

© 1986 ISIJ

機能性金属めつき



林 忠 夫*

Functional Metal Plating

Tadao HAYASHI

1. はじめに

機能性金属めつきは通常機能めつきと呼ばれ、めつき皮膜の特性、たとえば硬さ、強度、耐摩耗性、耐食性、電導性、はんだづけ性などに応じていろいろの用途が開発されている。

従来、めつき皮膜は1) 装飾用、2) 防食用、3) 装飾兼防食用、4) 工業用に大別されていたが、めつき皮膜の多様化に伴い、また、新しい皮膜の特性が注目されるようになって、それぞれの機能に応じためつき皮膜の分類が行われるようになった。

各種の金属めつき皮膜をその機能的因子によつて分類すると表1のようになる¹⁾。

このような機能めつきは単一金属のめつき、あるいは合金めつきによつてその機能が付与されるが、最近では分散めつき(複合めつき)などの新しいめつきプロセスによつて各種の機能めつきが出現している¹⁾。とくに、分散めつきは金属マトリックスと非金属(金属酸化物、炭化物、けい化物など)あるいは有機化合物をめつき皮膜中に均一に分散共析させることによつて、いままで考えられなかつた特性を持つめつき皮膜が得られ、その応用面でも新しい分野が開かれている。表2に各種の分散剤を示す。

ここでは主として金属素材に対するめつき皮膜として注目されている各種の機能めつきについて述べる。

表1 機能めつきの種類

機能めつき	機械的	1) 耐摩耗, 耐摩擦性皮膜	硬質 Cr, Ni-P, Ni-SiC, Ni-BN, Co-Cr ₃ C ₂ , Ni-B ₄ C, Ni-P-SiC
		2) 自己潤滑性皮膜	Ni-MoS ₂ , Ni-ふつ化黒鉛, Ag-Cd, Sn-Pb, Cu-黒鉛, Ni-テフロン
		3) 工業用ニッケルおよび鉄めつき	厚づけ Ni, 硬質 Fe
		4) 分散強化合金めつき	Ni-Al ₂ O ₃ , Ni-TiO ₂ , Fe-Al ₂ O ₃ , Ni-Cr
		5) 電鍍	Cu, Ni, Al, W, Mo, TiB ₂ Ni-Fe-Co
	電氣的	6) 電導性皮膜	プラスチックめつき, プリント基盤
		7) 電気接点	Au, Au-Co, Au-Ni, Au-TiC, Au-WC, Ag-Cu, Sn-Ni
		8) 電気抵抗皮膜	Ni-P, Ni-B, Ni-Co-B, Ni-Mo-B, Ni-Mo-P
		9) はんだめつき	Sn, Sn-Pb, In
		10) 超電導体	Nb, Nb ₃ -Zr, Pb-Bi
	磁氣的	11) 軟磁性薄膜	Ni-Fe (パーマロイ), Ni-Fe-Co
		12) 硬磁性薄膜	Co-P, Ni-Co-P, Co-Fe-P
	化学的	13) 耐食性皮膜	a) Zn, Cd, Pb, Zn 合金 b) Cr-Ni-Fe, Sn-Ni c) Pt, Ir, Os, Ta, Nb, W
		14) 分散めつき	Zn-エポキシ樹脂, Zn-スチレンブタジエン共重合体
		15) 電極材料	Ni-TiO ₂ , Ni-ZrO ₂ , Ni-S, Ni-B, Ni-P, Pt/Ta 複層めつき
	光学的	16) 装飾めつき	Cu-Ni-Cr, Sn-Ni, Sn-Co, Au, 金合金
		17) カラーめつき	Ni-螢光顔料, 着色 Cr
		18) 光電変換用皮膜	CdS, Si, Ge, Cd-Te
	熱的	19) 太陽熱選択吸収皮膜	黒色 Cr, 黒色 Ni, 黒色 Cr-Co, 黒色無電解 Ni
		20) 耐熱性皮膜	Cr-Ni, Ni-W, Co-W, Ni-Mo, Co-Mo, Cr-Ni-Fe

昭和60年10月16日受付 (Received Oct. 16, 1985) (依頼解説)

* 大阪府立大学工学部 工博 (College of Engineering, University of Osaka Prefecture, 4-804 Mozu-Umemachi Sakai 591)

表 2 分散めつきの粒子と金属マトリックス

マトリックス	分散粒子
Ni	Al ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ , ZrO ₂ , ThO ₂ , SiO ₂ , CeO ₂ , BeO ₂ , MgO, CdO, ダイヤモンド, SiC, TiC, WC, VC, ZrC, TaC, Cr ₃ C ₂ , B ₄ C, BN (α , β), ZrB ₂ , TiN, Si ₃ N ₄ , WSi ₂ , テフロン, ふつ化黒鉛, 黒鉛, MoS ₂ , WS ₂ , CaF ₂ , BaSO ₄ , SrSO ₄ , ZnS, CdS, TiH ₂ , Cr, Mo, Ti, Ni, Fe, W, V, Ta, ガラス, カオリン, マイクロカプセル
Cu	Al ₂ O ₃ (α , γ), TiO ₂ , ZrO ₂ , SiO ₂ , CeO ₂ , SiC, TiC, WC, ZrC, NbC, B ₄ C, BN, Cr ₃ B ₂ , テフロン, ふつ化黒鉛, 黒鉛, MoS ₂ , WS ₂ , BaSO ₄ , SrSO ₄
Co	Al ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃ , Cr ₃ C ₂ , WC, TaC, ZrB ₂ , BN, Cr ₃ B ₂ , ダイヤモンド
Fe	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , SiC, WC, B, テフロン, MoS ₂
Cr	Al ₂ O ₃ , CeO ₂ , ZrO ₂ , TiO ₂ , SiO ₂ , UO ₂ , SiC, WC, ZrB ₂ , TiB ₂
Au	Al ₂ O ₃ , Y ₂ O ₃ , SiO ₂ , TiO ₂ , ThO ₂ , CeO ₂ , TiC, WC, Cr ₃ B ₂
Ag	Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , BeO, SiC, BN, MoS ₂ , コランダム, 黒鉛
Zn	ZrO ₂ , SiO ₂ , TiO ₂ , Cr ₂ O ₃ , SiC, TiC, Cr ₃ C ₂ , Al
Cd	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , B ₄ C, コランダム
Pb	Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , TiC, BC, Si, Sb, コランダム
Sn	コランダム
Ni-Co	Al ₂ O ₃ , SiC, Cr ₃ C ₂ , BN
Ni-Fe	Al ₂ O ₃ , Eu ₂ O ₃ , SiC, Cr ₃ C ₂ , BN
Ni-Mn	Al ₂ O ₃ , SiC, Cr ₃ C ₂ , BN
Pb-Sn	TiO ₂
Ni-P	Al ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃ , TiO ₂ , ZrO ₂ , SiC, Cr ₃ C ₂ , B ₄ C, ダイヤモンド, テフロン, BN, CaF ₂
Ni-B	Al ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃ , SiC, Cr ₃ C ₂ , ダイヤモンド
Co-B	Al ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃ , BN

2. 耐摩耗, 耐摩擦性皮膜

機械部品の耐摩耗, 耐摩擦性を目的としためつき皮膜としてはすでに古く硬質クロムめつきがピストンシリンダー, ピストンリング, シャフトなどに広く用いられている。このようなクロムめつきはその皮膜の硬さ, 強度, 耐摩耗性が優れていることによる。

近年, 機械部品に適用してその耐摩耗性あるいは耐摩擦性を向上させる目的で各種の分散めつきが開発されている。

ニッケルをマトリックスとした Ni-SiC 分散めつきはドイツで開発されたもので²⁾, WANKEL MOTOR 社では Elnisil 法³⁾, MABLE 社では Nikasil プロセス⁴⁾として製品化している。わが国では鈴木自工(株)が Ni-P-SiC 分散めつきを電解法で製造する方法を工業化し⁵⁾, 自動車エンジンシリンダーの耐摩耗性皮膜として実用化している⁶⁾。

これらのニッケルめつき浴は析出速度の大きいスルファミン酸ニッケル浴を使用しており, Nikasil プロセスでは 20-80 A/dm² で, 電流効率が 90%, 80 A/dm² で 16 μ m/min の高速めつきが得られている。

分散剤として平均粒径 1-3 μ m の SiC の浴中の濃度

として 35-90 g/l で用いると, 2.3-4.0 wt% の SiC がニッケルマトリックス中に共析し, その硬さもワット浴から電析したものより大きく, 摩耗量も少ないことが認められている⁴⁾。

Ni-SiC 分散めつきについては実用化とともに基礎的な研究も多い⁷⁻¹¹⁾。

イギリスの BRISTOL AEROJET 社で開発された Tribomet プロセス¹²⁾ではコバルトをマトリックスとする分散めつきの中で Co-Cr₃C₂, Co-ZrB₂, Co-SiC などが高温で耐摩耗性がすぐれていることが実証され, とくに Co-Cr₃C₂ 分散めつき (Cr₃C₂ 約 30 vol% 含有) が航空機エンジン部品に適用されている。Co-Cr₃C₂ 分散めつきは 300°C 以上で接触摩擦面にガラス状の酸化コバルト層が生成し, 耐摩耗性が維持されるという特長があり, 乾燥空気中において約 800°C まで耐摩耗性のよいことが報告されている¹³⁾。図 1 に Co および Ni をマトリックスとした分散めつきの高温での耐摩耗性の変化を示す。

最近 THOMA ら¹⁴⁾¹⁵⁾は電着法による Ni, Co ならびに無電解めつき法による Ni-P をマトリックスとしたダイヤモンド, Cr₂O₃, TiC, SiC などを分散剤としためつき皮膜について振動-摩擦摩耗試験を行い, Ni-P-ダイヤモンド皮膜は 20-400°C, Co-Cr₂O₃ 分散めつき皮膜は 300-700°C で摩耗特性がすぐれていることを明らかにした。(図 2 参照)

化学ニッケルめつきでは Ni-P あるいは Ni-B が析出し, 熱処理 (350-400°C) で皮膜の硬さが増大するので, このような合金をマトリックスとする分散めつきは

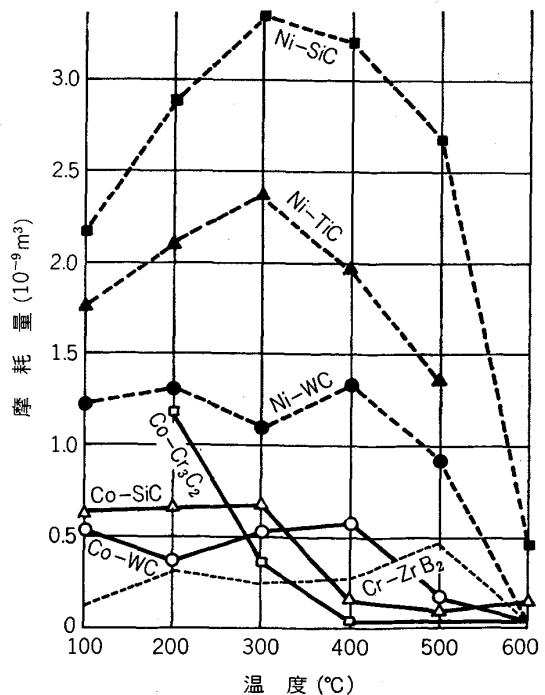


図 1 Ni 及び Co をマトリックスとする分散めつきの高温での耐摩耗性¹²⁾

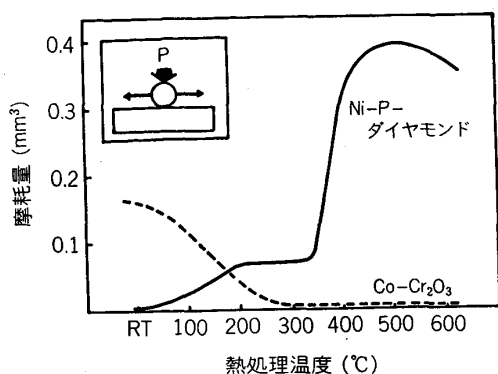


図2 Ni-P-ダイヤモンド及び Co-Cr₂O₃ 分散めつきの耐摩耗性

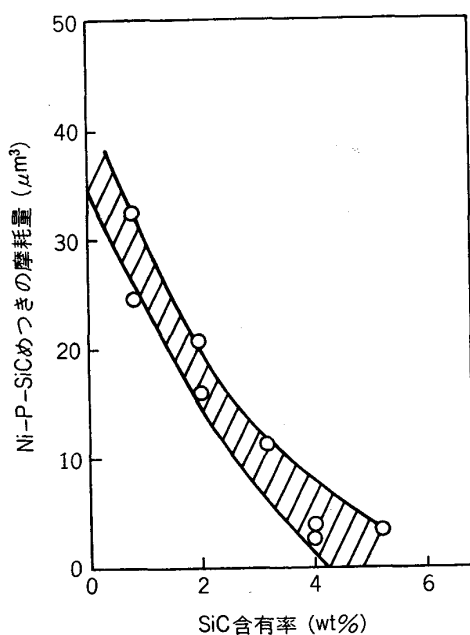


図3 Ni-P-SiC 分散めつきの摩耗量と SiC 含有率との関係¹⁶⁾

硬さが大きく、耐摩耗性もすぐれている。

Ni-P-SiC 分散めつきの摩耗量は SiC 粒子の共析量が増すと著しく減少し、また、皮膜の摩擦係数が小さく、密着性もすぐれている¹⁶⁾ (図3参照)。

FELDSTEIN ら¹⁷⁾¹⁸⁾によると化学ニッケルめつき、Ni-P および Ni-B をマトリックスとし、多結晶合成ダイヤモンドを分散剤とした分散めつき皮膜は耐摩耗性、耐摩擦性にすぐれており、紡糸工程における耐摩耗部品に適用できるといわれる。

化学めつきによる分散めつきの新しい試みとして2種類の分散剤を同時に用いることによつて耐摩耗性が著しく向上することが報告されている¹⁹⁾。

DENNIS ら²⁰⁾は化学めつき法による Ni-P-Cr₃C₂ 分散めつきの生成条件を検討し、Cr₃C₂ 約 27%、P 7.2% を含む分散めつきは熱処理により硬さが著しく向上し、Co-Mo 合金めつきに匹敵する耐摩耗性を示すことを明

らかにした。

なお、化学ニッケル分散めつきの進歩については BROWN²¹⁾ の総説がある。

電着合金をマトリックスとする耐摩耗性の分散めつきについては Ni-Co²²⁾、Ni-Mn²³⁾、Ni-Fe²⁴⁾ などの合金めつきを用いたものがある。Ni-Mn-Al₂O₃、Ni-Mn-S-SiC などの分散めつきはマトリックス自体の硬さも大きく、分散剤の共析によつて一層硬さが増大し、耐摩耗性も向上することが認められている。

3. 分散強化合金めつき

分散めつきの最初の応用として考えられたのが分散強化合金でいわゆるサーメットの製造²⁵⁾²⁶⁾があげられる。分散強化合金としては Ni-Al₂O₃、Ni-ZrO₂、Ni-MoSi₂、Cu-Al₂O₃、Co-Al₂O₃、Co-SiC などが検討されている。

BROWN ら²⁷⁾ は高温における機械的性質のすぐれた Fe-Al₂O₃ 分散強化合金について拡張力、硬さの測定を行い、とくに熱処理による特性の変化を明らかにした。図4および図5に Al₂O₃ の共析量と拡張力および硬さの関係を示した。

CELIS ら²⁸⁾は酸性硫酸銅浴からの Cu-Al₂O₃ 分散め

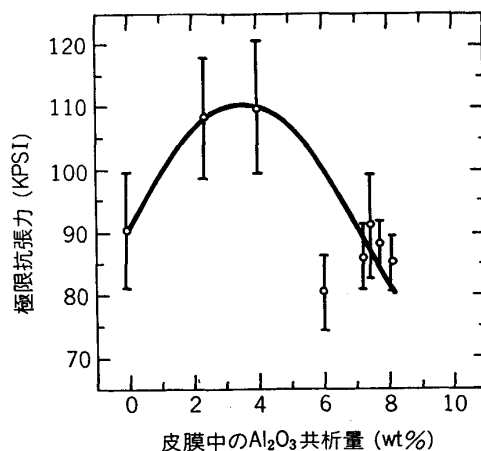


図4 分散剤の共析量と極限抗張力 (Fe-Al₂O₃ めつき)²⁷⁾

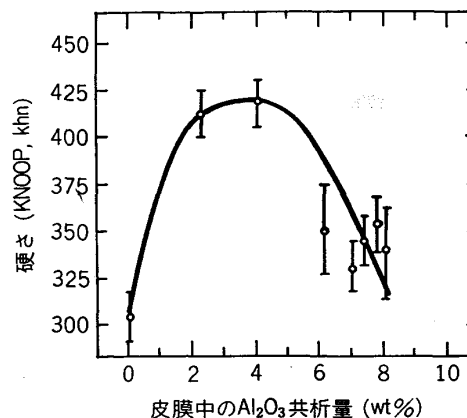


図5 分散剤の共析量と硬さ (Fe-Al₂O₃ めつき)²⁷⁾

つきについて検討し、分散強化には $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ が適していることを明らかにした。なお、 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ は従来酸性浴から共析しないと考えられていたが、SAUTER ら²⁹⁾は $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ を煨焼 (1125°C, 20 h) することにより、また、CELIS ら³⁰⁾は分散めつき浴に微量の Ti^{4+} を添加することにより $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$ 分散めつきを得ることに成功した。

特殊な分散強化合金として鉛めつきのクリープ強度ならびに耐食性を向上させるために Pb-WC, Pb-TiC などの分散めつきを行つた報告がある³¹⁾。

4. 自己潤滑性めつき皮膜

固体潤滑剤の微粒子を金属と共析させた分散めつきは表面の摩擦係数が小さく、皮膜自体の摩耗が少ないために自己潤滑性皮膜として工業的に利用されている。

VEST ら³²⁾はスルファミン酸ニッケルめつき浴に MoS_2 を分散剤として用い、Ni- MoS_2 分散めつきの析出条件を検討し、 MoS_2 共析量がニッケルめつき浴の pH の低下、電流密度の減少によつて増加することを明らかにした。

分散剤としてふつ化黒鉛、 $(\text{CF})_n$ を用いた Cu- $(\text{CF})_n$ および Ni- $(\text{CF})_n$ 分散めつきはいずれも $(\text{CF})_n$ を 10-15 vol% 含み、すぐれた耐摩耗、耐摩擦性を示す³³⁾。図 6 にワット浴を用いた場合の浴中の $(\text{CF})_n$ 濃度とニッケルめつき中への $(\text{CF})_n$ の共析量を示す。このような Ni- $(\text{CF})_n$ 分散めつきは皮膜自体の摩耗だけでなく、摺動相手のスチールの摩耗を非常に少なくすることが認められ、軽荷重の摺動部品への利用が期待されている³⁴⁾³⁵⁾ (図 7 参照)。

Ni- $(\text{CF})_n$ 分散めつきは鉄鋼連続製造用の鑄型の表面処理に適用され、その寿命が著しくのびることが認められている³⁶⁾。

四ふつ化エチレン (PTFE, テフロン) のすぐれた低摩擦性、潤滑性を利用した Ni-PTFE 分散めつき (PTFE 10-15% 含有) は硬さ 500-600 HV (100 g 荷重) で潤

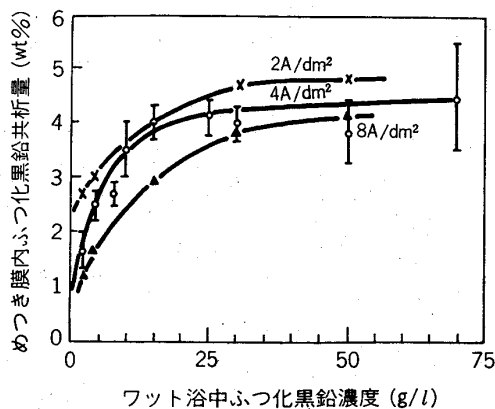


図 6 ふつ化黒鉛けん濁濃度とニッケルめつき膜内共析量³³⁾

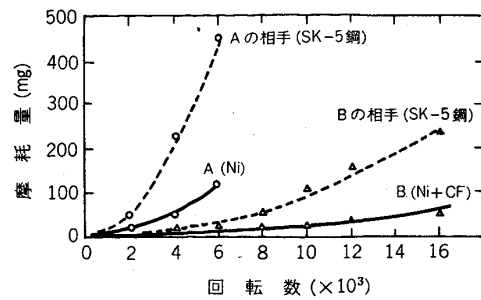


図 7 ふつ化黒鉛共析の耐摩耗効果 (西原式摩耗試験)³³⁾

表 3 亜鉛合金めつき鋼板

合金系	組 成 例
Zn-Co	Co 0.3-3%, Mo 0.1-0.5% (東洋鋼板) または Cr 0.05% (日本鋼管)
Zn-Ni	Ni 13% (住金, 川鉄, 鋼管, 神鋼), さらに Co 0.3% (新日鉄)
Zn-Fe	Fe 10-25% (鋼管, 新日鉄, 神鋼, 川鉄, 住金)
Zn-Al	Al 10-15% 粉末として (川鉄)
Zn-Mn	Mn 30-80% (鋼管)

滑性がすぐれているだけでなく、撥水、撥油性がよく、プラスチック成型時の離型性ととも成型品の流動性を向上させる効果がありプラスチック成型用の金型に使用されている。また、めつき面を仕上げ研磨することによつて各種のロールにも適用されている³⁷⁾。

EBDON³⁸⁾は Ni-PTFE 分散めつきのすぐれた耐摩耗性を利用して自動車部品、機械部品、バルブ、ガラスビン製造用モールドなどのめつきに適用した。

TULSI³⁹⁾は化学ニッケルめつき浴に PTFE を分散剤として用い、Ni-PTFE 分散めつきの耐摩耗性、潤滑性について検討を行つている。

本間ら⁴⁰⁾は化学めつき法による Ni-P-BN 分散めつき皮膜が Ni-P, Ni-P-SiC, 硬質クロムめつきあるいはテフロン加工したクロムめつきより低摩擦係数を有することを明らかにした。

5. 耐食性めつき皮膜

鉄鋼材料に対する防食めつき皮膜としては従来から亜鉛、カドミウムなどの犠牲溶解型のめつき皮膜が工業的に用いられている。とくに、亜鉛めつき鋼板については最近、自動車用の防錆めつき鋼板として各種の新しい亜鉛合金めつき鋼板が開発されている。公表されている亜鉛合金めつき鋼板の種類を表 3 に示す⁴¹⁾。

また、ラック用の電気めつき浴として開発された亜鉛-ニッケル合金めつきは 5-10% の Ni を含み、純亜鉛めつきに比べ 3 倍以上の耐食性が得られている⁴²⁾。さらに、0.2-0.4% の Co を含む Zn-Co 合金めつきもクロメート処理を行うことによつて耐食性が著しく向上することが認められている⁴³⁾。

平松ら⁴⁴⁾はシランカップリング処理を行つた Zn-SiO₂ 分散めつきの耐食性を塩水噴霧試験法により調べ、シラ

ンカップリングによつて Zn-SiO₂ 分散めつきの耐食性が著しく向上することを見出した。

内藤ら⁴⁵⁾は亜鉛めつき鋼板の塗装性を向上させるために塗装に用いられる高分子と親和性のよい有機高分子粒子による亜鉛-有機高分子分散めつき法を開発した。分散粒子としてはエポキシ樹脂、スチレン・ブタジエン共重合体、フェノール樹脂などが用いられている。

めつき皮膜自体の耐食性に注目しためつき皮膜としては従来から多層めつきとしての Ni 上の Cr めつきが実用化されているが、近年合金めつきについての関心が高まり各種のめつき皮膜について検討されている。

ステンレススチール型の Cr-Ni-Fe 合金めつきは皮膜自体の耐食性によつて素地金属の防錆効果が期待され、多くの研究が行われている。

Cr-Ni-Fe 合金めつき皮膜の欠点は皮膜にクラックを発生しやすいことで、Cr-Ni-Fe 合金めつきのみで素材の鉄鋼材料を防食するという目的にはなお多くの問題があるように思われる。

林ら⁴⁶⁾は3価クロム浴を用いた Cr-Ni-Fe 合金めつきの析出条件、皮膜の組成、特性について検討しているが、18Cr-8Ni-Fe 合金めつきにおいてもクラックの発生が耐食性皮膜としての実用化に障害となつている。Cr-Ni-Fe 合金めつきの作製にパルス電解法を適用することによつてある程度クラックの発生を防止でき、皮膜の耐食性が向上することが認められている。

KAMMEL ら⁴⁷⁾⁻⁴⁸⁾も各種のめつき浴について Cr-Ni-Fe 合金めつきの析出条件、皮膜の特性を検討しているが、この場合にもクラックの発生が問題となつているといわれる。

LASHMORE ら⁴⁹⁾は Cr-Ni 合金めつきの電解条件としてパルス電解法を適用することにより、クラックの少ない耐食性のよい Cr-Ni 合金めつき皮膜を得ている。

鉄鋼材料に対する防食皮膜としてアルミニウムめつきが注目され、最近ドイツのシェンプ・デッカー社ならびにオランダのフィリップス社により非水溶媒浴が工業化された。

フィリップス社のアルミニウムめつき浴は常温タイプの AlCl₃-LiAlH₄-THF 浴 (20-30°C) で線材の連続めつき装置も試作されている⁵⁰⁾。

シェンプ・デッカー社のめつき浴は Ziegler 型の Al-アルキル-アンモニウム化合物を主成分とする有機溶媒浴 (80-100°C) で 15000 l の大型のラック用パイロットプラントが稼動している⁵¹⁾。

6. 電気接点用めつき皮膜

金めつきは電導性がよく、接触抵抗が小さく、また、耐食性もよいので各種の電子部品は接点材料として用いられている。とくに、すべり接触面を持つ接点には耐摩耗性が要求されるので、少量の Co や Ni を共析させ

た硬質金めつきが用いられている。

LARSON ら⁵²⁾は硬さ、電導度の高い TiC および WC 粒子 (粒径 1 μm) を金めつき中に共析させ、Au-TiC、Au-WC の分散めつきを作製しているが、いずれも硬さ、強度およびすべり摩耗特性が純粋な金めつきより向上し、特に Au-WC 分散めつき (WC 17% 含有) は 800°C の熱処理後も純粋な金めつきより 1.5 倍も硬く、接触抵抗が 1.08mΩ で金めつきの 0.78 mΩ に近いことが認められている。

銀めつきへの MoS₂、BN、Al₂O₃、TiO₂ などの共析による分散めつきも電気接点の耐食性、耐スパークエロージョン性、耐摩耗性を向上させることが報告されている。

通常、銅、黄銅を素材とする電気接点には耐食性、耐摩耗性を向上させるためにパラジウムめつきが行われている。このようなパラジウムにグラファイト粒子を分散共析させると、めつき皮膜の耐食性が著しく向上することが報告されている⁵³⁾。

また、金めつきの下地めつきとして光沢ニッケルめつきの代わりに Ni-Sn 合金めつきを行うことによつて、薄い金めつきで接点特性のすぐれた製品が得られている⁵⁴⁾。

7. 磁性合金めつき

機能めつきの最も代表的なものとして磁性合金めつき薄膜があげられる。磁性合金めつきはその特性によつて a) 軟磁性薄膜と b) 硬磁性材料に大別され、前者は 20-50 Oe の保磁力をもつ Ni-Fe (80-20) 合金めつき (パーマロイ) および Fe-Ni (97-3) などがあり、コンピュータメモリー用に用いられている。一方、後者は 200 Oe 以上の保磁力を有し、コンピュータ、音声、および映像の記録用に用いられ、Co-P、Ni-Co-P などの化学めつき皮膜がある。

最近、Co-Zn-P、Co-Ni-Mn-P、Co-Mn-Re-P などの化学めつき法によるコバルト合金薄膜は高密度磁気記録媒体として注目されている⁵⁵⁾。

8. ソーラーコレクター用黒色めつき

太陽熱選択吸収皮膜としてはすでに黒色ニッケル、黒色クロム、黒色すず-コバルトめつき、亜鉛めつきの黒色クロメート処理、化学ニッケルめつきの化成処理などが検討されているが、めつき皮膜の耐食性、選択吸収特性などを考慮するとニッケルめつき上の黒色クロムめつきが最良のシステムと考えられる⁵⁶⁾。

最近、3価クロムめつき浴を用いる黒色 Cr-Co 合金めつきが開発され、その選択吸収特性も黒色クロムめつきとほぼ同じものが得られている⁵⁷⁾。

なお、ソーラーコレクター用黒色めつき皮膜としては黒色モリブデンめつき⁵⁸⁾、黒色 Sn-Ni-Mo めつき⁵⁹⁾な

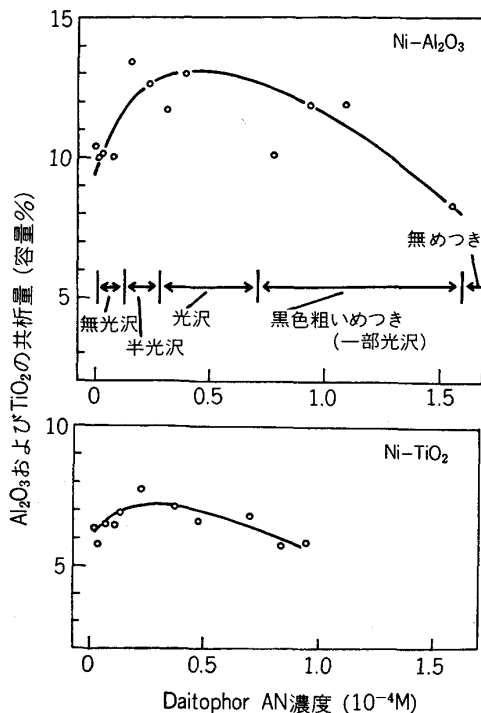


図 8 Al_2O_3 の共析に及ぼす界面活性剤 Daitophor AN の影響⁶⁰⁾

どについても検討されている。

9. カラーめつき

一般に分散めつき浴に界面活性剤を添加すると分散剤粒子の共析反応を促進する効果のあることはよく知られている。林ら⁶⁰⁾は Al_2O_3 を分散剤とする $\text{Ni-Al}_2\text{O}_3$ 分散めつきの作製において蛍光性の強いカチオン界面活性剤, Daitophor AN (大東化学工業(株)製) をめつき浴に添加することによってニッケルめつきに特有の色調(蛍光性)を与えようとする実験を行った。図 8 に $\text{Ni-Al}_2\text{O}_3$ 分散めつきの Al_2O_3 共析量およびめつき皮膜の表面状態の変化を示す。

このような $\text{Ni-Al}_2\text{O}_3$ 分散めつき系では Al_2O_3 に吸着した蛍光性の界面活性剤だけでは十分な蛍光特性が得られなかつたので, 分散剤自体が蛍光性をもつ有機蛍光性顔料を用いて分散めつき法による蛍光性カラーニッケルめつきの生成条件を検討した⁶¹⁾。

ニッケルめつき浴にワット浴を用い, 分散剤粒子としてメラミン樹脂系の蛍光顔料シンロイヒカラー FZ (大日本塗料-シンロイヒ(株)製, 平均粒径 $3.5\text{-}4.5\ \mu\text{m}$, レモンイエロー, オレンジ, グリーン, ピンク)を用いた。このような方法で得られた分散めつきの表面はいずれの蛍光顔料を用いても顔料と同じ色調を与え, また紫外線によって強い蛍光を発することが認められた。

なお, 蛍光粒子の脱落を防ぎ, カラーおつきとしての特徴を生かすために, 最終仕上げとして分散めつき上に Ni , Cr あるいは Au などの薄いめつき ($0.2\text{-}5\ \mu\text{m}$) を

行うことにより金属蛍光板としての特性が得られた。

10. む す び

機能性金属めつきの代表的なものについて最近の動向を述べたが, 防錆めつきとしての亜鉛合金めつきおよびアルミニウムめつきなど今後新しいめつき技術の開発が望まれる。とくに, 非水溶媒浴を用いるアルミニウムめつきの工業化はこれからの課題といえる。

分散めつきは金属マトリックスと分散剤との組合せによつて, 従来の金属めつきでは達成されないような新しい機能めつきの出現が期待されるとともに, すでに実用化されている耐摩耗, 耐摩擦性を目的とした分散めつきはさらに新しい機械部品へ適用されるものと考えられる。

合金めつきについても耐食性, 耐熱性のすぐれた Ni-Cr あるいは Cr-Ni-Fe 合金めつき法の確立が望まれる。

文 献

- 1) 林 忠夫: 電気化学が拓く将来技術 (第 26 回電気化学セミナー (1985), p. 79 [電気化学協会関西支部])
- 2) U. RUMML: Metalloberfläche, 23 (1969), p. 35
- 3) W. METZGER and R. OTT: *ibid.*, 31 (1977), p. 404
- 4) H. HÜBNER and A. OSTERMANN: Galvanotechnik, 67 (1976), p. 452
- 5) 石森 茂, 清水 充, 本田信一, 大塚信治郎, 豊田正義: 金属表面技術, 28(1977), p. 508
- 6) S. ISHIMORI, S. OTSUKA and M. TAKAMA: Proc. 71st AES Annual Technical Conference (1984), O-5
- 7) W. METZGER, H.-H. TOMBRINK and Th. FLORIAN: Metalloberfläche, 32 (1978), p. 180
- 8) W. METZGER and Th. FLORIAN: *ibid.*, 34 (1980), p. 274
- 9) E. BROSEIT: Thin Solid Films, 95 (1982), p. 133
- 10) M. GHOUSE: Surface Tech., 21 (1984), p. 193
- 11) 小見 崇, 山本 久: 金属表面技術, 34(1983), p. 416
- 12) E. C. KEDWARD, C. A. ADDISON and A. A. B. TENNETT: Trans. Inst. Metal Finishing, 54 (1976), p. 8
- 13) E. C. KEDWARD and K. W. WRIGHT: Plating and Surface Finishing, 65 (1978) 8, p. 38
- 14) M. THOMA and P. BÜNGER: Galvanotechnik, 75 (1984), p. 425
- 15) M. THOMA: Plating and Surface Finishing, 71 (1984) 9, p. 51
- 16) G. GAWRILOV and Chr. ERININ: Galvanotechnik, 66 (1975), p. 397
- 17) N. FELDSTEIN, T. LANCSEK, R. BARRAS, R. SPENCER and N. BAILEY: Products Finishing, 44 (1980) 7, p. 65
- 18) N. FELDSTEIN, T. LANCSEK, D. LINDSAY and L. SALORNO: Metal Finishing, 81 (1983) 8, p. 35

- 19) D. J. KENTON, W. L. LAWSON and R. E. ZUGNONI: Proc. 1st AES Electroplating Symposium (1982)
- 20) J. K. DENNIS, S. T. SHEIKH and E. C. SILVERSTONE: Trans. Inst. Metal Finishing, 59 (1981), p. 118
- 21) L. D. BROWN: Trans. Inst. Metal Finishing, 62 (1984), p. 139
- 22) N. FURUKAWA and T. HAYASHI: Proc. 71st AES Annual Tech. Conference, (1984), Q-2
- 23) 古川直治, 尾形順司, 林 忠夫: 電気化学, 51 (1983), p. 171
- 24) 古川直治, 林 忠夫: 金属表面技術協会第 69 回講演大会要旨集(1984), p. 86
- 25) A. E. GRAZEN: Iron Age, 183 (1959) 5, p. 94
- 26) J. C. WITHERS: Products Finishing, 26 (1962) 11, p. 62
- 27) D. S. BROWN and K. V. Gow: Plating, 59 (1972), p. 437
- 28) J. P. CELIS and J. R. ROOS: J. Electrochem. Soc., 124 (1977), p. 1508
- 29) G. R. LAKSHMINARAYANAN, E. S. CHEN and F. K. SAUTER: Plating and Surface Finishing, 63 (1976) 5, p. 35
- 30) J. R. ROOS, J. P. CELIS and J. A. HELSEN: Trans. Inst. Metal Finishing, 55 (1977), p. 113
- 31) G. C. PINI and J. WEBER: Proc. 9th World Congress on Metal Finishing, (1976)
- 32) G. E. VEST and D. F. BAZZARRE: Metal Finishing, 65 (1967) 11, p. 52
- 33) 黒崎重彦: 材料加工 (1973) 6, p. 32
- 34) 山口文雄, 黒崎重彦, 渡辺信淳: 電気化学, 43 (1975), p. 106
- 35) 大高徹雄: 実務表面技術, 29 (1982), p. 304
- 36) 梅田洋一, 杉谷泰夫, 三浦 実, 中井 健: 鉄と鋼, 67(1981), p. 1377
- 37) K. NAITOH and T. OTAKA: New Materials & New Processes, 1 (1980), p. 170
- 38) P. R. EBDON: Proc. 71st AES Tech. Conference (1984) O-6
- 39) S. S. TULSI: Trans. Inst. Metal Finishing, 61 (1983), p. 147
- 40) H. HONMA, N. OHTAKE and H. MITZUI: Proc. 10th World Congress on Metal Finishing, (1980), p. 241
- 41) 乾 恒夫, 安谷屋武志: 鉄と鋼, 71(1985), p. 520
- 42) 上谷正明, 君塚亮一: 金属表面技術協会第 69 回学術講演大会要旨集(1984), p. 10
- 43) E. KNAAK, H. KÖHLER and I. HADLEY: Metalloberfläche, 33 (1985), p. 139
- 44) 平松 実, 川崎仁士, 草野文男: 金属表面技術協会第 71 回講演大会要旨集(1985), p. 35
- 45) 内藤邦子, 出口和夫, 久保光康, 黒崎重彦: 金属表面技術, 28(1977), p. 291, p. 325, p. 517
- 46) T. HAYASHI and A. ISHIHAMA: Plating and Surface Finishing, 66 (1979), p. 36
- 47) 柿原清貴, 登内 明, 影近 博, 福本幸男, R. KAMMEL: 金属表面技術協会第 72 回大会講演要旨集 (1985)
- 48) 松岡政夫, R. KAMMEL and U. LANDAU: 同上 (1985)
- 49) D. S. LASHMORE and I. WEISSHAUS: Proc. 11th World Congress on Metal Finishing (1984) p. 356
- 50) J. F. M. van de BERG, G. van DIJK and R. E. van de LEEST: Metal Finishing (1985) 5, p. 15
- 51) Schempp+Decker 社カタログ (1985)
- 52) C. LARSON: Electroplating and Metal Finishing, 29 (1976), 1 p. 12
- 53) R. S. SAIFLIN: Ref. Zurnal (USSR), 66 (1977), p. 40
- 54) 榎本英彦, 石川正巳: 金属表面技術, 30(1979), p. 284
- 55) T. OSAKA, N. KASAI, I. KOIWA, F. GOTO and Y. SUGANUMA: J. Electrochem. Soc., 130 (1983), p. 568
- 56) H. MEISSNER: Metalloberfläche, 34 (1980), p. 421
- 57) M. IKOMA, Y. FUKUMOTO and T. HAYASHI: Metal Finishing, 82 (1984) 2, p. 79
- 58) R. HOSSEIN: Surface Tech., 20 (1983), p. 321
- 59) S. UEDA, Y. OHBAYASHI, T. OHSAKA and T. SHIKATA: Proc. 11th World Congress on Metal Finishing (1984), p. 94
- 60) T. HAYASHI, N. MAEDA and N. FURUKAWA: Proc. 9th World Congress on Metal Finishing (1976)
- 61) 古川直治, 林 忠夫: 金属表面技術, 31(1980), p. 576