自動車産業における表面改質技術の応用

川 名 淳 雄^a

^a 日本コーティングセンター(株)(〒 252-0002 神奈川県座間市小松原 1-43-34)

Application of surface modification technology in the automotive industry

Atsuo KAWANA^a

^a Japan Coating Center Co., Ltd. (1-43-34, Komatsubara, Zama-shi, Kanagawa 252-0002)

Keywords : PVD, EV, HEV, CrAlN, DLC

1. はじめに

自動車産業における表面改質技術，とりわけ PVD 法によるセラミックスコーティングは，耐摩耗性あるいは摺動性を生かし，自動車部品の加工工具，金型の耐久性向上に寄与してきた。また，環境問題を背景に CO₂ ガスの排出削減を目的とした燃費の向上に対し，各種 PVD 膜や DLC（ダイヤモンドドライクカーボン）がエンジン駆動系の低摩擦化に貢献している。

一方，自動車業界は，ここに来て大きな変革である，モーターによる電動化に大きく舵を切った。IEA（International Energy Agency 国際エネルギー機関）の世界エネルギー展望の予測では，2020 年よりガソリン車は減少し，HEV（ハイブリッド），PHV（プラグインハイブリッド型）を含む EV 化へシフトしてゆくものと思われ，2050 年にはガソリン車は 15% 程度となる。この自動車の変化によって，自動車を構成する材料は大きく変化するものと思われる（図 1）。

ただ，EV 化と言ってもエンジンがすべてモーターに置き

換わる訳ではなく，エンジンを動力とする自動車も 2050 年でも 70% を占めると思われる。そのため，今後も燃費向上とともに自動車自体の軽量化が必要となる。本報告では，軽量化技術に関わる表面処理技術の応用について紹介する。

2. 自動車部材の軽量化技術と表面処理

自動車部材の軽量化は，燃費の向上に寄与することから，これまで様々な取り組みがなされてきたが，自動車の EV 化に伴い，モーター性能や蓄電池の性能に対する寄与を考えると今後も軽量化に対する取り組みは継続すると思われる。これまでの自動車は，“鉄系材料”により作られてきたが，軽量化のために軽合金材料，樹脂材料，CFRP 材料などが検討されており，これら材料の加工や成型のための表面処理へのニーズが高まってくると思われる。

また，これまでの自動車にはない電装品が使用され，モーターを構成する部品，各種制御機器に用いられる半導体製品があり，これらの加工，製造に関わる表面処理技術も関わりが出てくると思われる。

なお、4DS(4°Cシナリオ)では、内燃機関が過半を占め、2040年においても電動技術の比率は半数にも満たない見込みである。

出典: IEA/ETP (Energy Technology Perspectives) 2012より経済産業省作成

図 1 世界エネルギー展望：IEA/ETP (Energy Technology Perspectives)

3. 軽量化材料と表面処理技術

3.1 鉄系材料

軽量化とはいえ、安全性を考えると自動車の構造材料に鉄系材料は欠かせない。車体を構成する鉄鋼材料のプレス成型の金型に対し、各種表面処理が使われてきた。金型用表面処理としてはCVD法やTD法のように強固な付着力を持った被膜が用いられてきたが、高温処理による金型の変寸や金型精度が保持できない等のデメリットにより、低温で処理できるPVD法によるセラミックスコーティングが注目され、CrNやCrAlN等のCr系窒化物膜が用いられるようになった。

また、加工面圧の高い条件では、基材に窒化処理を施し強度を付与する図2に示すような「複合処理」を適用した¹⁾。

鉄系材料の軽量化を進める一方、衝突安全性を確保するために、高張力鋼板を適用するようになったが、成型時の金型への負荷が高くなり、表面処理の重要性が増している。

当社では上記CrAl系被膜の複合処理を適用してきたが、引張強度が980MPa以上の超高張力鋼の加工に対し、CrAl系被膜の改良を行い、980MPa材の冷間鍛造加工に耐えうる被膜を開発した²⁾。

金型用被膜の評価は、実際の加工試験でないと判断できないため、公設の試験センター所有のプレス機を用いてきた。今回980MPa高張力鋼板(厚み1.2mm、めっき無し)を加工

するため、大阪産業技術研究所所有のサーボプレス試験機(H1F200/コマツ産機製)を用いた。プレス試験の模式図を図3に、プレス試験後の中型と成型品の外観を図4に示す。成型品の中央部にしわが寄り、試験金型表面に高面圧がかかり、損傷を与える。

プレス試験での性能評価は、未コート品、3 μ m程度のCrAl系既存被膜、そして新たに開発した約10 μ mのCrAl系厚膜を評価した。コート品は1500ショット後の様子を観察した。

その観察結果を図5に示す。未コート品は50ショット後に観察しているが、それ以前から中型の損傷は大きかったと推察される。またそれに伴い成型品の高面圧部は大きくつぶれてしまっている。既存膜を適用した中型は1500ショット

図3 プレス試験模式図

図2 複合処理のモデル

図4 中型(左)と成型品(右)の外観

被膜	加工数	中型	成型品
CrAl系厚膜 (開発膜)	1500	レンス×20	レンス×20
CrAl系標準膜厚 (既存膜)	1500	レンス×20	レンス×20
未処理	50	レンス×20	レンス×20

図5 試験後の中型と成型品

まで加工できたものの損傷は大きい。また成形品の高面圧部におけるスクラッチ痕も多い。

それに対して開発膜の中型は 1500 ショット加工し一部損傷はあるものの、既存膜と比較して損傷程度は少なく、成形品も正常に加工できるという結果が得られた。

自動車メーカーではさらに高い引張強度、1.2 GPa, 1.5 GPa 以上の高張力鋼板を使った加工開発を行っている。こうした鋼材の加工ではホットスタンプ加工が用いられる。このため、耐熱性の高い CrAl 系被膜が使用可能である。しかし、ホットスタンプ用鋼材は、スケール対策のため、亜鉛やアルミめっき鋼板が使われる。そのため、金型表面の摩耗損傷よりもめっきの亜鉛やアルミ残渣の付着が問題となるケースが多く、その防止のため、CrAl 系被膜表面に耐熱性 DLC 等の C 系の被膜を被覆している。

3. 2 軽合金材料

自動車用部材として用いられた軽合金材料は、アルミ合金であろう。エンジン部のブロックやピストンなどに用いられている。今後 EV 化が進むとはいえ、大半は HEV や PHV でありエンジンは残る。また、課題であった鉄鋼材料との接合技術の開発も進み、より一層のアルミ化が進むと思われる。

アルミ合金エンジンのシリンダーやピストンに対して、潤滑性を示すコーティングとして DLC 等が適用されている。バルブリフターに水素フリー DLC が使われ、低フリクションに寄与している。当社ではバルブピンには複合 DLC を適用している。また、水素フリー DLC は、アルミ切削用の工具へ適用されている。

機械加工以外にアルミ合金自体の製造にも表面処理が使用される。自動車シャーシを構成する ADC12 等のアルミ合金はダイカストにより鋳造される。アルミ溶湯中における耐溶損性に優れた CrAlN 系被膜を開発し、アルミダイカスト用ピンに適用している³⁾。ピン以外にもコマやチルベントにも被覆し、寿命延長に寄与してきた。

アルミ合金以外にもマグネシウム合金などが部品として使われようとしているが、その加工に対しても DLC や CrAl 系被膜の効果が確認されている。

3. 3 樹脂系材料

部品の樹脂化は比較的古くから行われており、フロントパネルやドアノブ、フェンダーといった構造部材以外へ適用が進んでいる。また、FRP のモノコックボディがレーシングカーから始まり、一般スポーツ車への採用が徐々に進んでいる。

さらに 2017 年 7 月の自動車保安基準の改訂で、ポリカーボネート製のフロントウインドウが開発され、実車化された。このウインドウ表面の耐摩耗性/耐候性コートはプラズマ CVD による硬質膜が適用されている。

樹脂材料の成型加工に対して PVD 処理は、成型時の離型性向上のために使われ、現在でも TiN が射出成型機スクリュウの表面処理に用いられている。上記のように樹脂の強度を増すために添加された強化繊維によって耐摩耗性も求められるようになり、TiN の他に CrN 等 Cr 系被膜も使われている。

また、フロントウインドウに使用されるような高強度プラスチックであるエンブラ材の耐摩耗性、摺動特性の改善のための DLC コーティングを適用している。

3. 4 自動車産業構造改革で求められる材料

100 年に一度と言われる自動車産業の大変革で、(1) Connected コネクテッド、(2) Autonomous オートノマス=自動運転、(3) Shared シェアリング、(4) Electronic エレクトリック=電動化の 4 つの頭文字から「CASE (ケース)」と表現される新たなテクノロジーが求められると予想される。そのうち、自動運転、EV 化に伴い、これまで以上に車載電子部品が増加し、各種センサー、制御機器に対しては、精密な機器に対し、耐熱性や耐衝撃性など過酷な環境での使用が要求され、新たな半導体機器の開発が進むものと思われる。

当社でもこうした半導体製造分野への参入を見定め、表面処理施工のクリーンルーム化等の環境整備や高精密被膜開発を進め、半導体関連の応用開発を行った。

①極薄膜 DLC

半導体製造工程における Si ウェハをセットする治具や搬送機器には、ナノメーターオーダーの膜厚均一性、ダストフリーが求められる。このため、治具にはプラズマ CVD 法による成膜により $\phi 300$ mm の領域に $100 \text{ nm} \pm 3 \text{ nm}$ の DLC をウェハホルダーに適用している。さらに添加元素により導電性を付与したタイプの極薄膜 DLC もあり、静電気対策もとられている。

②機能性被膜

半導体製造工程におけるエッチング工程では、耐プラズマエッチング性、ダストフリーが求められる。酸化物系被膜を蒸着法で成膜している。また、封止モールドに関連した耐環境性のガスバリア被膜の開発を進めている。

③ ESD (Electro-Static Discharge) 対策用被膜

ESD による弊害、静電気の急激な放電による半導体の損傷、静電気によるダスト吸着、EMI (Electromagnetic Interference) 障害を軽減する被膜で、表面抵抗値 $10^5 \sim 10^{11} (\Omega/\square)$ の領域になるよう調整した DLC を適用している。

4. おわりに

自動車産業は、EV 化という 100 年に一度という大きな変化点を迎え、自動車を構成する材料が「鉄」から軽量材料に転換が進んできた。PVD セラミックスコーティングは、「鉄」を削る切削工具、「鉄」を曲げる金型への表面処理として用いられてきた。直ちにエンジンやトランスミッションがなくなるわけではないが、2030 年以降の自動車産業への寄与を考えると、新たな応用技術を見出す必要がある。

自動車は軽量化材料へ向かい、加工技術の発展とともに表面処理技術もその発展に寄与できればいいと考える。また自動運転技術の発展には、電装系の制御技術とともに半導体関連の製造にも関わる表面処理技術が確立できればより応用分野が拡大するであろう。

(Received July 26, 2019)

文 献

- 1) 川名淳雄; 表面技術, 58, 440 (2007).
- 2) 稲垣真吾, 川名淳雄; 第137回講演大会要旨集, 13B-26 (表面技術協会, 2018).
- 3) 斎藤邦夫; 型技術, 27, (2), 68 (2012).