

皮膜品質を追求する

溶射技術

溶射は金属やセラミックなどを溶融し、基材に吹き付けて皮膜を形成する表面加工技術。防食、耐摩耗、耐熱などの役割を担い、産業界の幅広い分野で活用されている。そこで、溶射技術をめぐる最新技術動向や最近のトピックスについて、トーカロ溶射技術開発研究所の伊藤義康所長に解説してもらった。

進化続ける溶射技術

溶射技術は、さまざまな分野において数多くの製品へ適用が進められている。中でも、高温機器部材を対象としたセラミック耐熱コーティングは、この

後の新規プロセス開発を展望することが、最近注目は高く、最新のセラミック微粉末を用いた減圧コーロドスプレー(産業技術総合研究所で開発されたエアロゾルポシジョンと同じコンセプト)の研究開発が進められている。

厚膜コーティングでは、世界最大規模の国際溶射会議(ITSC2012)が、本年5月21日-24日に米国テキサス州ヒューストンで開催された。この国際会議の特徴は、溶射を主体としたコーティング・プロセス開発に関する発表が全発表件数の60-70%を占める

目的である。また、最近のトピックとして、新機能皮膜である放射線(ガンマ線)遮蔽・環境調和性コーティングの開発現状を取り上げる。

①国際溶射会議(ITSC2012)における発表動向

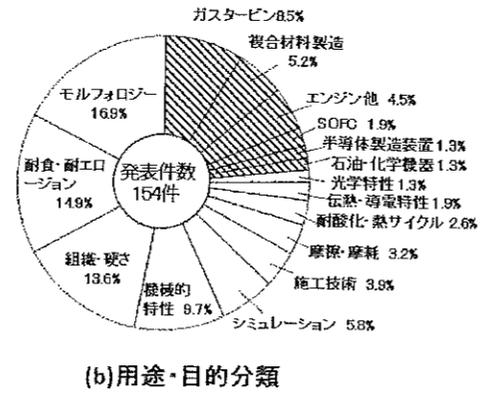


図1 国際溶射会議(ITSC2012)における講演・ポスターセッション発表の傾向と分類

②溶射プロセスのメガトレンド

この中で、モノづくりの発展には時代と共に変化していく大きな技術の流れ(メガトレンド)が存在し、これを念頭においた研究開発戦略の策定が必要である。

左ページの図2には、厚膜を対象とした表面改質技術と、これらを支える関連技術に注目した技術のトレンドを示している。溶射プロセスの場合、前述のようにトレンド

は皮膜の緻密化・高密着化によりけん引されている。すなわち、図中では、現在、改良開発レベルにあるプラズマ溶射(APS)を基に減圧プラズマ溶射(LPPS)が開発され、その後、音速をはるかに超える高速プラズマ溶射(HVOP)が実用化され、将来に向けて金属主体のコールドスプレー、次いでセラミック

ブルコーティング、複合材料(CMC)、MMC等)製造、エンジンやボイラの耐食・耐摩耗コーティング、固体電解質型燃料電池(SOFC)のセル材料、半導体製造装置や石油・化学機器の耐食コーティングである。残り約80%については対象機器は示されていないが、溶射皮膜のモルフォロジー、耐食・耐エロージョン、組織・硬さ、機械的特性などの評価技術と共に、コンピュータ・シミュレーションが行われていることは特筆に値する。なぜなら、モノづくりの進歩を加速し、成果を確実なものとするためには、皮膜特性評価技術とコンピュータ・シミュレーションは非常に重要な役割を担うと考えられるからである。

新プロセスを着実に進む

(本文、左ページに続く)

トーカロ
溶射技術開発研究所
所長 伊藤 義康

新機能発現を目指して

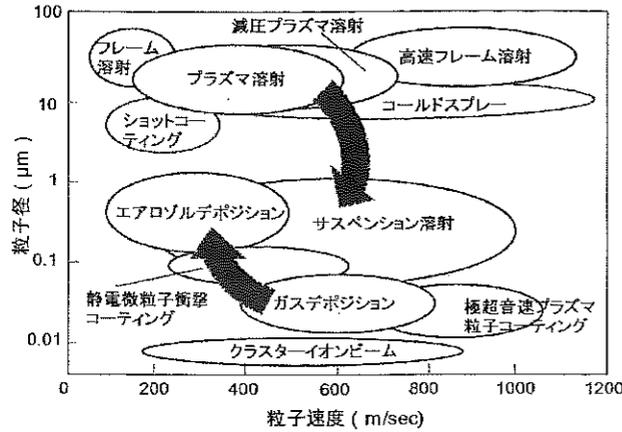


図3 各種の粒子噴射型コーティングプロセスに関するプロセスマッピング (産業技術総合研究所先端製造プロセス研究部門・明渡純氏作成マップに溶射プロセスを追記)

一方、半導体素子の表面加工や改質には、原子・分子集合体をイオン化

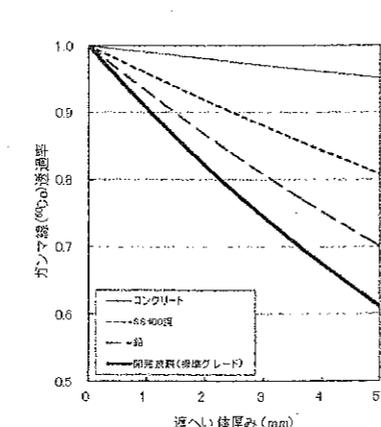
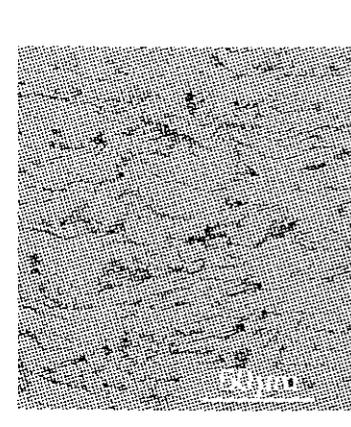
さらに、投射材を基材表面に吹き付けて行われるショットピーニング(SP)は、超音波ショットピーニング(USP)を経て、噴流キャビテーションを利用したレーザーピーニング

グ(LP)の研究開発が進められている。そのトレンドは表面清浄化と高い圧縮残留応力の付与がけん引している。一方、図2の中には表面改質を支える関連技術のトレンドも併せて示す。技能デジタル化・無人化にけん引される生産技術は、自動化・ロボット化を軸に、将来に向けて知能化・知識化が必要であるが、必ずしも着実な進展は認められない。また、試作レス・リードタイム(LT)短縮

図3には、溶射プロセスの研究開発トレンドを理解するため、各種粒子噴射型コーティング・プロセスについて、使用する原料粉末の粒子径と粒子速度によりマッピングしたものを示す。一般に、溶射プロセスでは数μmから数十μmの粒子径の原料粉末を用い、粒子速度を速めることで皮膜の緻密化・高密度化を実現し、数百μmオーダーの皮膜開発が進められてきた。最近では、原料粉末を溶かさな

いコールドスプレーや、ナノレベルでの組織制御を目的にナノ粒子径の原料粉末を用いたサスペンション溶射の研究開発が進められている。

今後、表面改質分野においては、溶射を始めとしたプロセス技術の研究開発は着実に進められていくが、それを支える設計・製造技術については必ずしも十分とは言えず、これからの課題である。



して電界で加速するクラスターイオンビームが用いられてきた。コーティングでは数十μmから数百μmの微粒子を用いて静電微粒子衝撃コーティング、ガスデポジション、極超音速プラズマ粒子コーティングなどにより数μm以下の皮膜形成が行われてきた。最近では、セラミック微粒子の常温衝撃固化によるエアロゾルデポジションで、比較的厚膜の形成が可能であることが明らかにされている。

③最近のトピックス： 放射線(ガンマ線)遮蔽・ 環境調和性コーティング

福島第一原子力発電所の事故により、放射性物質を含む汚染されたがれき、汚染水、汚泥、草木などの処理とその放射線対策が問題となっており。現在、除染作業などで生じる放射性汚染廃棄物は、その収集と運搬、さらに長期保管のための放射線(ガンマ線)遮蔽特性に優れた収納容器の開発が進められている。この長期保管には放射線遮蔽能力だけでなく、容器の耐食性や耐摩耗性の向上、容器からの有害物質溶出の低減など長期健全性も求められている。また、直接に除染が困難な場合や、放射性汚染廃棄物の保管場所によっては、その影響を遮断するため優れた放射線遮蔽付き設備を設置する必要があります。

このような背景から、ガンマ線遮蔽効果を2ミリの皮膜厚さで比較すると、同じ厚さの鉛板の

開発した放射線(ガンマ線)遮蔽・環境調和性コーティング(標準グレード)は、プラズマ溶射により図4(a)に示すような柔軟性に優れたマイクロ積層構造を実現している。円筒構造物内面や複雑形状構造物表面へのコーティング、工場内のみならず現地でコーティング施工も可能である。

(a)皮膜の断面マイクロ組織

(b)ガンマ線透過率の測定結果

ガンマ線遮蔽効果を2ミリの皮膜厚さで比較すると、同じ厚さの鉛板の

図4(b)には、開発した放射線(ガンマ線)遮蔽・環境調和性コーティング(標準グレード)のガンマ線透過率測定結果を、鉛板と比較して示すが、優れたガンマ線遮蔽効果が明らかである。ガンマ線遮蔽性能試験は、原子力材料分野で著名な東北大学金属材料研究所の阿部弘亨教授との研究協力によって実施した結果である。開発したコーティングは、従来から放射線(ガンマ線)遮蔽に使われている有害な鉛と比較して人体に優しく、有害金属の溶出が無いなど環境調和性にも優れ、長期保管が必要な放射性汚染廃棄物管理への適用に優れている。

これらの特徴を生かし、放射性汚染廃棄物の収納容器や、原子力関連施設の放射線遮蔽付き設備への適用に有効である。その他、各種放射線装置(工業用検査、フィルム表面改質、医療用診断・治療、医薬・商品・化粧品)の滅菌処理などや、各種放射線照射作業(γ線、X線、電子線など)における放射線遮蔽部材等、幅広い適用が可能である。

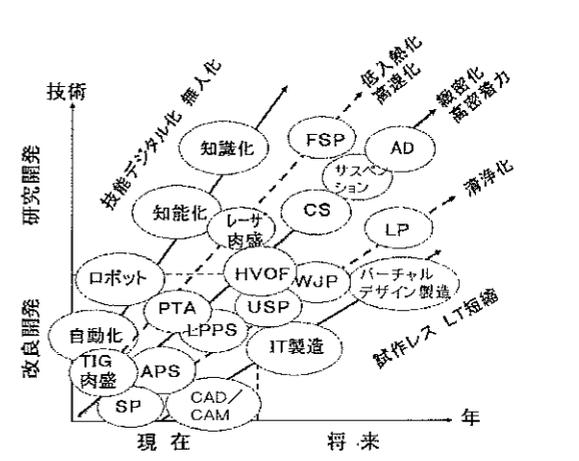


図2 薄膜を除く表面改質技術とそれを支える関連技術のメガトレンド

いたコーティング・プロセス開発が進められており、さらなる新プロセス開発が進められている。

1・4倍、炭素鋼板の2・2倍、コンクリートの9倍を実現した。また、がれきなどの放射性汚染廃棄物の収納・運搬特性に優れたコーティング(高耐摩耗グレード)を高速フレーム溶射(HV)により実現している。現在は、汚泥などの放射性汚染廃棄物の長期保管のために、ガンマ線遮蔽に加えて耐水性にも優れたコーティング(高耐食グレード)の開発を進めている。