溶融塩電気化学プロセス（MSEP）を用いた『炭素めっき技術』

～耐食性、導電性、密着性を兼備した革新的な高機能被膜形成～

アイ’エムセップ株式会社

要素技術
めっき
（炭素めっき技術）

要素技術の概要

産業技術の幅広い分野で、材料表面に高い耐食性と電気伝導性を兼備させる表面処理技術が強く求められています。これに対する候補技術として「炭素コーティング」が考えられていますが、従来技術では高い耐食性を保持しつつ密着性や緻密性において実用に耐える炭素膜は得られていませんでした。そこで、当社では溶融塩中での電解により処理対象表面に緻密で密着性の高い炭素膜を形成させる「革新的炭素めっき技術」を開発しました。

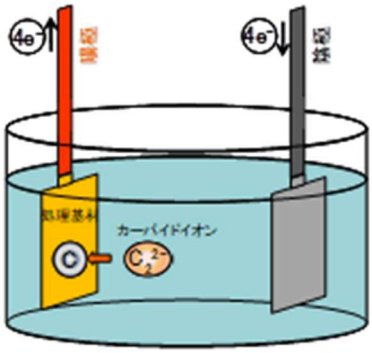
要素技術の特徴

【被処理材をめっきで炭素コーティング】

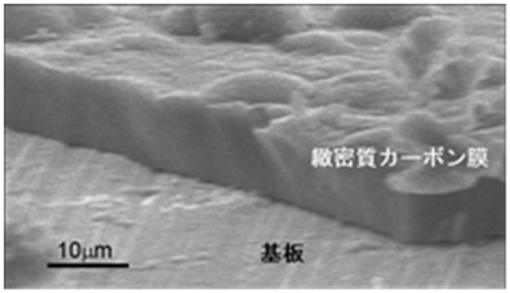
一例として、右図の方法では、溶融塩中のカーバイドイオン（C22-）の陽極酸化反応を利用することで、被処理材である陽極表面に非常に緻密な炭素膜が得られます。

陽極：C22- → 2C（めっき膜） ＋ 4 e-

上述した方法により形成させた炭素めっき膜の断面写真を右図に示します（試料を激しく変形させた際に、一部破断した箇所を観察しています）。この炭素めっき膜は、sp2 炭素の割合が多く、非晶質でグラッシーカーボンに近い構造をしており SEM 観察や、TEM 観察からも非常に緻密な膜であることが確認されました。また、膜の硬さとしては、低硬度 DLC 膜と同程度の値を示しており導電性の炭素膜としては十分な硬度が得られているものと考えられます。



▲MSEP による炭素めっきの原理



▲緻密質炭素膜の強制破断面の SEM 写真

【機能性豊かな緻密質炭素めっき膜】

① 耐食性

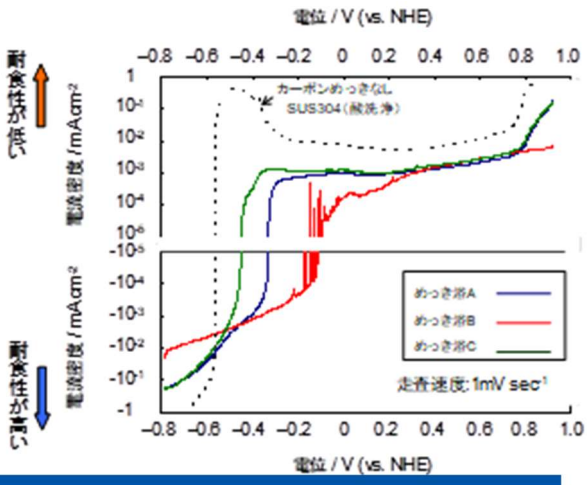
この緻密質炭素膜は非常に耐食性が高く、例えば、右図のようにアノード分極測定による電気化学的な耐食性評価を行った結果、本炭素めっき膜の耐食性は、ステンレス表面上で形成される酸化皮膜の耐食性を上回っていることが分かりました。

② 電気伝導性

炭素めっき膜の接触抵抗の値は、炭素めっきを施していない基材（ステンレス）と比較して一桁以上小さい値を示しています。さらに、腐食試験後でも接触抵抗の値に目立った変化は見られず、腐食環境におかれても高い導電性（低い接触抵抗）を保つことが示されました。

③ 密着性

スクラッチ試験においては、完全剥離荷重が約 30N となり、従来法である PVD 法で得られた炭素膜での値（5～10N、DLC、膜厚：1μm 程度、基板：ハイス鋼、中間層なし）と比較して明らかに大きく、高い密着性を有していることが確認されました。



▸アノード分極測定による耐食性の評価
（基材：SUS304）

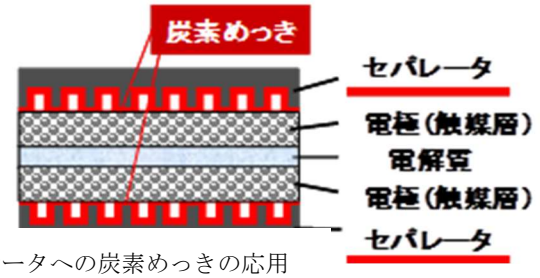
要素技術を活用してこれまでに開発した(又は開発中の)製品・サービス

製品名　エネルギー分野への応用

開発状況　☐ 開発済　☑ 開発中　☐ アイデア段階

想定ユーザー　自動車メーカー・電機メーカー等

高い耐食性と導電性（低接触抵抗）を兼ね備えた高機能性膜は、固体高分子形燃料電池の高耐食性金属セパレータに応用が可能です。燃料電池の製造コストにおいてセパレータの占める割合は高く、セパレータの低コスト化は、今後期待される燃料電池の普及において急務となっていますが、金属セパレータと炭素めっきを組み合わせることで下記メリットが期待できます。



▲燃料電池セパレータへの炭素めっきの応用

【特徴】

① 金属セパレータの基材を生産性の高いプレス加工で生産できれば、めっき加工費をプラスしても**低コスト化を実現**できる。
② 炭素被膜の耐腐食性が高く、カーボンセパレータと同等の**耐久性が期待**できる。
③ 不働態膜の生成が防止されるため、**長期的な高電気伝導性及び高効率を維持**できる。
④ カーボン製セパレータと比べて厚さが薄くセルの積層厚が小さくなるため、燃料電池スタックを**コンパクト化**できる。
⑤ ステンレスを基材とした場合、強度が大きいため、燃料電池の**耐振動性を改善**できる。

その他、リチウムイオン電池電極の集電体に適用すれば、集電体表面に耐食性を付与するとともに、電極活物質との間の接触抵抗を大幅に低減できるので、近年普及が加速しているハイブリッド自動車や電気自動車用途のリチウム電池の大幅なハイレート化（急速充放電化）にも有効と考えられます。

製品名　締結部品ボルトナット／住宅分野の金具分野

開発状況　☐ 開発済　☑ 開発中　☐ アイデア段階

想定ユーザー　土木建築関係企業・住宅関連企業等

トンネルや橋梁など、高度の安全性及び耐久性が求められる用途、建築資材や備品など、住宅と同様の耐久時間が求められる用途に応えるための、炭素めっきによる耐腐食性の付与が可能です。締結部品への炭素めっきを実用化するにはバレルめっきが必須となりますが、現在、実用化に向けて開発中です。

▸ネジへの炭素めっき

要素技術の高度化に成功した「開発の秘訣」

開発担当　国広 卓生 ／ 技術統括

本技術の一番のポイントは、電解質に「溶融塩」を用いたことであり、そのことによって、これまで水溶液系では不可能であった、「炭素めっき」が可能になりました。

一方、品質の良い炭素めっき膜を得るためには、基本的には水溶液の金属めっきと同様、基材の適切な前処理やめっき浴の管理、めっき（電解）時の電気化学パラメータ（電解電位や電流密度）設定などが重要であり、1つひとつの条件を根気よく詰めていく必要がありました。

▸研究開発拠点　Ｄ－ｅｇｇ

会社概要・問合せ先

企業HPへアクセス ▼

企業名：アイ’エムセップ株式会社
住　所：〒610-0332 京都府京田辺市興戸地蔵谷１番地
SEC カーボン気付 D-egg303
ＵＲＬ：http://www.imsep.co.jp/
窓口担当者：国広 卓生／技術統括
TEL：0774-63-2051
E-mail：kunihiro@imsep.co.jp