高温熱処理した Ni-TiH₂ 複合皮膜の機械的性質

掛川 正幸*, 見崎 吉成**, 田辺 良美**

Mechanical Properties of Heat Treated Ni-TiH₂ Composite Coatings at High Temperature

Masayuki KAKEGAWA*, Yoshinari MISAKI**, Yoshimi TANABE**

The mechanical properties of electrodeposited Ni-TiH₂ composite coatings annealed at 1,000°C were studied and discussed in terms of metallographic structure. The hardness and 0.2% proof strength of the annealed composite coatings increased from Hv 150 to Hv 300 and 260 Mpa to 830 Mpa, respectively with increasing Ti content in the coatings from 5.2at% to 10.3at%. It was considered that these increases were due to the multiplication effects of solid solution hardening based on solute Ti in the matrix, dispersion strengthening, and keeping of the matrix fine grains caused by the dispersion of fine particles produced by heat treatment. The annealed coatings having a structure of fine matrix grains and fine dispersed particles were formed in a short-time annealing (15 min), and further, the structure and mechanical properties did not vary during further annealing (20h). The ductility of the annealed coatings was improved to a greater extent as compared with that of as-deposited coatings.

1. 緒 言

電析複合めっき膜は母相金属および分散粒子の組み合わせにより、種々な特性を有することが可能であり、有効な機能を持つ新しい材料として期待されている¹⁾。特に、母相金属に対して熱的に安定な金属酸化物あるいは炭化物等を分散粒子に用いた複合めっき膜は、分散強化合金として材料の機械的強度の向上が可能で、数多く報告されている^{2)~8)}。

著者らは先に、分散粒子として熱分解性 TiH₂ 粒子を用いた Ni-TiH₂ 複合皮膜の熱処理組織について報告した⁹⁾。すなわち、本熱処理皮膜はマトリックス部において Ni-Ti 固溶体が形成され、またマトリックス中には TiH₂ 粒子と異なる微細な粒子（チタン酸化物）が多量に分散し、その効果によりマトリックス結晶粒径が微細状態を保持することを明らかにした。

このように本熱処理皮膜は分散強化合金と類似の組織を呈するが、従来の電析による分散強化合金とは作製法の点で異なるばかりでなく、特有な組織を呈することから、良好な機械的性質が期待される。

本報では、高温で熱処理した Ni-TiH₂ 複合皮膜について、硬さ試験および引張試験を行い、熱処理皮膜の機械的性質と組織との関連を検討したので報告する。

2. 実験方法

2-1 電析 Ni-TiH₂ 複合皮膜の作製

電解液および分散粒子は前報¹⁰⁾と同様である。供試材料はステンレス板上に電流密度 500A/m² で電析した、厚さ約 100μm の Ni-TiH₂ 複合皮膜を素地より機械的にはく離して得た。

2-2 熱処理

Ni-TiH₂ 複合皮膜は真空炉中 (1.33×10⁻³Pa), 1,000°C で、各種の時間保持後真空中で放冷した。最長保持時間は20時間である。2時間熱処理した試料のうち50%冷間圧延した試料については圧延後、各種温度で1時間焼なましを行った。

2-3 硬さ試験および引張試験

複合皮膜の機械的性質を調べるため、硬さ試験および引張試験を行った。硬さ試験はマイクロビッカース硬さ試験機を用い、熱処理前後の複合皮膜および熱処理皮膜を50%冷間圧延後、種々の温度で焼なましした試料について行った。硬さは10カ所における測定の前平均値として求めた。引張試験は 1,000°C、2時間熱処理皮膜について電気油圧式試験機を用い、ひずみ速度 2×10⁻⁴/Sで行った。試験片は 20mm×55mm、厚さ 100μm の熱処理皮膜を電解により 90μm まで研摩し表面を鏡面とした後、図 1 に示す形状部を両面とも絶縁物によりコーティングし他の部分を電解研摩により除去して得た。

* 東京都立大学大学院 (〒158 東京都世田谷区深沢2-1-1)
Graduate Course, Tokyo Metropolitan Univ.
(1-1, Fukazawa-2chome, Setagaya-ku, Tokyo 158)

** 東京都立大学工学部 (〒158 東京都世田谷区深沢2-1-1)
Fac. of Tech., Tokyo Metropolitan Univ. (1-1, Fukazawa-2chome, Setagaya-ku, Tokyo 158)

2-4 熱処理皮膜の組織観察

1,000°C における熱処理時間に伴う皮膜中の微細粒子の分散形態変化はレプリカ法により、また熱処理後冷間圧延した試料の焼なましに伴う組織変化は直接観察法で、それぞれ透過型電子顕微鏡を用い観察した。熱処理皮膜の引張破面は走査型電子顕微鏡 (SEM) により観察した。

2-5 熱処理複合皮膜の組成分析

熱処理複合皮膜の機械的性質に大きな影響を及ぼすと考えられるマトリックス中の固溶 Ti 量、および皮膜中の微細粒子体積含有率は以下の操作により求めた。

まず熱処理試料を硝酸中で加熱し、マトリックスのみを溶解させ、微細粒子を沈殿させる。(微細粒子はチタン酸化物あるいはチタン、ニッケル酸化物であることから、硝酸に難溶性) 粒子は非常に微細 (0.03~0.3 μ m) であるため、ろ紙等によってこれらを分離することはできなかった。したがって遠心分離器を用いて、微細粒子と溶液とを分離し、上澄液のみを採取した。この場合、微細粒子は互いに凝集し沈殿していた。この凝集体を電子顕微鏡により観察したところ、凝集体中には多数の微

細な粒子が観察され、上澄液中には認められなかったことから、上記操作により、ほぼ微細粒子は分離したと考えられる。

マトリックス溶解液および微細粒子のチタンおよびニッケルの定量分析は、それぞれチロン-チタン錯体を用いた吸光光度法およびニッケルジメチルグリオキシム法により行った。なおニッケルの定量には原子吸光分析法も併用した。

3. 実験結果および考察

3-1 複合皮膜の硬さおよび引張特性

前報⁹⁾で報告したが、1,000°C での熱処理において、保持時間2時間以上の試料では組織変化が少なく、また後述するようにほぼ一定な機械的性質が得られるため、ここでは1,000°C、2時間熱処理試料を用いた結果を述べて代表させる。種々な Ti 含有率皮膜の電析状態および1,000°C、2時間熱処理後の硬さを図2に示す。なお皮膜組成は熱処理前の試料については TiH₂ 含有率により、また熱処理後の試料は Ti 含有率によって示した。電析状態の複合皮膜は純 Ni めっき膜に比較し高い値を有し、TiH₂ 含有率の増加とともに上昇する。しかし、TiH₂ 含有率増加に伴う硬さ上昇の勾配は熱処理後の試料に比し小さい。この硬さ上昇は TiH₂ 粒子含有による分散強化および Ni めっき膜のひずみ増加に起因すると考えられる。

一方、熱処理皮膜の硬さはいずれの試料も電析状態に比べ低下するが、同一熱処理の純 Ni に比較すれば高い値を示し、Ti 含有率の増加とともに上昇する。ここで10.3at% Ti 皮膜の硬さはほぼ Hv300 であり、純 Ni の

Fig. 2 Effect of Ti and TiH₂ content on hardness of Ni-TiH₂ composite coatings (a) as deposited and (b) annealed at 1,000°C for 2h.

Fig. 3 Room temperature stress-strain curves of Ni-TiH₂ composite coatings annealed at 1,000°C for 2h and pure Ni as deposited.

3倍程度の高い硬さを有し、さらに電析状態の純 Ni より高い値を示す。また電析状態から熱処理後における硬さ低下は Ti 含有率が高いほど少ない。すなわち熱処理試料の硬さは皮膜中の Ti 含有量に強く影響されることがわかる。

懸濁粒子に熱的に安定な物質を用いて作製した Ni-Al₂O₃ 電析複合皮膜等では、電析状態で高い硬さを示すものの、高温での熱処理により硬さは急激に低下する^{4), 6)}。しかし本皮膜、特に高 Ti 含有皮膜は電析状態に比較し大きな硬さ低下はみられず、高温で熱処理後も高い硬さを保持している。本皮膜のこのような特徴は例示した Ni-Al₂O₃ 皮膜と熱処理後の組織が本質的に異なることに起因している。

図 3 に熱処理皮膜の引張試験による 応力-ひずみ曲線の一例を示す。またこれらより求めた 0.2% 耐力値を図 4 に示した。なお電析状態の純 Ni めっき膜についても併記した。熱処理皮膜の 0.2% 耐力は Ti 含有率の増加とともに上昇し、特に高 Ti 含有皮膜は電析状態の純 Ni より高い値を示し、硬さ試験の結果と同様な傾向を示す。

電析状態の複合皮膜は高い硬さを有するが、TiH₂ 含有率の増加とともにもろくなり、特に高 TiH₂ 含有皮膜は簡単な曲げ試験によりゼイ性破壊した。このような傾向は他の複合めっき膜においても認められている^{4), 8)}。一方、熱処理皮膜については、引張試験に用いた試験片が特殊な形状（特に厚さが薄い）であるため、応力-ひずみ曲線より皮膜の正確なひずみ量を求めることはできないが、定性的にこれらを比較することは可能である。熱処理皮膜のひずみ量は Ti 含有率の増加とともに減少するが、いずれの試料も電析状態の純 Ni に比較しても大きな値を示している。このように本複合皮膜は高温での熱処理後においても、高い硬さおよび引張強度を保持し、さらに塑性も向上していることがわかる。

図 5 は 1,000°C、2 時間熱処理した純 Ni および様々な Ti 含有率を持つ複合皮膜の引張破断面の SEM 二次電子像である。純 Ni めっき膜は典型的な蛇行すべり破面を呈する。一方複合皮膜も同様な延性破面を呈するが、純 Ni めっき膜とはその形態を異にする。すなわち複合皮膜は一部 dimple pattern を呈し、Ti 含有率の上昇とともに dimple の割合が増加し、さらに dimple の大きさは小さくなる。また図 5 (d) に示すように

dimple 内には微細な分散粒子が観察される。

以上に述べたことから、この熱処理皮膜における機械的特性はその組織と密接な関係を有することがわかる。熱処理皮膜の硬さおよび引張強度は Ti 含有率の増加に伴い上昇する。皮膜中の Ti 含有率の増加は分散粒子体積率の増加およびマトリックスニッケル中の固溶 Ti 量の増大、更にマトリックス結晶粒径を小さくする。これらの現象が皮膜の機械的性質に大きく影響することは確かであろう。

図 6 に熱処理皮膜の Ti 含有率とマトリックス中の固

○— : annealed Ni-TiH₂ composite coatings.
● : as-deposited pure Ni.

Fig. 4 Relation between 0.2% proof strength and Ti content for Ni-TiH₂ composite coatings annealed at 1,000°C for 2h.

(a) : pure Ni. (b) : Ni-4.6wt% TiH₂.
(c) : Ni-6.7wt% TiH₂. (d) : Ni-8.9wt% TiH₂.

Fig. 5 Scanning electron micrographs of fracture surface of Ni-TiH₂ composite coatings and pure Ni annealed at 1,000°C for 2h.

Fig. 6 Ti content of matrix and particles content as a function of Ti content in composite coating.

Fig. 7 Size distribution of dispersed particles in the Ni-8.5wt% TiH₂ composite coating annealed at 1,000°C for (a) 1h and (b) 20h.

溶 Ti 量および分散粒子体積率との関係を示した。なお原子吸光分析により、微細粒子中には若干の Ni が認められたが、0.1% 以下であったことから、分散粒子体積率は粒子がすべて TiO₂ (ルチル型) であると仮定して求めた。マトリックス中の Ti 固溶量は皮膜中の Ti 量の増加とともにほぼ直線的に増加している。Ni 固溶体合金の機械的性質に関する吉田らの報告¹¹⁾によれば、Ni-Ti 固溶体合金の降伏応力は固溶 Ti 量の増加とともに上昇することが示されている。したがって本皮膜においても、Ti 固溶量に起因してマトリックスの固溶強化が増大し、固溶 Ti 量の上昇とともに皮膜の降伏応力は増加すると考えられる。

更に分散粒子体積含有率も Ti 含有率の上昇とともに

(a) : Ni-8.7wt% TiH₂, (b) : Ni-6.7wt% TiH₂, (c) : Ni-4.6wt% TiH₂.

Fig. 8 Variation of hardness of Ni-TiH₂ composite coatings with annealing time at 1,000°C.

増加する。このような分散粒子は転位の移動を妨害することによって材料の強化を計ることができる。前報⁹⁾で示したように、これら微細粒子はコロニーを形成して皮膜中に分散しており、特に低 Ti 含有皮膜では粒子の分散が不均一である。したがって粒子の分散強化に対し最も重要な影響を及ぼす粒子間距離について、これを単なる平均的数値として示すことは意味をなさない。しかし引張破面観察で示したように、複合皮膜引張破面は dimple pattern を呈し、これら dimple 中には微細粒子が存在することから、分散粒子がいわゆる分散強化として材料の強化に寄与しており、更に粒子分散量の上昇とともに皮膜の降伏強度が増加することは、定性的に分散粒子が強化に寄与していることを示す根拠となる。特に高 Ti 含有皮膜においてはほぼ均一な粒子分散を示し、粒子による分散強化が顕著に表われた結果といえる。

またこの分散粒子はマトリックスの結晶成長を抑制し、高温までマトリックス結晶粒を微細な状態に保持する。前報⁹⁾で示したように、本皮膜のマトリックス結晶粒径は Ti 含有率の増加とともに減少し、特に高 Ti 含有皮膜では 1~3 μm 程度の均一な微細結晶粒である。したがって結晶粒微細化に起因して材料の強化が計られ、Ti 含有率の増加とともにこの傾向は顕著となるため、降伏強度の増加は分散粒子の直接効果と分散粒子による結晶粒微細化効果の総合的效果と考えられる。

ところで、本実験から上述した強化機構の個々の寄与率について述べることはできない。しかし組織学的にいずれの強化機構も期待できる。したがって本皮膜の機械的性質はマトリックス中への Ti の固溶に基づく固溶強化、微細粒子の分散による分散強化およびマトリックス結晶粒の微細化による強化等の複合効果に依存して生じ

たとえられる。

3-2 複合皮膜組織の熱的安定性

先に示したように、本皮膜はいわゆる分散強化合金と類似の組織を呈しながら、その機械的性質は複合効果として評価される。ここで微細粒子の強化に対する総合寄与は大きく、特に高温での挙動に注目し、その組織変化、特に熱処理により生成した分散粒子の成長、粗大化はどのような挙動を示すか検討した。

本皮膜を $1,000^{\circ}\text{C}$ で20時間まで連続加熱し、高温での熱的安定性について検討した結果を図7および図8に示す。図7は8.5wt% TiH_2 複合皮膜を $1,000^{\circ}\text{C}$ で1および20時間熱処理した試料の二次的に生成した微細粒子の分散状態を示す。ここに示した分散状態は、レプリカ像より $100\mu\text{m}^2$ 中の粒子数を各粒子径ごとに算出し、それらの分布を表わしたものである。分散粒子は $0.5\mu\text{m}$ までの粒径を有しているものの、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の粒子が非帯に多く、それ以上の粒子はわずかである。またいずれの熱処理時間においても粒子径分布や分散粒子量に大きな変化は認められない。図には示さないが、微細粒子は短時間(15分)の熱処理によって形成されており、その分布状態も上記とほぼ同様であった。また低Ti含有皮膜においても同様な結果を得た。このように微細粒子は短時間の熱処理によって形成され、更に長時間の熱処理においても安定に存在することがわかる。

図8は種々な TiH_2 皮膜の熱処理時間に伴う硬さ変化を示す。いずれの皮膜においても、硬さは短時間の熱処理により電析状態に比べ低下し、その後わずかな上昇を示すが、約2時間以上ではほぼ一定の値を示す。このように本皮膜は高温長時間の熱処理においても安定な硬さを有する。これは微細粒子がマトリックス中で安定に存在することを意味し、粒子分散強化および微細粒子によるマトリックス結晶成長抑制効果が、長時間熱処理後も保持された結果であると評価される。

ところで、分散粒子の凝集は熱処理過程のみならず、複合めっきの電析時においても観察されており、電析による複合め

っき皮膜形成の問題点として指摘されている^{3),6)}。これは電解液中に懸濁させた粒子が微細であるため、その高い表面エネルギーにより、浴中で塊を形成するためであり、不均一な粒子分散を招く。Greco³⁾ らはこの防止策として、粒子を一定量の水に懸濁し、高速で混合したスラリーをめっき液に添加する方法を提案しているが、必

(a): Ni-10.3at% Ti. (b): Ni-6.5at% Ti.
(c): Ni-5.3at% Ti. (d): pure Ni.

Fig. 9 Effect of annealing temperature on hardness of composite coatings cold rolled by 50% after annealing at $1,000^{\circ}\text{C}$ for 2h.

(a): as-rolled pure Ni (b): pure Ni annealed at 450°C for 1h.
(c): as-rolled composite coating.
(d): composite coating annealed at 800°C for 1h.

Fig.10 Transmission electron micrographs of pure Ni coating and Ni-8.5at% Ti composite coating cold rolled by 50% after annealing at $1,000^{\circ}\text{C}$ for 2h.

ずしも十分とはいえない。分散強化合金における分散粒子の凝集は粒子の不均一分散を招くばかりではなく、これらが材料の破壊源となり得ることなどから、材料の機械的性質の劣化をきたす。

本複合皮膜では電析状態において数個の TiH₂ 粒子が凝集し、クラスターを形成することが認められた。前報⁹⁾で示したように、この TiH₂ 粒子は熱処理により多数の非常に微細な粒子へ変換し、かつ熱的に安定に存在する。またこの微細粒子は電析時における TiH₂ 粒子範囲内にコロニーを形成して存在する。したがって初期複分散粒子の機械的性質に及ぼす顕著な悪影響を取り除く効果として、熱処理により生成した微細粒子は寄与する。すなわち本皮膜の熱処理は電析状態での TiH₂ 粒子凝集組織をより均一な微細粒子分散組織へ変化させる効果を有し、皮膜の機械的性質の向上に寄与する新たな知見を得たと考える。

3-3 冷間加工組織の再結晶挙動

分散強化合金の強化の重要な因子の一つに冷間加工組織による強化があるが、分散粒子による高温強度への寄与はこの組織が高温まで維持できる点であるとされる。そこで本熱処理複合皮膜冷間加工組織の再結晶挙動についての検討を行った。

図9に1,000°Cで2時間熱処理した種々な Ti 含有率熱処理皮膜および純 Ni めっき膜を50%冷間圧延した試料の種々な温度での焼なましに伴う硬さ変化を示す。いずれの皮膜も加工による硬さ上昇が認められるが、純 Ni めっき膜は約400°C付近から急激な硬さ低下を示す。一方複合皮膜の硬さ低下はいずれの皮膜も600°C付近からであり、純 Ni に比較し、200°C 程度高温側に移行した。なお10.3at% Ti 皮膜では450°C 付近にピークを持つ硬さ上昇が観察された。

図10は純 Ni および8.5at% Ti 熱処理皮膜を50%冷間圧延した試料の焼なましに伴う組織変化を示す。純 Ni 冷間加工材の組織は転位密度の高いセル構造を示す。450°C での熱処理においては一部にひずみの少ない再結晶粒が観察されるようになる。一方複合皮膜は加工状態において、非常に高い転位密度であり、比較的均一な転位分布を示す。焼なまし温度600°C まではほぼ同様な組織を呈するが、800°C において転位密度が減少し、また結晶粒界が明瞭に観察されるようになった。

冷間加工材の焼なましに伴う組織変化および硬さ変化双方の結果を考慮すれば、純 Ni は約400°C 以上、複合皮膜は約600°C を過ぎてから再結晶が起こると考えられる。すなわち複合皮膜は純 Ni に比較し再結晶温度が上昇していることがわかる。再結晶温度上昇は、熱処理により生成した分散粒子の寄与として理解されるが、分散粒子含有率の少ない複合皮膜の硬さ低下も約600°C 付近で起きていることを考慮すれば、複合皮膜の再結晶温

度上昇挙動には分散粒子のみならずマトリックス中への固溶 Ti も大きく影響していると考えられる。

4. 結 論

高温で熱処理した電析 Ni-TiH₂ 複合皮膜について、硬さ試験および引張試験を行い、熱処理皮膜の機械的性質を調べるとともに、組織との関連について検討し、次のことが明らかになった。

1) 熱処理複合皮膜の硬さおよび0.2% 耐力は皮膜中の Ti 含有率が5.2at% から10.3at% まで増加するとともに、それぞれ Hv150 から Hv300、および260Mpa から830Mpa まで上昇した。また熱処理皮膜は電析状態に比較し、塑性が向上した。

2) 熱処理複合皮膜の機械的性質はマトリックス中への Ti の固溶に基づく固溶強化、熱処理により生成した微細粒子の分散による分散強化、および微細粒子に起因するマトリックス結晶粒子の微細化維持による強化等の複合効果に依存して生ずる。

3) Ni-TiH₂ 複合皮膜特有の高温熱処理組織は短時間の熱処理により形成され、この組織は長時間の熱処理においても安定に存在し、機械的性質の改善に寄与する。

4) Ni-TiH₂ 複合皮膜の熱処理は電析状態の TiH₂ 粒子凝集組織をより均一な熱処理により生成した微細粒子分散組織へ変化させ、皮膜の機械的性質の向上に寄与する。

終わりに、本研究の遂行にあたり終始ご協力いただいた本学工学部工業化学科渡辺徹氏ならびに引張試験にさいし、多大なご援助をいただいた本学工学部機械工学科山本優氏に深く感謝致します。

(昭和54年5月第59回本協会学術講演大会にて一部発表)
(1980—8—8 受理)

文 献

- 1) 林忠夫; 分散めっきの進歩, 本誌, **28**, 490 (1977)
- 2) F.K. Sautter; Electrodeposition of Dispersion-Hardened Nickel-Al₂O₃ Alloy, *J. Electrochem. Soc.*, **110**, 557 (1963)
- 3) V.P. Greco, W. Baldauf; Electrodeposition of Ni-Al₂O₃ Ni-TiO₂ and Cr-TiO₂ Dispersion Hardened Alloys, *Plating*, **55** (3), 250 (1968)
- 4) 丸野重雄, 山田敏夫, 野田三喜男, 増井寛二; 電着ニッケル-アルミナ分散強化合金, 日本金属学会誌, **35**, 440 (1971)
- 5) D.S.R. Brown, K.V. Gow; The Composition, Tensile Strength and Hardness of Electrodeposited Iron-Alumina Dispersion Strengthened Alloys, *Plating*, **59**, 437 (1972)
- 6) V.O. Nwoko, L.L. Shreir; Electron micrographic examination of electrodeposited dispersion-harden-

- ed nickel; *J. Applied Electrochemistry*, **3**, 137 (1973)
- 7) G.R. Lakshminarayanan, E.S. Chen, F.K. Sauter; Electrodeposited Cu and Cu-Al₂O₃ Alloys, Physical and Mechanical Properties, *Plating*, **63** [5], 35 (1976)
- 8) E. Gillam, K.M. Mcvie, M. Phillips; The Structure of Nickel Electrodeposited with Alumina

- Particles, *J. Inst. Metals*, **94**, 228 (1966)
- 9) 掛川正幸, 見崎吉成, 田辺良美; 電析 Ni-TiH₂ 複合皮膜の高温熱処理組織, 本誌, **31**, 529 (1980)
- 10) 掛川正幸, 見崎吉成, 田辺良美; 電析 Ni-TiH₂ 複合皮膜の形成と熱処理による合金化挙動; 本誌, **31**, 476 (1980)
- 11) 吉田秀彦, 竹内伸, 福沢安光; Ni 固溶体合金の機械的性質; 日本金属学会誌, **34**, 821 (1970)

 本 協 会 刊 行 物 案 内

- 第54回学術講演大会要旨集(昭和51年)
1冊 1,500円(発送手数料 300円)
- 第56回学術講演大会要旨集(昭和52年)
1冊 2,000円(送料込み)(会員外 3,000円)
- 第58回学術講演大会要旨集(昭和53年)
1冊 2,000円(送料込み)(会員外3,000円)
- 第59回学術講演大会要旨集(昭和54年)
1冊 2,000円(送料込み)
(会員外3,000円)
- 第61回学術講演大会要旨集(昭和55年)
1冊 2,000円(送料込み)
(会員外3,000円)
- メッキ技術資料集(3)「合金メッキおよび複合メッキ」
1冊 6,500円(発送手数料 500円)
- メッキ技術資料集(4)「工業用めっき」
1冊 7,500円(発送手数料 500円)
- メッキ技術資料集(5)「無公害めっきおよび排水処理」
1冊 7,000円(発送手数料 500円)
- 第5回サマーセミナーテキスト「これからのアルマイト業界のあり方」(昭和53年7月)
1冊 2,000円(送料含む)
- 第6回サマーセミナーテキスト「アルマイトの話題を追う」(昭和54年7月) 1冊 2,000円(送料含む)

- 第7回サマーセミナーテキスト「低エネルギーアルマイト加工への挑戦」(昭和55年7月)
1冊 2,000円(送料含む)
- アルマイト電解着色への電気めっき技術の応用シンポジウム・テキスト(昭和53年9月)
1冊 1,000円(発送手数料 200円)
- 硬い表面を作るセミナー・テキスト(昭和54年10月)
1冊 2,000円(発送手数料 300円)
- 電気めっき工場におけるリサイクル化ハンドブック
1冊2,000円(発送手数料300円)(会員外3,000円)
- 複合塗装技術と耐食性シンポジウム・テキスト
No.1~No.3(昭和55年5月)
3冊 1,500円(送料込)
- 電子部品の最近の表面処理技術セミナー・テキスト
(昭和55年11月) 1冊 1,500円(送料込)
- 第10回金属表面技術国際会議講演論文集
(Proceedings of Interfinish 80)
A4版 502ページ(英文版) 発表数 106件
1冊 15,000円(送料込) 先着100部まで
- <申込方法> 氏名, 送付先及び図書名を明記のうえ,
現金書留にて本協会あて, お申し込み下さい。
- <申込先> (社)金属表面技術協会
〒101 東京都千代田区神田岩本町2番地 共同ビル