

〔7〕 薄膜コーティング装置およびコーティング事業

2009年は、2008年秋頃からの世界同時不況の影響を受け、特に自動車製造分野における極端な生産調整により、コーティング装置の増設などの案件が極端に少なく、また日本国内や海外におけるコーティング受託加工事業も大きな打撃を受けた年となった。

現在は緩やかに回復に向かっているが、景気の二番底も懸念されるなど予断を許さぬ状況であり、技術的に優れる事は言うまでもなく、新たな顧客価値を提供する事が必須となっている。またコスト低減要求も不況の前より厳しくなっている。

コーティング業界は以前にも増して競争が激化しており、単に薄膜の性能のみでは他社を差別化できず、コーティングの前後処理を工夫して総合的に工具や金型などの性能を向上させ、顧客価値を高める必要性が増している。

その様な状況の中、当事業部は以前から社内、社外を問わず多方面からの支援や助言を頂きながら装置開発や薄膜開発を進めてきており、近年幾つかの成果が得られている。その一部を紹介する。

7.1 ダイカスト金型用PVDコーティング“アミコート”の開発

当事業部は、図1に示すマルチアークPVD装置の製造販売、及び中国、タイ、インドにて受託コーティング事業を展開している。自動車やオートバイの部品製造分野が主力の市場である。

ところでアルミニウム合金ダイカストは、自動車やオートバイのエンジンなどを製造する際に用いられる手法であり、近年、コストダウンや生産性アップを目的にハイサイクル化が推進されている。ハイサイクル化によって金型の表面は従来に比べ高温となり、その結果より急冷を強いられる。表面の昇温、急冷の苛酷な条件の繰返しは金型にヒートチェックと焼付きを発生させる結果となっている。

ダイカスト金型のヒートチェックや焼付き、かじり対策として硬質皮膜コーティングは有用な手段であり、とくに金型の寸法変化や変形を伴わないPVDコーティングは今後ますます利用が進む表面改質と思われる。

当事業部は、大同アミスター株式会社並びに大同特殊鋼株式会社と共同で開発業務にあたり、従来のPVDコー

ティング皮膜に比べ耐溶損性と耐ヒートチェック性にすぐれたダイカスト金型用PVDコーティング“アミコートH”と耐焼付き性、かじり性を改善した“アミコートD”開発した。



図1 マルチアークPVD装置

7.1.1 アミコートH

図2にアミコートHの構成を示す。アミコートHの膜厚は5~6μmと従来のTiN, CrNコーティングの2~3μmとくらべて厚い。これは高速で流れるアルミニウム合金による耐溶損性を改善するためである。皮膜の構成は最表面に高硬度・耐熱性の皮膜、その下に下地層として比較的軟質で靱性の高いCrN系の膜があり、基材はプラズマ窒化が施されている。

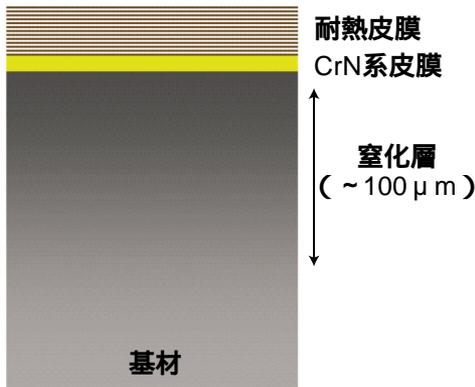


図2 アミコートHの構造

最表面の高硬度の耐熱性皮膜は高い耐溶損性を発揮している。ダイカスト金型では溶湯の機械的な応力の負荷だけではなく、アルミニウム合金溶湯による加熱と離型剤の噴霧による冷却の繰り返しにより硬質膜と基材の界面に非常に大きな熱応力が発生する。このため硬くて靱性の低い皮膜を金型表面に直接コーティングした場合容易に皮膜にき裂が発生しヒートチェックの発生に結びつくが、下地層がその熱応力を緩和し優れた耐ヒートチェック性を実現している。さらに、基材をプラズマ窒化することで耐ヒートチェック性はさらに向上する。

基材にSKD61の10丸棒を用いたコーティング品をアルミニウム合金溶湯中で回転させ、溶損試験を行なった。結果を図4に、また、その試験片の外観変化を図3に示す。

窒化処理のみを施したサンプルは10分程度で溶損がはじまり、60分では大部分が溶損してしまうのに対して、TiN, CrNコーティングは60分では顕著な溶損は見られないが、120~180分で急激に溶損が進行する。一方、アミコートHは300分でも顕著な溶損は見られず溶損率はほぼ0%である。

次にヒートチェック特性を評価した。SKD61を基材とした15×5の円板試験片をコーティングし、室温700(8sec/cycle)の熱サイクルを1000回加えた。

図5に試験片に発生したき裂の状況を示す。図6に各試験片に発生したき裂発生数を示す。

溶湯浸漬時間 試験片	0min
アミコートH	300min
TiN	150min
CrN	180min
窒化処理	60min

図3 溶損試験前後の試験片

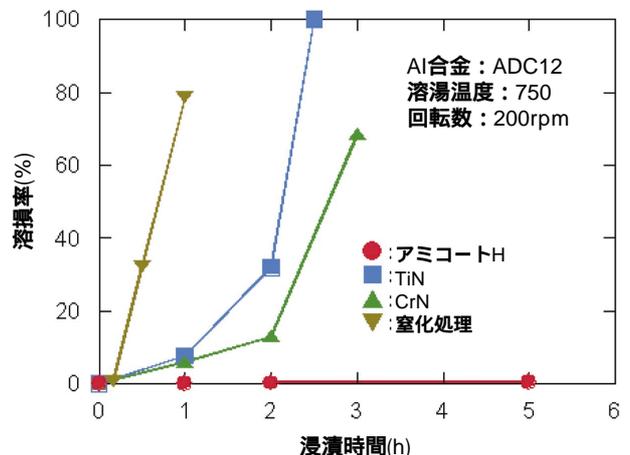


図4 溶損試験浸漬時間と溶損率の関係

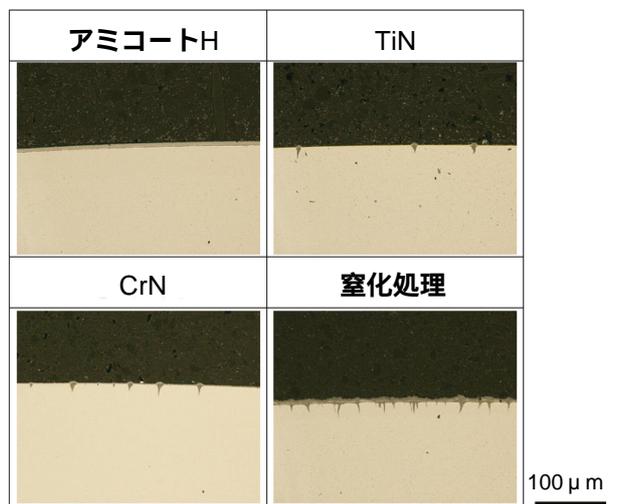


図5 熱疲労試験片に発生したき裂発生状況

CrN、TiNコーティングは窒化処理に比べて1/3~1/4程度であり、硬質膜の有用性がうかがえる。アミコートHはさらに優れており、今回の試験条件下ではほとんどき裂が発生しなかった。

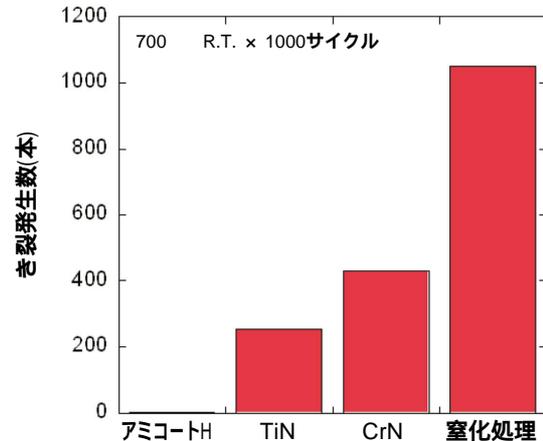


図6 熱疲労試験で発生したき裂本数

7.1.2 アミコートD

PVDコーティングの皮膜はアルミニウム合金溶湯に対する溶損特性は窒化処理材に比べて優れた特性が得られるが、鋳抜きピンや薄肉型など金型表面温度が非常に高くなる場合アルミニウム合金の焼付きやかじりに対してあまり効果的ではない。耐溶損特性の優れたアミコートHについても同様である。

そこで、アミコートHをベースに焼付きやかじりに対策を施したアミコートDを開発した。アミコートDはアミコートHの最表層に耐焼付き性皮膜を付与した構造となっている。

図7はSKD61の10溶損試験片にコーティングをし、アルミニウム合金溶湯に30分浸漬したのち引き上げたものである。アミコートDはアルミニウム合金溶湯とのぬれ性が悪いためアルミニウム合金が付着していない。実

際に耐熱性PVDが施されていたにもかかわらず焼付きやかじりにより折損していたダイカスト用鋳抜きピンにアミコートDを適用した結果、寿命が3~10倍に、溶損により頻繁に溶接補修が必要であった入子の寿命が5倍に改善されている。

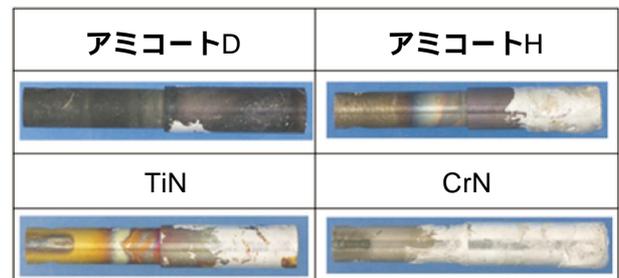


図7 アルミニウム合金溶湯浸漬後の試験片外観

7.2 コーティングサービス事業

日新電機の関連会社である日本アイ・ティ・エフ株式会社では、セラミックコーティングの受託サービスを行っており、その用途は工具、金型、機械部品の耐摩耗性向上、滑り性向上、焼き付き防止、耐食性向上等多岐にわたる。対応膜種としてはTiN、TiCN、TiAlN、CrNに代表される窒化物系被膜とそれらの複合膜およびDLC(ダイヤモンドライクカーボン)膜があり、要求特性、基材材質、形状等に応じて使い分けしている。その中でDLCは滑り性、耐摩耗性、耐溶着性に優れることから、省資源、省エネルギー、低燃費等の地球環境問題を解決する技術の一つとして、最近特に注目されているコーティングである。DLCはダイヤモンド結合を含む非晶質炭素膜の総称であり、様々な製法、膜構造が提案されている。当社は表1に示す6種類のDLCを製品化し、各種用

途に展開するとともに、ますます多種、多様化するニーズに応えるため、より高機能のDLC開発と製品化に注力している。本報ではその成果の一例を紹介する。

表1 日本アイ・ティ・エフのDLCシリーズ一覧

DLC膜品番	対象基材	特徴	主な用途
ジニアスコートH	金属、セラミック(絶縁体)	超平滑 無潤滑で低摩擦 絶縁体への均一成膜	半導体製造部品 一般機械部品
ジニアスコートHR (High Reliability)	金属、セラミック(絶縁体)	Hの信頼性向上 厳しい潤滑環境下で 低摩擦、低焼付き性	高信頼性機械部品 自動車部品
ジニアスコートHT (High Tough & Thick)	金属	厚膜対応 膜硬度、応力自由度大 高信頼性	自動車部品 高信頼性機械部品
ジニアスコートHA (High Adhesive)	金属	水素フリーDLC 高硬度、高密着性 油中で低摩擦	自動車部品 AI切削工具 軟質金属成形金型
ジニアスコートHP (High Penetrative)	金属	内面コート、複雑形状対応 高速成膜	機械部品全般(内面) ギア等複雑形状部品
ジニアスコートF (Flexible)	高分子	ゴム、プラスチックへのコート PTFE並みの摩擦係数	高分子部品全般 Oリング、シール部品

7.2.1 厚膜・高信頼性DLC “ ジニアスコートHT ”

DLCは膜自身の高い内部応力や密着力の影響でコーティング可能な膜厚はせいぜい $13\mu\text{m}$ が限界であった。また、成膜プロセスや原料によって得られる膜硬度も制約されていた。それ故、コーティング可能な基材材質、表面粗度等に制限があった。ジニアスコートHTは独自の成膜プロセスで内部応力を抑えることにより、膜厚で最大 $20\mu\text{m}$ 、膜硬度でHv50~2000の範囲で制御できるDLCである。これにより従来不可能であったアルミ合金

等の軟質金属へのコーティング、面粗度の比較的悪い部品へのコーティングや激しい摩耗や腐食を伴う用途への厚膜コーティングを可能にした。また、膜中で硬度や応力を自由に変更できるため、傾斜構造や複層構造が可能であり、使用される環境や条件に応じた最適な膜構造設計を行うことができる。現在、自動車の各種摺動部品や高い信頼性を要求される機械の駆動部品等に採用されている。

7.2.2 内面DLCコート “ ジニアスコートHP ”

DLCにかかわらず気相合成法によるコーティングは、飛来する原料イオンに方向性があるため、複雑形状への均一なコーティングが不得手であり、内面にコーティングするには特殊な電極を配した特別な装置が必要であった。当社では、原料ガスの流れ、反応を促進するプラズマ状態を工夫し、特殊な電極や装置を用いなくとも均一コーティングが可能なプラズマCVDプロセスを開発し、内面コートが可能なDLC “ ジニアスコートHP ” として発売を開始した。図8は、パイプ内面に同コーティングを施した際の膜厚および硬度の分布を示す。内径30mm、長さ100mmのパイプ内面に均一、均質なDLCがコーティングされていることがわかる。現在、パイプ等の内面コートやギア等の複雑形状部品への提供を行なう

とともに、さらに細径、長尺部品への適用に向けた成膜技術の高度化に鋭意取り組んでいる。

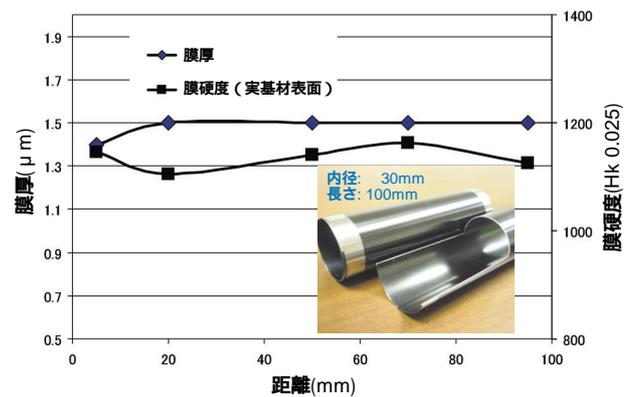


図8 ジニアスコートHP内面コートの膜厚、硬度分布