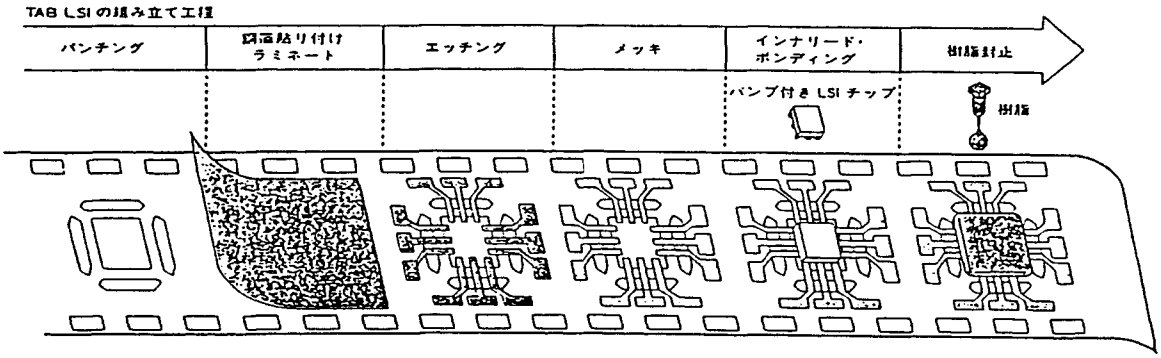


図２－７－２　ＴＡＢ技術による実装工程[3)]

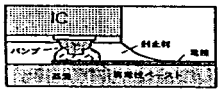
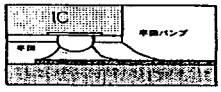
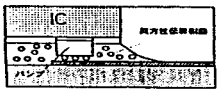
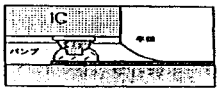
	工法	構成	特徴
1	SBB (Stud Bump Bonding)		Au Bump 導電性接着剤
2	C4 (Controlled Collapse Chip Connection)		半田バンプ 半田ペースト リフロー
3	ACT An isotropic Conductive Technology		異方性導電樹脂
4	ローカル リフロー		Au Bump 半田ペースト リフロー

図２－７－３　フリップチップ実装工法[4)]

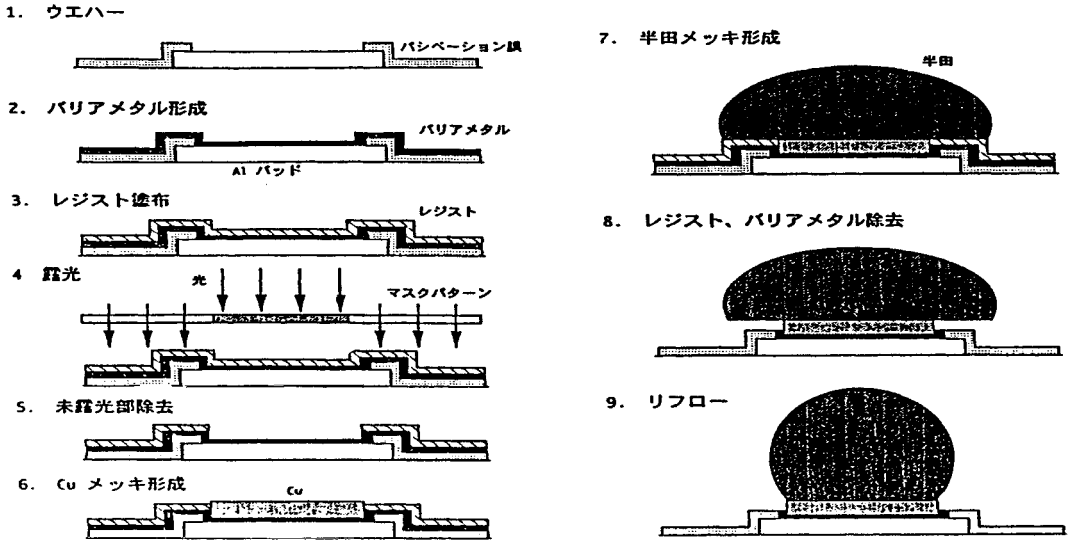


図２－７－４　バンプ電極工程[5)]

次世代の実装技術として提唱されているのはＬＳＩチップの薄型化が進み 50μから 20μ厚のチップが可能となり、いわゆるペーパーＬＳＩといわれる超薄型パッケージが実現し、その積層により３次元実装が可能になるであろう。ここで求められる表面処理はミクロンオーダーのファインプレーティングであり、クリーンルーム対応のめつき工場が必須である。

７－４　プリント基板

プリント基板のトレンドはファインパターン化、多層化、ファインピッチ化、ＩＶＨ化、薄型化を指向し高密度化が進んでいる。最近のシステム機器市場では小型、軽量、高速化を指向し回路を小型化するＭＣＭの採用が進んでおり、半導体の多ピン化、高速化に対応するため、それを搭載する基板は高密度配線パターン形成と層間接続ビァ形成技術が開発されている。

永年行われてきたガラスエポキシ基板の多層化即ちプリプレグと銅箔を積層してプレス成形し、銅めつきスルホールで層間接続する方法では半導体の高密度化に対応できなくなつてきた。

1990 年に日本 IBM が発表した SLC 基板は半導体の構造と同じようにビルドアップ構造で、ビルドアップ基板として市場で発表された。[6)]

現在では各メーカーが独自のビルドアップ工法を発表している。基本的にはベース上に絶縁層塗布、ビァ下孔加工、ビァ形成、導体形成、回路形成をシーケンシャルに行う法、或いはビァを含むビルドアップ層を別に作製してからベースと積層する方式等がある。ビァ形成法としては、感光性樹脂を使用しフォトエッチングにより形成する法或いはレーザーにより形成する法がある。絶縁層形成には液体樹脂コーティング法及びフィルムラミネート法がある。回路形成には銅フォイルをエッチングする方式、パネル銅めつきをエッチングする方式、アディティブ銅めつき方式があり、ファインピッチ、導体層を薄くするにはパネル銅めつき、アディティブ銅めつき方式が有利である。

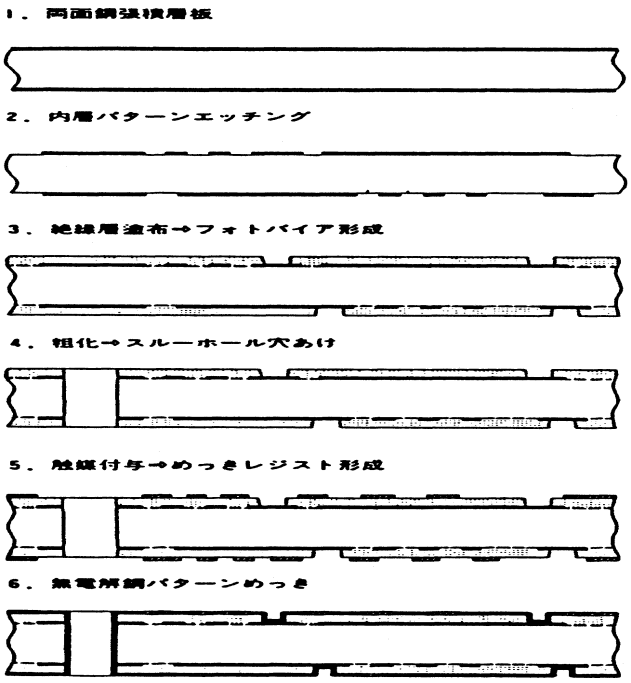


図２－７－５[7] ビルドアップ４層基板の製造プロセス

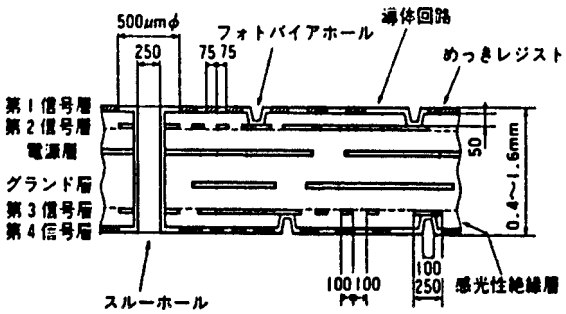


図２－７－６[8] ビルドアップ構造

図２－７－７[9] ６層基板

モバイル機器、パーソナル機器等のシステムで小型化、軽量化、高速化を実現する方法として MPU 及びその周辺回路を小型化する MCM の採用が急速に進んでいる。

この MCM のベースボード、及び LGA、BGA 等のパッケージ基板のビルドアップ化が大きなトレンドである。

今後半導体チップの I/O 数の増加に対応し、より高密度実装のニーズに対応したビルドアップ基板のスペックとして、層数、板厚 １層／0.1mm, で１０－１５層、コア層数５－８層、ライン／スペース４５／４０μ, ビア径 ２５－５０μの開発が望まれている。したがつて回路パターン形成には、無電解銅めつきによるアディティブ法が期待される。

７－５　ＬＳＩ微細配線技術

LSI の高集積化が加速する中で永年行われてきた Al 配線がより抵抗の低い Cu に変わりつつある。1997 年 IBM と Motorola 社が電気めつきによる銅配線を発表して以来、世界の半導体メーカーは銅配線技術導入を展開している。

LSI の高集積化、高速化が進む中で配線は微細化し、多層化してきた。ここで微細化による配線断面積の減少から配線抵抗が上昇し、LSI の信号遅延が問題となつてきた。Cu 配線は Al 配線より約 30%抵抗が低く、エレクトロマイグレーション耐性も優れている。従来 Al 配線は反応性イオンエッチングで行つているが、Ｃｕでも可能であるが約 300Ｃの

高温が必要であり完成した装置がない。

銅の成膜にはリフロースパッタ法、ＣＶＤ法、めつき法があり、埋め込み性では CDV＞めつき＞スパッタ、膜質ではスパッタ＞めつき＞CVD の順になる。[10)]

銅配線プロセスとしてはデュアルダマシンプロセスによつて行われている。配線銅は酸化膜への拡散、銅の酸化の理由から層間絶縁膜と完全に隔離する必要がある。したがつて銅を囲むバリアメタルが必要で Ti,TiN,Ta,TaN,WN が考えられる。

層間絶縁膜には低誘電率化が求められプラズマ SiO_2膜が用いられる。銅めつき後 CMP により平坦化を行い完成する。

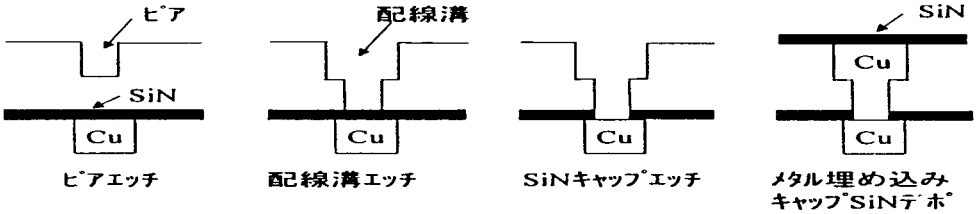


図２－７－８　デュアルダマシンプロセス[11)]

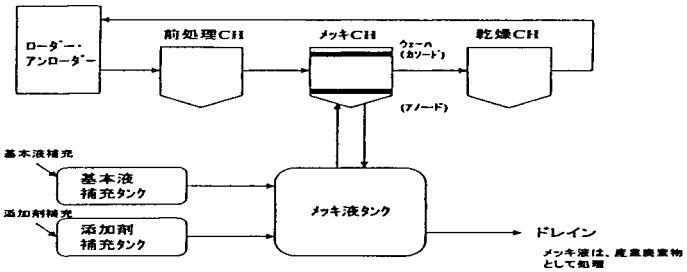


図２－７－９　めつき装置フロー図

表２－７－１　銅めつき浴組成[12)]

$CuSo_4$	0.24 mol dm^{-3}
H_2SO_4	1.8 mol dm^{-3}
Cl^-	50 mg／l
PEG	300 mg／l
SPS *	1 mg／l
JGB**	1 mg／l

*bis-(3-sulfopropyl)-disulfide

**Janus GreenＢ

析出粒子の微細化及び銅の抵抗管理には

添加剤の管理が重要。

７－６　ハードディスク装置

７－６－１　ハードディスク

コンピュータの記録密度の増大は外部記録装置の飛躍的進歩があげられる。中でも磁氣ディスク装置はシステムの中核として重要である。これに使用されるハードディスク（HD）は高密度、小型、高速化のニーズにマッチして急速に普及している。HD の面記録密度は年々上昇しており、現在では１０Ｇビット／インチ^{2}で 20G に向けて開発中である。

現在の記録方式（長手磁気記録)、ヘッド浮上量（15－25nm）では、ほぼ限界にきており、さらなる記録密度の増大には光磁気記録或いは垂直磁気記録の導入が必要であらう。

全世界の HD の生産量が３－４億枚で、その内 3.5 インチが約 80%、5.25 インチが約６%、ノートパソコン用 1.8 インチ、2.5 インチが約１４%であり、3.5 インチ以上がアルミ合金、2.5 インチ以下がガラス基板を用いている。

表２－７－２　アルミ基板ハードディスクの多層構造[13)]

構　造	材　　料	形　成　法	膜　厚	機　能
潤滑膜	潤滑剤	塗布	10～20Å	摩耗防止
保護膜	Ｃ	スパッタリング	100～200Å	磁性層の保護
磁性膜	Ｃｏ合金	スパッタリング	200～800Å	信号の記憶
下引層	Ｃｒ／Ｃｏ合金	スパッタリング	500～1,000Å	結晶配向性の制御
硬化層	Ｎｉ－Ｐ	無電解めっき	13～14μm	基板の変形防止、硬化
基　板	Ａｌ－Ｍｇ合金	圧延板	0.8～1.25mm	

表２－７－３　アルミ基板への要求項目の変遷[14)]

要　求　項　目	以　前	現　在	将　来
膜厚（μm）	16～18	13～15	12～13
研磨量（μm）	3～5	1.5～2	1～1.5
表面粗さ(Ｒａ)(Å)	250～400	200～300	70～80
平面度（μm）	15 以下	10 以下	5 以下
ピット径（μm）	10 以下	5 以下	2 以下
ノジュール径（μm）	20 以下	10 以下	5 以下

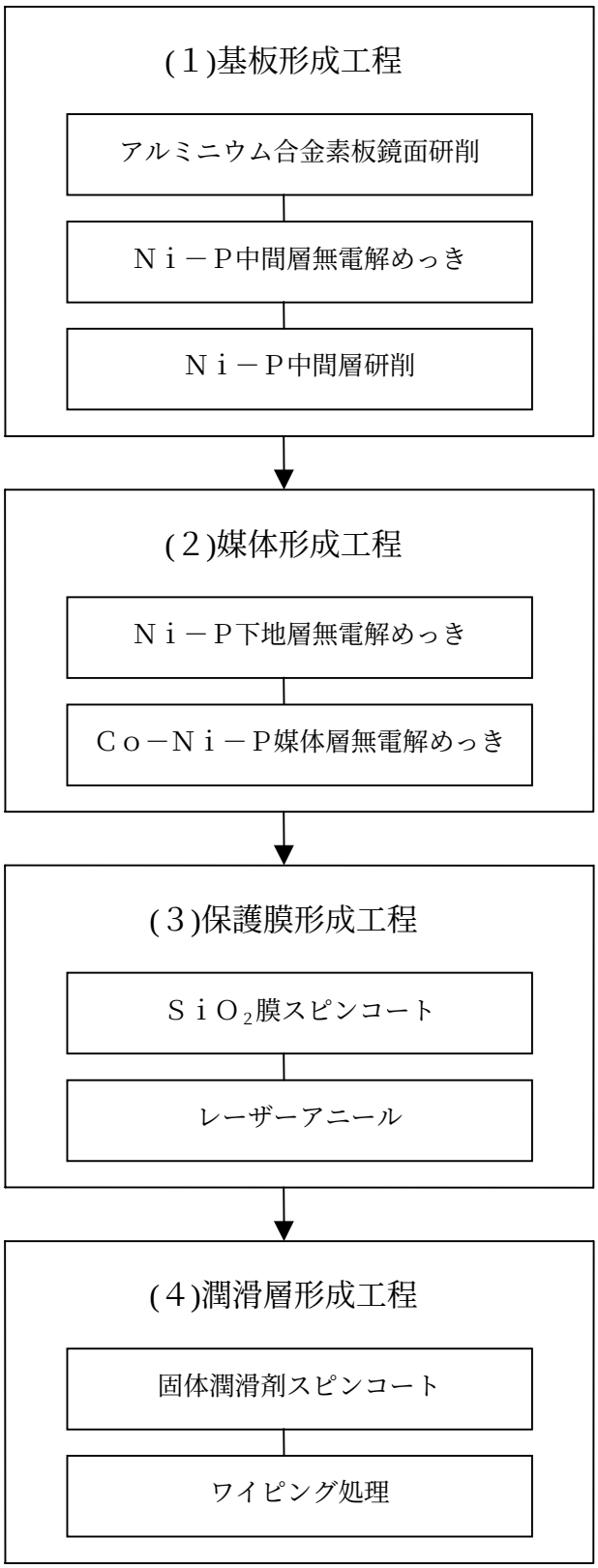


図２－７－１０　HD の製作工程[15)]

最近では小型基板は殆んどがガラスに変わりつつある。ガラスはアルミに比べフラッターが少ない、硬度が高い、平坦性に優れる特長を有する。一方では硬いゆえに研磨コストが高価であり、基板の価格もアルミより高価である欠点を有する。

ガラスには結晶化ガラスと強化ガラスがあり、結晶化ガラスはめつきが可能である。ガラスをめつきした場合次の特長を有する。

１）ＣＳＳに対応可能（テクスチャー処理）

２）研磨しやすい

３）アルミ用生産装置が使用可能

ガラスのめつき工程

洗浄－エッチング－超音波洗浄－コンディショニング－キャタリスト－無電解二ッケルめつき－熱処理

現在ＨＤの平坦度は10μ以下で、めつき膜の内部応力が平坦度に大きな影響を及ぼす。

浴のＰＨ、還元剤及び錯化剤の濃度を下げ、攪拌を強くすることが有効であるが、析出速度、磁性特性を悪くする。生産性と皮膜特性を劣化せず平坦度を維持する条件設定が難しい。

７－６－２ヘッド

ＨＤの高記録密度化にともなつてヘッドの動作周波数が高くなり、コア材に高周波での高い透磁率が要求されてきた。一方高記録密度化によるディスク媒体の保磁力が増大しつつある。従つて高保磁力媒体への記録能力の点から高飽和磁束密度のコアが望まれる。このような二ーズに対応したコア材としてパーマロイ軟磁性薄膜を使用した薄膜ヘッドが開発された。このパーマロイ磁気コアはめつき法により生産され、量産性に優れることから以後のＭＲ、ＧＭＲヘッドの磁気コアもめつき法が利用されている。

ＭＲヘッドは書き込みは従来どおり磁気コアで行い、読み込みは磁気抵抗（ＭＲ）素子で行う。

磁気コアのパーマロイ薄膜は電気めつき法で作製されている。このパーマロイめつきは標準電極電位の低い金属（Ｆｅ）が優先的に析出する異常共析現象を起こす。従つて厳しいめつき条件管理が必要である。特にＰＨ、温度、電流密度の管理が重要である。電極表面の水素イオンの拡散を充分に行うため表面で層流が発生するような攪拌を行つたフレームめつき法が開発されている。[16)]

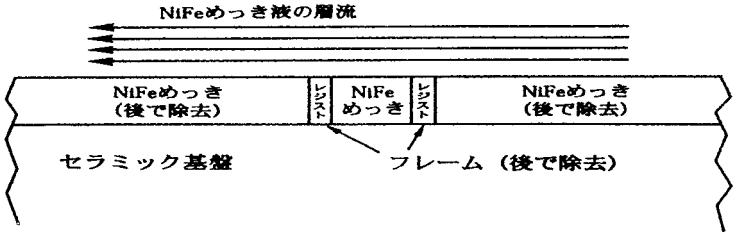


図２－７－１１　攪拌による層流発生とフレームめっき法

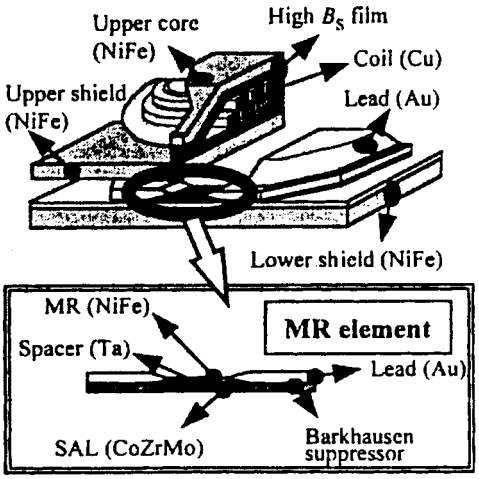


図２－７－１２　ＭＲヘッドの略図[17)]

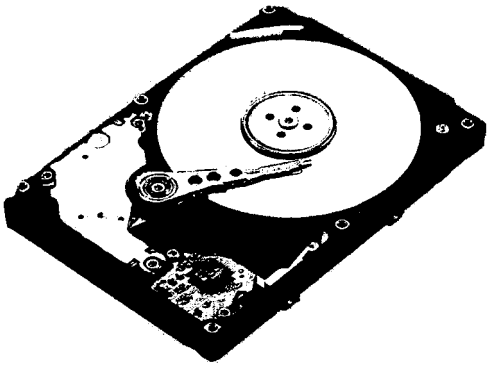


図２－７－１３　ハードディスクドライブ

７－７　薄膜抵抗

めつき膜を薄膜抵抗として利用する技術は、無電解二ッケル合金膜を利用し実用化している。ハイブリット IC 用の IMST 基板上のニツケル抵抗として加工されている。IMST 基板は金属基板として熱放散性に優れパワーＨＩＣとしてオーディオアンプのエミッタ抵抗として利用されている。この抵抗は 0.05－500Ωの低抵抗域に利用している。この抵抗は金属皮膜抵抗であり、種々の条件でドリフトが小さい特長がある。TCR もリン含量１５％で＋80ppm／ｃと優れた特性を示す。[18)] 図２－７－１４、図２－７－１５

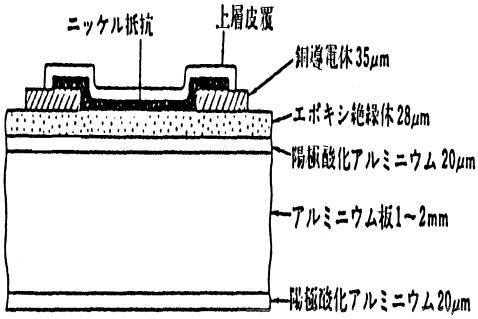


図２－７－１４　ＩＭＳＴ基板の断面

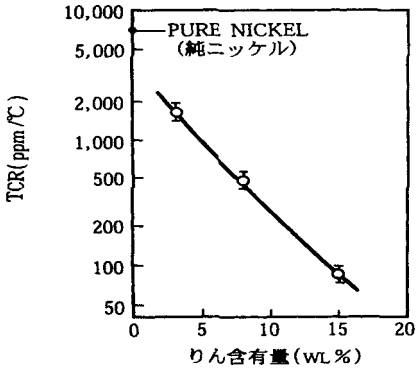


図２－７－１５　Ｎｉ中のＰ含量とＴＣＲ

一方、Ni-W-P 合金も優れた抵抗特性を示している。特に W23%、P5.2%の合金皮膜は TCR が 50ppm／ｃで Ni－Ｐ合金より優れた特性を示している。感熱記録方式に用いられるサーマルヘッドの発熱抵抗体に従来のドライプロセスから量産性の優れた無電解 Ni－Ｗ－Ｐ合金めつき法が開発された。基板には触媒付与したポリイミドフィルムを用い、アディティブ法でパターンの形成を行つている。従来の抵抗体は窒化タンタル、酸化ルテニウムを使用している。無電解めつき法はパターン精度も高く経済的である。[19)] 図２－７－１６、図２－７－１７

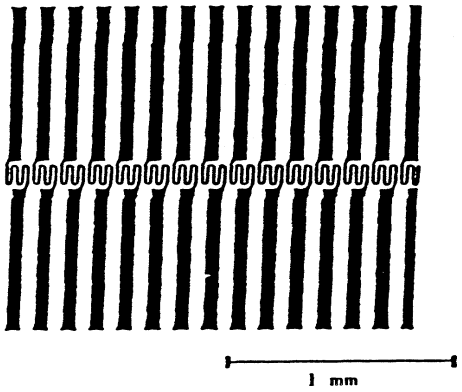


図２－７－１６　無電解めっきによる
サーマルヘッドの抵抗体

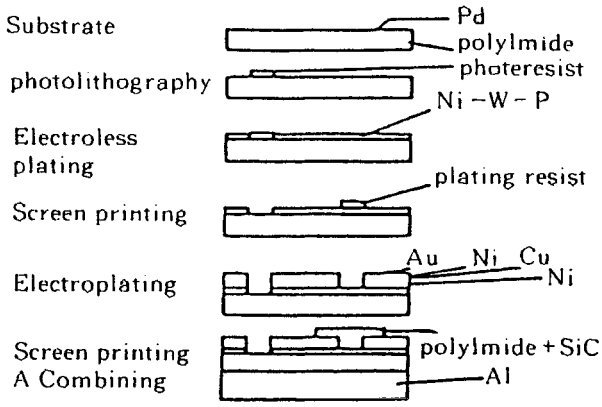


図２－７－１７　サーマルヘッドの製造工程

７－８　電磁波シールド

１９８８年１２月からＥＭＩ（電磁波妨害）に対してＶＣＣＩ（情報処理装置等電波障害自主規制協議会）規制が実施され、情報処理機器、通信機器等の筐体シールドの市場が増大している。

ＩＢＭがモデル５５７０を導電性塗科からシールド性の高いめっき法を採用して以来めっきが急速に伸びている。現在行われている筐体ＥＭＩシールド法には、導電性塗料、めっき法、アルミ蒸着、導電性プラスチック等がある。最近、生産量の増大しているラップトップパソコン、ノート型パソコン、コードレス電話等はシールド性の高いめっき法とアルミ蒸着を行っている。

めっき法は無電解めっきが利用され、下層に銅めっき、上層に銅の酸化防止のためにニッケルめっきを行っている。膜厚は銅が１.０～１.５ミクロン、ニッケルが０.２５～０.５ミクロンで、全体として２ミクロン以下である。めっき法はシールド特性は非常に高いがコスト高、素材の選択性を有する等の欠点かある。

このめっき法は現在主として全体めっきを行い、次いで筐体の表側の化粧塗装を行っている。そこで最近、裏面のみをめっきする部分めっき法が開発され、一部実用化し始めコストダウンの可能性もある。

電子機器の筐体に用いられるプラスチックは、ＵＬ規格に基づく難燃化の必要により難燃性プラスチックが用いられる。また耐熱、耐衝撃性の点からエンジニアリングプラスチックが多く利用される。この場合は密着性に問題を生ずる場合がある。

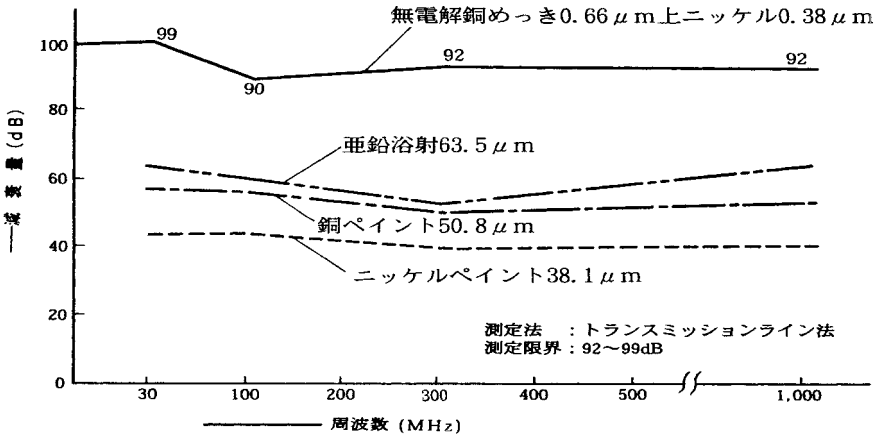


図２－７－１８　各種シールド材のシールド特性比較

７－９　展　望

最近のめつき技術は管理技術と周辺技術の向上にともなつて精度の高い経済的な加工技術として発展している。めつき技術を含む表面処理技術は、特にエレクトロニクス分野における軽薄短小化、高集積化、高機能化、高信頼性化を可能にした要因の一つとして欠くべからざる技術に成長している。現在受動膜としての配線、抵抗、能動膜としてのデバイス、センサーにおけるパターン形成はミクロンオーダーの加工が行われているが、将来は電子線、シンクロトン放射光リソグラフィーの支援を得てサブミクロンの精密パターン形成が行われ、クリーンルームでの表面処理が必須になるものと思われる。

シンクロトロン放射光リソグラフィー技術を利用した精密電鋳技術はＬＩＧＡプロセスとして発表されている。将来この技術は高アスペクト比のマイクロストラクチャーを容易に形成しマイクロロボットのアクチュエーター，センサー等の製作に期待されている。

一方、材料分野では、薄膜機能性新素材としてアモルファスシリコン、機能性合金膜、強誘電膜、薄膜ＥＬ素子、磁性材料としてＧｄ-Ｃｏ合金、Ｓｍ-Ｃｏ合金、光磁気メモリー材料としてＴｂ-Ｆｅ-Ｃｏアモルファス合金膜は有機電解浴を使用することにより電析が可能であり、先端技術分野の基盤技術として成長するものと思われる。

超伝導材料分野では、金属系で比較的臨界温度の高いNb_3Ge膜が有機電解浴より析出することが発表されている。また酸化物系では、Ｙ系の超伝導膜が泳動電着法を利用することにより析出ことが発表されている。[20)]

先端技術分野では高機能性をもつ新素材の開発が盛んに行われている。このような先端技術分野でのめつき技術は精密表面処理加工技術として表面のインテリジェント化に寄与するものとして期待されている。

【参考文献】

1)若林信一：上村テクノフォーラム［エレクトロニクス産業における表面処理技術の進歩］より、平 10/11/17
2)同上
3)日経エレクトロニクス ８－６、１９９０、Ｐ－１０３
4)富士通技術資料より
5)同上
6)機材工 春季号（９８年４月第６６号)、(社）日本表面処理機材工業会編
7)榎本亮：電子材料表面処理技術部会第２５回例会、平 7/6/16、表面技術協会
8)同上
9)同上
10)川根利昭：Semiconductor World１９９８．２
11)上野和良：表面技術 Vol.49、No11、1998
12)逢坂哲彌、高野奈央：半導体．集積回路技術 第５６回シンポジウム講演論文集より
13)斎藤昌弘：ファインプレーティング研究部会 No 46、平成９年、表面技術協会
14)同上
15)大高徹雄：New Ceramics （１９９１）No.11
16)表面技術協会セミナー［２１世紀をひらく表面技術］資料１、平成２年
17)12)と同じ論文集より
18)風見明：工業材料 ３０［3］２２（１９８２）
19)表面技術協会 第７５回講演大会講演要旨集 ５６（１９８７．３）
20)小浦延幸：表面技術協会、機能性非晶質めつき専門部会例会テキスト No22、平 3/9/22

第８章　プラスチック上へのめっき

プラスチック上へのめっきは①製品の外観を向上させ高級化を図る，②耐熱性，耐擦過性，耐衝撃性，耐候性、耐汚染性などのプラスチックの持つ欠点を改善したり、向上させる。③金属製品に比べ軽量化を図るなどの目的で，昭和４０年代から盛んに行われるようになった。プラスチックのめっきといえばＡＢＳ樹脂上のめっきといわれるぐらい，ＡＢＳ樹脂上へのめっきが一般的である。これはＡＢＳ樹脂のもつ抜群の成形性と表面処理のしやすさのためである。しかしながら，ＡＢＳ樹脂は耐衝撃性，耐熱性があまり優れておらず，例えば，冷蔵庫のハンドル，自動車の把手などがプラスチックめっきから亜鉛ダイカストに代わった時期があった。しかし，自動車業界のエネルギー問題による軽量化の要望，耐食性の良さなどから，プラスチックめっきが再び用いられるようになってきた。特に耐衝撃性，耐熱性など厳しい性能が要求される製品に対しては，エンジニアリングプラスチックと呼ばれるポリアミド樹脂（ナイロン），ポリアセタール樹脂（ジュラコン，テナック）などにめっきされるようになってきた。ところが、家電製品のツマミ、フレームなどに多く用いられていたＡＢＳ樹脂上へのめっきは 1986 年を境に大幅に減少している。その理由は円高により、製品のコストダウンのため、めっきを施さずに使用されるようになってきたからである。一方、パソコンや携帯電話のようなプラスチックの筐体に対して、電磁波による外部からの影響をなくす目的で電磁波シールド用の無電解銅めっき、無電解ニッケルめっきが行われるようになってきた。ここではプラスチック上へのめっき法を紹介し，最近注目されているエンジニアリングプラスチック上へのめっきについて述べる。

８－１　ＡＢＳ樹脂上へのめっき

ＡＢＳへのめっき技術はほぼ３０年の歴史をもち，しかも現在でもプラスチックめっきのほとんどがＡＢＳである。ＡＢＳに限らずプラスチックめっきでは，金型設計を含めた成型条件が非常に大切である。ひけ、ばり、そりのないこと，さらにフローマーク，ウエールドマークなどが見られないような成型品でなければならない。最近のように精密成型される場合は特に重要である。一般的なＡＢＳ樹脂上へのめっき工程を図２－８－１に示す。

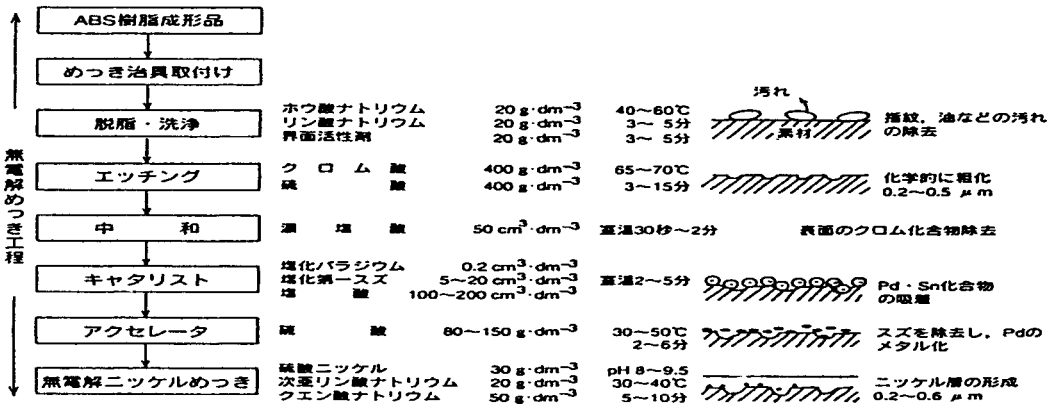


図２－８－１　ＡＢＳ上へのめっき工程

よく知られているように，ＡＢＳ樹脂での密着機構はエッチング工程でのＡＢＳ樹脂表面のブタジエン成分の選択的溶解とそれに起因するめっき皮膜のアンカー効果である。したがって，樹脂はめっき用グレードを使用し，成型品の表面のブタジエン粒子の形状と分散状態のよい成型が必要である。エッチング後触媒化工程を経て、無電解銅めっき、および、無電解ニッケルめっきが行われる。ここまで、処理されると、通常の金属製品と同等の処理方法でめっきできる。ごく最近の動向として、無電解銅めっきにホルマリンが還元剤として使用されているので、これを避けるために、触媒化工程で吸着した金属イオンを金属化させ、直接電気銅めっきを行なう手法が開発されている。

８－２　その他の樹脂上へのめっき

ＡＢＳ樹脂上へのめっきでは対応できない製品に対して，エンジニアリングプラスチックが用いられるようになった。エンジニアリングプラスチックへめっきをするためにはエッチング工程が重要であり、その樹脂にあった適切なエッチングがポイントである。

ポリアミド樹脂はナイロンとして知られ、ポリイミド樹脂に次ぐ優れた耐熱性を有し、自動車のエンジンルームの部品やシャンデリアなどに使用されている。ナイロンはめっき用グレードが販売されている。ナイロンはＡＢＳ樹脂やポリカーボネート樹脂のように、硫酸，クロム酸エッチング液で処理するとナイロン中のアミド基とクロム酸が反応して、無電解めっきが析出しなかったり、めっき後ふくれを発生したりする。したがってエッチング液は塩酸系，あるいはヨウ素を用いる。ナイロンにめっきする際には、①結晶性ポリマーであるため成形の依存性が大きく、バリ，ヒケが発生しやすいこと、②吸水性が高いこと、③加水分解を受けることなどの点に注意しなければならない。

変性ポリエチレンオキシド樹脂（ノリル）は芳香族ポリエーテル樹脂を変性して作られる熱可塑性樹脂である。ノリルはめっき用グレードがあり、硫酸－クロム酸のエッチング液で処理すると，樹脂の一部が選択的に溶解し、表面に凹凸が生じ、そのアンカー効果により密着性を持たせている。

ポリアセタール樹脂はジュラコン，テナックなどの名称で販売されており、結晶性の高い、熱可塑性プラスチックスである。バランスのとれた機械的特性を示すので、金属機械部品との代替がさかんである。ポリアセタール樹脂はナイロンの場合と同様、クロム酸のエッチング液では樹脂が分解し破壊されてしまうので、水酸化ナトリウムによるアルカリエッチングが採用されている。ポリアセタール樹脂をめっきする上では、成形条件を十分に考慮すること，また成形した製品の残留ひずみを除去する目的でアニールすることが重要である。現在、自動車ドアーのとって，水栓用金具などに適用されている。

ポリカーボネート樹脂は耐熱温度が１４０℃と高く、衝撃強度にも優れた、自己消火型の樹脂である。エッチングはクロム酸エッチングの前に、ジメチルホルムアミドのプレエッチングが推奨されている。

ポリプロピレン樹脂上へのめっきに関しては，かなり研究されているが，化学的に安定であり，ＡＢＳ樹脂に用いられるクロム酸－硫酸混液ではほとんどエッチングされない。それ故，他のエンジニアリングプラスチックス同様エッチングされやすいような樹脂と共重合体にしたり，充填剤を加えたものがめっき用グレードとして，市販されている。一方，一般グレードのポリプロピレン樹脂については，あらかじめキシレンやトルエン等の有機溶媒で処理したのち，クロム酸－硫酸混液でエッチングし，導電化すると高い密着性が得られる。

塩化ビニール（ＰＶＣ）はジメチルホルムアミド（ＤＭＦ）で処理した後，スズ（Ⅱ）で感受性化し，ＰＶＣ表面に錯体を形成させ，さらに可塑剤も溶解させることにより、投錨効果をあげ，密着性を向上させている。

その他各種エンジニアリングプラスチック上へのめっきに関しては色々な前処理方法が検討されているが，ほとんどの方法はクロム酸ー硫酸のエッチング前に有機溶媒によるプリエッチング法を採用している。さらには非クロム酸型のエッチングプロセスとして，無水亜硫酸ガスを用いて各種のポリマーを処理し，ポリマー表面をスルホン化し，表面を強力なイオン交換表面として，その後は一般的な触媒化，無電解めっき，電気めっきすると，クロム酸法によるエッチングで得られたものと同等，もしくはそれ以上の密着性，外観を得る方法も開発されている。また，ポリプロピレン樹脂にカーボンを充填して電導性プラスチックとし，前処理なしで電気めっきする方法も開発されているが，成形性があまり良くないため，現在，普及していない。

新しい用途として最近話題になっているものに，電磁波障害（ＲＭＩまたはＥＭＩ）防止のための無電解めっきがある。電子機器のハウジング内面を電導化して電磁波障害を遮蔽するのが目的である。導電性塗料塗布法，真空蒸着法，溶射法など各種の処理が行われているが，めっき法は電波及び磁波を遮蔽するために最も確実な方法であり、銅 0.5 ～１μm，ニッケル１～２μm行われている。

30 年以上の歴史をもつわが国のプラスチックめっき技術は装飾めっきに関する限りはほぼ行きつくところまできた感がある。今後はエンジニアリングプラスチック又はセラミックを含めた広義の不導体への機能めっきが無電解めっき技術の潜在用途になるであろう。

【参考文献】

１)榎本英彦：無電解めっき 基礎と応用 p.133、日刊工業新聞社(1994)

第９章　難素材へのめっき

９－１　はじめに

技術の進歩とともに、材料に対する要求機能が一層高度化する傾向にあり、素材の多様化が進んでいる。めっき素材としては、最も経済的な実用材料である鉄鋼材料から、軽量化のためのアルミニウムやマグネシウム、電子材料としての 42 アロイ（Fe-42%Ni 合金）や銅合金などが広く利用されている。最近では、焼結合金やチタン、タンタル、モリブデンなどの特殊金属素材へのめっきも増加している。また、プラスチックやセラミックス等の非電導性素材への機能的なめっきの要望も多い。一方、地球環境保全やリサイクル指向の構造材料として、マグネシウム合金の利用が見直されている。

しかし、いずれの場合にもめっきする観点からいえば素材の難めっき化であり、めっきの密着性の確保が、機能維持や品質保証のためにも、ますます重要となっている。めっきの密着性の良否については、いずれの素材においても、基本的には素材表面にめっき皮膜が少なくとも原子レベルで全面被覆するまでに決定されるので、素材表面の前処理による清浄化や活性化及びめっき過程である各種イオンの吸着、触媒作用、結晶化過程の制御[1)]が重要なポイントになる。

本稿では、まずめっきの密着性確保のための素材の前処理方法、めっき因子、さらにはめっきの後処理方法等の工業的な指針について述べるとともに、難素材へのめっきの密着性が問題となったケースを中心に、密着性確保のための具体例[2)～9)]について述べる。

９－２　めっきの密着性確保の指針

９－２－１　めっき素材の性状

最近、Ｘ線光電子分光法（XPS）やオージェ電子分光法（AES）をはじめとする極表面分析技術の進歩により、各種材料の表面性状がかなり詳細に明らかにされている。たとえば、めっきする素材は、その製造方法や加工履歴、すなはち、部品に形作られるまでにプレス加工、押出し、冷間・熱間鍛造、転造等の二次加工、さらには熱処理等の表面硬化処理や溶接等の熱影響を受ける場合が多い。

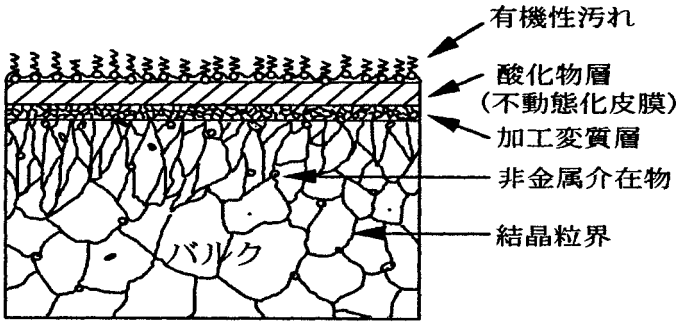


図２－９－１　実用金属材料の断面の模式図

図２－９－１は実用金属材料の断面の模式図を示すが、実際のめっき素材の表層部には有機性汚れ(加工油等)の付着、その下層部には金属酸化物層やスケールの形成、さらには加工変質層や熱影響による非金属介在物の析出等が起こっていることが明らかにされている。

表２－９－１　ＪＩＳによる鉄鋼材料の分類

鉄（炭素量＜0.02%）

- 鋼
  - 普通鋼〔SS(一般構造用圧延鋼材)、SM(溶接構造用圧延鋼材)、SPCC(冷間圧延鋼材)など〕
    【フェライト・パーライト組織】
  - 特殊鋼
    - 機械構造用合金鋼
      - 炭素鋼〔S10C、S20C、S30C、S45C、S55Cなど〕
        【焼きならし・焼き戻しマルテンサイト組織】
      - 合金鋼〔クロム鋼(SCr)、ニッケルクロム鋼(SNC)〕
        【焼き戻しマルテンサイト組織】
    - 工具鋼
      - 炭素工具鋼(SK)、合金工具鋼(SKD)
        【焼き戻しマルテンサイト組織】
      - 高速度工具鋼(SKH)
        【焼き戻しマルテンサイト組織】
    - 特殊用途鋼
      - （低合金系）
        バネ鋼(SUP)、軸受け鋼(SUJ)、快削鋼（SUM）
        【焼き戻しマルテンサイト組織など】
      - （高合金系）
        ステンレス鋼(SUS)、耐熱鋼(SUH)、高マンガン鋼など
        【フェライト系、オーステナイト系など】

鋳鉄（炭素量＞2.14%）――ねずみ鋳鉄（FC）、球状黒鉛鋳鉄（FCD）

表２－９－１には最も多く利用されている代表的な鉄鋼材料[10)]を示す。ここでは、本来めっきし易い素材である鉄鋼材料も鋼種の違いによって、いかに難めっき素材となるかを二、三の表面分析例から紹介する。

(1)冷間圧延鋼板のような酸化物層形成タイプ

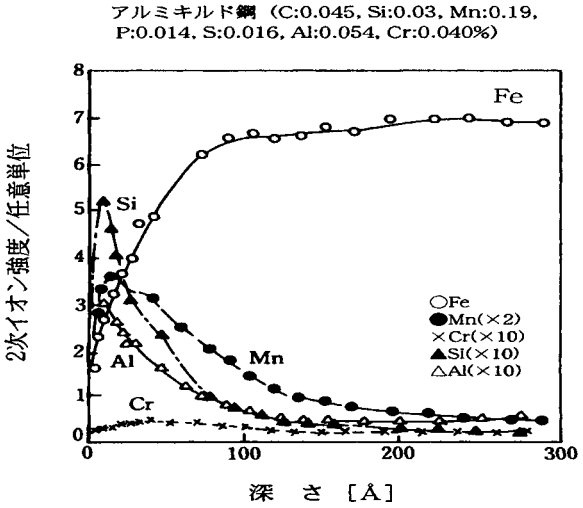


図２－９－２　冷延鋼板（焼鈍後）表面のＩＭＡによる深さ方向分析[10)]

図２－９－２には、冷間圧延鋼板（アルミキルド鋼）表面のイオンマイクロアナライザー（IMA）による深さ方向の分析結果を示す[11)]。冷間圧延鋼板は、その製造の最終工程において焼鈍されるため、表面にはγ-Fe_2O_3と Fe_3O_4の二層構造をもった厚さ約 100Å程度の 酸化皮膜が形成されており[12)]、さらにこの他に図２－９－２に示すように、Si、Mn、Al、Cr 等の酸化されやすい元素が酸化物として濃縮されている。表層部は一見、非金属素材に近い様相を呈している。この酸化物層の除去が密着性改善のポイントになる。特に、スマットの除去については、陽極電解脱脂やめっき直前での酸電解が効果的である。また、工業的によく利用されている炭素鋼では、焼入れ等の熱処理に起因する密着不良が多い。これは、焼入れ油が素材に焼付き、通常の脱脂では油成分の除去が困難なためで、ブラストやホーニング処理等の機械的な前処理が必要となる[3)]。

(2)炭素工具鋼のような介在物含有タイプ

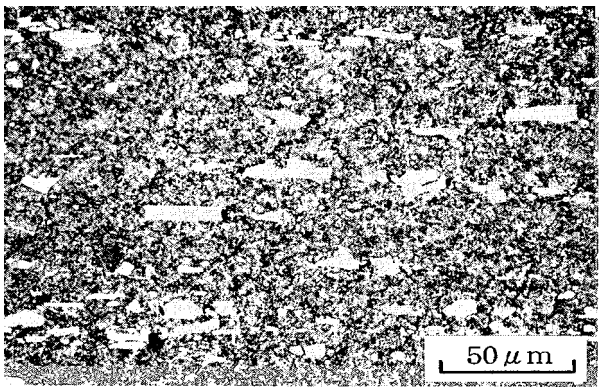


図２－９－３　炭素工具鋼の顕微鏡組織写真

図２－９－３には、高硬度の炭化物（写真の白部）が分散することによって、靱性と耐摩耗性を兼ね備えた炭素工具鋼（C:1.4,Cr:11.0,Mo:0.8,V:0.2%）の顕微鏡組織写真を示す。この素材に、さらに耐摩耗性を付与するために、硬質クロムめっきが施されるが、素材表面に偶然に露出した炭化物（いわゆるセラミックス粒子）粒子上で密着不良になりやすい。特に、最近のめっき素材は、高性能化のニーズに対応して、数 nm からμm オーダの微小な析出物が分散する粒子分散型合金を利用する傾向にあり、イオウや鉛化合物が分散している快削鋼や快削黄銅、りん化物が分散しているりん青銅等がめっき素材として用いられている。こうした介在物含有型のめっき素材では、ブラスト処理や研磨加工等の機械加工や酸洗液の濃度を低くしたり、浸せき時間もできるかぎり短くすることなどの前処理やストライクめっきが密着性改善に有効である。一方、熱処理によってマルテンサイト組織に調質された炭素鋼、合金鋼、工具鋼等は、水素脆性を起こしやすいので注意が必要である。

(3)ステンレス鋼のような強固な酸化皮膜形成タイプ

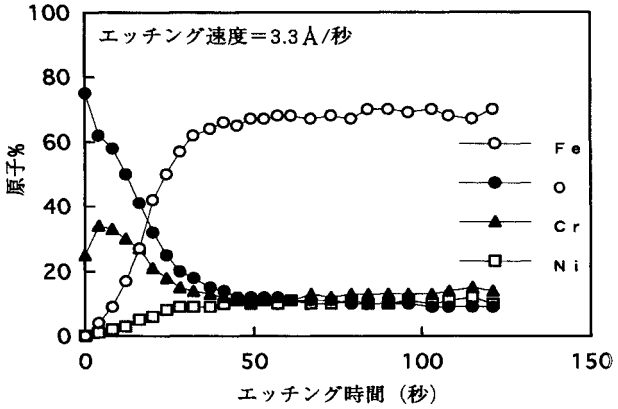


図２－９－４　ステンレス鋼のＸＰＳによる深さ方向分析

図２－９－４にはXPSによるステンレス鋼（SUS304）の深さ方向の分析結果を示す[13)]。表面から約 150Å付近まではクロムの酸化物層が形成されており、150Å以上の深さからはじめてステンレス本来の組成になっているのがわかる。こうしたステンレス鋼、チタン、ベリリウム銅等に代表される強固な酸化皮膜形成タイプの金属では、還元性雰囲気での前処理やめっきが必要で、ブラスト処理や混酸による酸洗、酸電解による活性化後、塩酸酸性のニッケルストライクめっき等が密着性改善に有効である[4)]。

以上のように一口に鉄鋼材料といえども、鋼中へのニッケルやクロム等の特殊元素の含有量の多少や熱処理の影響により、めっきの難易度も大きく異なるが、めっき現場のトラブルと対策という観点から、素材別及びめっき別の前処理方法が多く提案されている。

ところで、ここで問題なのは、めっきし易い鋼と難めっき素材である鋼を、眼で見て判別することは不可能なことである。当然これらの対策として、どのような製造履歴や加工

履歴を受けているのかを知ることが密着性の観点から極めて重要である。このためには、まずは、ユーザからこの素材の加工履歴や鋼種が JIS のどれに相当するのか等を聞き出すことが大切である。しかし、素材の鋼種や性状が不明の時には、試験や分析をしなければならない。一般的には次のような方法により素材の種類や加工履歴等を調べることができる。

①硬度計（たとえばビッカース硬度計）による素材の硬さ測定

熱処理された素材は、未処理品に比較して硬くなるので、ビッカース硬度計等の硬さ測定により、素材が熱処理品かどうか判定できる。熱処理品や浸炭、窒化処理されたものは、水素脆化が起こりやすいので注意が必要である。

②光学顕微鏡に金属組織の観察

顕微鏡組織観察から、結晶粒の大きさ、フェライト組織・パーライト組織・マルテンサイト等の金属組織、介在物や析出物等の有無、浸炭・窒化処理等の有無など、熱履歴や加工履歴に関する多くの情報が得られる。

③化学分析や機器分析による素材の同定

グラインダーによる火花試験から鋼中の炭素量の多少が推測できる。しかし、素材が何であるかを調べる最も確かな方法としては、化学分析や蛍光Ｘ線、Ｘ線マイクロアナライザー（EPMA）等による機器分析法がある。たとえば、分析元素として、まず炭素量がわかれば、低炭素鋼か高炭素鋼であるかどうかがわかる。ニッケル及びクロムの量がわかれば、18-8 ステンレス鋼（SUS304）か 18Cr ステンレス鋼（SUS430）であるかなど、ほとんどの鋼種が推定できる。その他、鉛、イオウ等は微量でも密着性に大きな影響を与えるので確認が必要な場合がある。さらに、素材表面の詳細な情報については、走査型電子顕微鏡や EPMA、XPS 等による表面／断面からの観察及び分析が貴重な情報を与えてくれる。

これらの分析評価解析機器は、全国のほとんどの公設試験研究機関に設置されており、一般に開放利用できるようになっている。めっきの素材に関する情報を知ることによって初めて最適な前処理方法を決めることができる。

９－２－２　前処理

(1)金属系素材

表２－９－２　代表的なめっき前処理

前　処　理　工　程	目　　的	備　考
(1)残留応力除去焼鈍	◎素材の応力除去	
(2)脱脂（浸漬、＋/－電解、高速電流反転 PR、超音波併用）	◎油等の有機性汚れの除去	
(3)ブラスト、ホーニング等の機械的処理	◎酸化物除去、表面の粗化	水素脆性
酸洗（浸漬、＋/－電解）、	スマット除去	
エッチング	表面の粗化	(P),(C)
(4)酸浸漬	◎活性化	
逆電解処理、高速電流反転	酸化皮膜除去、素材の溶解	
ジンケート処理（Zn結晶核）	再酸化防止	Al、Mg
ｾﾝｼﾀｲｻﾞｰ・ｱｸﾁﾍﾞｰﾀ処理（Pd結晶核）	触媒付与	(P),(C)
(5)ストライクめっき	◎酸化物還元作用、表面清浄	難めっき
Ni（塩酸酸性浴）	拡散防止、酸素の捕捉、接着剤	素材
Cu （シアン浴）		
(6)水洗（各めっき工程間・仕上げ洗浄）	◎表面清浄	溶存酸素

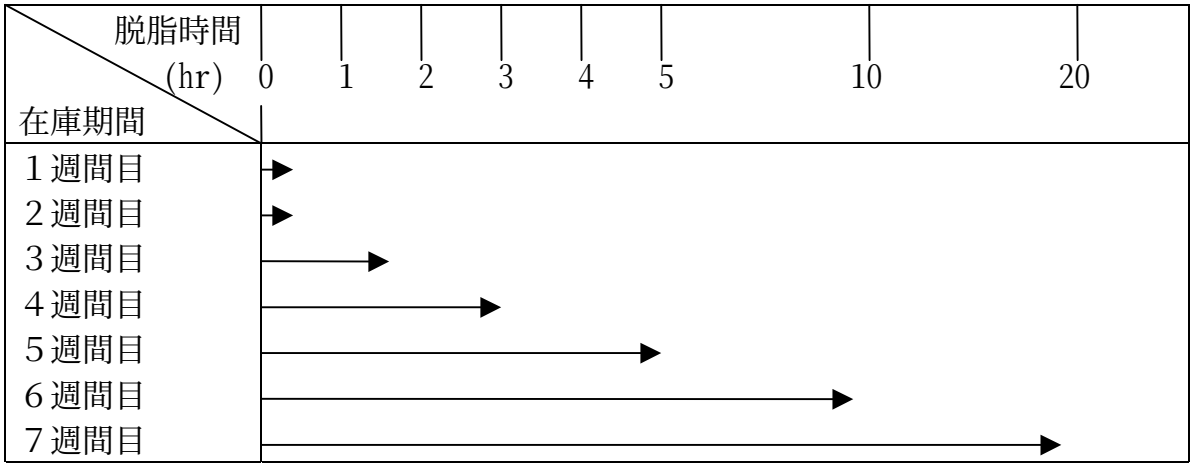
(P):プラスチック、(C):セラミックス

表９－２－２は、めっき工程で利用されている代表的なめっき前処理方法とその目的をまとめて示す[13)]。工業的なレベルでの前処理は、「めっき製品が実使用条件下において、密着性の問題を生じないレベルまで表面を清浄化（脱脂及び酸洗）および活性化すること」である。湿式プロセスであるめっきの前処理工程では主に化学的処理方法が用いられているが、難素材ではブラストやホーニング等の機械的処理法も利用されている。

①脱　脂

各種の加工履歴を受けためっき素材には、図２－９－１に示したように、各種の油分（潤滑油、グリース、切削油、さび止め油）等の有機性汚れが付着している。これらは主にけん化性の植物性油脂と不けん化性の鉱物油である。一般に植物性油脂は高温アルカリ性水溶液でけん化除去され、鉱物油は適当な有機溶剤による分解あるいは界面活性剤による乳化で除去できる。久米ら[14)]のアルカリ浸漬脱脂の研究によると、深絞り用プレス油やタップ油などの粘性が高く、硫黄や塩素を含む油は除去しにくい。防錆油では溶剤希釈型の油はとれやすいが、油膜型さび止め潤滑油は除去しにくいことを明らかにしている。一般的なアルカリ脱脂のうち、浸漬脱脂は予備脱脂、電解脱脂は仕上げ脱脂と考えられている。さらに、脱脂力の向上のため、陰極・陽極電解、揺動、超音波が併用されている。

表２－９－３　プレス加工品の在庫期間と脱脂時間



(備考)試験片：55×75×1.0 タンシート

試験油：深絞り用プレス油（成分；鉱物油、油脂、塩素化合物、硫黄化合物、防錆添加物）

評　価：各試験片をアルカリ洗浄液へ浸漬し、100%水濡れに要した時間。

（資料：中小企業事業団「脱エタンのための現場用手引書・プレス編」）

表２－９－３には、プレス加工されためっき素材の在庫期間(各種の加工後、めっきされるまでの時間)と脱脂に必要な時間との関係を示す[15]。プレス加工の際に利用したプレス油は２週間程度の放置であれば、脱脂は 30 分以内で容易に除去できるが、加工後３週間以上放置された素材では、その脱脂性が極端に悪化していくことがわかる。

表２－９－４　二次的な汚れと洗浄の難易度

プレス油の分類		ストレート(加工直後)	二　次　的　な　汚　れ					
大分類	小分類		ほこり	金属粉	付着油の酸化	付着油の酸化＋ほこり＋金属粉	二 次 加 工	
							油の閉じ込め	溶接
薄　板打抜油	乾燥型	◎	◎～○	◎～○	－	◎～○	－	－
	半乾燥型	○	○	○	△	△	△	×
厚　板打抜油	一般打抜	○	○	○	△	△	×	××
	精密打抜	△	△＊	△＊	×	×	××	××
ﾄﾗﾝｽﾌｧｰ用ﾌﾟﾚｽ油	非水溶性	○	○	○	×	×	×	××
	水溶性	○	○	△～×	×	×	××	××
ﾀﾝﾃﾞﾑ用ﾌﾟﾚｽ油	非水溶性	○～△	○～△	△	×	×	××	××
	水溶性	○	○	△～×	×	×	××	××
しごき用ﾌﾟﾚｽ油	非水溶性	△	△	△	×	××	××	××
	水溶性	△	△	×	×	××	××	××

（注）◎：無洗浄も可(めっきの場合、洗浄は必要)　×：洗浄困難

○：洗浄性良好　××：洗浄不能

△：洗浄性やや困難　＊：添加剤が多いやめ洗浄しずらい

（資料：中小企業事業団「脱エタン現場マニアル」）

表２－９－４にはプレス加工された後に、さらに溶接等の二次加工されたことによる汚れ付着とその洗浄性の難易度を示す[15)]。プレス加工直後では、いづれの加工油でも完全に除去できるのに対して、二次的加工を受けた素材表面では清浄化が困難になっていくことが明らかにされている。脱脂剤や脱脂方法を選択する際には、めっき素材にどのような油が付着しているのか、さらに加工後、めっき工場に運ばれるまでの時間経過等も把握しておかないと不十分な脱脂となり、密着不良の原因になる。めっき素材の加工履歴だけでなく、加工後の素材の管理状況も把握しておくことがいかに重要であるかよく理解できる。

なお、金属素材の予備脱脂として利用されていたトリクロロエタンやトリクロロエチレン等の塩素系有機溶剤は環境問題から規制され、最近では塩素系有機溶剤の代替洗浄方法が開発されている。これらの最近の内容については、全国鍍金工業組合連合会・電気めっき業構造改善事業者関連事業者編の「めっきめき加工における脱塩素系有機溶剤の手引」[15)]に詳しく述べられている。

②酸　洗

酸洗には、スケール除去のために比較的長時間行うピックリング、目に見えない程度の表面酸化物皮膜を除去するディッピング（酸浸漬）、プレス加工や鍛造等の二次加工による加工変質層を除去するエッチングなどがある。いずれの場合も酸洗液としてよく用いられるのは5～10%硫酸（65～88℃）と5～10%塩酸（40℃以下）である。酸洗特性としては、厚いスケール除去では硫酸の方が塩酸よりも優れている。これはスケールに対する溶解能の差に起因している。また、鉄さびの場合、硫酸よりも塩酸の方が早くさびを除去できることが知られている。しかし、塩酸はガスを発生しやすいのが欠点である。化学的酸洗でもスケールが除去できない場合、電解酸洗が行われる。酸の特性をよく理解して使用することが肝要である。

一方、機械的な方法としては、研磨剤を吹き付けてスケールを除去するブラスト法、小物部品に用いられるバレル研磨法やバフ研磨法がある。これらの方法は、熱処理された素材や水素脆性が問題となるような高強度材のスケール除去や凹凸形状の形成にともなうアンカー効果付与方法として利用されている。

ところで、実験室では手早く活性化や水洗が行われるので密着性に問題が生じなくても、自動機では工程タクトにより密着性が問題となることをよく経験する。特に、脱脂から酸洗と前　処理工程が進むにつれ表面は活性化されるが、金属表面が清浄になればなるほど、水洗水の純度（溶存酸素濃度等）や水洗時間、水洗温度が密着性に大きな影響を与えるようになる。

(2)プラスチック素材

一般的な前処理としては、脱脂→エッチング（樹脂成分の一部を溶解し、表面に微少な凹凸を付ける）→パラジウム触媒付与が行われ、この後、無電解めっきが行われている。

プラスチックへの無電解めっきの密着性は、樹脂表面の凹凸や隙間によるアンカー効果だけでなく、樹脂表面に存在する極性基も密着性向上に関与していると考えられている[16)]。

最近、樹脂表面を硫酸処理することにより、樹脂表面にカチオン交換基であるスルホン基を導入し、イオン交換反応によるニッケルイオンの吸着及び還元処理のプロセスにより、樹脂表面に無電解めっきを用いずに直接に成膜する“ダイレクト”めっき法[17)]が開発されている。

(3)セラミックス素材

セラミックス素材の一般的な前処理としては、脱脂→エッチング（ふっ化水素酸による微小孔の形成）→キャタリスト・アクセレーターによるパラジウム触媒付与後、無電解めっきを行う。セラミックスの場合、初期析出形態の違いにより素材アンカー部への皮膜の入り込みの違いが生じ、密着強度に大きな差が生じることが指摘され、無電解めっき皮膜の密着強度の向上のためには、数 100 Å程度の初期析出過程での皮膜の析出形態を緻密で均一にする必要性が強調されている[18)]。現場的には、初期析出速度を大きくするため、めっき直前での素材の温度向上のための湯洗や金属イオンだけを抜いためっき液への浸漬などの工夫がなされている。

表２－９－５（引用文献の後）には、素材別に提案されている前処理方法[5),14)]をまとめて示す。

９－２－３　密着性を向上させるためのめっき因子

めっき皮膜と素地金属との密着性は、素地金属上へのめっきの初期析出過程と深く関わっている。透過電子顕微鏡によるめっき皮膜の断面観察結果では、めっきの初期には素地金属とめっき皮膜とは原子レベルで整合性をとるために、ミスフィット転位やミスフィット双晶等の格子欠陥が形成されることが明らかにされ、素地金属／めっき皮膜界面構造が密着力に大きな影響を及ぼすことが指摘されている[19)]。さらに、めっき初期析出過程においては、非常に大きなめっき応力が発生することが知られている。すなわち、ある大きさ以上の引張応力が発生した場合にはめっき皮膜がはく離しやすく、同様に大きな圧縮応力が発生した場合にはめっき皮膜に経時ふくれが発生しやすいと考えられている。めっき応力の制御のためのめっき浴組成（光沢剤、不純物等）及びめっき条件（電流密度、PH、かく拌、ろ過、陽極等）の充分な管理が必要となる。現場的には、前処理浴あるいはめっき浴中への銅イオンなどの不純物の蓄積に起因する置換析出によるめっき皮膜の密着不良をよく経験する。処理液の劣化度の判定や素材の表面清浄度の評価方法の確立が重要である。また、酸化物皮膜の除去のため短時間の陽極処理や電流反転等の電流波形制御も密着性改善に効果的である。また、難素材へのめっきで最も効果的な方法としては、強塩酸酸性浴からのニッケルストライクめっきや通常のめっき浴組成濃度を低くし大電流でめっきを行なう銀ストライクめっきや銅ストライクめっき等、各種ストライクめっきが密着性改善に著しい効果があることがよく知られている。

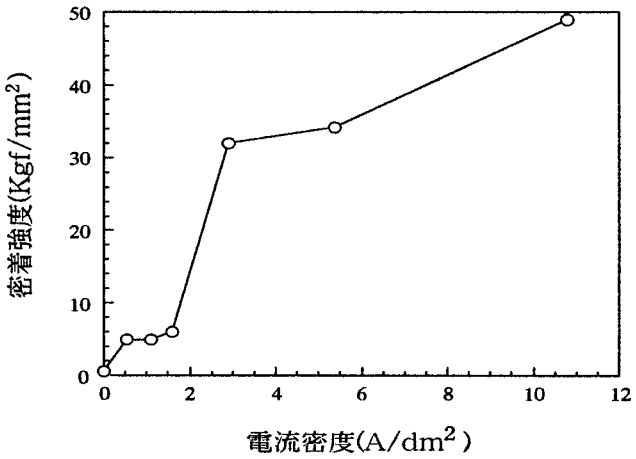


図２－９－５　ステンレス上へのニッケルストライクめっき
の密着強度に及ぼす電流密度の影響

図２－９－５には、ステンレス上へのニッケルストライクめっきの密着強度に及ぼす電流密度の影響を示す[20]。電流密度が 3A/dm^{2}以上になると陰極表面還元作用が急激に大きくなることがわかる。また、素材表面を極めて薄く「新鮮な」ニッケルに置き換えるため各種の難めっき素材への密着性の改善に大きな役割を果たしている。

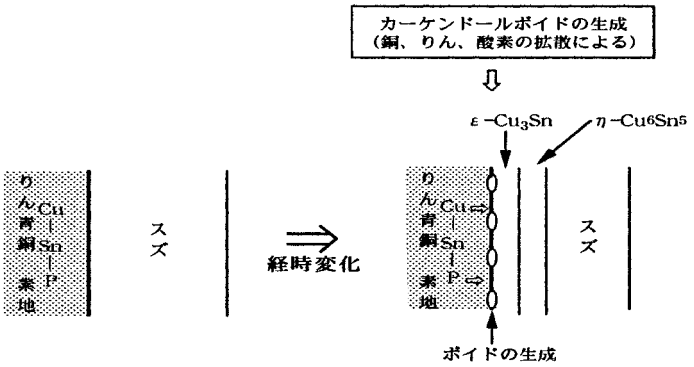


図２－９－６　りん青銅上へのスズめっきの経時はく離の模式図

図２－９－６にはりん青銅上へのスズめっき皮膜の経時はく離現象の模式図を示す。りん青銅上へのスズめっきのように、めっき直後には密着性が良好であったものが、拡散などの熱的過程を含む金属学的な変化により、経時的に密着性が低下してはく離する経時はく離（熱はく離）の問題がある[21]。この原因としては、素材であるりん青銅中の銅及びりんがスズめっき層中に拡散し、スズめっき層側にε-Cu_3Sn とη-Cu_6Sn_5の金属間化合物形成する。この時、素材とめっき層の界面で、お互いの原子の相互拡散速度の差異に基づいて、ボイド（空孔）が形成され、はく離が発生すると考えられている。このような原子の相互拡散速度の差異に基づいて形成されるボイドをカーケンドールボイドと呼ばれている。こうした各種元素の拡散に起因する経時はく離には、拡散を防止する中間層を設け

ることにより密着性の低下を防止できる。

９－２－４　後処理

密着性改善のために、めっき直後に加熱処理することが行われている。たとえば、無電解ニッケルめっきでは素材別に密着性向上のための熱処理温度（Fe 系：210℃、Cu 系：190℃、Al 系：160℃）が提案されている[22]。 鉄上への無電解ニッケルめっきでは、その界面に Fe と Ni の相互拡散層が形成されることにより、密着性が改善されている[23]。

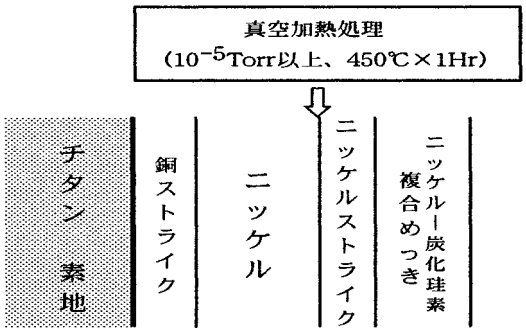


図２－９－７　チタン上へのめっきの皮膜構成と加熱処理

図２－９－７には強固な酸化皮膜を形成するチタン上へのめっき皮膜の構成を示す。チタン上へのめっきでは、前処理として、ブラスト処理等の機械的前処理、混酸によるピックリングやエッチング処理が必要である。また、銅ストライク及びニッケルめっき後に、後処理としての真空加熱処理が不可欠である。黒澤らは、10^{-2}Pa×550℃ の条件で Ti／Cu／Ni 間に良好な相互拡散層が形成されると報告している[24]。

一方、セラミックスやプラスチック上へのめっきでも密着性に及ぼす加熱処理の効果が多く報告されている[25), 26]。 この加熱処理は、界面に存在する格子欠陥の除去や内部応力の緩和や素材とめっき皮膜界面への適当な反応層の形成効果を有するものと考えられている。

９－３　密着性確保の具体例

(1)経時はく離（熱はく離）を防ぐ銅ストライクめっき層の形成

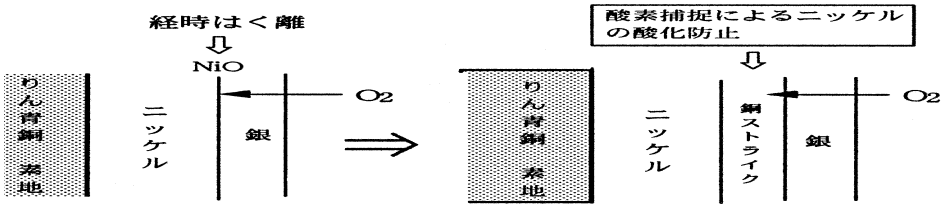


図２－９－８　りん青銅上へのニッケル／銀めっきの径時はく離と銅ストライクめっき

図２－９－８は、りん青銅上へのニッケル／銀めっきの経時はく離と銅ストライクめっきによる密着性の改善例を示す。銅めっき層が上層の銀めっき層から透過拡散してくる酸素の捕捉剤として作用し、下地の Ni めっき界面の酸化を抑制するために、Ni 表面でのはく離を防止できることを報告している[27)]。

(2)熱膨張係数差を緩和する皮膜の構成

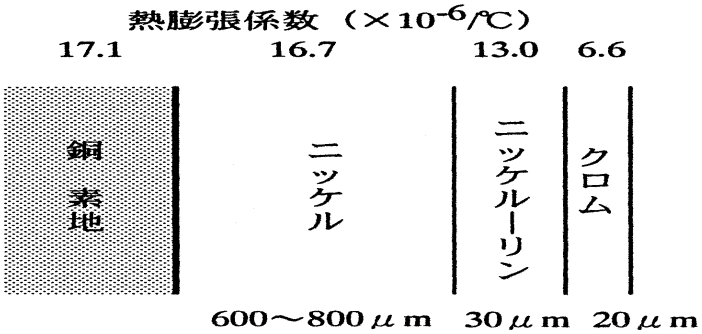


図２－９－９　銅素地とクロムめっきとの熱膨張差を緩和する皮膜構成

鉄鋼の連続鋳造用鋳型など、めっき製品の使用環境が連続的に熱応力を受ける場合、銅素材とクロムめっきの熱膨張係数差によるはく離を回避する方法[31)]として、図 2-9-9 に示すように素材と最表層めっきの間に熱膨張熱差を緩和するような皮膜構成を考慮し、ニッケル及びニッケル-りん合金の中間めっき層を設ける多層めっきが実用化されている[28)]。

(3)その他

①浸炭や窒化処理等の熱処理表面へのめっき

素材表面の活性化が困難なため、ブラストやホーニング等の機械的前処理、電解酸洗浄が効果的である[3)]。

②高炭素鋼や高張力鋼へのめっき

厚い酸化膜やスマットが形成されやすいが、水素脆性の問題があるため、陰極電解脱脂や強い酸洗は避けたい。ブラスト等の機械的前処理と陽極電解脱脂や陽極電解洗浄が有効である。

③アルミニウムやマグネシウムへのめっき

活性な金属へのめっきでは、エッチングにより酸化皮膜を除去すると同時に新しく露出した表面に亜鉛置換を行い、再酸化を防ぎ（ジンケート処理）、この後、通電しながらシアン化銅ストライクめっき浴へ浸漬、めっきする方法が一般的である。

④亜鉛ダイカストへのめっき

酸活性後の水洗が不十分な時、経時はくりを起こす場合がある。ダイカスト品ではチル層（急冷された表層の組織が緻密な層）から内部方向にスマット成分や巣などが多く、めっき条件としては悪くなる傾向にある。チル層を残すように前処理をできる

限り軽くすることが経験的によい結果をもたらしている[4)]。

⑤多孔質な素材へのめっき

焼結金属や鋳鉄の巣などの多孔質に起因する密着不良個所には、通常、脱脂剤成分の残留が認められる。このため、孔部に樹脂を含浸させて封孔するか[4)]、超音波を併用した温水／冷水の交互水洗や減圧を利用して孔部での液の交換を促進させながらめっきするなどの対策が行われている。

⑥フッ素樹脂（テフロン、PTFE）へのめっき

ヒドラジン雰囲気下でのエキシマレーザ（ArF） 照射により、PTFE 膜が親水化できることを利用して、親水性 PTFE 膜上に密着性の良好な Cu、Ni 無電解めっきが可能なプロセスが開発されている[29)]。

９－４　まとめ

密着性に及ぼす要因について、素材、前処理、めっき因子及び後処理及という観点から整理した。密着性が実際に問題になるケースは、ユーザから受ける素材の内容（製造履歴や加工履歴等）が不明であったり、前処理液やめっき液への不純物の蓄積や液の劣化、水洗水質に起因するものなど現場の管理の良否に関わるものも多い。また、実際問題として通常のめっき工場において、教科書どおりに素材別に個別に前処理やめっきラインを準備するのは困難であり、めっき装置や設備に起因するケースも少なくない。本稿では、諸先輩の密着性のトラブル解決方法を参考にさせていただいたが、密着性の問題が生じた時の解決の一つの指針として、参考になれば幸いです。

【引用文献】

1)榎本英彦ら：合金めっき、P.6（日刊工業新聞社、1987）
2)平松実ら：表面技術,48,687(1997)
3)矢部賢：表面技術,48,420(1997)
4)矢部賢：表面技術,47,919(1996)
5)全国鍍金工業組合連合会：昭和 59 年度活路開拓調査指導事業報告書 P.4 (1985)
6)日本表面処理（めっき）機材工業協会編集委員会：実務表面技術 32,373(1985)
7)斉藤いほえ：実務表面技術,33,286(1986)
8)石原祥江ら：先端技術に対応するめっきの基礎、P.146（槇書店、　1994）
9)村田信：実務表面技術,33,318(1986)
10)大和久重雄：熱処理技術マニュアル,P18（日本規格協会、1988）
11)前田重義：金属表面技術,31,352(1980)
12)日本表面科学会編：表面科学の基礎と応用、P.670(（株）ﾌｼﾞ･ﾃｸﾉｼｽﾃﾑ、1991)
13)平松実ら：表面技術,46,13(1995)
14)全国鍍金工業組合連合会・技術委員会：現代のめっき技術、p.5(1997.11)
15)全国鍍金工業組合連合会・電気めっき業構造改善事業関連事業者：
　めっき加工における脱塩素系有機溶剤の手引き、p.11(1997.11)
16)本間英夫：実務表面技術,33,484(1986)
17)縄舟秀美ら：回路実装学会誌,10,4　57(1995)
18)逢坂哲弥ら：表面技術,40,834(1989)
19)渡辺徹：金属表面技術,40,122　1(1989)、41,351(1990)、41,652(1990)
20)全国鍍金工業組合連合会：昭和 59 年度活路開拓調査指導事業報告書 P.105(1985)
21)深町一彦ら：表面技術,42,1026(1991)
22)JIS ハンドブック 金属表面処理 P.247（日本規格協会、1992）
23)Kwang-Lung Lin ら：J.Electrochem.,Soc.,137,1509(1990)
24)黒澤一吉ら：表面技術,46,547(1995)
25)澤井秀夫ら：表面技術,42,888(1991)
26)森河努ら：大阪府立産業技術総合研究所報告、No.2,　29(1989)
27)珍田聰ら：表面技術,45,78(1994)
28)㈱サトーセン：マルチコーティング技術資料
29)矢部明ら：上村ﾃｸﾆｶﾙﾚﾎﾟｰﾄ,No.35,3(1995)

表２－９－５　素材別前処理方法

(1)低炭素鋼

①溶剤脱脂 → ②浸漬脱脂 → ③水洗 → ④電解脱脂(陰または陽極) → ⑤水洗 →
→ ⑥酸洗 → ⑦水洗 → ⑧電解脱脂（陽極） → ⑨水洗 → ⑩酸中和 → ⑪水洗 →
→ めっき

(2)高炭素鋼

①ショットブラスト等の機械的処理 → ②溶剤脱脂 → ③浸漬脱脂 → ④水洗 →
→ ⑤電解脱脂（陽極） → ⑥水洗 → ⑦酸洗 → ⑧水洗 → ⑨スマット除去 →
→ ⑩水洗 → ⑪陽極電解洗浄 → ⑫水洗 → めっき

(3)銅および銅合金

①浸漬脱脂 → ②水洗 → ③電解脱脂（陰極） → ④水洗 →
→ ⑤酸浸漬（硫酸 5～10%または塩酸 10～20%、3～15 秒） → ⑥水洗 → めっき

(4)亜鉛ダイカスト

①脱脂（溶剤または浸漬脱脂） → ②水洗 → ③電解脱脂（陽極） → ④水洗 →
→ ⑤酸浸漬（硫酸 0.25～0.5%、室温、25～45 秒） → ⑥水洗 → ⑦ｼｱﾝ化銅ｽﾄﾗｲｸ →
→ めっき

(5)アルミニウム

①浸漬脱脂 → ②水洗 → ③酸浸漬（硝酸 50%、室温、30～60 秒） → ④水洗 →
→ ⑤ジンケート処理 → ⑥水洗 → ⑦シアン化銅ストライク → めっき

(6)ステンレス鋼

①浸漬脱脂 → ②水洗 → ③電解脱脂（陽極） → ④水洗 →

→ ⑤活性化（酸電解(陰極)、例えば硫酸 5～50%、室温、0.5～2.5 A/dm^2) → ⑥水洗 →

→ ⑦ニッケルストライク（塩化ニッケル＋塩酸） → めっき

(7)チタン

①表面洗浄（通常の方法による洗浄） →

→ ②ピックリング（フッ化水素酸 1：硝酸 2、室温、赤色発煙まで) → ③水洗(冷水) →

→ ④エッチング(重クロム酸ナトリウム 254g/L＋フッ化水素酸 46ml/L、82～98°C、20 分) →

→ ⑤水洗 → ⑥電気めっき（クロム、硫酸銅、ニッケル） →

→ ⑦熱処理（アルゴンガス中、1～5 時間、430～650°C）

(8)モリブデン

①アルカリ洗浄（電解脱脂、鉄鋼用浸漬脱脂も可） →

→ ②活性化（陽極エッチング、硫酸 885g/L＋りん酸 720g/L、7～8A/dm^2、室温、2～3 分） →

→ ③エッチング（ﾌｪﾘｼｱﾝ化ｶﾘｳﾑ 300g/L＋水酸化ｶﾘｳﾑ 98g/L、10A/dm^2、1 分、85°C） →

→ ④クロムストライク（無水クロム酸 500g/L ＋ 硫酸 5g/L） → ⑤ニッケルめっき

(9)タングステン

①サンドブラスト（表面汚染物除去） → ②浸漬脱脂（熱アルカリ洗浄液中） →

→ ③陽極エッチング（水酸化カリウム 30g/L、48～60°C、2～3 分） → ④水洗 →

→ ⑤中和(10%硫酸) → ⑥水洗 → ⑦ｸﾛﾑｽﾄﾗｲｸ（無水ｸﾛﾑ酸 250g/L＋硫酸 2.5g/L、15～25A/dm^2、60～72°C、1～3 分、通電のまま) →

→ ⑧水洗 → ⑨酸活性化（20%塩酸、2～5 秒） → ⑩水洗 →

→ ⑪ﾆｯｹﾙｽﾄﾗｲｸ（硫酸ニッケル浴、5～10A/dm^2、21～33°C、2～5 分) → ⑫水洗 → めっき

(10)マグネシウム

①浸漬脱脂（ｶｾｲｱﾙｶﾘ浴、PH12 以上）→ ②ピックリング（りん酸 1.35～1.50kg/L、室温、1～5 分）、緩やかに攪拌 →

→ ③活性化（酸化防止のためﾌｯ化物で被覆、りん酸 260g/L＋酸性ﾌｯ化ｱﾝﾓﾆｳﾑ 60g/L） →

→ ④ジンケート処理（硫酸亜鉛 10g/L＋ﾋﾟﾛりん酸ﾅﾄﾘｳﾑ 80g/L、1～5 分、緩やかに攪拌) →

→ ⑤銅ストライク（シアン化第一銅 41g/L＋ｼｱﾝ化ｶﾘｳﾑ 68g/L＋ﾌｯ化ｶﾘｳﾑ 30g/L、0.5～2A/dm^2、PH9.6～10.4、54～60°C、緩やかに攪拌、1～2V 印加しながらめっき槽へ。ガスが発生しないように手早く電圧調整) → めっき

(11)セラミックス

A．金属セラミックス

A-1 モリブデンーマンガン金属化セラミックス

①脱脂 → ②不必要の Mo-Mn 除去（フェリシアン化カリウム 200g/L＋水酸化カリウム 100g/L、30～50 秒浸漬 →

→ ③水洗(イオン交換水) → ④アルカリ浸漬（水酸化ｶﾘｳﾑ 10g/L、100°C、10～15 分) →

→ ⑤水洗(イオン交換水) → ⑥酸浸漬(10%塩酸、2～5 秒) → ⑦水洗(イオン交換水) →

→ ⑧活性化（塩化パラジウム 0.01～0.1g/L＋塩酸 1ml/L、室温、30 秒浸漬） →

→ ⑨水洗（イオン交換水） → ⑩無電解 Ni-B めっき

A-2 タングステン金属化セラミックス

①アルカリ脱脂（超音波） → ②水洗（超音波） →

→ ③タングステン活性化（フェリシアン化カリウム 200g/L＋水酸化カリウム 100 g/L、40°C、20～50 秒浸漬） →

→ ④水洗 → ⑤酸浸漬（亜硫酸水素ナトリウム 60～90g/L） → ⑥水洗 →

→ ⑦活性化(塩化パラジウム 0.01～0.1g/L＋塩酸 1ml/L、室温、30 秒浸漬) → ⑧水洗 →

→ ⑨無電解ニッケルめっき

B．金属化していないセラミックス

B-1 アルミナ系

①アルカリ脱脂（超音波） → ②水洗（超音波） → ③エッチング（フッ化物溶液） →

→ ④水洗(超音波) → ⑤感受性化(塩化第一すず5～20g/L＋塩酸1～5ml/L) → ⑥水洗 →

→ ⑦活性化（塩化ﾊﾟﾗｼﾞｳﾑ0.5～1g/L) → ⑧水洗 → ⑨無電解ニッケル → ⑩水洗 →

→ ⑪電気めっき

B-2 チタン酸バリウム系

①アルカリ脱脂 → ②水洗 → ③エッチング（フッ化物溶液） → ④水洗 →

→ ⑤感受性化（塩化第一すず5～20g/L、室温、1～2分） → ⑥水洗 →

→ ⑦活性化(塩化ﾊﾟﾗｼﾞｳﾑ0.5～2g/L) → ⑧水洗 → ⑨無電解ニッケル → ⑩水洗 →

→ ⑪電気めっき

(12)プラスチック（ ABS樹脂の場合）

①脱脂（りん酸ﾅﾄﾘｳﾑ20g/L＋ﾎｳ酸ﾅﾄﾘｳﾑ20g/L＋界面活性剤2g/L、40～60℃、3～5分） →

→ ②水洗 → ③ｴｯﾁﾝｸﾞ(ｸﾛﾑ酸400g/L＋硫酸400g/L、65～75℃、5～15分) → ④水洗 →

→ ⑤中和（塩酸50ml/L,室温、0.5～2分） → ⑥水洗 →

→ ⑦ｷｬﾀﾘｽﾄ(塩化ﾊﾟﾗｼﾞｳﾑ0.2g/L＋塩化第一すず5～20g/L＋塩酸100～200ml/L、室温、2～5分) →

→ ④水洗 → ⑤感受性化（塩化第一すず5～20g/L＋塩酸1～5ml/L） → ⑥水洗 →

→ ⑦活性化（塩化ﾊﾟﾗｼﾞｳﾑ0.5～1g/L) → ⑧水洗 → ⑨無電解ﾆｯｹﾙ → ⑩水洗 →

→ ⑪電気めっき

第３部　めっき品質検査に関する技術技能

３－１　はじめに

平成７年に製造物責任（ＰＬ：Products Liability）法が施行されましたが、国際的な品質保証の規格であるＩＳＯ ９０００ の審査登録を受けた事業所は 1995 年末、日本で約２千８百、世界で１２万７千といわれ、対象業種は、ほぼ導入を済ませた電機、機械、鉄鋼、化学から、最近では建設、自動車、食品へと拡大しています。政府各省庁でも、調達先の管理基準に、この認証制度を採用することが検討されている段階です[1)]。

近年は、めっき加工された日用品にも永久保証をセールスポイントにしたもの（筆記用具）さえ現れ、ＩＳＯの認証を受けためっき工場も３０社を超えると推計されます。品質保証できる管理システムに造られた製品でなければ世の中に通用しなくなったのです。

1987 年の制定当初から 1993 年までのＩＳＯ ９０００ シリーズには、特殊工程として独立の項を設け、めっき・溶接・熱処理など、製品検査では、使用段階の機能障害を検出できない工程を特別な管理の対象にするように決めていましたが、1994 年以降の新版では、この項は消え、使用段階の保証のためには、どの製造工程も同じように厳格な工程管理をが必要であるとの認識がみられます。

実質的に、めっきなどの特殊工程は 1994 年版から、従前に規定されていた①項に加え、次の①②の両方を実施するよう要求されています。

① 工程パラメータ（管理上の各種の要件）の連続的な監視および管理を行うこと

② 認定された者（有資格者）が作業をすること（従前から溶接は資格を要した）

めっきなどの特殊工程を筆頭に、物造りに徹し、その要求がなくても、品質管理を品質保証にまで推し進めた日本独特のＴＱＣを、ＩＳＯ ９０００ に備えて再構築し、改めて日本の物造りが世界をリードするように努力する必要があります。

３－２　品質管理から品質保証へ

３－２－１　品質管理と品質保証の違い

製造物責任(ＰＬ)法と、ＩSO ９000の時代を迎え、ＴＱＣ（Total Quality Control）を進めて、造ったものは、全てその品質を保証（Quality Assuranace：ＱＡ）する態勢を整えて置くことが必要になった。

品質を保証するとは、「品質に責任を持つ」と言うことであるが、めっき層だけの機能を保証することは非常に難しい。しかし、めっきしたからには、少なくとも製品の使用期間中はめっきの機能に責任を持たなければならない。保障の責任範囲を限定することが難しいめっきであっても、加工した側が漠然とした態度では、購入側は納得しない。何処まで責任が持てる加工が可能で、それをどのように実証するか？具体的に表現することがこれ

からの保証であり、それを裏付ける管理である。

ＩＳＯ ９０００ファミリー（1994 年以降の ISO が作成した品質管理システムに関連する国際規格の総称、従来の ISO 9000～9001～9004 またはこれに 8402 を加えたものはＩＳＯ ９０００シリーズと称する。）が品質保証の意味を「品質要求事項を満たすこと の信頼感を与えるために実施され、必要に応じて実証される活動」と定義しているが [2)]、これが具体的な保証活動の参考になる。

品質の管理と保証とは、内容は同じように見えるけれども、その意味は大変違うから、両方に対する心構えも多分に異なってくる。管理は日常の生産・営業のラインの業務であり、保証は製品に対する責任態勢であると、区別して対応しなければならない。

これからは、従来の品質管理が、英語で言うＱＣ（Quality Control）ではなく、もっと広いＱＭ（Quality Management）であったことを確認して、この中に狭義のＱＣと品質保証ＱＡがあること認識することが大切である [3)]（今までのＴＱＣはＴＱＭに改める）。

品質管理（Quality Management）
- 品質保証（Quality Assuranace）
- 品質管理（Quality Control）
- 品質改善（Quality Improvement）

３－２－２　めっきの品質保証とは

めっきの品質保証は、それぞれがめっきした皮膜が、要求された品質の特性を満たしているのを保証することである。専門的にいうと、製品の性能に必要な「使用品質」（使用者の要求品質）またはこれに対する「設計品質」（製造の狙いの品質）に、「製造品質」（実際のできばえの品質）が適合することを請合うことであり、適合しなかった場合にはどこまで責任をとるかということまで含めている。

もし、要求品質が得られなかった時は、めっきの再生または補修で済むことは少なく、製品の材料、組立の工数、納期遅延の補償まで、加工費の比較にならないほど多額な補償を要し、何よりも加工業者として致命的な信頼を失うことになる。

したがって、保証する方は勿論、させる方もあいまいな売買契約や購入仕様書の取り交わしでは許されない。少なくとも次の条項は明確にしておく必要がある。

(1) 必要とされるめっき特性と規格およびその数値
(2) 仕様と工程・手順など
(3) 素材（材質・調質・表面状態など）およびその加工歴など
(4) めっき材料（金属・薬材・組成）とその純度、副材料（消耗材、研磨剤）など
(5) めっき設備、付属設備、治具など
(6) 特性の試験・検査方法およびその装置など
(7) 作業者の技量とその検定など
(8) 設備、計測機器とその維持管理の方法など

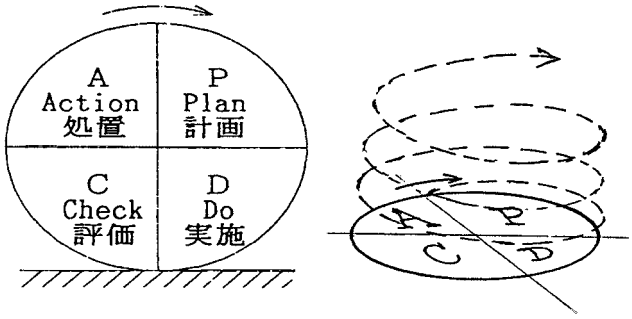
(9) 製品の保管条件、使用条件による保証期間など
(10) 以上の各条項に対する記録とその保管の方法
(11) 不具合発生時の処置、対策、再発防止要領など
(12) 不具合製品の補償方法と補償の限度など

３－２－３　保証のための品質管理活動

品質管理を徹底すれば、結果として保証態勢が整うはずであるが、狭義の品質管理ＱＣ（生産管理の一手法としての品質管理）だけではとてもおぼつかない。全社的なＴＱＣ、（改めてＴＱＭ）による体制が整わないかぎり保証態勢につなげることはできない。

「顧客が満足する製品を最も経済的にタイムリーに生産、販売することを目標に、会社全体として協力体制をつくり、総合的、組織的に活動すること（上田安夫)」と言われたＴＱＣの定義を確認して置きたい。

管理を解りやすく説明したものにデミング（W.E.Deming）のＰＤＣＡサイクルがある。品質保証を目標に、このサイクル（輪）をとどこおりなく回すことが管理であると説明されているが、ＩＳＯ ９０００ではこのサイクルを底面とした品質管理をスパイラルループ状に絶えず上昇させる努力を要求している[3)]。



３－２－４　品質保証への条件

保証につなげるための品質管理ＱＭは次のような前提条件が必要である。

① 理論よりも実行が大切。完全保証を目標に、品質改善・生産の合理化を目的にした管理の輪を回す個々人の意志決定。
② 全社が協力し「品質は造り込むもの」であることの再認識。
③ 経済性と調和のある品質の追求。
④ 不良撲滅の強力なリーダーの存在。
⑤ ＳＱＣを基礎にした科学的な品質管理手法の採用。
⑥ 品質管理教育訓練の徹底。
⑦ 科学的な裏付けのある組織的な管理体制を、外部からも一目で見えるように構築。
⑧ ＩＳＯ ９０００シリーズにつながる組織、体系、管理を心がける。

３－３　品質保証を目標とした品質管理手順

３－３－１　手順その１　－品質管理の組織つくり－

品質管理は会社全体のラインの日常の業務そのものであるから、改めて別の組織をつくる必要はない。それぞれの業務組織の中から、一番仕事に粘りのある人を選んで委員としその委員によっての品質管理委員会組織を構成する。しかも、企業のトップが、口先だけでなくその気になって委員会を運営することが大切になる。

品質保証の部門は、表面処理の規格の設定、工程の設計と効果の管理、製品の評価、処置、不具合対策、クレーム処理、補償などの保証態勢を管理し維持する。これに品質管理委員会の事務部門を任せることも考えられるが、改善提案や品質管理の小集団活動（ＱＣＣ）の自主的な活動の妨げになることもあるので、ラインの業務と委員会活動は別にすることを奨める。

最近ではＩＳＯ　９０００の審査登録（認証）取得を目的とした標準化委員会、ＩＳＯ 推進委員会などが設けられる例があるが、認証取得の是非に拘らず、委員会組織と活動はぜひとも必要な条件であり、疎かにはできない。

３－３－２　手順その２　－先ず標準化－

要求品質が保証できる生産を継続するために、先ず必要なのは文書化された標準類である。生産に関わる一切の手順書が社内標準であり、少なくとも次のようなものがある。

○ 製品規格（表面処理・めっきなどの品質特性を定めたもの）

○ 品質管理規定（社内の品質管理の大綱、具体的な方法など）

　付随するものとして、次のようなものがある。

検査規定（品質特性の検査方法、手順、抜取り方法、判定基準、再検査方法など）

不合格品処理規定（不合格品の処置、補修・再生の方法および再検査の手順など）

試験方法（品質特性の試験方法、試験設備とその管理基準、記録と評価方法など）

○ 作業標準（現場において最も大切なもので、作業別に日常の作業、使用設備、管理要綱、注意事項など、できるだけ具体的に順序よく簡潔明瞭に表示する。）

（ＱＣ工程図　作業指導書などとして表示される場合もある）。

　付随するものとして、作業手順表（フローチャート）、現場の作業手順表示板などがある。

○ 設備管理基準（表面処理設備その他の関連設備の管理基準が含まれる）

　これに付随するものとして、

浴管理基準（各種処理浴の分析・調整・補給・更新などの管理基準）

各種の処理液分析方法（記録と評価方法などが含まれる）

計測器管理基準（作業に関する設備に付属する一切の計測機器が含まれる）

○ 各種帳票類、検査表、管理図類（上記の各標準類を明示し、手順の流れを簡単明瞭に記録し、ロットごとの工程確認と保証のための証拠として保管し、責任の所在を明らかにするために添付する一切の帳票類、管理表類が含まれる。）

その他の標準または社内規格として、受注先の製品規格、加工仕様書･指示書、図面日本工業規格(ＪＩＳ)、防衛庁規格(ＮＤＳ)、国際規格(ＩＳＯ)、外国規格（Ｆｅｄ.Ｓｐｅｃ.、Ｍｉｌ.Ｓｐｅｃ.）などが含まれる場合がある。

また、ＩＳＯ ９０００シリーズ取得を目標にする場合は、就業規則、職務分掌規定、 に始まり、外注管理に至る社規一切の整備が含まれる。

(１) 標準化に大切な条件

① 必ず文書化する。

② できるだけ見易く、図表を使い解りやすい形式にする。

③ 品質特性、作業条件、検査記録などの一切をできるだけ計数、計量的に表示する。

④ 作業標準は社内では秘密文書ではない。必ず作業者の見易いところに配備する。

⑤ 改訂があれば、遅滞なく交換配備しなければならない。

(２) 標準化の手順

標準化は、トップの確たる意思による社内の製品（品質）規格の制定に初まり（品質標準の設定として重要な問題になる)、次いで、作業標準の制定から手を付けるのが通例である。続いて、その作業標準によって生産する製品の検査の基準類、試験方法などを、それぞれの担当によって固められることになる。

① 箇条書きにして、最も文書化しやすいところから標準化の作業を進める。

② 必ずその現場作業に最も詳しい作業者とその作業の責任者からの作業手順の書き取り（トレース）から始める。（できれば作業者または作業責任者による文書化が最善）

③ 拙速を恐れることなく、原始的標準を早くつくり、実施に移し、作業の責任者による改善の繰り返しにより、完全な標準に近付ける。

④ 品質の特性値も、作業条件も、最初は管理幅を規格値一杯に採り、余裕をもった標準として、一日も早い定着を図る。

⑤ ④に次いで、これらの数値を統計的な管理（ＳＱＣ）手法の管理図などを用いて徐々に管理幅を狭め、精度の高い作業標準に改めて行く。

⑥ 作業標準のでき次第、この作業に関わる検査、試験、設備の標準類も平行して制定することになるが、標準化の手順は上記と全く同様で、それぞれの担当者を交えた文書化に始まる。

３－３－３ 手順その３ －統計的品質管理（ＳＱＣ）手法の効果的利用－

ＴＱＣの発想はＳＱＣ（Statisitical Quality Control）の思想と手法を武器に経営戦

略をたてたものであって、ＳＱＣなしにＴＱＣ（QM）も品質保証もあり得ない。

例えば、最近では、「ＱＣの七つ道具」を識らない人はいない位であるが、これらの科学的な武器を無理に全部使う必要はない。ただし、これらの手法は不良解決、迷路脱出に非常に効果的であり、最初フォームをつくれば色々に応用でき、また簡単に表現できるものもあるので、それぞれの基本や利用方法を心得て置き、おおいに活用すべきである。組織の整った受注先からのクレームは、科学的な解析がないと解決できない。

（１）　ＳＱＣの基礎知識

充分に気をつけても製造の条件は変化するもので、先に述べた（３－２－２項）製造品質にはばらつき（測定値の不揃いの程度）が生ずる。このばらつきには統計的な規則性があることから、これを数値で表して、その分布を統計的な推計に基づいて科学的に管理しようとするのがＳＱＣ（統計的品質管理）の基本的な考え方である。

品質特性を数値的に管理し、できれば検査を必要としない生産技術を確立するために、常識として次のようなＳＱＣの基礎が必要である。

１）　ＳＱＣの基礎的な用語とその意味

○ 品質特性値：　外観、耐食性、めっき厚さ、密着性などを数値的に表現したもの。

○ ロット：　同じ条件で造られた製品の一群をいい、ロットに含まれる製品の数ををロットの大きさ（ロットサイズ）という。

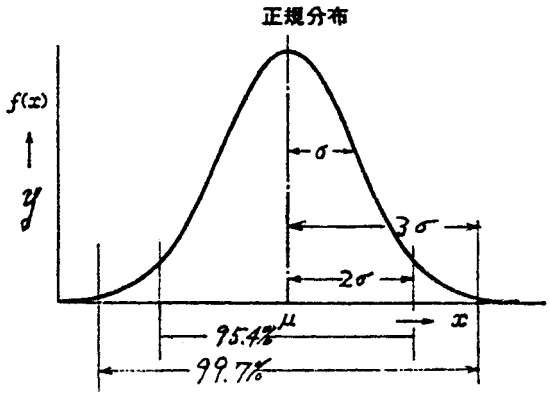
○ 母集団：　調査の対象となる品質特性を持つ集団全体。過去から将来にわたって集計する無限母集団、ロットの処置のための有限母集団がある。

○ サンプル：　試料、または標本と言われる。サンプルの数はサンプルサイズ。

○ ロット品質：　ロットの品質の程度で、平均値、標準偏差、不良率などで表す。

○ ランダムサンプリング：　無作為試料採取という。サンプルが母集団の正しい標本であるために、実際には乱数表などが用いられる。

○ 正規分布：　加工品の測定値をｘ軸に測定値の出現の頻度をｙ軸にしたグラフを描くと、図のような左右対象の山形の分布になる。このような分布を正規分布という。



○ 平均値：　　集団または分布の中心的位置を表す値。μで表す。

○ 期待値：　　狙い値をもって加工した場合に期待される値。繰り返しの加工で、多数の測定値を平均すれば、期待値に近似する。

○ 偏差：　　測定値と期待値の差。

○ 分散：　　測定値総ての偏差の二乗の総和を自由度(ｎ－1)で割ったもの。
ｎは試料の数。サンプルの時は不偏分散、母集団の時は母分散といい σ^2 で表す。

○ 標準偏差：　分散の正の平方根で、一般にσで表す。

○ 中央値（メジアン）：　グループの測定値を順に並べて、その中央になる値。

○ 範囲（レンジ）：　グループの測定値の最大値と最小値の差で、Ｒで表す。

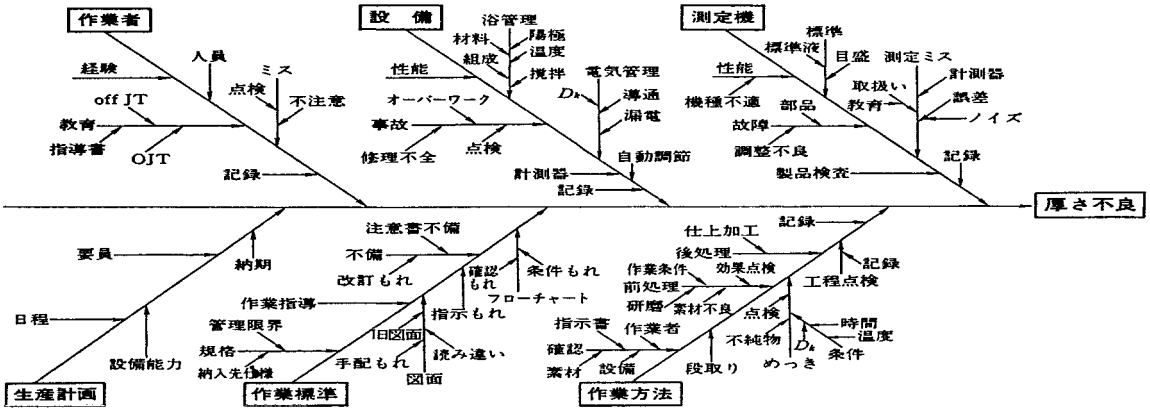
○ モード：　　グループの測定値の中で最も出現の確率が大きい値。

○ 統計的検定：　単に検定ともいい、例えば不良原因に仮説をたてて、その仮説を測定値によって捨てるか捨てないか決めること。

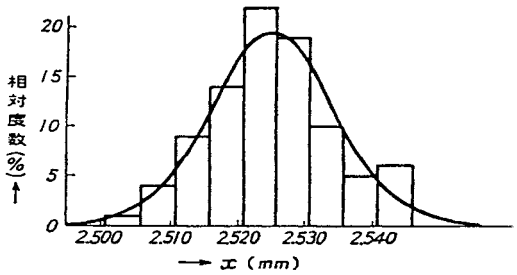
○ 有意：　　検定において、或る仮説と測定値の間に関係があるということ。

２）　ＱＣの七つ道具とその関連用語

① 特性要因図：　俗に「魚の骨」と呼ばれ、不良などと原因との関係を系統的に表した下図のようなもので、原因追求、改善対策などの処置に非常に効果的である。



② ヒストグラム：　測定値を、一定の幅で分割したｘ軸上の範囲に、ｙ軸を出現の度数にして、幅をもった棒グラフとしたもの。下図のような例がある。
ロットの傾向、規格適応性、工程や測定の異常、選別結果などがよく判る。



外径寸法ヒストグラム

○度数分布：　測定値の同じ値の出現度数の分布。区間に分ければヒストグラム

③ 層別：　母集団を発生の特徴などによって幾つかの層に分けること。

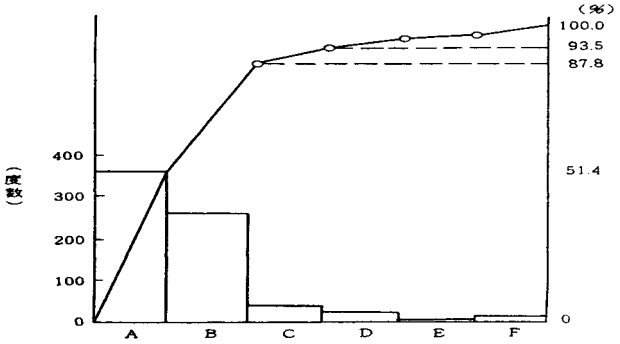
測定値のばらつきの発生原因の追求、工程･設備の改善などに有効である。

④ パレート図：　不良項目などを内容により層別して、出現度数の大きさの順に並べ、さらにそれらの累積の和をグラフとしてプロットしたもの。

改善処置をとる場合、能率的な重点管理などに利用される。

○パレート曲線：　出現度数の大きい順に累積曲線を描いたもので、ＡＢＣの順番に大きいものから対策するＡＢＣ分析などに用いられている。

めっき不良項目	度数	割合%	累積%
Ａ外観(ｼﾐ)	360	51.4	51.4
Ｂ範囲(ｴﾘﾔｰ)	255	36.4	87.8
Ｃ加熱変色	40	5.7	93.5
Ｄ加熱後はんだ	25	3.6	97.1
Ｅめっき厚さ	5	0.7	97.8
Ｆその他	15	2.2	100.0



めっき不良要因パレート分析図

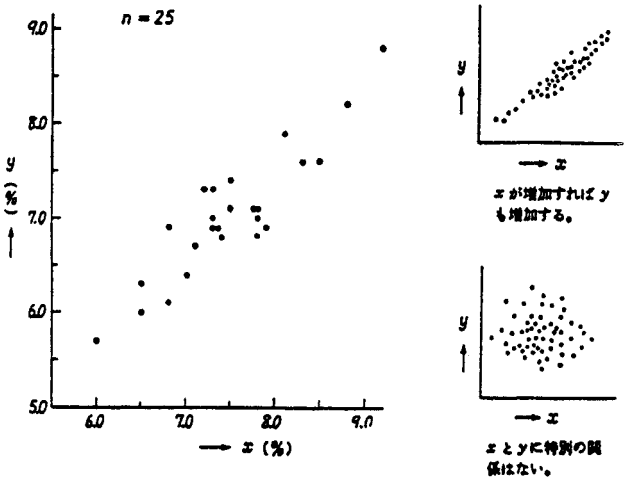
⑤ チェックシート：　品質管理点検記録表の類で、管理項目や条件によって色々な形式が考えられる。品名、材質、ロット数量、表面処理規格、日程計画、作業条件、設備記録、作業者、作業日程、工程点検、検査方法、検査記録、不合格品処置、異常記録などの点検と確認が必要である。

品質保証には、適確なチェックシートの確認が第一条件として揚げられ、さらに、ロット管理や包装・保管管理までが必要になってくる。

⑥ 散布図：　二つの変数の一つｘを横軸に、ｙを縦軸にとって、その関係を示す測定点をプロットしたもので、ｘとｙの相関分析に使用する。

或る変数が､測定値に関係するかしないかの検定をする際に必要になる。

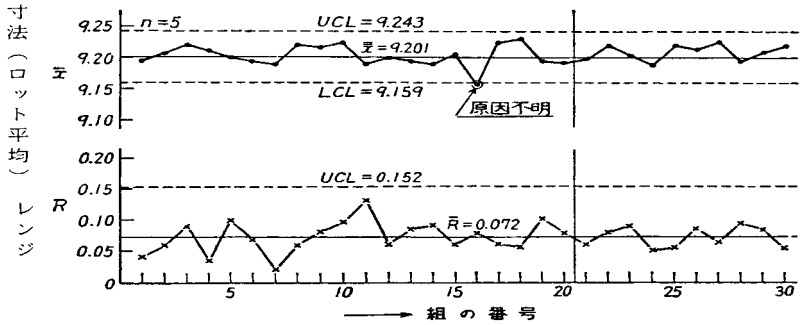
○相関分析：　二つの変数の相関係数などについて、推定や検定を行うこと。



散布図

⑦ 管理図：　　工程の安定状態を管理するために用いる各種のグラフや管理図の総称である。ｘ－Ｒ管理図、ｐ（不良率）管理図、ｐｎ管理図など色々なものがあり、規格限界、管理限界線などを図に加えて測定値を評価して工程の管理に役立てる。

見易い統計的な管理には、現在では欠くことのできない重要な手法である。



x̄ － R　管理図の例

○規格限界：　品質特性の許容限界値を規定するため、規格の中に与えてある限界。

○管理限界線：　見逃せない原因と偶然の原因とを見分けるために、管理図に設けた限界線で、上方管理限界（ＵＣＬ）と下方管理限界（ＬＣＬ）とがある。通常は３σ法と言って標準偏差の３倍の幅を中心線（または平均値）の上下に設けて、管理幅としている。管理幅は当然、規格限界よりは厳しくなければならない。

○３シグマ限界：　上の３σの管理限界をいう。大切なことは、正規分布（３－３－３(１)項）においては、測定値の９９．７％がこの限界内に納まるから、これをはみ出す測定値は異常とされる点である。２σを管理限界として、厳しくし、矯正の目的に用いることもあるが、この時は、工程が安定していれば、測定値の９７％は限界内に入るはずである。

○傾向：　　管理図の測定点が順次上昇または下降すること。

○連：　　同じ特徴を持つ引き続いた測定点のつながり。例えば中心線の上ばかり７点続けば異常傾向、下降ばかり７点続いても異常傾向として処置が求められる。

○異常点：　　偶然を超える確率で管理限界から外れた点。

(２)　抜取検査の活用

抜取検査は軍需品調達合理化のため、数理統計学者が完成したＳＱＣの手法である。

品質保証のためには、無検査を目標に、「不良品ができない」工程と設備を整備し、作業の管理を徹底する時代になっているが、めっき製品加工の現状は、

① 変品種変量ロットがますます増加

② 省力化を徹底する必要

③ 品質の精度はさらに厳密化
④ 納期の短縮
⑤ 経費の徹底した合理化の必要性

このような条件の下でロットを保証することは大変難しい。個々の製品の全ての品質特性を全数検査することは、通常は極めて難しいから、全部を検査しないでも、理論的に、生産工程の確認が裏付けされた抜き取り方式を充分に活用することが大切になる。

１） 抜取検査を採用する場所

品質保証達成への最短距離は、工程に不良原因を持ち込まないことである。次のような要所要所に、抜取検査の関門を設けて、効果的に品質の汚染を防ぐ必要がある。

① 受入検査

最近は、めっき不良が素材の欠陥を原因にする例が多い。まず、受入先からの素材の履歴を正確に調べ、ＳＱＣの手法に従って、必要最少限の抜取検査を行う必要がある。

② 購入検査

表面処理の材料による問題は少なくなっているが、金属材料、薬材ともに履歴と内容の書類確認は必要である。内容の違う材料が入荷しないとも限らないし、資材管理の上からも、購入材料の検査が必要で、品質保証に欠くことはできない。

③ 工程間検査

めっき工程間の検査は不良撲滅に最高の効果を発揮する。品質保証の上からも、重要な条件にされている。工程間の抜取検査として定常的（ルーチン）に実施し、記録することが大切である。工程それぞれの責任で、不良は次工程に送らないことにする。

④ 初度品検査

加工工程を初めに通過した品物は、充分に点検と評価をして、続く品物の加工の条件を調整することが大切である。なお、初めての品物の加工条件は、あらかじめ試験・試行を行なって工程の安定化を図って置く習慣は勿論のことである。

⑤ 最終検査

工程の管理を徹底し、不良品を造らないシステムが完成しても、品質保証するには、最終検査（または製品検査）をしないわけには行かない。むしろ、帳票や記録類によって、材料の受け入れから、正しい加工の条件、工程間の間違いない点検などを総合的に確認する責任は重大である。中には、最終検査の時点でなければ総合的な機能が検出できないものも少なくないし、最近は、製品の持つ最終的な品質特性の試験評価を、最終検査に要求されることもある。

量産品の場合は、全数検査をなくして（ものによっては自働選別に替わり）、ここに述べたような形式の抜取検査のシステムを組むことが一般的になっている。

⑥ 出荷検査

納入先で表面処理の不良が発見されて重大な問題になることがある。最終検査では、完全であったものならば、包装、輸送、保管中などに原因があるし、不良状態を観察すれば判断できる。しかし、物証がなければ責任の回避はできない。従って、品質を保証するには、抜き取りで出荷検査が必要になる。特に輸出関係のもの、倉庫に保管の期間が長い場合には大切な要件である。

２）　各種の抜取検査の形式

統計的に案出された抜取検査の形式は色々あり、状況に合わせてきめ細かく利用し、最少の検査工数で合理的に保証体制を確立するために、ＳＱＣの効果は大きい。

(a)選別型抜取検査

サンプルを試験した結果、不合格と判定したロットを全数選別する抜取検査。不良ロットを再処理するより、選別する方が得策である場合に限る。

(b)調整型抜取検査

ロットの受け渡しが連続して行われ、過去の検査の履歴などの品質情報によって検査の方式を調整する抜取検査。状況によって、なみ検査・きつい検査・ゆるい検査を使い分けるもの、全数検査・無試験検査・抜取検査を使い分けるものなどある。検定済みの指定工場などに、かなり多くの発注主が実施している。

(c)連続生産型抜取検査

連続生産で、引き続き流れてくる品物に適用する抜取検査。例えば、最初各個検査を行い、良品が一定個数続いたら抜取検査に移り、不良品が出ると各個検査に戻る方式などで、生産現場に直結した検査工程などを主に対象にして用いられている。

(d)一回抜取検査

ロットからサンプルをただ一回抜き取り、その試験結果によって、検査ロットの合否を判定する抜取検査。簡単明瞭で、最も多くの受け渡し関係に利用されている。

(e)二回抜取検査

統計学的に数を定めた第１回目の抜き取りのサンプルの試験結果によって、ロットの合･否･検査続行のいずれかの判定をし、検査続行ならば、第２回目のサンプルの試験結果と第１回目の結果とを累計した成績により､ロットの合否を判定する抜取検査。

(f)多回抜取検査

毎回定められた大きさのサンプルを試験し、各回までの累計成績をロット判定基準と比較し、合・否・検査続行のいずれかの判定をする抜取検査。二回抜取の形式を拡張したもの。ＪＩＳ Ｚ ９０１５計数調整型抜取り検査では、なみ検査ときつい検査には七回抜取りを、ゆるい検査には五回抜取りを採用している。

(g)逐次抜取検査

１個ずつまたは一定個数ずつのサンプルを試験しながら、累計成績をそのつどロット判定基準と比較することにより､合･否･検査続行のいずれかの判定をする抜取検査。

３)抜取検査一般用語

詳しくはＪＩＳ Ｚ ８１０１「品質管理用語」等関連の専門書類を参照されたい。

○ 抜取検査方式：　抜取検査で、検査ロットから抜き取るサンプルの大きさとロット判定基準との組合せ。抜取方式ともいう。ＭＩＬ-ＳＴＤ-１０５Ｄ(米軍用規格)の方式を受け継ぎ、現在ＪＩＳ Ｚ ９００１～９０１５に詳しく規定されている。

○ 抜取検査表：　抜取表とも言われ、一連の抜取検査方式を含む主抜取表と、そこから抜取検査方式を選び、実施するための手順を示したもの。

○ 合格品質水準（ＡＱＬ）：　抜取検査で合格にしてよい工程平均(工程の平均品質)の上限の値。不良率（%）または１００単位当たりの欠点数で表す。(Acceptable Quality Level)

○ ロット判定基準：　抜取検査において、検査ロットの合否または検査続行の判定を下すための基準。即ち、合格判定個数、不合格判定個数を示す。

○ 合格判定個数：　計数抜取検査でロットの合格判定を下す最大の不良個数・欠点数。

○ 不合格判定個数：　同じく、不合格の判定を下す最小の不良個数または欠点数。

○ 生産者危険：　合格品質のロットが抜取検査で不合格となる確率。通常αで表す。

○ 消費者危険：　不合格品質のロットが抜取検査で合格する確率。通常βで表す。

○ ＯＣ曲線：　抜取検査で、ロット品質とその合格する確率との関係を示す曲線。検査特性曲線とも言う。

○ なみ検査：　調整型抜取検査で、工程平均がＡＱＬにほぼ等しいとみなされる時に行う検査。

○ きつい検査：　調整型抜取検査で、工程平均がＡＱＬより確かに悪いとみなされる時に行う検査。

○ ゆるい検査：　調整型抜取検査で、工程がよく管理されていて、工程平均がＡＱＬよりはるかに良いとみなされる時にサンプルの大きさを減らして行う検査。

○ 間接検査：　受入検査で、供給側のロットごとの検査成績を必要に応じて確認することにより、受け入れ側の試験を省略する検査。

○ 層別サンプリング：　母集団を層別して各層からランダムサンプリングすること。層の大きさに比例してサンプリングする方法を層別比例サンプリングと言う。

○ 二段サンプリング：　母集団を幾つかの部分に分け、まず第一段として、その中のある部分をサンプル（一次サンプル）として取り、第二段として、取った部分から各々幾つかの単位体又は単位量をサンプル（二次サンプル）として取ること。

○ 集落サンプリング：　母集団を幾つかの部分（集落）に分けて、それらの集落の内の幾つかをランダムに選び、選んだ集落は総てサンプルとして取ること。集落は集落間の差は小さく、集落内のばらつきは大きくなるように構成すること。

○ 系統サンプリング：　母集団から時間・空間的に一定の間隔でサンプリングする。

３－３－４　手順その４　－教育訓練－

品質保証に大切な管理活動を実行する意志を決めることも、管理に必要なＳＱＣの手法を活用することも、管理の輪を回すことも、納得できないままでは長続きしない。納得させることが教育であるから、管理活動は始めから終わりまで教育である。

(１)　自信をもって推進する

品質管理は、「良いものを造り続けよう」というやる気の問題であるから、その教育は「お互いに勉強してみよう」という程度の安易な指導力では推進できない。指導者が自信を持って教育を徹底することが大切である。

(２)　管理者教育から

部下が識っていて、管理者が識らないということは、品質管理にはあってはならない。従って、ＴＱＣの思想からＳＱＣなどの基礎理論、ＱＣＣ活動の方針を含め、頂点に立つ管理者から現場の管理者まで、最低限必要な知識とルールを、順次、組織的に教育して置くことが大切になる。

(３)　理論よりも実習を

理論で解っても、実行しなければ、ＱＣには何も生まれない。理屈で押しつけようとすれば、返って背かれる。まず実践して、結果の評価を大切にする教育の方が効果的であることから、失敗例を含め、他者の事例やケーススタディを豊富に取り入れ、ＳＱＣなども現場の生データを用いる演算や実習にポイントをおく教育が望ましい。

(４)　科学的な指導を

「わからないのは、教えないからである」と注意を受ける管理者が少なくない。現業一筋の職人を管理者にした場合は管理技能者（特級技能者試験実施）の勉強も必要になる。めっき業にあっても、工程管理、作業管理、品質管理、原価管理、安全衛生管理、設備管理に加えて、作業指導の科学的な手法の導入が始まった。中でも教育訓練計画、ＴＷＩ（Training Whithin Industry;監督者訓練）その中のＪＩ（Job Instruction;仕事の教え方）ＪＭ（Job Method; 改善の仕方）ＪＲ（Job Relations;人の扱い方)、ＯＪＴ（On The Job Training；職場内訓練）とＯｆｆ－ＪＴ（Off the Job Training)、テーラーの科学的管理法、人間関係論、動機づけ要因、リーダーシップなど、耳慣れない理論や手法が紹介されているが、これらのことも、指導者は理解して置くことが必要になった。

(５)　自己啓発が品質保証に

品質保証につながる生産管理は、「全社は個人のために、個人は全社のために」の考え方がなければ効果があらわれない。また、個々人の品質管理に対する自己啓発が教育訓練の目標であり、急がず休まないことが大切である。長期計画を早めに立て、指導者がラインに密着して、後から全体を推し進める姿勢が大切である。

３－３－５　手順その５　－ＱＣサークル（ＱＣＣ）活動の導入－

ＱＣサークル活動は、日本的な品質管理活動で、１９６２年には日本科学技術者連盟によって、全国的な組織化が図られ、現在では海外でもＱＣＣ（Quality Control Circle；品質管理小集団活動）として有名な運動である。

ＴＱＣが品質管理に対するトップからの体質改善であれば、ＱＣサークルはボトムからの体質改善であるともいえる。ＱＣサークル活動とＴＱＣの成果には密接な関係があり、ＴＱＣを方針として打ち出した企業にとって、殆どの場合に、ＱＣサークル活動が結果的には必要になっている。ＱＣサークル活動を取り入れないとＴＱＣは成功しない。

先に述べた（３－３－１項）品質管理委員会と品質保証の管理部門のみでは、現場のライン内での日常の品質管理はなかなか維持できない。実際問題として、日常の生産活動の中で「品質を造り込みさらに向上させる」意識を持ち続けるには、サークルによるバックアップがなければ、積極的な改善と処置までは保証できないことが実証されている。

教育訓練によって、サークルの温床を企業の全力を傾けて造る必要がある。

ＩＳＯ ９０００審査登録制度の発足以来、欧米の企業体質に馴染まないＱＣサークル活動は、方向を見失ったかに見られるが、ＩＳＯ １４０００の環境システムも含め、そ の要求するところは絶えることのない改善活動であって、これを支えるものは従業員個々の改善の意識と活動であれば、ＩＳＯの言うトップダウンには限界がある。やがて、日本のＴＱＣの再構築の最大のポイントが、ＱＣサークル活動になるものと考えられる。

（１）　ＱＣサークル発足と運営の手順

１）　５Ｓ運動から

５Ｓ（整理・整頓・清潔・清掃・躾け）運動は総ての企業活動に先行するといってよい。この運動は、全員参加の活動として、教育訓練でいう「動機づけ」に、何よりの手段であり、その効果が誠に大きいことを、今では皆が識っている。

２）　品質管理委員を中心としたＱＣサークルの発足

業務組織それぞれの品質管理委員を中心にして、品質や生産管理の問題をテーマにした直接関係者による小集団を組織する。ラインの責任者がリーダになっても、委員がリーダになることも良い。問題が大きければプロジェクトを組んで、さらに上部の責任者をリーダにすることもある。

３）　現場の問題提起を引き金に

問題のない現場があるはずはない。職場の小集団で、少しでもマンネリ化をなくする目的で、身近な生産工程改善や、不良対策をテーマに、ＱＣサークルを組織することから始めることが大切である。

４）　ＱＣサークルの登録

所属する職場、職域の部課または部門の責任者の了解と指導のもとに、ＱＣサークルの事務担当部門（例えば本稿では品質管理委員会）に登録する。勿論、企業ではこれを

管理し育成・援助する。できれば、ＱＣサークル本部（日本科学技術連盟）に登録して活動の研鑽と学習を図ることも考える。ＩＳＯ ９０００ シリーズの認証取得を目標にする場合に、その可否が問われているが、これに対応すべく、日本科学技術者連盟（日科技連）を中心にＴＱＣ再構築が行なわれていることを付け加える[2)]。

５） ＱＣサークルの運営

サークル活動は、原則としてラインの業務の時間外に行うが、その内容によって、事務局（品質管理委員会）は予算処置を執り、相応の実費を支払うことになる。当然サークルは必要に応じて、実験・実習・評価・発表・事務局を通じて所属責任者の責任においての実際のライン業務への処置などを行うことになるが、その成果による謝金は、僅かであっても、企業としての謝意を表し、名誉として認める必要がある。

社外に発表する機会も与え、社外サークルとの交流も奨励される。

サークル会合は少なくとも月一回以上、定期不定期を問わず、短時間（通常１～２時間、時には休憩時間など５～１０分会議）活発に行うことが大切である。

いずれのＩＳＯ規格の要求も、本来、企業ぐるみのボランタリー（自主的）活動である。日本的なボトムアップのＱＣサークル活動も転機を迎え、企業ぐるみの社内活動に発展して行くものと考えられる。

(２） ＱＣサークル活動の在り方

ＩＳＯ ９０００シリーズの進展とともに、ＱＣサークル活動も国際的に変革されて行くものと思われるが、ＱＣサークルの現状を築いた先輩の思想的な教示として、１０項目の「ＱＣサークル綱領」運営上の心構えを参考にしたい。

① 自己啓発を最大の目的とする。
② 自主性を持って行動する。
③ グループとしての活動を大切にする。
④ それぞれの職場で全員参加の小集団を理想とする。
⑤ ＳＱＣ手法を武器にする。
⑥ 現場に密着した活動でなければ成功しない。
⑦ 永続性を持った活動にする。
⑧ 相互啓発も大切な要素である。
⑨ 創造性豊かに活動する。
⑩ 問題意識・品質意識・改善意識をたえず持ち続ける。

３－３－６ 手順その６ －計測管理－

科学的な管理に必要な資料の収集は、総て正確な計測機器によって得られた結果でなければならない。設備管理のなかでも最も重要なのが計測器管理である。

通常、品質保証を目的とした、計測機器の管理には次のようなポイントがある。

(１)　標準器の配備

日常の生産設備に設置した制御用の測定機器には、これの精度を管理するための基準がなければならない。通常は、精度が公式の基準器につながるように、検定を受けた標準器を社内に保管し、社内の設備に付属した計器の点検と校正を定期的に実施し、記録しておく。勿論、管理システムの標準化（計測器管理規定）も必要である。

ＩＳＯ ９０００ シリーズにも計測管理のトレーサビリティを要求している。

最低限必要な種類としては、寸法標準器、標準温度計、標準電流計、標準電圧計、標準となるｐＨ計、同じく電導度計、化学分析用標準測定機器（例えば精密化学天秤、微量測定用標準液)、膜厚測定用標準板などである。

(２)　生産設備の制御用測定機器の精度管理

生産設備に付属する次のような各種計測器の精度を、有効期限内に、上記の標準器などを用いて定期的に点検、校正、修理しておくことが必要である。

温度計（自動温度調節器を含む)、整流器の電流・電圧計、積算電流計、圧力計、流量計、流速計、電導度計、ｐＨ計、各種自動記録計、時計（タイマーを含む)、度数計等。

(３)　工程点検用の測定機器の管理

工程異状や、設備の異状をいち早く検出するため、少なくとも次のような点検用機器を配備し、管理する必要がある。

温度計、回路計（回路テスター)、絶縁抵抗測定器、電流・電圧計、電導度計、比重計ｐＨ計、ＯＲＰ計、測微計（マイクロメータ、ダイアルゲージなど)、水準器、回転計、湿度計、時計（ストップウォッチなど)、化学分析用機器等。

(４)　製品の試験検査用機器の整備

製品の最終的な性能を証明して品質保証するための試験検査装置の配備と管理は、めっき業者にとって、セールスポイントの一つになる。現在、電気めっきの試験装置として、次のような機器とその付属の計測器（温度計、圧力計他）の管理が要求されている。

膜厚計（金属顕微鏡、電解式、渦電流式、磁力式、蛍光Ｘ線式、β線式などの膜厚計、測微計、質量計によるもの)、耐食性試験機（中性塩水噴霧、酢酸酸性塩水噴霧キャス・コロードコート、亜硫酸などガス試験、恒温恒湿試験槽など)、耐磨耗性試験機、密着性試験機、表面粗さ試験機、硬さ試験機（ビッカース微小硬度計など)、鏡面光沢測定器、加熱試験炉、はんだ濡れ性試験機等。

最近では、電子顕微鏡を始めとするＸ線回折など高性能の試験装置が、有力な測定や解析の手段に使われることに注意する必要がある。

(５)　環境対策設備用の測定機器の管理

生産設備にもまして、作業環境および公害対策用の測定機器の管理が重要であって、排水・排気の処理設備の制御用ならびに効果測定用の計測器は先の機器と共通に厳格に管理される。一般的なものとして、次のようなものが挙げられる。

ｐＨ計、ＯＲＰ計、温度計、湿度計、流量計、圧力計、時計（タイマーを含む)、電流・電圧計、自動分析機器、各種記録計、騒音計、異状警報機等。

３－３－７　手順その７　－設備管理－

最近では、加工工程の高度化と、人手不足を補う目的で装置産業化が進んでいるが、品質の安定を第一の目的とした自動化の採用も決して少なくない。これらの状況が、品質保証のためにも、設備管理の大切さを改めて強調することになる。

ＴＱＣの究極の手法にＴＰＭ（Total Productive Meintenance ; 総合的生産保全）がある。全社的に設備管理を徹底してＴＱＣの達成を目指したものである。

この中で重要視されているものに三現主義がある。三現とは、現場で、現物によって、現象を確認せよ！というのである。ＱＣサークルの現場活動同様に、設備管理も現場に密着したものでなければならないことを、説いているのである。

(１)　設備管理のポイント

① 設備の計画、基本設計からいわゆる設備保全までの総合的な管理を必要とする。

② 少ない人員で、完全自動の機能を持った大型の機械を操作するものも多くなった関係で、安全対策が非常に重要になっていること。

③ 電気化学は勿論、機械、電気の知識に加えて小型コンピュータによる制御についても知識を必要とし、従来以上に教育訓練が大切になっている。

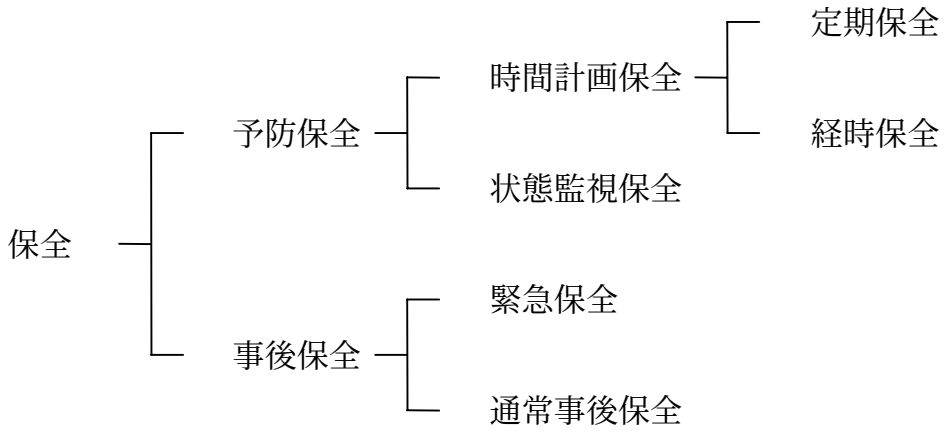
④ 設備投資と保全費用の関係から、従来にまして、予防保全が重要になっている。

⑤ 生産管理・品質管理の総合的な見地に加えて品質保証の面から、設備の信頼性に対する要求が厳しくなってきている。

(２)　設備保全

設備保全を、ＪＩＳ（ＪＩＳ Ｚ ８１１５）では「アイテムを使用および運用可能な状態に維持し、または故障、欠点などを回復するためのすべての処置および活動」と定義している。

保全の管理上の分類は次のようになっている。



設備保全に際しては、機械設備の高性能化、高速化、部分化、専用機化などで設備費が大きくなり、償却費の負担も増加し、２交替、３交替により操業効率を挙げて、償却費の早期回収が計られていること。また、技術の急速な進歩による設備の遅れも激しく、設備更新の時期が早まっていることなどに注意が必要である。

１）　保全費用

この際に最も大きい問題となるのは、単位生産（加工）量当たりの設備劣化による損失と、保全費用のバランスである。両者の合計が最小となるように、保全を行うことが大切である（最適保全と言う）。

最小の保全費用で最高の効果を揚げるためには、次のような対策が必要である。

① 故障を起こしにくい設備の設計
② 修理のしやすい設計
③ 故障しても直ぐ修理できる体制
④ 故障の事前予知と部品交換などの体制

２）　予防保全から生産保全へ

「故障する前に修理する」予防保全から「良いものをより安く生産するための保全」生産保全（ＰＭ：Productive Maintenance or Preventive Maintenance）へと発展しているが、これをさらに推進してＴＰＭ活動として、ＴＱＣと同じように企業全体の体質改善に取り入れている例も多くなっている。

３）　設備の安全衛生管理

設備管理の目的が往々にして、生産と品質の管理に集中しがちであるが、その最大の目的は、先に述べたように労働安全と、めっきでは、特に衛生管理である。労働災害の防止を絶えず心掛けて、設備の保全に努めることが大切である。

特に自動機にあっては、作業標準または操作手順に従った正しい操業が必要で、徹底した作業管理と安全管理の教育のもとで、日常運転を行わせる。さらに設備が正しく保全されるべきであり、保全作業といえども、安全第一に作業されなければならない。

安全衛生にかかわる事故が、最も多いのが、意外にもメンテナンス作業中の不注意であり、またメンテナンス直後に設備の事故が多いことも特に注意が必要である。

４）　設備点検の方法

次の項目についての定期点検の方法を識り、標準化して置く必要がある。

① 摩耗	② 油の汚れ	③ 電気系統	④ 油圧系統
⑤ 空気圧系統	⑥ 加熱系統	⑦ 冷却系統	⑧ 危険物一般
⑨ 特定化学物質	⑩ 給排水系統	⑪ 自動制御系統	⑫ 浴管理
⑬ 槽類・配管系統	⑭ めっき付属設備	⑮ 排水処理設備	⑯ 吸排気処理設備

５）　試験測定機器の使用方法、維持管理、測定結果の処理方法

次の項目について、使用・維持管理・測定結果の処理の方法を識り、標準化して置く必要がある。

① 寸法測定器　② 水準器　③ 回路計　④ 温度計
⑤ 圧力計　⑥ ｐＨ計　⑦ 絶縁抵抗測定器　⑧ 電流計
⑨ 電圧計　⑩ ＯＲＰ計　⑪ 化学分析機器　⑫ 電気伝導度計
⑬ 比重計　⑭ 湿度計

６）　設備一般の不良事故の原因、兆候の解析

次の項目について、事故やその兆候についての知識があり、正しい処置ができなければならない。

① 焼き付き　② 異常摩耗　③ 破損　④ 加熱
⑤ 発煙　⑥ 異臭　⑦ 異常振動　⑧ 異音
⑨ 漏れ　⑩ 亀裂　⑪ 腐食　⑫ 漏電
⑬ 電流電圧低下　⑭ 加熱冷却異常　⑮ 排水処理不全

７）　設備診断

設備を診断するにあたって、次の事項について識って置くこと。

① 異常の原因の発見
② 異常の原因に応じた処置
③ 機器の主要構成要素の使用限界
④ 電流回路およびめっき用治具の使用限界
⑤ 点検表および点検計画の修正

８）　設備に及ぼす環境の影響

次のような環境条件が設備に対してどのように影響するか一般的な知識を持つこと。

① 室内の温度湿度　② 吸排気　③ 採光　④ 照明
⑤ 粉塵　⑥ ガス　⑦ 床排水　⑧ 電食

３－４　これからの品質保証　－無検査体制から品質保証の国際審査登録に－

品質保証のための品質管理について、幾つかの手順を述べましたが、めっき面を完全に保証するには、結論として絶対に不良原因を工程に持ち込まないことが大切です。さらに儲かる品質管理を行うためには、検査の必要のない品質管理体制と生産工程と設備を整えて、それを人間に管理させることしかないように見られます。

皮肉なことに、私達の手元には、開発型であり、変品種変量の品物しか残らない現実があります。その上、国際競争における優位性を保つには、競争には無縁の技術力を養う他ありませんが、その最短距離が品質保証態勢の確立であると考えられます。これまでの実績から見れば、品質管理の技術で国際競争力を失っているとは思えません。ＴＱＣを世界

に広めた技術力を、それぞれが特徴のある分野で再構築することが早道であります。

開発型、変品種変量は勿論のこと、量産品であっても日本でなければ出来ないものが、次第にはっきりとしてきました。特に、高精度の素材、溶接、表面処理技術など、一流の品位が保てる技術集団の育つ土壌が日本などに限定されることが明らかになりました。

ＩＳＯ -９０００ -１４０００の行方も次第に見えてきました。私達の現場でもこれらの要求に応えるために認証の取得を志す必要があります。

ここに述べた品質管理は、既に皆さんが実施している方式であり、認証取得への最低限の準備であって、ＩＳＯ取得の要不要に拘らず、整えて置かなければなりません。ＩＳＯ -９０００の取得には、先に述べた種々の品質管理マニュアルの他に、審査の内容や、それぞれの企業の内容によって、次のような規定類の必要性が紹介されている[1)]ことを、念のために付け加えておきます。

組織規定、業務分掌規定、品質システム見直し規定、契約内容確認規定、設計管理規定、文書管理規定、図面管理規定、購買管理規定、外注管理規定、識別管理規定、生産計画管理規定、工程管理規定、設備管理規定、受入検査・試験規定、工程内検査・試験規定、最終検査・試験規定、検査・試験装置管理規定、不適合品管理規定、苦情処理規定、是正処置・予防処置規定、加工品取扱い・保管・引渡し規定、品質記録管理規定、内部品質監査規定、教育・訓練規定、統計的手法管理規定など。

－以上－

【引用した資料】
1)村上　治： ISO 9000 文例集 三和総合研究所 オーム社 1997.5
2)飯塚悦功： ISO 9000 とＴＱＣ再構築 日科技連出版社 3 刷 1997.1
3)久米　均 他： JIS Z 9900～9904-1991 品質管理及び品質保証の規格 解説 1991.10

【その他の参考資料】
日本規格協会：ＪＩＳハンドブック 品質管理 1988
日本規格協会：ＪＩＳハンドブック 金属表面処理 1988
三浦　新、朝香鉄一 編：ＱＣテーブル 品質管理の数値表と使い方 丸善
中央職業能力開発協会 編：職業訓練教材研究会　管理･監督者のための特級技能検定
東京都鍍金工業組合：「管理監督者養成」－めっき業の作業方法改善－
唐津　一：ＴＱＣ 日本の知恵　日科技連
石原勝吉：ＱＣサークル活動入門　日科技連
織田善晃：管理者読本～ケースによる管理者行動の探索～ 日本生産性本部
労働省職業能力開発局：電気めっき技能検定試験の基準及びその細目 1989.5
鈴木伸一：部下指導ＯＪＴマニュアル　日本生産性本部
矢部　賢：品質管理の具体的手法 平成 2 年度 通産省主催ブロック別研修会用テキスト全鍍連
日本工業標準調査会： JIS Z 9900～9904 1991 日本規格協会
日本規格協会： JIS Z 9900～9904 品質管理及び品質保証の規格 解説
萩原睦幸： ISO 9000 取得マニュアル オーム社 1994.8
三浦昭夫、小林 元一： ISO 9000 早わかり 1997.2

第４部　品質管理に関する技術技能とＩＳＯ－９０００

４－１　はじめに

日本におけるＩＳＯ－９０００シリーズ（ＩＳＯ－９００１，９００２及び９００３）の認証取得は、今や大企業から中堅、中小企業に至るまで広がっている。

ＩＳＯ－９０００シリーズの国内登録件数が１９９９年１０月末現在で１１０００件を超えた。[1] 最近の傾向では、月平均の増加ペースは約３００件に達している。品質システム審査登録機関も増えて１９９９年１０月末の集計によると、４０機関になっている。

もう少し詳細に分類してみると、規格別構成比では、ＩＳＯ－９００１が約６０００件超、ＩＳＯ－９００２が約５０００件超となっている。また、業種別構成比では、めっき業を含む金属関係が１１．６％とシェアを伸ばしている。

ＩＳＯ－９０００シリーズでは、責任と権限の明確化と文書化の２点に重点をおいておりこのことが従来の日本における仕事の仕方の弱点をカバーできるメリットを生んでいるのは間違いない。

ＩＳＯ－９０００シリーズは、「文書化を徹底し、文書の通りに作業させ、実施の記録がないと信用できない」という欧米の企業文化を反映しており、日本的品質管理でいう「作った物は作った人が保証する」という自主検査（管理）の考えや「改善」の考え方はない。この違いを理解してＩＳＯ－９０００シリーズと付き合わなければならない。

４－２　ＩＳＯ－９０００ファミリーと品質管理の定義

４－２－１　ＩＳＯ－９０００ファミリーについて

１９８０年、カナダで最初に国際会議が行われ、翌年から日本も参加し、欧米諸国の品質保証関連規格を基に１９８５年の第５回東京会議で合意、１９８７年にＩＳＯ－９０００～９００４が制定された。

その後、規格の改訂が行われ１９９９年１２月現在、表４－１に示すＩＳＯ－９０００ファミリーの規格が最新版として利用されている。[2]

ＩＳＯ－９０００ファミリーの規格とは、ＩＳＯ／ＴＣ１７６技術委員会で作成される全ての国際規格をいい、次のとおりである。

(a) ＩＳＯ－９０００からＩＳＯ－９００４までの国際規格[3]
(b) ＩＳＯ－１０００１からＩＳＯ－１００２０までの全ての国際規格
(c) ＩＳＯ－８４０２

表４－１　ＩＳＯ－９０００ファミリー規格一覧表

１９９９年６月現在

分類	国際規格番号	規格のタイトル
(a)	ISO-9000-1 : 1994	品質管理及び品質保証の規格－第１部：選択及び使用の指針
	ISO-9000-2 : 1997	品質管理及び品質保証の規格－第２部：ISO9001,9002 及び 9003 の適用のための一般指針
	ISO-9000-3 : 1997	品質管理及び品質保証の規格－第３部：ｺﾝﾋﾟｭｰﾀｰｿﾌﾄｳｪｱの開発、供給、設置及び保守への ISO9001:1994 の適用指針
	ISO-9000-4 : 1993	品質管理及び品質保証の規格－第４部：ﾃﾞｨﾍﾟﾝﾀﾞﾋﾞﾘﾃｨﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑの管理のための指針
	ISO-9001 : 1994	品質システム－設計、開発、製造、据付け及び付帯ｻｰﾋﾞｽにおける品質保証モデル
	ISO-9002 : 1994	品質システム－製造、据付け及び付帯ｻｰﾋﾞｽにおける品質保証モデル
	ISO-9003 : 1994	品質システム－最終検査及び試験における品質保証モデル
	ISO-9004-1 : 1994	品質管理及び品質システムの要素－第１部：指針
	ISO-9004-2 : 1991	品質管理及び品質システムの要素－第２部：サービスのための指針
	ISO-9004-3 : 1993	品質管理及び品質システムの要素－第３部：プロセス材料のための指針
	ISO-9004-4 : 1993	品質管理及び品質システムの要素－第４部：品質改善のための指針
(b)	ISO-10005 : 1995	品質管理－品質計画書についての指針
	ISO-10006 : 1997	品質管理－プロジェクト管理における品質に対する指針
	ISO-10007 : 1995	品質管理－コンフィギュレーション管理のための指針
	ISO-10011-1:1990	品質システムの監査の指針－第１部：監査
	ISO-10011-2:1991	品質システムの監査の指針－第２部：品質システム監査員の資格基準
	ISO-10011-3:1991	品質システムの監査の指針－第３部：監査プロクラムの管理
	ISO-10012-1:1992	計測機器の品質保証要求事項－第１部：計測機器の管理システム
	ISO-10012-2:1997	計測機器の品質保証要求事項－第２部：測定プロセスの管理のための指針
	ISO-10013 :1995	品質マニュアル作成のための指針
	ISO/TR 10014:1998	品質の経済性の管理指針
	ISO/DIS 10015	品質システム－教育・訓練についての指針
	ISO/DTR 10017	ＩＳＯ9001:1994 に関する統計的手法の適用のための手引
(c)	ISO-8402 : 1994	品質管理と品質保証－用語

これら国際規格と整合を図るため、ＪＩＳ（日本工業規格）の見直しが行われ、ＩＳＯ－９０００については１９９０年、翻訳によるＪＩＳ化が図られ、平成３年（１９９１年）１０月、ＩＳＯ－９０００～９００４シリーズがＪＩＳ－Ｚ－９９００～９９０４として

日本文で制定された。

このシリーズはＩＳＯ－９０００シリーズと呼ばれ、表４－２に示すように品質保証のため契約上要求される品質システムの要素及び手順の数と適用範囲で、ＩＳＯ－９００１（JIS-Z-9901)、ＩＳＯ－９００２（JIS-Z-9902）及びＩＳＯ－９００３(JIS-Z-9903)に分けて、それぞれ民間の第三者機関による評価という審査登録制度を必要としている。

表４－２　ＩＳＯ－９０００シリーズの一覧表

ＩＳＯ－9000-1～4 （JIS Z 9900）	Quality Management and quality assurance standards 品質管理及び品質保証の規格　－　第１部～第４部
ＩＳＯ－９００１ （JIS Z 9901）	Quality systems － Model for quality assurance in design ／ development, production, installation and servicing 品質システム　－　設計・開発、製造、据付け及び付帯サービスにおける品質保証モデル
ＩＳＯ－９００２ （JIS Z 9902）	Quality systems － Model for quality assurance in Production and installation 品質システム　－　製造及び据付けにおける品質保証モデル
ＩＳＯ－９００３ （JIS Z 9903）	Quality systems － Model for quality sssurance in Final inspection and test 品質システム　－　最終検査及び試験における品質保証モデル
ＩＳＯ－9004-1～4 （JIS Z 9904）	Quality management and quality system elements － Gudelines 品質管理及び品質システムの要素　－　指針　他第４部まで

ＩＳＯ－８４０２	Quality Vocabulary 品質－用語

４－２－２品質管理の定義

ＩＳＯ－８４０２：１９９４版から主な用語と定義を引用して示す。[4)]

広範に使われる「品質」という用語には、いろいろな意味がある。

この国際規格において、品質とは、明示又は暗黙のニーズを満たす能力に関する、ある“もの”の特性の全体と定義されている。

例えば、品質を「要求事項の適合」という意味に用いられる場合、関係者は“品質コストを下げる”ことに議論を集中させるであろう。

あるいは、品質を「優秀さの程度」という意味に用いられる場合、関係者は“品質コス

トが上げる”と考えるであろう。

そこで、この規格では混乱を避けるため、技術的優秀さも含め「優秀さの程度」を表す用語として「等級」を用いることができるようになっている。「等級」は品質要求事項における計画した差異または認識した差異を表す。

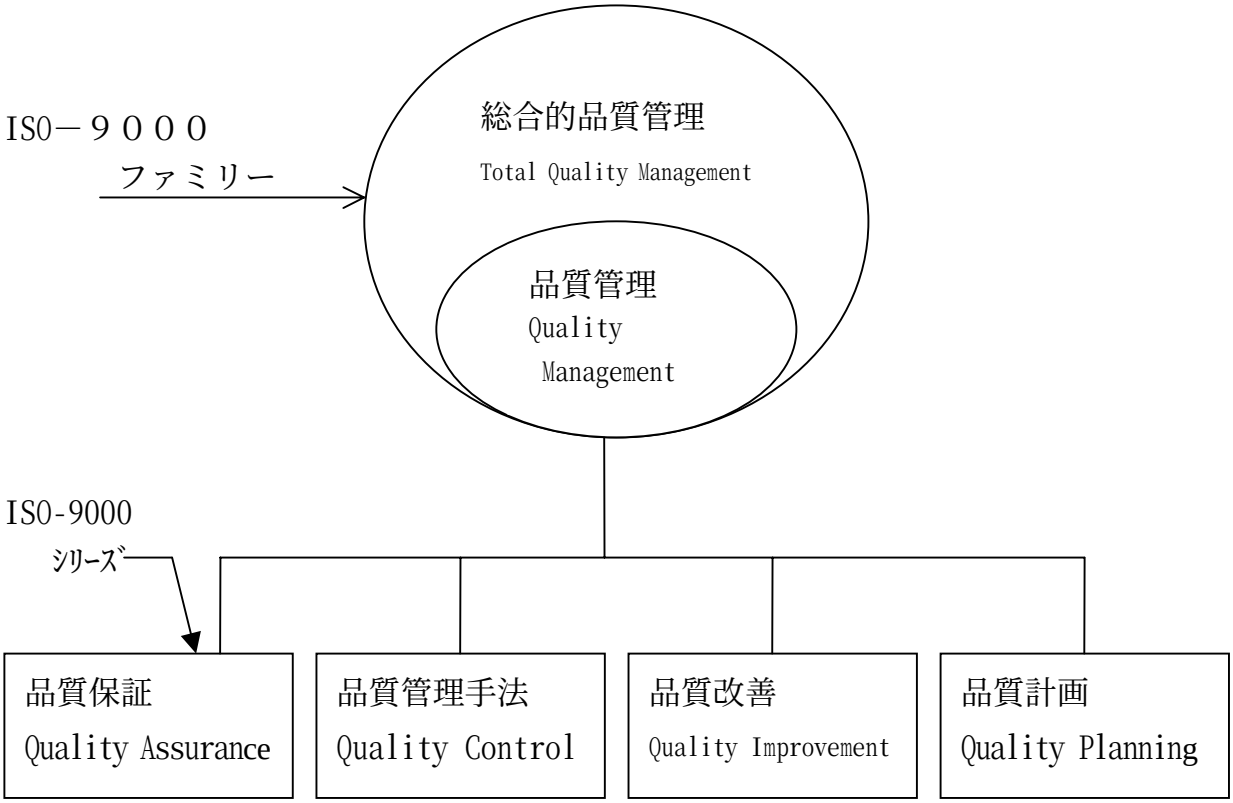
この国際規格では、“もの”という用語は、製品のみならず、例えば活動、プロセス、組織又は人をも包含するように拡張されている。

また、「品質管理」と日本語で書かれるとＱＣ(Quality Control)なのか、ＱＭ(Quality Management)なのか、はっきりしなくなってしまう。この国際規格では、この点を明確に「品質管理」（QM）と「品質管理（狭義）又は品質管理手法」（QC）に定義付けている。

品質管理（QM）は、品質方針、目標及び責任を定め、それらを品質システムの中で品質計画（QP)、品質管理手法（QC)、品質保証（QA）及び品質改善（QI）などによって実施する全般的な経営機能のすべての活動と定義付けられている。

さらに、総合的品質管理（TQM）は、品質管理（QM）の概念に、組織そのもの、その構成員、その顧客及び社会の全体としての利益のために、長期的かつ包括的な経営管理戦略、及び組織全構成員の参画という考え方を持ち込んだものであるとしている。

概略を図に示すと、図４－１のようになる。



ISO９００１～３
第三者審査登録

図４－１

４－３　ＩＳＯ－９０００シリーズ認証取得の意義・効用とその限界

４－３－１　ＩＳＯ－９０００シリーズ(ISO－9001,9002 及び 9003)の特徴

ＩＳＯ－９０００シリーズの特徴を整理してみると、次のようになる。

① 図４－１に示したように、審査対象の品質システムは、品質要求事項を満たす能力（信頼感）を証拠で示すことによって与える「品質保証」の側面であること。.

② 品質システム審査登録における評価対象が、製品の技術的内容ではなく（例えば、めっき技術内容ではなく)、製品（例えばめっき製品）を生み出す管理システムであること。

③ 審査登録における評価者が、民間の第三者機関であること。

④ 評価の関心事が、計画通りの実施と検証であること。

⑤ 規格に記述された要求事項に対し適合しているかの適合性評価であり、予め基準を定め、形式的に評価されること。

⑥ ＰＤＣＡサイクルの中の３要素である、計画、実施、検証がそれぞれ独立しているという専門性を尊重していること。

４－３－２　ＩＳＯ－９００１，９００２または９００３認証取得の意義･効用

① ＩＳＯ－９００１，９００２及び９００３認証取得は、国際的に標準化された品質保証モデルを基準にした品質システム審査登録の制度としている点で意義がある。登録されているという事実だけで、品質システムが最低限整備されているということがわかるので、世界レベルで顧客との信頼性を考えると、認証取得抜きには考えられなくなってきている。

② ＩＳＯ－９０００シリーズは、「計画する」「実施する」「確認する」という基本動作の遵守を重んじるため、管理において非常に重要な基本動作が強化される。

③ 構築したシステムを維持されるために、第三者機関によるサーベランスがあり、また自主的な品質内部監査を義務付けている。

④ 一般的に日本の企業における管理体制は、責任･権限が不明確な場合が多いので、この規格はよい刺激になる。

⑤ 文書化は、だれにでもわかるように仕事の内容、ルールを明確にすることができ、コミュニケーションを含め、決裁、承認、指示、引継ぎ、検証が確実になる。

４－３－３　ＩＳＯ－９００１，９００２又は９００３認証取得はしたけれど（その限界）

ＩＳＯ－９０００シリーズの審査登録取得事業所数は、年々増加の一途を辿っている。その多くの企業が認証取得後、今まで経験しなかった効果･効用を発見し、体質改善･強化への確信を感じるようになることは間違いないようであるが、その後第三者審査機関によ

るサーベランス、自主的内部品質監査を重ね、慣れてくるに従い、次のような問題が浮上してくるケースが非常に多い。

① 取得するために一生懸命整備したけれど、不良が思ったように減らない。

② サーベランスや内部品質監査では不適合は見つからないが、利益が上がらない、生産効率が上がらない。

③ 社外不良率は下がったが社内不良率が高くなった。

その原因は、上述したＩＳＯ－９０００シリーズの特徴から判断できるように、ＩＳＯ－９０００シリーズの「品質保証モデル」を外部の第三者が適合性評価するため、品質システム要求事項としては、第三者が客観的に判断できる事項に限定されてしまう。

従って、認証審査の段階で、不良の低減や品質向上などの技術面の改善効果を求めていない。

４－３－４広義の品質管理へのレベルアップ

以上、述べてきたようにＩＳＯ－９０００シリーズの認証取得は、その特徴から図４－１に示す品質管理（QM）の基盤強化には欠かせないツールの一つ（管理システムの確立）を獲得することであり重要であるが、顧客要求に適合した品質の製品を効率よく生産するためには、品質作りの基になる固有技術のレベルアップを伴わなければならない。

『その企業の管理システムのレベルは、保有する固有技術のレベル以上にはならない』と言われる所以がここにある。

広義の品質管理（QM）が目指すものは、Q（品質）、C（コスト）、D（量、納期）、E（環境），S（安全）など経営要素全般の各管理システムを統合し、固有技術と組織力を生かし効率よく迅速に対応することで、顧客に信頼され「賞賛される競争力」を持つことであると考えられる。

ＩＳＯ－９０００シリーズ（１９９４年版）は、世界に卓越した品質を求めているものではない。最近、欧米では世界に通用するレベルで、競争力を強化するためにベンチマーキングという手法を多用されている．これは技術力ばかりでなく、流通、情報活用など経営全般で手本になる企業に比べて自社の力がどの程度かを評価し、向上を目指す手法である。日本の企業のように「横並び」指向では、経営の品質は向上しないという考え方になる。

４－４　ＩＳＯ－９０００シリーズの２０００年改訂について[1) 5)]

今現在、国際審議の場でＩＳＯ－９０００シリーズの改訂作業が進められている。

今回の改訂でＩＳＯ－９００１，９００２及び９００３は、ＩＳＯ－９００１に一本化され、「品質保証モデル」ではなく「品質マネジメントシステム」の規格になる。

今回の改訂審議の今後の日程は、次のようになっている。

① １９９９年１１月中旬～１２月初；ＤＩＳ版（Draft International Standard）の配布（５ヶ月投票）
② ２０００年　６月～７月　　；第１８回ＴＣ１７６総会（京都）
③ ２０００年１２月初　　；国際規格発行

改訂を検討する初期の段階では、ＩＳＯ－９００１の規格一本でどの業界にも適用できるようにすることで、あくまでも「品質保証」という範囲内で取り組んでいたが、国際審議の中で上述した効用と限界の問題も追加され、「顧客不満足の測定」あるいは「ＩＳＯ－１４００１との両立性」なども含め、品質保証ではなく品質マネジメントシステムの規格ということになっていった経緯がある。

２０００年改訂の主なポイントを整理しておく。（表４－３を参照）

① 規格の構成をＩＳＯ－９００４と合わせると同時に、プロセス指向を念頭に「経営者の責任」、「経営資源管理」、「プロセスの管理」及び「測定･分析及び改善」の４つをＰＤＣＡサイクルで回せる構造に変更した。
② プロセスアプローチを基に、顧客の要求に対する継続的改善活動、及びプロセスをモニターしながらプロセスの有効性を継続的改善する活動を導入した。
③ 継続的改善を推進するため、顧客満足の測定を導入した。
④ ＩＳＯ－９００２及び９００３を廃止し、「適用範囲の縮小」の概念を導入して、従来あった部分的適用規格のあり方を廃止した。

さて、ＩＳＯ－９０００シリーズ２０００年改訂に係わる日本での対処方針案は、現在次のように考えられている。[1)]

基本的考え方

ＩＳＯ－９０００シリーズのＩＳＯ－９００１（２０００年版）への円滑な移行に当っては、審査登録制度の最大な利用者である事業者への便益を最優先すべきであると考えられる。そこで、

① ２０００年版発行後３年間は、旧ＪＩＳ規格を並存させる。
② ９４年版で登録を受けた企業は、２０００年版発行後３年間のうちに２０００年版の登録を受ける必要がある。
③ ＤＩＳ発行からアクションの開始を可とするが、案であることを常に明確にし、不要な混乱を避ける。（２０００年１２月以降正式に国際規格になる予定）
④ 品質マニュアルについては、規格の構成の変更とは関係なく、企業の品質マネジメントシステムが大幅に変わらない限り、変更する必要はない。変更した方がメリットがあると思えば変更すればよい。

制度全体の信頼性を担保するために必要かつ最低限の移行措置とする。

以上、２０００年版改訂案をまとめたが、これはもう品質保証のために顧客が要求していることだけではなく、企業の経営としてどうあるべきかという要求事項になっていると

解釈できる。

第三者機関によってそこまで評価できるかどうか疑問は残るが、その方向で改訂が進められている。

表４－３　ＩＳＯ－９０００ｓ改訂の目次構成（要求次項）案

（１９９４年版と比較）

ISO-9000s(1994年版) ; ISO-9001,9002,9003	ISO/CD2-9001 (2000年版) ; ISO-9001に統合化
まえがき	まえがき
0 序 文	0 序 文
0.1 一 般	0.1 一 般
0.2 品質保証モデル	0.2 プロセスモデル
	0.3 他の管理システムとの両立性
1 適用範囲	1 適用範囲
2 引用規格	1.1 一 般
3 定 義	1.2 適用範囲の縮小
3.1 製 品	2 引用規格
3.2 見積仕様書	3 用語及び定義
3.3 契 約	4 品質管理システム要求事項
4 品質システム要求事項	5 経営者の責任
4.1 経営者の責任	5.1 一般的要求事項
4.1.1 品質方針	5.2 顧客要求事項
4.1.2 組 織	5.3 法的要求事項
4.1.2.1 責任及び権限	5.4 方 針
4.1.2.2 経営資源	5.5 計画立案
4.1.2.3 管理責任者	5.5.1 目 標
4.1.3 マネージメントレビュー	5.5.2 品質計画
4.2 品質システム	5.6 品質管理システム
4.2.1 一 般	5.6.1 一般的要求事項
4.2.2 品質システムの手順	5.6.2 責任及び権限
4.2.3 品質計画	5.6.3 管理責任者
4.3 契約内容の確認	5.6.4 内部のコミュニケーション
4.3.1 一 般	5.6.5 品質マニュアル
4.3.2 内容の確認	5.6.6 文書の管理
4.3.3 契約内容の修正	5.6.7 記録の管理
4.3.4 記 録	5.7 マネージメントレビュー
4.4 設計管理	6 経営資源の管理
4.4.1 一 般	6.1 一般的要求事項
4.4.2 設計及び開発の計画	6.2 人的資源
4.4.3 組織上及び技術上のインタフェース	6.2.1 要員の割り当て
4.4.4 設計へのインプット	6.2.2 能力、教育・訓練、意識、及び適格
4.4.5 設計からのアウトプット	6.3 情 報
4.4.6 デザイン・レビュー	6.4 経営管理基盤
4.4.7 設計検証	6.5 作業環境
4.4.8 設計への妥当性確認	7 製品及び／又はサービスの実現
4.4.9 設計変更	7.1 一般的要求事項
4.5 文書及びデータの管理	7.2 顧客関連プロセス
4.5.1 一 般	7.2.1 顧客要求事項の明確化
4.5.2 文書及びデータの承認及び発行	7.2.2 顧客要求事項の内容確認
4.5.3 文書及びデータの変更	

4.6 購 買	7.2.3 顧客とのコミュニケーション
4.6.1 一 般	7.3 設計及び開発
4.6.2 下請負契約者の評価	7.3.1 一般的要求事項
4.6.3 購買データ	7.3.2 設計・開発インプット
4.6.4 購買品の検証	7.3.3 設計・開発アウトプット
4.6.4.1 下請負契約者先での購買者による検証	7.3.4 設計・開発レビュー
4.6.4.2 下請負契約された製品の顧客による検証	7.3.5 設計・開発検証
4.7 顧客支給品の管理	7.3.6 設計・開発の妥当性確認
4.8 製品の識別及びトレーサビリティ	7.3.7 変更の管理
4.9 工程管理	7.4 購 買
4.10 検査・試験	7.4.1 一般的要求事項
4.10.1 一 般	7.4.2 購買情報
4.10.2 購買検査・試験	7.4.3 購買製品／サービスの検証
4.10.3 工程内の検査・試験	7.5 生産及びサービスの実施
4.10.4 最終検査・試験	7.5.1 一般的要求事項
4.10.5 検査・試験の記録	7.5.2 識別及び追跡性
4.11 検査・測定及び試験装置の管理	7.5.3 顧客の所有物
4.11.1 一 般	7.5.4 取り扱い、包装、保管、保存及び引き渡し
4.11.2 管理手順	7.5.5 プロセスの妥当性確認
4.12 検査・試験の状態	7.6 測定・監視機器の管理
4.13 不適合品の管理	8 測定、解析及び改善
4.13.1 一 般	8.1 一般的要求事項
4.13.2 不適合品の内容確認及び処置	8.2 測定及び監視
4.14 是正処置及び予防処置	8.2.1 システム成果の測定及び監視
4.14.1 一 般	8.2.1.1 顧客満足の測定及び監視
4.14.2 是正処置	8.2.1.2 内部監査
4.14.3 予防処置	8.2.2 プロセスの測定及び監視
4.15 取扱い、保管、包装、保存及び引渡し	8.2.3 製品／サービスの測定及び監視
4.15.1 一 般	8.3 不適合の管理
4.15.2 取扱い	8.3.1 一般的要求事項
4.15.3 保 管	8.3.2 不適合の内容確認及び処置
4.15.4 包 装	8.4 改善のためのデータ解析
4.15.5 保 存	8.5 改 善
4.15.6 引渡し	8.5.1 一般的要求事項
4.16 品質記録の管理	8.5.2 是正処置
4.17 内部品質監査	8.5.3 予防処置
4.18 教育・訓練	付属書A（参考）
4.19 付帯サービス	
4.20 統計的手法	なお、□内の事項は新規追加または
4.20.1 必要性の明確化	
4.20.2 手 順	主な変更点を示す。

（続く）

ＩＳＯ９０００ｓの改訂
（２０００年１２月国際規格制定予定）

新しい規格で新たに追加された主な条項
(1)顧客満足の測定・評価
（例）顧客アンケート、ビジネス・トレンドの評価、競合他社の製品及び／又はサービスとの比較、など
(2)継続的改善
(3)作業環境　（物理的環境・人的要因）

４－５　ＩＳＯ－９０００シリーズ（１９９４年版）認証取得実施のポイント

４－５－１　規格要求事項のポイント

４－５－１．１　経営者の責任（ＩＳＯ－９００１、－２、－４　4.1項）

（１）品質方針（Quality policy）

品質に対する方針と目標および責任を明確に文書化する。

品質方針は、トップの宣言文方式にし、簡潔明瞭な表現でＡ４判１～２枚にまとめる。

（２）組織

品質に関連するあらゆる部門の人々の責任と権限および相互関係を明確にする。

組織図と品質保証に関連した機能・役割・業務を表現する品質保証体系図を要する。

品質保証部門は社長直結にし、組織上自由と権限を与え、利害関係から分離する。

組織を整備する上で、次の３点を明確にする。

①責任と権限　②検証の手段および人員　③管理責任者

（３）経営者による見直し

品質システムの効果を例えば２回／年あるいは１回／年、定期的に見直す。

４－５－１．２　品質システム（ＩＳＯ－９００１、－２、－３　4.2項、－４　5.3項）

ＩＳＯの要求項目を盛り込んだ「品質マニュアル」を文書化し維持する。

外部監査はこのマニュアルによって行なわれる。

マニュアル作成には特に次の点に注意する。

- ○　要求品質達成のために必要な、管理手段、工程、検査装置、治具などの全ての製造原料、設備、技能の明確化と確保。
- ○　新技術開発による技法の更新。
- ○　測定に関しては最高の技術水準。
- ○　受入基準の明確化。
- ○　関連手順、文書間の整合性。
- ○　品質記録の種類と様式。

ただし、要求項目のみで簡略に文書化すること、自社の言葉で表現する、考え方に自　由度を持たせ、形式に縛られないことが大切である。

４－５－１．３　契約内容の見直し（ＩＳＯ－９００１、－２　4.3項）

契約内容の確認・見直し・仕様変更など経済的な面を含め十分な注意が必要である。

困難が想定される要求事項については相互の理解を深め、確実な記録を残す。

４－５－１．４　製品の識別及びトレーサビリティ（９００１ 4.8 項、－２ 4.7 項、－３ 4.4 項）

購入側の要求や指示によって決める。

独自の基準で、製造番号、ロット番号を表示し、マークや色分けで識別する。

製品の品質に影響するものについて識別してあればいい。

制度維持に必要な計測器類は校正した上位標準器とのトレーサビリティが大切である。

４－５－１．５　工程管理（ＩＳＯ－９００１ 4.9 項、－２ 4.8 項）

（１）工程管理

次のような点に留意して、製造およびサービスの作業や管理の手順を明確にする。

① 作業手順書、品質計画書を誰にでもわかりやすく文書化し表示する。

② 規格、法規に従って管理する。

③ 品質管理状況、進捗状況、設備管理状況を充分に把握する。

④ 品質のできばえを、明確に基準化する。

（２）特殊工程

製品の検査やできばえだけでは、品質が確認できないで、使用の段階で欠陥が現れるような製造工程を特殊工程と言う（兵器関係には従来から規定されている）。

めっき、溶接、熱処理、蝋付け、塗装、洗浄がこの類である。これらについては、特別な設備管理、技能管理が必要とされる（防衛庁、航空機などの関連工程には、従来から設備認定、作業者の認定が必要とされている）。

４－５－１．６　検査および試験（ＩＳＯ－９００１ 4.10 項、－２ 4.9 項、－３ 4.5 項）

品質計画書、または検査・試験計画書によって行なう。

内容は、自社の検査手順書で充分である。

購入検査、工程検査、製品検査、必要に応じて出荷検査を規定する。

検査が完了するまで、次工程に移してはならない。

購入側の要求事項を実証できる検査・試験の結果を記録し、定められた期間保管する。

４－５－１．７　検査、測定および試験装置（９００１ 4.11 項、－２ 4.10 項、－３ 4.6 項）

検査、測定、試験の装置は、使用頻度に応じて、一定の間隔で校正・調整などの適格な管理とその結果の記録・保管が必要である。

校正に標準機器がない、またはそのような手段のとれない場合は、校正の手順書や要領書を作成しそれに従う。校正基準から外れた場合、使用されないように、識別と善後処置が大切である。校正の日時、標準、結果などの記録と保管が必要である。

４－５－１．８　検査及び試験の状態（ＩＳＯ－９００１ 4.12 項、－２ 4.11 項、－３ 4.7 項）

製品に問題が発生した場合、製造工程の追跡が必要であり、工程表または現品表の添付工程責任のサインや、確認がなければ次工程に移せない、管理状況の識別などの処置が必要である。

４－５－１．９　不適合品の管理（ＩＳＯ－９００１ 4.13 項、－２ 4.12 項、－３ 4.8 項）

ＩＳＯでは不適合品の管理が非常に重要視され、混入防止を明確にする。

再審は、再審委員会などの適切な手段を要し、次の選択肢を的確に選び記録する。

○適正な再加工　○補修または特採要請　○格下げ用途変更　○廃棄処分

４－５－１．10　是正処置（ＩＳＯ－９００１ 4.14 項、－２ 4.13 項）

不適合の現物（応急）処理、暫定処置、原因追求と再発防止、出荷品の見直し、回収処置を適切にとること、再発防止の効果確認が大切である。

４－５－１．11　取扱い、保管、包装及び引渡し（９００１ 4.15 項、－２ 4.14 項、－３ 4.9 項）

高密度、高性能な部品が増え、静電気・磁気・振動・腐食（湿度）などに弱くきめ細かな物流の仕組みを考える必要がある。

（１）保管

適切な環境での保管、長期の保管には定期点検などが必要で、加工業者の責任に帰すことのできない問題には、予め充分な対応が必要である。

（２）包装

包装材料の材質、防錆、防湿、吸湿剤など、購入者側と充分な試験検討の後に協議協定が必要で、上記の保管同様な取決が、供給者側の信用と経済を守るためにも必要である。

（３）引渡し

供給・購入両者における加工保管の責任の接点であって、特に輸出品など従来以上に適切な監視と管理が必要とされる。

４－５－１．12　品質記録（ＩＳＯ－９００１ 4.16 項、－２ 4.15 項、－３ 4.10 項）

要求品質の達成状況、品質システムの効果などの立証に必要なもので、必要なとき目的の記録が容易に検索・閲覧できる必要がある。従って、識別、見出し、ファイリング、保管場所、保管期限、廃棄処理などが規定される必要がある。

混乱を防ぐため管理する品質記録の対象を次の表の中から決めておくことを勧める。

表４－４　品質記録の種類　例

検査報告書	受入検査、工程内検査、最終検査記録
試験データ	認定試験、評価試験記録
設計審査	表面処理設計審査記録
監査報告書	内部監査、外部監査記録
再審	再審記録
校正データ	計測器、検査・試験よう設備の校正データ記録
不適合報告書	クレーム処理、是正処置、不適合品処置記録
品質システム	見直し記録
契約	契約の記録
教育・訓練	教育・訓練記録
購買	購買品、購買先評価、監査記録
特殊工程	作業記録

４－５－１．13　内部品質監査（ＩＳＯ－９００１ 4.17 項、－２ 4.16 項）

（１）内部監査の目的

日常の作業が決められた品質システムに従って実施されているかを検証し、問題が起こる恐れがあれば、経営者とともに品質システムの見直しを行なう。

（２）内部監査の方法

品質保証部門が中心になって、年間監査計画を策定する。

監査員は、適切な教育訓練を受けた有資格者とする。

内部監査は、製品の品質監査ではなく、品質システムの監査であることが大切である。監査記録は、外部監査の際に重要なもので、期間を定め保管を要する。

４－５－１．14　教育・訓練（ＩＳＯ－９００１ 4.18 項、－２ 4.17 項、－３ 4.11 項）

品質に関与する全ての人を対象に、計画的かつ一貫性を持った教育訓練が必要である。

（１）教育・訓練の種類

①　ＩＳＯ－９０００規格教育

②　内部監査員教育

③　特殊工程の技能訓練

④　社内品質管理教育

（２）教育・訓練の手段

教育訓練は、①ＯＪＴ　②通信教育　③社内、社外のセミナー　④職場内自主勉強会などによって実施し、個人別教育訓練の記録、有資格者の登録などが大切である。

４－５－１．15　統計的手法（ＩＳＯ－９００１ 4.20 項、－２ 4.18 項、－３ 4.12 項）

受入検査や最終検査においては、統計的手法による管理が必要で、特に自社の工程能力の把握と検証が大切になっている。抜取検査、ＱＣ七つ道具など従来の品質管理になじみの深いものがあり、これらを活用することが大切であることに変わりはない。

４－５－２　ＩＳＯ－９０００ファミリー規格の使い方

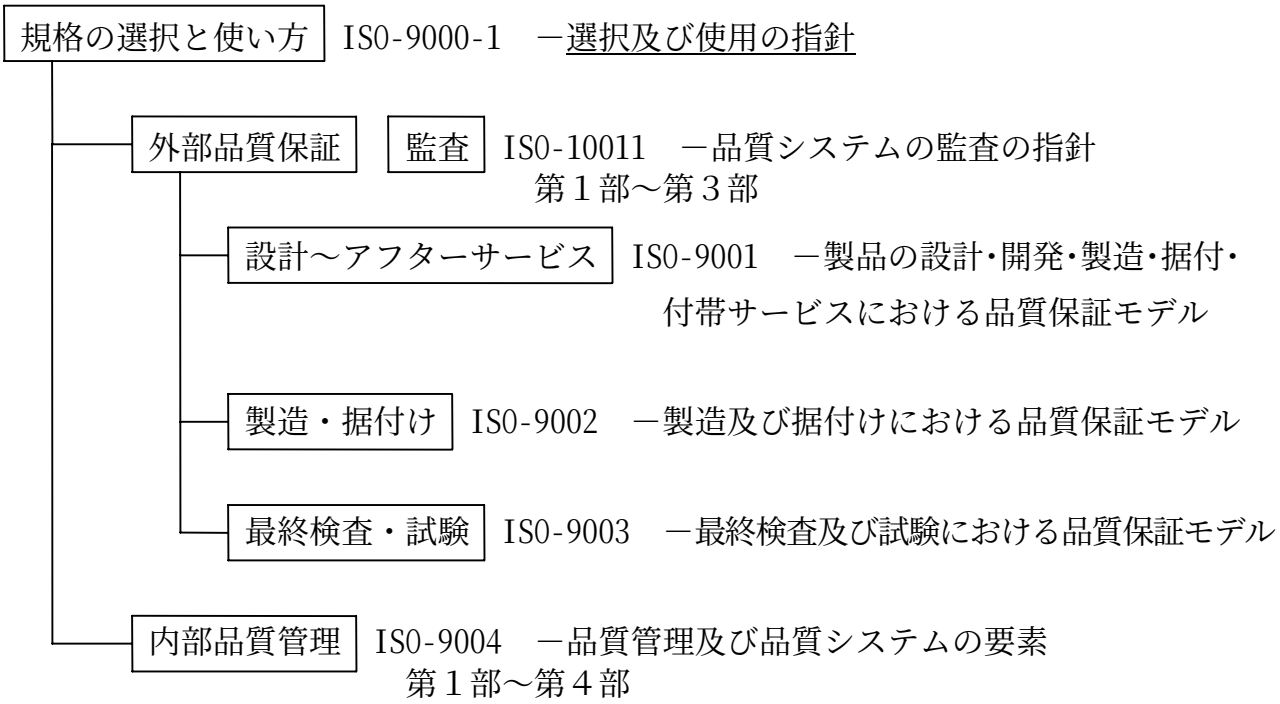


図４－２　ＩＳＯ－９０００ファミリー規格の使い方

４－５－３　審査登録（認証）手続きの流れ

審査機関による審査業務及び認証取得のフローを図４－３及び図４－４に示す。

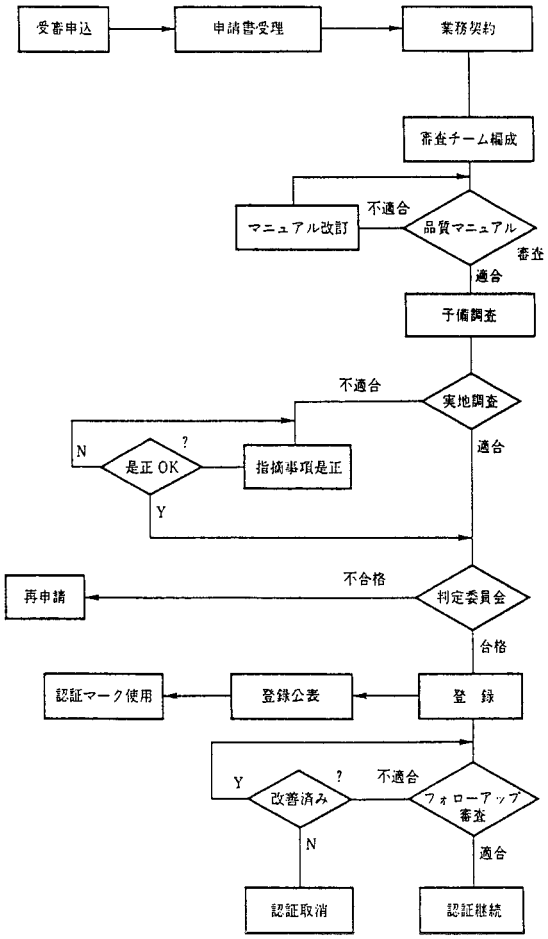


図４－３　審査・登録業務のフロー

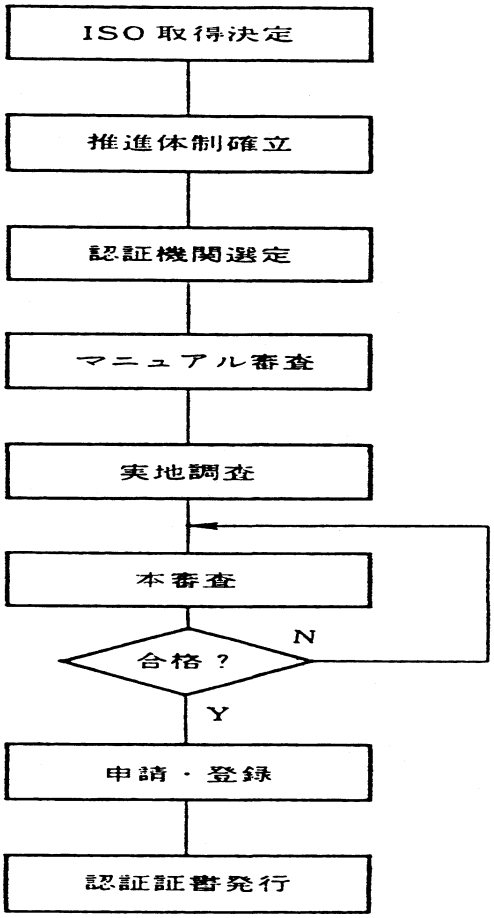


図４－４　認証取得の経緯

４－５－４　ＩＳＯ ９０００シリーズ認証取得事例

前述のように ISO 9000 の規格シリーズ(ISO 9000s と略称)には「品質システムの審査登録制度」があり、第三者の民間審査機関（国際的に認定された機関）の審査を受け、認証を取得し登録される。めっき関連企業の認証取得事例とそのポイントを紹介する[6) 7)]。

４－５－４．１　清川メッキ工業（株）　　福井市和田中１－４１４

認証取得：　１９９４年　ＩＳＯ ９００１（めっき業者では初取得）

沿革：　同社は１９６３年創業、アルミニウム合金リムの技術開発に成功、１９７１年量産設備を導入、１９７５年電子部品関係分野に進出本格的に品質管理に取り組む、１９８２年キヨカワ電子㈱１９８４年キヨカワ化学研究所設立ＱＣＣ活動を開始、電子部品自動化とともにトレーサビリティーの確立と５Ｓ活動実施、１９９２年品質保証課を設

け品質システムの完備をめざし、１９９４年ＩＳＯの認証を取得した。

(１) 認証取得に当っての準備

① ＩＳＯ ９０００ へ全従業員の正しい理解と認識

② 設計、製造、完成品検査のユーザー確認と第三者審査保証体制の正しい評価確認

③ 従前のＴＱＣとＩＳＯシステムの違いを確認

表４－５　日本的品質管理ＴＱＣとＩＳＯの比較[4)]

	Ｔ　Ｑ　Ｃ	Ｉ　Ｓ　Ｏ
基本的考え方	日本的な品質管理	欧州的な品質保証
主導性の差	売る立場からの発想	買う立場での発想
実行理念	人間尊重 以心伝心 あうんの呼吸 自主性尊重	システム尊重 マニュアル化 内部監査による確認 文書による契約
具体的手法	ボトムアップ 改善促進型 攻めの品質管理	トップダウン 現状推移型 守りの品質管理

(２) 認証取得へ購入者要求

認証取得へ、次のような多くの購入側（発注者）の要求が取得を急がせた。

① 公共調達機関（建設省、運輸省、防衛庁など）

公共工事入札､海外工事などにＩＳＯの認証取得が義務付けられるケースが増える。

② アメリカ３大自動車メーカーとトラック５社の業界

自動車部品供給者に対し、ＱＳ ９０００への適合要求がある（QS 9000 は ISO 9001～9003 を基本にした QS 9000 を発表、1996 年末をメドに北米､ＥＵ、ベネズエラの約 13700 社に完全適用を義務付けた[8)]。

③ ＮＴＴ

部品供給者へのＮＱＡＳの適用（２者間の審査登録はしない。第三者認証）

ＩＳＯ ９０００ｓ＋ＴＱＣ＝ＮＱＡＳ（ＮＴＴの品質管理）

④ 製造物責任法（ＰＬ法）

ＰＬ法対策の一部になる（製品の安全性の立証が容易になる）。

⑤ 品質・安全に関する認証制度（ＣＥマーキング制度）

ＩＳＯ ９０００ｓを取得していることが前提条件

（3）ＩＳＯ ９０００ｓ 審査の要点

① 品質システム文書体系の構成

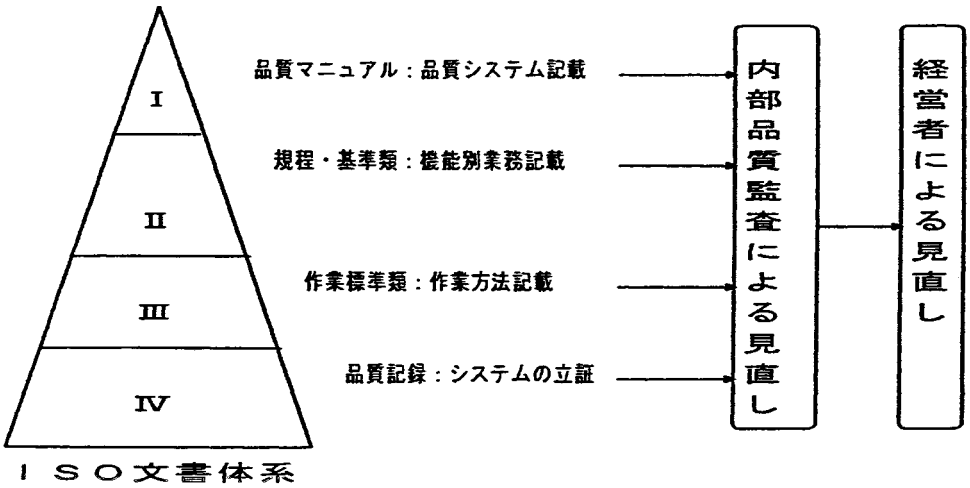


図４－５　ＩＳＯ ９０００ｓによる品質システムの構成

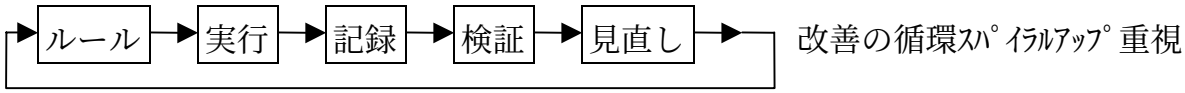
② 品質システムの改善

○ ５Ｗ２Ｈのルールが明確になっているか？

○ 「どうやるか」はその企業の考え方に任される（マニュアルは自社製である）。
企業従来のやり方を尊重、認証取得のために、仕事のやり方を変える必要なし。

○ 実施したことは記録として残す（結果の検証重視）

○ 絶えず見直しが実施されているか？



（4）ＩＳＯ ９００１ 導入段階での要点

① 全員に導入の目的を充分に理解させる。

② 白紙状態から品質システムとマニュアルを作ろうと力まず、ＩＳＯ ９０００ｓの規格と対比しながら、現状の仕事のやり方、流れがどうなっているかを確認する。

③ ５Ｓの実行と５Ｗ２Ｈ（When, Where, Who, What, Why, How, How Many）の実行。

④ 基本ルールを守る。

⑤ 成功の３原則

(1)社長の意欲

(2)推進責任者の強力なリーダーシップ

(3)目に見える成果

（５）品質関連組織及び行事

① ＩＳＯ取得推進のために次の社内組織を設けた。

標準化委員会
- 総括　社長
- 委員長　品質保証課長委員１３名（部･課･係長）
- 事務局　品質保証課

週１回（１時間)、認証取得まで７８回開催した（１年６ヵ月)。

② その他の関連組織及び行事

部課長会議	社長・部課長	月１回
安全衛生委員会	安全衛生委員	月１回
ＣＩサークル	全社員	月１回
内部品質監査会	内部品質監査員	年１回（ただし、各部署毎）

（６）ＩＳＯ ９００１ 維持向上について

「放置すれば低下する、無理をすれば悪化する」と言われ、認証取得後は維持向上管理が最大の問題である。

① 内部品質監査が維持向上の要点である。

○ 仕事のやり方の改善など一気にやろうと欲張らず、現状を３現主義で整理する。

○ 長時間続けても息苦しくない品質システムかどうかを常に考える。

○ 無理せずに自分たちで必要と感じた活動を積み重ねる思想を持つ。

② 目に見える成果こそが維持向上の特効薬である。

○ 利益

○ 新技術

○ 企業イメージ

○ 不良率・クレーム件数

○ 教育

（７）認証取得後の得失

表４－６　ＩＳＯ ９００１ 認証取得後のメリットとデメリット

項　　目	取 得 以 前	取得後のメリット	取得後のデメリット
社内雰囲気	コスト優先、ルール無し	品質優先、ルール厳守	ルールに縛られ窮屈
仕事の受渡し	口頭中心、臨機応変	業務ﾌﾛｰが明確、責任・権限が明確	検印が増加
文書管理	標準書最新版管理不明確	最新版･文書間の整合、必要に応じ必要文書	文書のメンテナンスに手間がかかる
製品不良	水面化処理の存在	ルール厳守によるオープン化（数値化）	
再発防止	対策処理に止まる	ランク別による是正処理・予防処理	
開発スピード	個人の力量が左右	デザインレビューによる問題点の早期解決	会議回数の増加
合理化	対象部署に止まる	他部署へ横展開	
教育	階層別教育	階層別＋専門別教育	
自社社員意識	福井県の企業	国際的な企業	

（８）認証取得による経営理念の確認

「自由なる創意の結果が、大いなる未来を拓く」と言う経営理念に従い、「創造と想像」「技術と人術」をもって、職人技術　管理技術　分析技術　新めっき技術　の４技術を融合することにより、企業体質を強化することを、認証取得の目的に置いた同社は、めっき業界のトップを切って、加工業種には珍しく、自社による企画設計技術をも含めたＩＳＯ９００１の審査登録に成功した。

同社は、ＩＳＯ－９００１認証取得後３年を迎え、絶えざる改善によってその維持に努めるかたわら、次の目標であるＩＳＯ１４０００シリーズによる環境マネジメントへの準備を進めた（1997 年 11 月認証取得した）。

新技術への創意工夫が閉塞状況を伝えられる国内めっき業界の未来を拓くことを、北陸

の地にあって立証されたものであり、国際的に確認されたその経営理念を範として、これに続く必要があるだろう。

４－５－４．２　（株）野毛電気工業　　横浜市金沢区福浦２－１０－１
審査登録：　１９９６年１０月
工場概要：　当事業所は、各種電子部品の製造工場であり、半導体リードフレームのめっき加工を主力にしたトップクラスの工場である。工場は横浜及び九州にあるが、輸出品も多く、ＩＳＯの認証取得を必要とした。当該工場の従業員数約１７０名、審査対象規格はＩＳＯ　９００２･1994（註；旧 1987 年版から改訂あり）計画段階から認証取得に要した期間は約１年半、キックオフから丁度１年と報告されている[7)]。

同社から報告されている認証取得の要領は次のようである。

（１）認証取得の準備

1) 準備に当っての留意点

① スタートの時点から然るべきコンサルタントの指導を受ける。

専門のコンサルタントを選定し、必要期間を設け、推進メンバーに具体的手法の研修を行なう（公認の審査員はコンサルタント業務はできないことに注意）。

② 取得の対象範囲を決める。

部分的な業務範囲に審査の対象を絞ることもできるが、中小企業は全員参加で取得の効果を盛り上げるために全社を対象にする方が望ましい。

③ スタートから取得までの期間を明確に定める。

研修期間６ヵ月と取得期間（審査登録までの期間）１ヵ年とに分け、合計１年半の計画を定めた。研修期間にも、品質マニュアル仮作成トレーニングが理解を早めた。

④ 運用しやすい品質システムを作る。

従来の作業方法で充分な品質が造れる自信を持って、今まで実行してきた最善の品質システムを苦手意識を持たずに文書化することが重要である。（コンサルタントに頼めば３ヵ月でシステムはできるが、使えないマニュアルができてしまう。）

⑤ 経営者のフォローが重要である。

計画通り準備を継続することが大切で､経営者自らの巡回点検がポイントである。推進する事務局のフォローも重要だが､経営者のフォローはそれ以上の効果がある。

2) 計画と経過

定期的に模擬審査を設け、絶えず準備内容の適・不適の判断を促し、これが意識の向上と早期の軌道修正に繋がり、模擬審査直前の準備の集中が予定期日達成に寄与した。

① キックオフ

社内外に公表し、社長によるキックオフ宣言は必須の要件である。

② 社内規定チェック

現状把握のために、まず社内規定のチェックを行う。今までの品質システムを否定してゼロから作り直す企業はない。ＩＳＯの要求と会社の意図をどう整合するか検討し、次に品質マニュアル・手順書等の作成計画を立案し、実行した。

③ 審査機関の決定

ＪＡＢ（財・日本適合性認定協会）認定の審査機関が１６機関、海外の機関もあり審査内容、業種、得意先など検討して決める。海外機関を利用する例も少なくない。

④ 登録申請

機関の都合もあり早めに申請をすべきである。何時までに登録審査を受けたいか明確に伝え、登録審査日を決める。

⑤ 社内基準・手順書のチェック

文書化の進んだ段階でコンサルタントによるチェックを行ない、早い段階で不適合に対処する。

⑥ 全体研修会

ＩＳＯの啓蒙と全体参加意識高揚のため２回実施した。当初とある程度理解が深まってから問題意識を持ってからの参加であり、意識の低下を防ぐ効用が大きい。

⑦ 模擬審査

コンサルタントによる品質システムの模擬審査を１～２ヵ月毎に実施(都合６回)不適合事項の摘出に努めた。指摘事項は次回までに計画的に是正に努めた。

⑧ 書類審査

審査機関による品質マニュアルの書類審査を受けた。書類審査は審査機関内、または企業への出向審査いずれかを選択する。

⑨ 予備審査・登録審査

審査機関による予備審査は原則として１回限りである。通常より１日多く３日間を要望し、本審査で不適合にならないよう充分な点検を頂いた。

登録審査（本審査）で重大なシステムの不適合を摘発され、審査が中止されないよう、対応する担当者全部への事前の教育を充分に行って置くことが大切である。

3) 受審の体制

体制はＩＳＯ推進委員会を設立し、推進母体とした。委員長は社長、副委員長を常務とし、スタッフとして管理責任者と事務局を置き、他は職制のリーダー及びその主要メンバーが全員、委員を兼任した。

会議体は　①リーダー会と　②全体会議を設け、毎月１～２回開催し、進捗状況の

把握、諸問題の解決に当った。

4) めっき業としての留意点

① 特殊工程の取り扱い

「品質特性が完成品によっては完全に検証できない工程」を特殊工程と呼び[7]、溶接、熱処理、めっき、塗装、はんだ付けなどがこれに属し、このような工程では、

◇　認定された者が作業すること

◇　工程パラメータの連続的な監視及び管理を行なうこと

が要求されており[8]、各種試験装置の配備を含め充分な配慮を要し、特殊工程の取り扱いについて、事前に審査機関と協議をして置く必要がある。

② 薬品管理

工業薬品と分析試薬は管理区分を明確に分ける。前者は「特化則」「有機則」「危険物」「毒劇物」等による規制内容に従い、後者はトレーサビリティーに必要な、証拠、記録の保管が大切である。

③ 支給品管理

有償無償に拘らず、素材などの支給品管理を徹底し、事故時の処置なども考えて、一括して報告できる手順を支給先と事前契約して置く。

④ 計測器管理

計測器管理には、ＩＳＯ １００１２-１計測器管理システム、ＩＳＯ １００１２-２測定プロセスの管理があるが、めっき工場には意外に多くの測定器が日常的に使用され、その管理が疎かにされがちである。「測定の不確かさが解っており、必要な測定能力を満たしていることを確実にするような使い方をすること」の表現に表されるような、充分な管理とトレーサビリティーが必要である。

⑤ 作業者教育

従業員教育が大切なことは言うまでもないが、特殊工程など特に定められた業務の従事者には資格認定が必要である。（実務教育、社内認定、教育手順を含む。）

⑥ 手順の文書化

詳細な手順まで文書化することは困難であり、作業者の習熟度合いに応じた無理のない文書化が必要である。「手順書がなければ品質に有害な影響を及ぼす可能性のあるもの」の表現に従い、実行できる内容で文書化する。文書化できないことは、教育の実績を尊重すること。

（２）取得段階までの問題点

取得機関の推移に従い、問題が続発する。推進責任者は絶えず問題処理に追われるが、計画に遅れが生じないよう、社内の調整を図る必要がある。問題を長期化させないよう、責任を明確にし、推進母体のメンバーから応援を仰ぎ、問題解決を急ぐことが非常に重要な責務になる。即ち、全員参加の意識が肝要である。

（３）審査登録後の感想

審査登録機関の判定により合格すれば登録証が交付される。これは、品質システムがスタートしたに過ぎない。このシステムを使いながら、時々刻々と使い易いように改善し、運営し、維持しなければならない。認証取得の活動の中の全社員の経験は、その企業の得難い財産である。品質意識、作業環境の向上、認証取得の達成感は大きな力になり自信につながることが確信できた。

４－５－４．３　その他の例

現在では、他に認証取得の例も多く、ケースバイケースで特徴のある手法を開発している。先の２例にも見られるが、一般的な傾向として次のようなことが報告されている[9)]。

① 専門家による指導を受けている例が大部分である。特に多品種少量生産の場合は、工程それぞれに独特な解釈も必要で、専門的な意見が効果を発揮する。

② 一般に完璧を期すよりは、拙速が尊ばれる。結果的にトータルの時間はかかっても不充分を承知で試行をスタートする。活動の中で矛盾が次々摘出され、取得までに手順書を５回全面書き換え、８回以上の見直しなどが珍しくない。

③ 取得後に本領を発揮する「内部監査体制」を、事前から整えて置くことが、運営上の決め手になる。

④ 審査の全社的なデモンストレーションを繰返し、審査の訓練が大切である。

⑤ 審査は要求事項の確認行為であって、あら探しをするわけではない。しかし、デジタルな判定に妥協はないから、これを真摯に受け留める必要がある。

⑥ 審査員の質問にあいまいな回答は通用しない。

⑦ 予備審査が最大の山場である。正式の指摘事項を解決することは勿論であるが、審査員とこれに応対する者の問答を克明に記録し、この中から指摘事項に準ずる問題点を洗い出し、その対策を怠らないことが大切である。例として指摘事項２１件、問題点１０８件があった。

⑧ 小規模事業所における取得上の問題点

(a)日常業務中のＩＳＯ推進活動時間の確保

(b)品質保証システムの教育とＰＲ

(c)ＩＳＯ要求事項の範囲・限界解釈の不得要領

(d)マニュアルの不揃いの調整など標準類の見直し

(e)従来文書の取り扱い。特に作り替え

４－６　製造物責任法について（参考）

平成７年７月から施行された製造物責任法（ＰＬ法）は国際的に高まった「品質保証」の理念が法制化されたものであって、次のような特徴を持っている。

① 製造物の欠陥で被害が発生したら、被害者は、欠陥と損害の因果関係を立証すれば、賠償請求ができる。

② 損害を与えた欠陥があれば、製造業者は過失の有無に拘らず責任を負う。

③ 損害の責任が、製造業者には無いことを立証しない限り免責されない。

４－６－１　製造物責任法の要綱（全部で６条）

第１条（目的）　製造物の欠陥によって生命・財産に被害が生じた場合の製造（加工）者の損害賠償責任を定め、被害者の保護を図るものである。

第２条（定義）　「製造物」「欠陥」「製造業者等」などを定義し、「欠陥」とは製造物に係る諸条件を考慮し製造物が通常有すべき安全性を欠いていること、「製造業者」は加工・輸入も含む。（ただし、欠陥への考慮事情は詳細な要件を定めず、今後の裁判の具体的な判断に委ねられる。）

第３条（製造物責任）　製造物の欠陥によって生命財産を侵害したときは、その損害を賠償する責任がある。その製造物についてのみの損害は含まない。（無過失責任が導入され、欠陥－損害の因果関係の立証に推定規定はないが、因果関係の推定が裁判に任され例えば、通常の方法で使用したにも拘らず損害が発生すれば、欠陥と推定されることもあり得る。）

第４条（免責事由）

(1) 製造物を引渡した時の科学・技術の水準によっては、その欠陥があることを認識できない。

(2) 部品または原材料の製造業者は、完成品製造業者の設計指示に従い、かつ、その設計に問題があることに気付かないで（無過失）、その部品・原材料によって完成品に欠陥が生じた。

第５条（期間の制限）　損害賠償請求権は、被害者側が損害及び賠償義務者を知った時から３年間で時効消滅する。製造物の引渡しから十年経過すれば時効消滅する。ただし、蓄積性または潜伏期間のある健康障害は、損害が生じたときから十年間とする。

第６条（民法の適用）　製造物の欠陥による損害賠償責任は、この法による他、民法の規定による。

この法律は民法の特則の形式をとり、条文に見えない部分は民法でカバーされ、明治２９年に定められた不法行為責任、債務不履行、瑕疵担保（かしたんぽ）責任など聞き慣れない民法上の責任が同時に追求される。

４－６－２　保険上の問題点

電気めっき業界では、商工３団体（日本商工会議所、全国商工会連合会、全国中小企業団体中央会）と各保険会社との特約で、既に保険取扱いをスタートしている。下記のような問題点を逐次処理しながら、平成７年から３年間は現行の料率で具体的な問題に備える体制であるが、法第３条などに見られる裁判の頼りとする国・自治体などのめっき表面に対する事故原因究明や損害とめっきの因果関係を証明する専門機関が万全であるとは限らない。

保険以前の問題として企業の品質保証体制を完備する必要がある。保険業界も、例えばＩＳＯ ９０００ 等による品質保証体制の確立が最大の保障になることを認めている。

製品によって（例自動車）保険料率が異なる、保険の範囲があいまい、親企業と保険重複の場合など多くのの問題もあり、保険で担保する場合も充分な注意が必要である。

【参考資料】

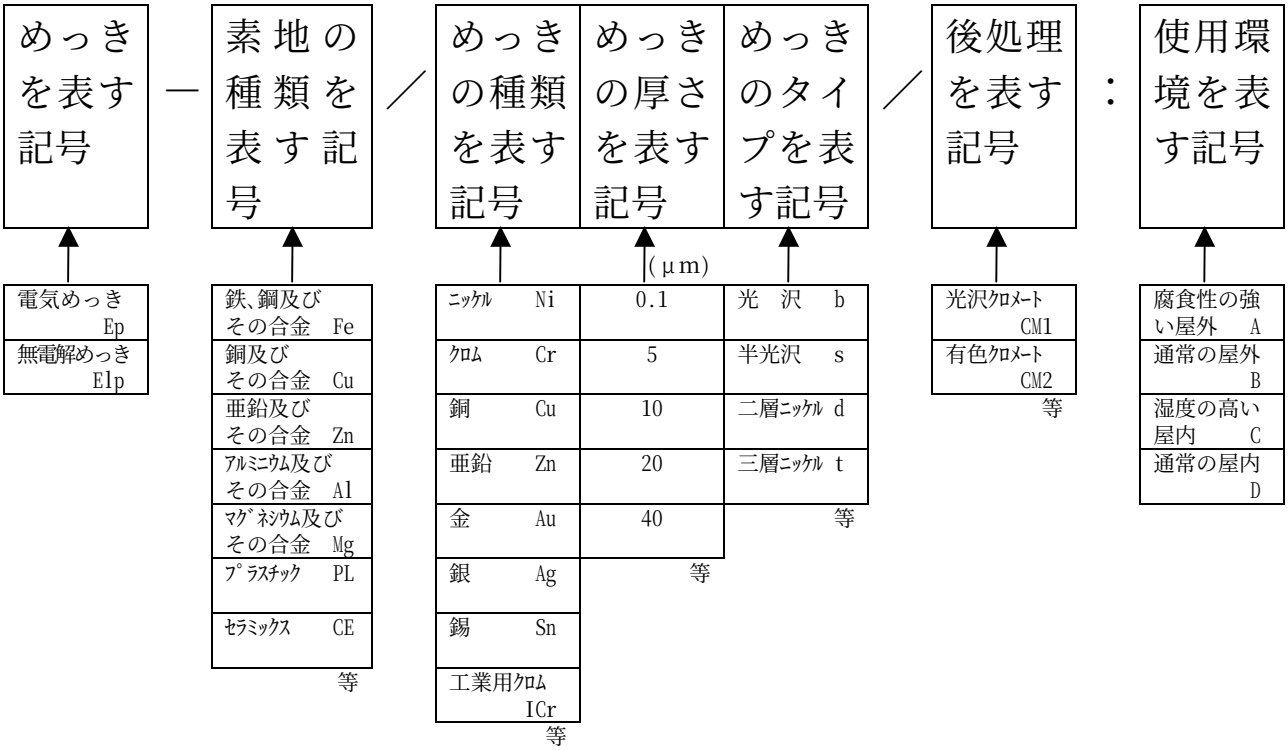
1) マネジメントシステム規格の専門月刊誌「アイソス」：１２月号（１９９９）
2) (財)日本規格協会：ＪＩＳハンドブック３５「標準化」（１９９９）
3) ＩＳＯ－９０００ Series
(a)ISO-9000-1 First edition 1994
(b)ISO-9000-2 Second edition 1997
(c)ISO-9000-3 Second edition 1997
(d)ISO-9000-4 First edition 1993
(e)ISO-9001 Second edition 1994
(f)ISO-9002 Second edition 1994
(g)ISO-9003 Second edition 1994
(h)ISO-9004-1 First edition 1994
(i)ISO-9004-2 First edition 1991 Corrected and reprinted 1993
(j)ISO-9004-3 First edition 1993
(k)ISO-9004-4 First edition 1993
4) ＩＳＯ－８４０２ Second edition １９９４
5) ＩＳＯ－９０００ｓ ２０００年改訂でこう変わる：日経ＢＰ社、（１９９９）
6) 清川 忠：めっき業と ISO-9000 および 14000 清川メッキ工業(株) 1997.7
7) 井上昭宣：表面処理業の ISO-9002 取り組み 表面技術協会めっき部会 ５月例会ﾃｷｽﾄ 1997.5
8) 三浦昭夫、小林元一：ISO 9000 早わかり 改訂２版 オーム社（１９９７）
9) 椛山十郎：「9001 の認証を取得」ネットワーク北九州 北九州市経済局中小企業センター 1997.7

第５部　めっきに関する日本工業規格（ＪＩＳ規格）の概要

５－１　電気めっき関連ＪＩＳ一覧

JIS H 0211　ドライプロセス表面処理用語
JIS H 0400　電気めっき用語
JIS H 8404　電気めっきの記号による表示方法
JIS H 8501　めっきの厚さ試験方法
JIS H 8502　めっきの耐食性試験方法
JIS H 8503　めっきの耐摩耗性試験方法
JIS H 8610　電気亜鉛めっき
JIS H 8611　カドミウムめっき
JIS H 8615　工業用クロムめっき
JIS H 8617　ニッケル及びニッケル－クロムめっき
JIS H 8619　すずめっき
JIS H 8620　工業用金及び金合金めっき
JIS H 8621　工業用銀めっき
JIS H 8622　装飾用金及び金合金めっき
JIS H 8623　装飾用銀めっき
JIS H 8624　電気すず－亜鉛合金めっき
JIS H 8625　電気亜鉛めっき及び電気カドミウムめっき上のクロメート皮膜
JIS H 8626　工業用電気ニッケル及び電鋳ニッケル
JIS H 8630　プラスチック上の装飾電気めっき
JIS H 8645　無電解ニッケル－りんめっき
JIS H 8646　無電解銅めっき
JIS H 8690　ドライプロセス窒化チタンコーティング
JIS D 0210　自動車部品の電気めっき通則
JIS Z 0103　防せい防食用語
JIS Z 0303　さび止め包装方法通則
JIS Z 0304　さび止め処理金属の大気暴露試験方法
JIS Z 2244　ビッカース硬さ試験方法
JIS Z 2371　塩水噴霧試験方法
JIS Z 2381　野外暴露試験方法

５－２　電気めっきの記号による表示方法



例１：Ep-Fe/Cu 20, Ni 25b, Cr 0.1r/：A

（電気めっき、鉄鋼素地、銅めっき 20μｍ以上、光沢ニッケルめっき 25μｍ以上、普通クロムめっき 0.1μｍ以上、腐食性の強い屋外での使用）

例２：Ep-Fe/Zn 15/CM 2:B

（電気めっき、鉄鋼素地、亜鉛めっき 15μｍ以上、有色クロメート処理、通常の野外での使用）

例３：Ep-Cu/Ni 5b,Cr 0.1r/:D

（電気めっき、銅合金素地、光沢ニッケルめっき 5μｍ以上、普通クロムめっき 0.1μｍ以上、通常の野外での使用）

例４：Ep-Fe/ELp-Ni15,ICr 20/

（最終めっきが電気めっき、鉄鋼素地、無電解ニッケルめっき 15μｍ以上、工業用クロムめっき 20μｍ以上）

例５：Ep-AL/Cu 10, Ni 10b,Cr 0.1r/:D

（電気めっき、アルミニウム合金素地、銅めっき 10μｍ以上、光沢ニッケルめっき 10μｍ以上、普通クロムめっき 0.1μｍ以上、通常の屋内での使用）

めっきのタイプ及びその記号

めっきのタイプ	記号	参考（めっきの種類）
光沢めっき	b	銅めっき、ニッケルめっき、クロムめっき、金めっき、銀めっき、合金めっきなど
半光沢めっき	s	
ビロード状のめっき	v	
非平滑めっき	n	
無光沢めっき	m	
複合めっき	cp	
黒色めっき	bk	
二層めっき	d	ニッケルめっきなど
三層めっき	t	
普通めっき	r	クロムめっき
マイクロポーラスめっき	mp	
マイクロクラックめっき	mc	
クラックフリーめっき	cf	

後処理を表す記号

後処理	記号
水素除去のベーキング	HB
拡散熱処理	DH
光沢クロメート処理	CM1
有色クロメート処理	CM2
塗　装	PA
着　色	CL
変色防止処理	AT

使用環境、使用環境条件及び記号

使用環境条件	記号	参考(例)
腐食性の強い屋外環境	A	海浜、工業地帯など
通常の屋外環境	B	田園、住宅地域など
湿度の高い屋内環境	C	浴室、厨房など
通常の屋内環境	D	住宅、事務所など

５－３　電気めっきの種類及び等級 等

(１)電気亜鉛めっき（H 8610）

種類、等級及び記号

めっきの種類	等級	めっきの最小厚さ μm	記　　号
１種Ａ	１級	2	Ep-Fe/Zn　2 又は Ep-Fe/Zn[1]
	２級	5	Ep-Fe/Zn　5 又は Ep-Fe/Zn[2]
	３級	8	Ep-Fe/Zn　8 又は Ep-Fe/Zn[3]
	４級	13	Ep-Fe/Zn 13 又は Ep-Fe/Zn[4]
	５級	20	Ep-Fe/Zn 20 又は Ep-Fe/Zn[5]
	６級	25	Ep-Fe/Zn 25 又は Ep-Fe/Zn[6]
１種Ｂ	１級	2	Ep-Fe/Zn　2/CM 1 又は Ep-Fe/Zn[1-C1]
	２級	5	Ep-Fe/Zn　5/CM 1 又は Ep-Fe/Zn[2-C1]
	３級	8	Ep-Fe/Zn　8/CM 1 又は Ep-Fe/Zn[3-C1]
	４級	13	Ep-Fe/Zn 13/CM 1 又は Ep-Fe/Zn[4-C1]
	５級	20	Ep-Fe/Zn 20/CM 1 又は Ep-Fe/Zn[5-C1]
	６級	25	Ep-Fe/Zn 25/CM 1 又は Ep-Fe/Zn[6-C1]
２種	１級	2	Ep-Fe/Zn　2/CM 2 又は Ep-Fe/Zn[1-C2]
	２級	5	Ep-Fe/Zn　5/CM 2 又は Ep-Fe/Zn[2-C2]
	３級	8	Ep-Fe/Zn　8/CM 2 又は Ep-Fe/Zn[3-C2]
	４級	13	Ep-Fe/Zn 13/CM 2 又は Ep-Fe/Zn[4-C2]
	５級	20	Ep-Fe/Zn 20/CM 2 又は Ep-Fe/Zn[5-C2]
	６級	25	Ep-Fe/Zn 25/CM 2 又は Ep-Fe/Zn[6-C2]

備考１．１種Ａは、めっきのまま及び硝酸浸漬したもの。
　　２．１種Ｂは、光沢クロメート処理を行ったもの。
　　３．２種は、有色クロメート処理を行ったもの。
　　４．めっき最小厚さは、クロメート皮膜を含まないものの厚さ。

亜鉛めっきの厚さと塩水噴霧時間との関係

種類	等級	めっき厚さμm	鉄さびを生じるまでの時間
１種	２級	5	36
	３級	8	56
	４級	13	96
	５級	20	152
	６級	25	192

(２)電気亜鉛めっき及び電気カドミウムめっき上のクロメート皮膜（H 8625）

クロメート皮膜の等級・種類及び記号

等級	種類	等級・種類の記号	単位面積当り皮膜質量 g／㎡	代表的色合（参考）
１級	光　沢	ＣＭ１　Ａ	０．５以下	透明、時として青味
	淡黄色	ＣＭ１　Ｂ	１．０以下	わずかに干渉模様
２級	黄　色	ＣＭ２　Ｃ	０．５を越え１．５以下	黄色干渉模様
	緑　色	ＣＭ２　Ｄ	１．５を越えるもの	オリーブ、グリーン、 ブロンズ、褐色

備考　処理液の違いによって黒色クロメート皮膜が得られる。この皮膜の単位面積当たりの皮膜質量は、受渡当事者間の協定による。

クロメート皮膜の耐食性

等級・種類の記号	白色腐食生成物が発生して はならない最低時間　ｈ
ＣＭ１　Ａ	６
ＣＭ１　Ｂ	２４
ＣＭ２　Ｃ	７２
ＣＭ２　Ｄ	９６

(３)工業用クロムめっき（H 8615）

めっき前後の加工方法の記号

加工方法	めっき前	めっき後
バフ仕上げ	１　ＢＦ	２　ＢＦ
ポーラス加工	１　Ｐ	２　Ｐ
ラッピング	１　ＧＬ	２　ＧＬ
超仕上げ	１　ＧＳＰ	２　ＧＳＰ
液体ホーニング	１　ＬＨ	２　ＬＨ
ブラスト仕上げ	１　ＳＢ	２　ＳＢ
グラインダ加工	１　Ｇ	２　Ｇ

備考　１．めっき前後に２種類以上の加工を施す場合は、加工の順に左から右に各記号をコンマで区切って示す。
２．めっきの最終表面粗さは、JIS B 0601 による。

めっきの用途とめっきの厚さの例（参考）

区　　分	用　　途	めっきの厚さの例（μm）
ロール	高分子化合物用	30
	製紙用（カレンダ類）	
	紡織用	20
	鉄鋼加工用	50
	非鉄金属加工用	30
金型	プラスチック成形用	10
	一般打抜及び成形用	
	ガラス成形用	50
	医薬品、食品用	10
	鍛造用	30
	窯業用	50
シリンダー及びライナー	油圧・空気圧機器用	20
	水圧機器用	30
	ガソリンエンジン用	50
	ディーゼル及びガスエンジン用	100
ピストン及びピストンロッド	油圧・空気圧機器用	20
	水圧機器用	30
	ポンプ用	20
	一般機械用	
	ディーゼル及びガスエンジン用	100
	ガソリンエンジン用	5
ピストンリング	ガソリンエンジン用	50
	ディーゼルエンジン用	100
工　具	切削用、計測用	3
シャフト及びジャーナル	一般機械用シャフト	30
	内燃機関用シャフト	50
	一般用ジャーナル	
その他機械部品	紡織機用部品	20
	エンジンバルブ	5
	一般機械部品	20
写真及び印刷用品	フェロタイプ	5
	フィルム加工用	10
	印刷用ロール及び板	2

(４)ニッケルめっき及びニッケル－クロムめっき（H 8617）

種類、等級、及び記号

表１

素地金属	めっき金属の種類	等級	めっき最小厚さμm	記　　号
鉄鋼	銅－ニッケルめっき	１級	3	Ep-Fe/Cu+Nib 3 又はEp-Fe/Cu+Nib[1]
		２級	5	Ep-Fe/Cu+Nib 5 又はEp-Fe/Cu+Nib[2]
		３級	10	Ep-Fe/Cu+Nib 10 又はEp-Fe/Cu+Nib[3]
		４級	15	Ep-Fe/Cu+Nib 15 又はEp-Fe/Cu+Nib[4]
		５級	20	Ep-Fe/Cu+Nib 20 又はEp-Fe/Cu+Nib[5]
銅及び銅合金	ニッケルめっき	１級	3	Ep-Cu/Ni 3b 又はEp-Cu/Nib[1]
		２級	5	Ep-Cu/Ni 5b 又はEp-Cu/Nib[2]
		３級	10	Ep-Cu/Ni 10b 又はEp-Cu/Nib[3]

備考　銅－ニッケルめっき各々の膜厚については受渡当事者間の協定による。

表２A

素地金属	めっき金属の種類	等級	下地めっき	下地めっき最小厚さμm	最上層めっき	最上層めっき最小厚さμm	記　　号
鉄鋼	ニッケル－クロムめっき	１級	Nib	3	Cr r	0.1	Ep-Fe/Ni 3 b,Cr 0.1 r 又はEp-Fe/Nib,Cr r[1]
		２級	Nib	5	Cr r	0.1	Ep-Fe/Ni 5 b,Cr 0.1 r 又はEp-Fe/Nib,Cr r[2]
		３級	Nib	10	Cr r	0.1	Ep-Fe/Ni 10 b,Cr 0.1 r 又はEp-Fe/Nib,Cr r[3]
		４級	Nib	15	Cr r	0.1	Ep-Fe/Ni 15 b,Cr 0.1 r 又はEp-Fe/Nib,Cr r[4]
		５級	Nib	20	Cr r	0.1	Ep-Fe/Ni 20 b,Cr 0.1 r 又はEp-Fe/Nib,Cr r[5]
		６級	Nid Nid	25 25	Cr mp Cr mc	0.1 0.1	Ep-Fe/Ni 25ｄ,Cr 0.1mp 又はEp-Fe/Nid,Cr mp[6] Ep-Fe/Ni 25 d,Cr 0.1mc 又はEp-Fe/Nid,Cr mp[6]
		７級	Nid	30	Cr r	0.1	Ep-Fe/Ni 30ｄ,Cr 0.1 r 又はEp-Fe/Nid,Cr r[7]
		８級	Nib	40	Cr r	0.1	Ep-Fe/Ni 40 b,Cr 0.1 r 又はEp-Fe/Nid,Cr r[8]
		９級	Nid Nid	30 30	Cr mp Cr mc	0.1 0.1	Ep-Fe/Ni 30 d,Cr 0.1 mp 又はEp-Fe/Nid,Cr mp[9] Ep-Fe/Ni 30 d,Cr 0.1 mc 又はEp-Fe/Nid,Cr mc[9]

表２Ｂ

素地金属	めっき金属の種類	等級	下地めっき	下地めっき最小厚さμm	最上層めっき	最上層めっき最小厚さμm	記　号
鉄鋼	銅－ニッケル－クロムめっき	１級	Cu,Nib	3	Cr r	0.1	Ep-Fe/Cu+Nib 3,Cr 0.1 r又はEp-Fe/Cu+Nib,Cr r[1]
		２級	Cu,Nib	5	Cr r	0.1	Ep-Fe/Cu+Nib 5,Cr 0.1 r又はEp-Fe/Cu+Nib,Cr r[2]
		３級	Cu,Nib	10	Cr r	0.1	Ep-Fe/Cu+Nib 10,Cr 0.1 r又はEp-Fe/Cu+Nib,Cr r[3]
		４級	Cu,Nib	15	Cr r	0.1	Ep-Fe/Cu+Nib 15,Cr 0.1 r又はEp-Fe/Cu+Nib,Cr r[4]
		５級	Cu,Nib	25	Cr r	0.1	Ep-Fe/Cu+Nib 25,Cr 0.1 r又はEp-Fe/Cu+Nib,Cr r[5]
		６級	Cu,Nib	30	Cr r	0.1	Ep-Fe/Cu+Nib 30,Cr 0.1 r又はEp-Fe/Cu+Nib,Cr r[6]
		７級	Cu,Nib Cu,Nib	30 30	Cr mc Cr mp	0.1 0.1	Ep-Fe/Cu+Nib 30,Cr 0.1 mc又はEp-Fe/Cu+Nib,Cr mc[7] Ep-Fe/Cu+Nib 30,Cr 0.1 mp又はEp-Fe/Cu+Nib,Cr mp[7]
		８級	Cu,Nib Cu,Nid Cu,Nid	50 35 35	Cr r Cr mc Cr mp	0.1 0.1 0.1	Ep-Fe/Cu+Nib 50,Cr 0.1 r又はEp-Fe/Cu+Nib,Cr r[8] Ep-Fe/Cu+Nid 35,Cr 0.1 mc又はEp-Fe/Cu+Nid,Cr mc[8] Ep-Fe/Cu+Nid 35,Cr 0.1 mp又はEp-Fe/Cu+Nid,Cr mp[8]
		９級	Cu,Nid Cu,Nid Cu,Nid	50 45 45	Cr r Cr mc Cr mp	0.1 0.1 0.1	Ep-Fe/Cu+Nid 50,Cr 0.1 r又はEp-Fe/Cu+Nid,Cr r[9] Ep-Fe/Cu+Nid 45,Cr 0.1 mc又はEp-Fe/Cu+Nid,Cr mc[9] Ep-Fe/Cu+Nid 45,Cr 0.1 mp又はEp-Fe/Cu+Nid,Cr mp[9]

備考　銅－ニッケルめっきの々の膜厚については受渡当事者間の協定による。

表２Ｃ

素地金属	めっき金属の種類	等級	下地めっき	下地めっき最小厚さμm	最上層めっき	最上層めっき最小厚さμm	記　号
銅及び銅合金	ニッケル－クロムめっき	１級	Nib	2	Cr r	0.1	Ep-Cu/Ni 2 b,Cr 0.1 r又はEp-Cu/Nib,Cr r[1]
		２級	Nib	5	Cr r	0.1	Ep-Cu/Ni 5 b,Cr 0.1 r又はEp-Cu/Nib,Cr r[2]
		３級	Nib	10	Cr r	0.1	Ep-Cu/Ni 10 b,Cr 0.1 r又はEp-Cu/Nib,Cr r[3]
		４級	Nib	25	Cr r	0.1	Ep-Cu/Ni 25 b,Cr 0.1 r又はEp-Cu/Nib,Cr r[4]
		５級	Nid Nid Nid	30 25 25	Cr r Cr mc Cr mp	0.1 0.1 0.1	Ep-Cu/Ni 30 d,Cr 0.1 r又はEp-Cu/Nid,Cr r[5] Ep-Cu/Ni 25 d,Cr 0.1 mc又はEp-Cu/Nid,Cr mc[5] Ep-Cu/Ni 25 d,Cr 0.1 mp又はEp-Cu/Nid,Cr mp[5]

表２Ｄ

素地金属	めっき金属の種類	等級	下地めっき	下地めっき最小厚さμm	最上層めっき	最上層めっき最小厚さμm	記　号
亜鉛合金	銅－ニッケル－クロムめっき	１級	Cu,Nib	10	Cr r	0.1	Ep-Zn/Cu+Nib 10,Cr 0.1 r 又はEp-Zn/Cu+Nib,Cr r[1]
		２級	Cu,Nib	15	Cr r	0.1	Ep-Zn/Cu+Nib 15,Cr 0.1 r 又はEp-Zn/Cu+Nib,Cr r[2]
		３級	Cu,Nib	20	Cr r	0.1	Ep-Zn/Cu+Nib 20,Cr 0.1 r 又はEp-Zn/Cu+Nib,Cr r[3]
		４級	Cu,Nib	25	Cr r	0.1	Ep-Zn/Cu+Nib 25,Cr 0.1 r 又はEp-Zn/Cu+Nib,Cr r[4]
		５級	Cu,Nib	30	Cr r	0.1	Ep-Zn/Cu+Nib 30,Cr 0.1 r 又はEp-Zn/Cu+Nib,Cr r[5]
		６級	Cu,Nib	40	Cr r	0.1	Ep-Zn/Cu+Nib 40,Cr 0.1 r 又はEp-Zn/Cu+Nib,Cr r[6]
		７級	Cu,Nib	40	Cr mc	0.1	Ep-Zn/Cu+Nib 40,Cr 0.1 mc 又はEp-Zn/Cu+Nib,Cr mc[7]
			Cu,Nib	40	Cr mp	0.1	Ep-Zn/Cu+Nib 40,Cr 0.1 mp 又はEp-Zn/Cu+Nib,Cr mp[7]
		８級	Cu,Nib	50	Cr r	0.1	Ep-Zn/Cu+Nib 50,Cr 0.1 r 又はEp-Zn/Cu+Nib,Cr r[8]
			Cu,Nid	30	Cr mc	0.1	Ep-Zn/Cu+Nid 30,Cr 0.1 mc 又はEp-Zn/Cu+Nid,Cr mc[8]
			Cu,Nid	30	Cr mp	0.1	Ep-Zn/Cu+Nid 30,Cr 0.1 mp 又はEp-Zn/Cu+Nid,Cr mp[8]
		９級	Cu,Nid	50	Cr r	0.1	Ep-Zn/Cu+Nid 50,Cr 0.1 r 又はEp-Zn/Cu+Nid,Cr r[9]
			Cu,Nid	40	Cr mc	0.1	Ep-Zn/Cu+Nid 40,Cr 0.1 mc 又はEp-Zn/Cu+Nid,Cr mc[9]
			Cu,Nid	40	Cr mp	0.1	Ep-Zn/Cu+Nid 40,Cr 0.1 mp 又はEp-Zn/Cu+Nid,Cr mp[9]

備考　銅－ニッケルめっき各々の膜厚については受渡当事者間の協定による。

表２Ｅ

素地金属	めっき金属の種類	等級	下地めっき	下地めっき最小厚さμm	最上層めっき	最上層めっき最小厚さμm	記　号
アルミニウム及びアルミニウム合金	ニッケル－クロムめっき	１級	Nib	10	Cr r	0.1	Ep-Al/Ni 10 b,Cr 0.1 r 又はEp-Al/Nib,Cr r[1]
		２級	Nib	20	Cr r	0.1	Ep-Al/Ni 20 b,Cr 0.1 r 又はEp-Al/Nib,Cr r[2]
		３級	Nid	30	Cr r	0.1	Ep-Al/Ni 30 d,Cr 0.1 r 又はEp-Al/Nid,Cr r[3]
			Nid	25	Cr mc	0.1	Ep-Al/Ni 25 d,Cr 0.1 mc 又はEp-Al/Nid,Cr mc[3]
			Nid	25	Cr mp	0.1	Ep-Al/Ni 25 d,Cr 0.1 mp 又はEp-Al/Nid,Cr mp[3]
		４級	Nid	50	Cr r	0.1	Ep-Al/Ni 50 d,Cr 0.1 r 又はEp-Al/Nid,Cr r[4]
			Nid	35	Cr mc	0.1	Ep-Al/Ni 35 d,Cr 0.1 mc 又はEp-Al/Nid,Cr mc[4]
			Nid	35	Cr mp	0.1	Ep-Al/Ni 35 d,Cr 0.1 mp 又はEp-Al/Nid,Cr mp[4]

備考　銅－ニッケルめっき各々の膜厚については受渡当事者間の協定による。

微小孔及び微小割れの数

マイクロポーラスクロムの微小孔の数	10,000 個／cm^2　以上
マイクロクラッククロムの微小割れの数	100 本／cm^2　以上

耐食性判定基準

判定は以下に示す噴霧時間の試験を行い、レィティングナンバー(R.N)9以上とする。
表は噴霧時間（単位　時間）

素地金属	めっき金属、厚さ	中性塩水噴霧試験	キャス試　験	フェロキシル試験	使用環境
鉄　鋼	Cu+Nib3			○(注)	D
	Cu+Nib5			○(注)	D
	Cu+Nib10	24			D
	Cu+Nib15	24			D
	Cu+Nib20	24			D
銅及び銅合金	Ni3b	24			D
	Ni5b	24			D
	Ni10b	24			D
鉄　鋼	Cu+Nib3,Cr0.1。Ni3b,Cr0.1		4		D
	Cu+Nib5,Cr0.1。Ni5b,Cr0.1		4		D
	Cu+Nib10,Cr0.1。Ni10b,Cr0.1		4		D
	Cu+Nib5,Cr0.1。Ni5b,Cr0.1		8		C
	Cu+Nib25,Cr0.1。Ni20b,Cr0.1		8		C
	Cu+Nib30,Cr0.1。Ni25d,Cr0.1mp		16		B
	Cu+Nib30,Cr0.1。Ni30b,Cr0.1		16		B
	Cu+Nib50,Cr0.1。Ni40b,Cr0.1		16		B
	Cu+Nib50,Cr0.1。Ni30d,Cr0.1mp		16		A
銅及び銅合金	Ni2b,Cr0.1		4		D
	Ni2b,Cr0.1		8		C
	Ni5b,Cr0.1		8		C
	Ni10b,Cr0.1		16		B
	Ni25b,Cr0.1		16		B
	Ni25b,Cr0.1mp		24		A
亜鉛合金	Cu+Nib10,Cr0.1		4		D
	Cu+Nib15,Cr0.1		4		D
	Cu+Nib20,Cr0.1		8		C
	Cu+Nib25,Cr0.1		8		C
	Cu+Nib30,Cr0.1		16		B
	Cu+Nib40,Cr0.1		16		B
	Cu+Nib40,Cr0.1mp		16		B
	Cu+Nib30,Cr0.1mp		16		B
	Cu+Nib40,Cr0.1mp		24		A
アルミニウム及びアルミニウム合金	Ni10b,Cr0.1		4		D
	Ni20b,Cr0.1		8		C
	Ni30b,Cr0.1		16		B
	Ni35d,Cr0.1mp		24		A

注）○印はその試験を行って評価する。Cu+Nib3は銅めっきと光沢ニッケルめっきを併せて３μm。

(５)電気すずめっき（H 8619）

等級及びめっきの最小厚さ

等級	めっきの最小厚さμm
１級	0.5
２級	3
３級	5
４級	10
５級	15

(６)工業用金及び金合金めっき（H 8620)

めっきの最小厚さによる分類

めっきの最小厚さ　μm
0.2，0.5，1.0，2.0，3.0，5.0，10.0

(７)工業用銀めっき（H 8621）

めっきの最小厚さによる分類

めっきの最小厚さ　μm
0.5，1.0，3.0，5.0，10.0，20.0，30.0，50.0，100.0

(８)装飾用金及び金合金めっき（H 8622)

めっきの最小厚さによる分類

めっきの最小厚さ　μm
0.3，0.5，1.0，2.0，3.0，5.0，10.0，20.0，30.0，40.0

(９)装飾銀用めっき（H 8623）

めっきの最小厚さによる分類

めっきの最小厚さ　μm
0.5，1.0，3.0，5.0，10.0，15.0，20.0，30.0，50.0，100.0

(１０)電気すず－鉛合金めっき（H 8624）

めっき皮膜の化学成分

単位 %

種　類	Sn	Pb	その他の元素
1　種	70 以上	残部	1 以下
2　種	50 以上 70 未満	残部	1 以下

種類及び等級

種　類	等　級	めっきの最小厚さ μm	参　考	
			使用環境条件	備　考
1 種	1　級	1	通常の屋内環境	半導体に多く用いる
	2　級	3		
	3　級	5		
	4　級	8	湿度の高い屋内環境	
	5　級	10		
2 種	1　級	1	通常の屋内環境	プリント配線板に多く用いる
	2　級	3		
	3　級	5		
	4　級	8	湿度の高い屋内環境	
	5　級	10		

備考１．使用環境条件については、JIS H 0404（電気めっきの記号による表示方法）による。

２．下地めっきを施す場合は、受渡当事者間の協定による。

(１１)工業用電気ニッケルめっき及び電鋳ニッケル（H 8626）

分類及び用途

機械加工による分類	用途例（参考）
めっきのまま	耐食性目的、食品製造装置、ガラス製造用ローラなど
めっき後機械加工	耐摩耗性目的、シリンダー、シャフトなど
電鋳のまま	はく（箔）電気かみそり外刃など
電鋳後機械加工	電鋳金型、軸などの補修肉盛めっきなど

(１２)プラスチック上の装飾用電気めっき（H 8630）

めっきの等級、構成及び最少厚さ

等　級	めっきの構成及び最小厚さ				参　考
	下地	めっきの最小厚さ μm	最上層	めっきの最小厚さ Mm	使用環境
1　級	Ni d, Ni t	20	Cr mp, Cr mc	0.1	A
2　級	Ni d, Ni t	20	Cr r	0.1	B
			Sn-Co 合金, Sn-Ni 合金,	―	
	Ni b, Ni s, Ni d, Ni t	15	Cr mp, Cr mc	0.1	
3　級	Ni b, Ni s Ni v, Ni n, Ni d, Ni t	10	Cr r	0.1	C
			Au,Ag	―	
			Sn-Co 合金, Sn-Ni 合金, Sn-Cu-Zn 合金, Sn-Ni-Co 合金,		
4　級	Ni b, Ni s Ni v, Ni n,	5	Cr r	0.1	D
			Au,Ag	―	
			Sn-Co 合金, Sn-Ni 合金, Sn-Cu-Zn 合金, Sn-Ni-Co 合金,		

(１３)無電解銅めっき（H 8646）

等級及び機械的性質

等　級	素　　地	引張強さ	伸び	曲げ疲労特性	備　　考
1　級	銅張積層板、接着剤塗布積層板、セラミックス基板など	195N/mm² 以上	3%以上	400 回以上	一般用途
2　級	銅張積層板、接着剤塗布積層板、セラミックス基板など	295N/mm² 以上	7%以上	800 回以上	高信頼性用途

(１４)無電解ニッケル－リンめっき（H 8645）

等級及び記号

めっきの種類	等 級	素 地 金 属	めっきの最少厚さ μm	記号	参　考 用　途
無電解ニッケル－りん	1 級	鉄及び鉄合金 銅及び銅合金 アルミニウム及びアルミニウム合金	3	ELp-Fe/Ni-P3 又は[1] ELp-Cu/Ni-P3 又は[1] ELp-Al/Ni-P3 又は[1]	はんだ付け
	2 級	鉄及び鉄合金 銅及び銅合金 アルミニウム及びアルミニウム合金	5	ELp-Fe/Ni-P5 又は[2] ELp-Cu/Ni-P5 又は[2] ELp-Al/Ni-P5 又は[2]	防　食 はんだ付け
	3 級	鉄及び鉄合金 銅及び銅合金 アルミニウム及びアルミニウム合金	10	ELp-Fe/Ni-P10 又は[3] ELp-Cu/Ni-P10 又は[3] ELp-Al/Ni-P10 又は[3]	防　食 耐 摩 耗
	4 級	鉄及び鉄合金 銅及び銅合金 アルミニウム及びアルミニウム合金	15	ELp-Fe/Ni-P15 又は[4] ELp-Cu/Ni-P15 又は[4] ELp-Al/Ni-P15 又は[4]	防　食 耐 摩 耗
	5 級	鉄及び鉄合金 銅及び銅合金 アルミニウム及びアルミニウム合金	20	ELp-Fe/Ni-P20 又は[5] ELp-Cu/Ni-P20 又は[5] ELp-Al/Ni-P20 又は[5]	防　食 耐 摩 耗
	6 級	鉄及び鉄合金 銅及び銅合金 アルミニウム及びアルミニウム合金	30	ELp-Fe/Ni-P30 又は[6] ELp-Cu/Ni-P30 又は[6] ELp-Al/Ni-P30 又は[6]	防　食 耐 摩 耗
	7 級	鉄及び鉄合金 銅及び銅合金 アルミニウム及びアルミニウム合金	50	ELp-Fe/Ni-P50 又は[7] ELp-Cu/Ni-P50 又は[7] ELp-Al/Ni-P50 又は[7]	防　食 耐 摩 耗

めっき皮膜の化学成分

元 素 名	化学成分%		
	Ni	P	その他の元素
	83～98	2～15	0～2

第６部　これからのめっき技術技能

６－１　はじめに

めっき技術は科学の進歩に伴い、近代産業として急速に発展したものの１つである。この原理は電気化学的な反応によるもので、金属塩を含む水溶液から複雑な形状の品物でも金属がその表面に比較的均一に析出し、その厚さを自由に制御することが可能である。そしてめっきの性質は科学的に十分コントロールできるのが特徴である。めっき金属としては銅、ニッケル、クロム、亜鉛、錫、金、銀などが装飾や防食を目的として主に使われてきた。この素晴らしい技術も、その使い方に問題があり、一時期多くの人たちの信頼を裏切る結果となり、めっきは安物の代名詞となった。このことはめっき技術の未熟さ、すなわち、めっき液の組成や管理、めっきの前後処理、各種処理装置、工場環境、検査方法、品質管理、作業員の意識、発注者の不勉強等に多くの問題点があったのである。

このめっき技術も諸工業の発達に歩調を合わせて目ざましく発展し、自動車や家電製品等のめっきの品質は、かなり以前から高い水準に達している。そして、他の産業分野でもめっきのクレームは余り聞かなくなり、めっきが剥げるという言葉をあまり耳にしなくなったことは、大変喜ばしいことである。さて、今後のめっき技術はどのように発展して行くのであろうか。１９８０年頃よりめっきは従来の装飾や防食から各種機能性めっきへと、少しずつシフトして来たように思われる。たとえば、プリント基板に代表されるエレクトロニクス関連部品や各種精密機械部品にさまざまな機能性表面が要求されるようになり、複雑な表面処理が必要となったのである。このため、めっき皮膜に要求される機能も多岐にわたり、従来の単独めっきでは対応できず、合金めっきや複合めっきの登場となった。

今後のめっき技術はこれらの流れの延長線上にあり、より複雑化、精密化していくものと考えられる。各産業分野の発展は、より精密な表面を必要とするので、めっきに要求される特性も高度化してくるものと予測される。めっき皮膜は益々精密化し、膜厚の均一性やピンホール、クラック等の欠陥のないものがハードデスクの分野では当り前の技術になっているが、他の分野でもこのような高度な技術が要求されるようになろう。高度産業社会ではめっきの技術が製品の基本的性能を左右するようなケースが増加し、めっきはハイテク産業として重要な地位を占めることになる。その生産単価も当然のことながら上昇し、利益の出る産業となろう。めっき皮膜の性能を高度化するためには、めっき液や析出条件、めっき装置、前処理、後処理を始めいろいろな技術の改善とそれらの巧みな組合せが必要となる。

６－２　めっき皮膜

前述のようにめっき金属は通常の溶製金属と異なり水溶液から直接金属として析出してくるので、通常の金属と異なる特性を有するものが多い。これまでめっき金属としては作

業や管理の容易な単一金属が多く用いられてきたが、これらのめっきの特性には限界がある。これからは合金めっきや分散めっきがこれからの高付加価値めっきとして主流を占めることになろう。通常の金属材料は合金化して用いられるのが一般的であり、これは単一金属より優れた性能が得られるためである。めっき金属でも合金化することにより特異な性能を有するものが多い。例えば、Ｚｎ－Ｎｉ，Ｚｎ－Ｆｅ合金めっきなどの防食性はＺｎ単独のものよりはるかに優れている。また、最近では鉛規制に伴う各種合金めっきがはんだめっき代替技術として活発に開発が進められている。このように新しい社会のニーズから、多くの合金めっきがこれからも開発されることになろう。これまで合金めっきの管理が難しいこともあって、余り発展してこなかったが、めっき液の管理やめっき装置、検査分析機器などの進歩により普通のめっき工場でも容易に導入可能となろう。要はこれらの高性能めっきの需要開拓をどう行うかにある。

また、分散（複合）めっきも機能性表面を設計できることに特徴があり、大いに期待されるめっきである。すなわち、マトリックス金属と分散材を適当に選べば種々の特性を有する表面が創製できるので、この技術の習得は、各社における新技術の開発という面から重要であり、注目すべきである。

６－３　表面処理技術の複合化と新技術開発

めっきを含め表面処理は一種の複合技術である。表面皮膜も複層にして用いることが多い。たとえば、現在用いられているものとして、ニッケルークロムめっきや亜鉛めっき後のクロメート処理、硬質クロムめっき後の錫めっき、同じくクロムとテフロンの複合皮膜などが挙げられよう。このような表面技術の巧みな組合せの集大成がプリント基板である。このような例は磁性めっきの応用面などにも顕著に現れている。最近、傾斜材料という言葉を良く聞くが、めっきの技術でこれを作るのは容易である。金型などの表面は熱的衝撃を受けるので、傾斜材料が有利であると言われており、これに適した皮膜の設計も行われている。表面処理の工場での新商品とはどのようなものであろうか。会社によっては新商品は材料商から買ってくるものと考えている人もいる。めっき業にとっての新商品とは、新しい特性をもった表面皮膜の創製の技術であり、この技術は各種表面処理や他の分野の技術の組合わせにより比較的容易に開発できるのである。客先からの要望に応えて、新しい表面を創生する技術力の蓄積も２１世紀に向けて生き残るためには大事な課題であろう。２１世紀は“環境”と“創造”がキーワードであるという。２１世紀に向けてのめっき技術のキーワードは“商品に適応した表面の創生”と言えるかも知れない。

６－４　めっき素地

鉄は国家なりと言われた時代は終ったが、材料としての鉄の地位は不動である。鉄の最大の欠点は腐食であり、防錆めっきの需要は益々重要になろう。このためのめっき皮膜に

は従来の亜鉛が安価なめっきとしてこれからも利用されようが、より性能に優れた亜鉛系合金めっきの比率が少しずつ増えてくるものと思われる。いずれにせよ、めっき素地としての鉄の占める割合は大きく、主要材料であり続けることは間違いない。他のめっき素地としてはアルミニウムやマグネシウム、チタンなどの軽金属が増加し、セラミックスやプラスチック等の非金属材料の分野でめっき用材料も多様化するであろう。新しい材料の出現は機械や装置の性能を大きく変え、また新素材を有効に使うために表面処理が必要となる。プラスチック上のめっき技術が電子機器の小型・軽量化やそれらの生産性向上に大きく貢献したように、新素材のめっき技術は他の分野の産業にとっても重要な貢献をなすはずである。めっき素材には思いもよらぬものもあるが、どんな材料にもめっきが可能なことだけは忘れないようにしたいものである。 要はどのようにして密着性を付与するか、また、その検査法の確立が課題であり、これが各社の技術力となる。

６－５　めっき装置

めっき産業における自動化は昭和４０年代からラックの搬送技術を中心に急速に進み、いま全自動化工場に向けて残された課題はヒッカケへの品物のロード、アンロードのみと云われていたが、これも簡単な品物では既に全鍍連の新技術開発事業（平成６年－８年）で開発されている。今後、更に高性能の引っかけロボットが完成するとめっき業の集約化が大幅に進むものと予測される。

めっき装置の自動化、精密化が進むと共にめっき液の入れ替えによる多機能の汎用型めっき装置も出現するかも知れない。現在のフープめっきのような特殊めっき装置もさまざまな分野での二ーズから種々の形式の装置が開発されようが、主に内製工場の専用機として発展するのではないだろうか。すでに、機械部品製造ラインの中にめっき工程を入れようとする試みはなされており，この方法はＭＥＴＥＣ等の展示会でも公表されている。

めっきの高速化は古くからの課題であるが、原理的に複雑な形状の品物には適さないので、それほど大きな高速化は望めない。全体的に少しずつ生産性が向上すると言う程度のことと思われる。高速化に適した品物は単純な形状で大量生産されるものなので、大会社の内製品のめっきで高速化が進むものと思われ、この場合はかなり大仕掛けな装置になるが、生産性は飛躍的に向上する。

６－６　電　鋳

日本では電鋳に関する研究会や資料が少ないが、欧米においては非常に活発な社会的活動が見られる。電鋳技術の応用はレコード盤の製造から始まり、今ではＣＤや高密度光ディスクなど先端分野で重要な地位を占め､精密金型や宝飾品の製造などにも使われており、２１世紀の技術としても大いに期待されるものの１つである。特に、最近のマイクロマシンへの関心とＬＩＧＡ（ Lithografie Galvanofomung）技術による超精密微小機械部品の

作製は、電鋳技術に対する期待を大きく膨らませている。電鋳技術はめっき技術の進歩と密接に結び付いて発展しており、機能性皮膜の生成技術とのコンビネーションから新しい製品が生まれる可能性があり、今後の展開が楽しみな分野である。

６－７　環境対策

２１世紀は環境が大きく前面に出てくる時代と云われ、産業界でもＩＳＯ－１４０００取得の動きが活発化している。めっき業界においても環境対策は一層強化され、排水や排気、廃棄物等の規制も強化されることはあっても緩和されることは無いであろう。この中にあって環境基本法を忠実に守って行くためには、めっき業のあり方も変えることになろう。すなわち、環境に負荷をかけない処理液の開発や工程外に廃棄物を出さないクローズドシステムの構築が必要となる。また、めっきの前後処理工程にも環境上の種々の問題があり、今後に残された課題は多い。

環境対策は個々の企業では対応できないものも多く、国や各種団体が協力して解決して行く必要がある。幸い、通産省や全鍍連、機材工、全材連などの協力で表面技術協会に環境部会が発足した。ここでは行政の協力を得て産・学共同で表面技術の環境問題を解決して行こうとするものであり、その成果を期待したい。

６－８　今後の方向

めっきの品質管理はＩＳＯ－９０００を中心に展開し、品質管理の考え方も少しずつ変わって行くが、全体として安定化、高品質化して行くのであろう。めっき産業は単価の安い大量生産型のものと､付加価値の高い技術力を要するものとに大別されるかも知れない。通常のめっきは完全自動化による単価の低迷で、うま味のないものとして推移する可能性もある。

めっき業界は新しい参入者の少ない業界であり、技術的にも、また商品価値の向上という面からも素晴らしいものがあり、将来性のある分野である。ここでは新製品を開拓するチャンスは他の業界と比べて多い。前述のように、表面処理の技術は多岐にわたっており、これらを上手に組み合わせることにより、優れた表面を創製できるのである。世の中の動きと二ーズをしっかりと見極め、新時代に対応する技術の開発や発掘が肝要であろう。

幸い、電気めっき業界はすでに近代化促進法の適用を受け、構造改善事業に取り組んでいる。この法律によれば技術開発やリストラなどが種々の特典を受けながら実施できるのでめっき業の体質や技術改善には良い機会であり、その成果を期待したい。

以上、技術の将来展望について述べたが、経営の近代化も重要なことであり、両者が車の両輪となってめっき業を発展させて頂きたいと願うものである。