

薄膜コーティングが生み出す 新たな機械技術の未来

IHI Ionbond が実現する省エネルギー化と 長寿命化技術

真空中で、金属や酸化物の蒸気を部品に薄く強固にコーティングする技術。
IHI Ionbond は、この薄膜コーティングのリーディングカンパニーとして、自動車部品
や航空機部品、工具の耐摩耗性向上、摩擦低減など優れた技術で社会に貢献している。



IHI Ionbond 薄膜コーティングのラインアップ

コーティング技術と IHI Ionbond

コーティング技術とは、金属などの表面を皮膜で覆う処理をすることによって、部品や機械などの表面を滑らかにしたり、硬度を高めたり、色などの装飾性を変えたりする技術を指す。コーティングを施すことによって耐摩耗性の向上や摩擦係数の劇的な低減が可能であり、機器の長寿命化や省エネルギーに大きく貢献できる。

コーティングの対象は、過酷な状況で使用されるさまざまな部材で、自動車のエンジン部品、工作機械（特に切削機械）の刃やドリル、スイス製高級時計に代表される装飾部品、医療機器など非常に多くの機種・業界にわたる。装飾分野での適用で記憶に新しいところでは、2012年のロンドン夏季オリンピックおよびパラリンピック用の聖火用トーチの上品な輝きに気付かれたでしょうか。このコーティングを施したのが Ionbond である。その美しさと耐久性はオリンピック

関係者からも大変高い評価をいただいた。

コーティング受託事業大手の IHI Ionbond グループ (Ionbond) はスイスの Olten に本社があり、欧州、北米、アジアなどの 17 の国に 39 拠点を展開し、世界各国で合わせて 950 名以上の従業員が所属している。

Ionbond の原点はスイスに 1904 年に設立された自動車会社 Berna 社で 100 年以上の歴史がある。1960 年代以降さまざまな薄膜表面処理技術を開発し、処理事業を提供してきた。そして 2012 年末には IHI グループの一員となり、グループの 4 事業領域のうちの一つ「産業システム・汎用機械」の一翼を担う国際企業として新たな歩みを始めた。

コーティングの施工技術は主に三つの手法に分けることができる。めっきのように液中で処理する方法、ペンキや溶射のようにコーティング剤を塗布したり吹き付けたりする方法、そして真空雰囲気の中で金属や酸化物などを蒸発させて物理的、化学的に薄い膜を付着させる



世界中に広がる Ionbond のコーティングセンター

方法である。この三つ目の方法が Ionbond の手掛ける薄膜コーティング技術である。現在、厳しい環境で使用される多くの機械製品に薄膜コーティングが適用されており、コーティングをしない場合と比べて、工具や部品の寿命を 5～20 倍に増やすことも可能となっている。

Ionbond は薄膜をコーティングする事業（受託サービス）と、コーティング用の装置の開発と製造販売を行っている。受託サービスは各国にある 39 のコーティングセンターにおいて提供されており、業界第 2 位の規模である。

コーティングセンターはそれぞれ、ISO 9001, 9002, 14001, 13485, 10993-1（医療）、TS 16949（自動車）、そして AS 9100 および NADCAP（航空機）と、お客さまの業界標準に対応した各種認証をもっている。

このように Ionbond は、自動車（レーシングカー含む）、航空機、産業機械、装飾、スポーツ、医療など各分野の世界中のお客さまに対して薄膜コーティン

グの技術を提供している。

以後、やや専門的になるが Ionbond が提供する多彩な薄膜コーティング技術の原理、特徴を紹介しよう。いずれの方法もめっきなどとは異なり有害な物質の使用や排出をしないため、クリーンで環境にやさしい技術である。

PVD（物理蒸着）

PVD（Physical Vapor Deposition）は、真空容器内で発生させた原料の蒸気を、工具や部品など

の成膜対象物に付着させることで薄膜を形成する方法である。最も一般的な PVD 法はアーク放電とスパッタリングである。処理温度は 70～600℃程度であり、原料や条件を変えることで TiN, AlTiN, TiAlN, CrN など、さまざまな薄膜を作製することが可能である。

コーティング膜の厚さは 0.5～15 μm 程度であり、構造は単層膜、多層膜、グラデーションをつけたものなど多種にわたる。コーティングに掛かる時間は一般的に 3～6 時間程度であり、膜の種類や構造、組成などを変えることで、膜の硬さや弾性、密着性などの特性を変化させることができる。

PVD プロセスは、工具や部品への均一なコーティング膜の形成が可能である。適用例としては切削工具、冷間および熱間金型、部品、医療応用、そして装飾などがある。聖火のトーチを輝かせたのも PVD だ。基材の種類は鋼や超合金からめっき処理をしたプラスチックなどであり、お客さまの業界は自動車産業から一般的なエンジニアリング、航空機部品、消費財そして医療領域などである。



ロンドンオリンピックトーチ



PVD でコーティングした切削工具の例



PVD でコーティングした膝用人工骨

CVD (化学蒸着)

CVD (Chemical Vapor Deposition) は、原料の蒸気を気相中もしくは成膜対象物の表面において分解・化学反応させ、薄膜をコーティングする方法である。

(1) 熱 CVD

熱 CVD は減圧下において原料ガスを熱のエネルギーによって分解・反応させる方法である。処理温度は 700 ~ 1 050℃ であり、TiC, TiCN, TiN やアルミナ (Al₂O₃) などの単層膜や多層膜を形成することができる。原料ガスが触れるすべての表面にコーティングできるため、複雑な形状や内側への均一なコーティングも可能である。

コーティングされた膜は応力が低く、下地との密着性が高く、非常に頑丈という特徴がある。膜厚は通常 5 ~ 12 μm 程度だが、20 μm と厚い膜も可能で、1 回の処理に掛かる時間は、8 ~ 24 時間である。

熱 CVD コーティングはインサート (切削工具用の交換式刃先)、パンチや押出金型 (ダイス)、抜き型などの金型、耐摩耗性や耐腐食性が必要な各種機械部品などに適用され、対象物の材料は、超硬工具鋼、工具鋼、インコネル (耐熱ニッケル合金)、

セラミックスやグラファイトなどである。なお、処理温度が高いことから、ほとんどの鋼材は硬度を回復するためにコーティング後の熱処理が必要となる。

(2) プラズマ CVD

プラズマ CVD は原料ガスをプラズマ (放電) のエネルギーによって分解・反応させる方法である。成膜温度は 200℃ 程度と比較的低いのが特徴。Ionbond ではプラズマ CVD によって DLC (Diamond-Like Carbon) 膜を形成しており、非常に滑らかで密着性の高い硬質な DLC 膜の形成を実現している。プラズマ CVD で形成される DLC 膜はアモルファス構造をしており、これによって潤滑不足の条件でも硬さ (硬度 10 ~ 40 GPa) や耐摩耗性、低摩擦特性に優れているという特徴がある。

このような特性から DLC はエンジンや機械部品などのすべりや回転部にコーティングされ、低摩耗・低摩擦を実現している。DLC は化学的にも安定であり、生体適合性もあるため、インプラントなどの医療用途にも適用が拡大しつつある。また、黒く光沢のある仕上がりから高級時計などの装飾部品にも使用され、お客さまの業界は自動車産業から航空機産業、エネルギー、医療、消費財関連まで非常に幅広いのが特徴である。

特に、自動車関連では近年燃費と排出ガスに関する規制がよりいっそう厳しくなっていくなかで、エンジンのダウンサイジングや高温、高圧力化に伴い、DLC を代表とした薄膜表面処理技術の適用が急速に進みつつある。ピストンピン、バルブタペット、ピストンリングとともに、ディーゼル用の高圧燃料噴射装置 (コモンレールシステム) においては、高い耐久性をもつ薄膜コーティングなしでは機器が成り立たないというコア技術となっている。



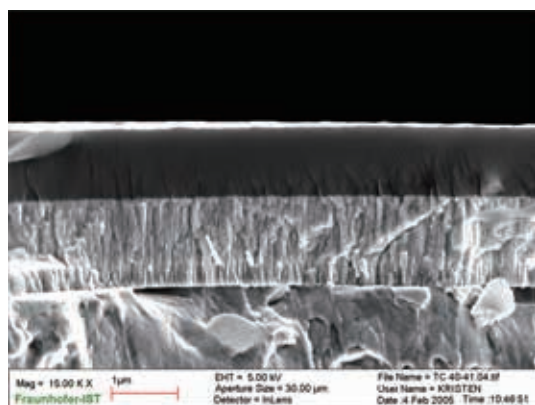
Ionbond の熱 CVD 装置 “Bernex”



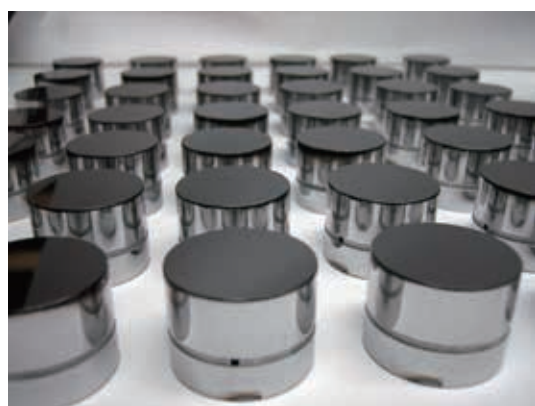
熱 CVD でコーティングしたインサート



プラズマ CVD で DLC をコーティングした自動車部品



DLC 膜の断面 (a-C:H:W + a-C:H)



プラズマ CVD で DLC をコーティングしたエンジンタペット

アルミナイジング

アルミナイジング (CVA : Chemical Vapor Aluminizing), すなわちアルミ拡散コーティングは熱 CVD と類似しているが, CVD が基材の表面に皮膜を形成するのに対し, CVA は基材 (金属) の表層にアルミを拡散させることでアルミナイドという金属間化合物 (2 種類以上の金属で構成される化合物) を生成する。例えばタービンの高温部のブレードなど航空宇宙分野に用いられ, 高温での部材の耐酸化性を大幅に向上させる。

一般的なアルミの拡散処理では部品を固体のアルミ供給源に埋めたり, アルミ供給源の上に載せたりするか, もしくはアルミ供給源をスラリーにして部品表面に塗り付けた後で温度を上げることでアルミナイドを形成するが, これらの方法は部位による膜厚などの制御が難しい上, 廃棄物となる粉が生成される問題点がある。それに対し, CVA 技術ではガス状の原料を用いるため, 基材の外側だけでなく内側にも処理が行われ, 廃棄物も発生しない。例えば航

空エンジンで採用されるタービン翼内部の冷却孔にも膜厚やアルミの含有率, 構造を制御したアルミナイドの拡散膜を均一に形成することができる。また, Cr, Si, Co, Hf, Y やほかの元素を添加することで, アルミだけでなく複数の元素が入ったコーティングも可能である。



コーティング装置に挿入される数千個のエンジンタペット

リーディングカンパニーとして

薄膜コーティング適用による長寿命化と省エネルギーを実現するためには, 先進的なコーティング技術を適用するのはもちろんとして, コーティングを行う前の部材表面およびコーティングの仕上げを同時に管理・制御する必要がある。いわばコーティング工程全体のソリューション能力が不可欠となる。ここで紹介したコーティング技術はほんの一部であり, コーティングを施す部材の形状や大きさ, 数量, コーティングをする範囲などによって, 最適なコーティング方法や膜の種類, 膜厚および前後工程は大きく異なる。

IHI Ionbond は幅広いコーティング技術を活用して最適なコストで世界中のさまざまな業界のお客さまのニーズや課題に対応してきた。今後も薄膜コーティング技術のリーディングカンパニーとして, 先進的なコーティング技術の開発を行っていくとともに, 日進月歩である機械構造分野の進歩に大きく貢献していく。

問い合わせ先

IHI Ionbond AG (Olten)

電話 +41 (62) 287 - 8686

URL : www.ionbond.com/en/

株式会社 IHI

産業・ロジスティックスセクター

熱・表面処理統括部

電話 (03) 6204 - 7293

URL : www.ihico.jp/