

(七) 表面処理に係る技術に関する事項

1 表面処理に係る技術において達成すべき高度化目標

(1) 当該技術の現状

当該技術は、バルク（単独組織の部素材）では持ち得ない機能性を基材に付加するための機能性界面・被覆膜形成技術である。

例えば溶融した金属、セラミックス等の材料を基材表面に吹き付けること又は堆積させること、塗料等を基材表面に塗布し硬化させること、金属を溶かした水溶液中に浸せきさせること、金属を電解液中にて電気分解すること、酸化還元反応により表面に金属を析出又は酸化被覆膜を生成すること等が挙げられる。

具体的な機能は、防錆性、耐腐食性、耐熱性、耐候性、耐摩耗性、耐衝撃性、電磁気特性、光学特性の向上、若しくは、摩擦の軽減や摩耗に対する寸法復元など多岐に渡る。さらに、装飾性や彩色、光沢、風合いなど使用者の感性価値の向上や界面の物理的・化学的制御による洗浄性や撥水性等の向上も重要な機能と言える。

適用範囲も医療機器、自動車、家庭用電気製品、コンピュータ等の情報通信機器、半導体デバイス・センサ等の電子部品、家庭用品、日用品、半導体・液晶、光学機器、航空宇宙・船舶、鉄鋼、産業機械、橋梁・構造物、住宅、建材、家具等と多岐にわたる。

(2) 当該技術の将来の展望

当該技術に関わる産業を取り巻く社会的、経済的環境は大きく変化しており、対応すべき新たな課題も提起されている。

例えば、医療分野及び環境分野においては、機能性被覆膜が持つ触媒機能による防汚性・抗菌性、遮熱機能による省エネルギーへの寄与等が注目されており、既に産業利用されている機能の高度化の視点だけでなく、これまで注目されていなかった新しい機能の実現を目的とする研究開発の必要性も一層高まりつつある。

また、競争が激化しつつある航空宇宙分野での期待の軽量化に寄与する薄膜化、打ち上げ時の耐熱、耐衝撃性、宇宙空間での耐放射線、耐冷温などの当該技術の開発が、川下製造業者等の開発全体の大きな鍵を握っている。

さらに、医療機器や情報家電を始めとする電子機器においては、集積回路やプリント基板における配線の多くが導電性被覆膜によって実装されており、その微細化の精度が回路の密度、ひいては医療機器等のサイズと性能を決定している。これらの結果、機能性界面・被覆膜形成に

おける微細加工の成否が川下製造業者等の競争力に直結することとなり、当該技術の革新に高い期待が集まっている。

半導体・液晶の分野では不純物の混入を防ぐための当該技術が用いられており、その優劣が川下製造業者等における製品の品質に直結している。

(3) 川下分野横断的な共通の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える共通の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア. 高機能化

当該技術の適用範囲の拡大、すなわち材料の多様化や用途の拡大に対応して、機能性界面・被覆膜の高機能化・多機能化に対するニーズが高度化している。機能性界面・被覆膜による製品等の付加価値向上の効果を高めるため、継続的な高機能化・多機能化への取組が求められている。

イ. 形成プロセスの微細化・精密化

川下製造業者等の製品の小型化・高機能化に対する要求に対応し、部品やモジュールを小型化・高集積化するための技術革新が進められている。こうした取組は製品の競争力に直結する分野であり、進展のスピードが速い。このような背景の下、当該技術の研究開発に対しても、機能性界面・被覆膜を形成するプロセスの微細化・精密化が期待されている。

ウ. 新たな機能の発現

川下製造業者等の用途に応じて、生体との親和や環境調和等、目的に応じた新たな機能を発現させる当該技術の開発が求められる。

エ. 品質安定性・安全性の向上、長寿命化

機能性界面・被覆膜の品質を安定化し、性能保持期間を長寿命化することが川下製品の品質安定性・安全性を確保するために求められている。また、川下製品の維持管理の軽減のために、機能性界面・被覆膜の特性の経時変化を的確に把握することが課題となっている。

オ. 環境負荷の低減

環境保全に対する社会的要請の高まりを受け、機能性界面・被覆膜形成プロセスで発生する廃液・排気における有害物質の削減・代

替・適正処理、さらに製造プロセスの省エネルギー化・二酸化炭素削減といった環境負荷低減への対応が求められている。

また、製品安全と資源リサイクルに対するニーズの高まりに応じて、川下製品の廃棄時・リサイクル時における有害物質発生への対応や界面材料の分離及び処理技術も求められている。

カ. 生産性向上・低コスト化

新興国市場のボリュームゾーンを開拓していく上で、日本市場や先進国市場向けの製品とは異なる仕様の製品を低コストで供給することが求められている。

具体的には、低コスト化を実現するため、生産工程の効率化、品質の適正設定・管理改善、不良率低減等に対応することが求められている。また、多品種少量生産等が要求される製品分野においても製造プロセスの改善や段取りの工夫等による低コスト化及び高効率化が求められている。

キ. 生産装置の最適化

川下製造業者等では、技術革新が進み多様な用途の製品が開発され、小型化、軽量化、省電力化等の多機能化が進んでいる。また、従来では使用されていなかった素材が川下製造業者等で導入されるケースが増えており、表面加工が難しい部素材についても、高機能化の観点から、加工の要求が高度化している等、新素材や新しい製造プロセスに対応した生産装置の最適化が求められている。

②高度化目標

ア. 当該技術が持つ物理的・化学的な諸特性の向上

機能性界面・被覆膜が備えるべき防錆性、耐腐食性、耐熱性、遮熱性・熱伝導性、耐摩耗性・耐擦傷性・耐焼付性、潤滑性・低摩擦化、耐ビルドアップ性・はんだ付け性、耐エロージョン特性、グリップ性、密着性、親水性・撥水性、電磁気特性・光学特性等の物理的・化学的特性の向上は、当該技術の高度化における代表的な目標である。

また、これら単体の機能の高度化のみならず、複数の機能を併せ持つ複合化も重要な目標である。

イ. 形成プロセスの微細化・精密化

微細・精密な機能性界面・被覆膜の実現手段としては、マスクング・パターンニング技術を高度化する他、半導体技術として発展してきた光露光技術やエッチング技術をさらに高度化させることが出

来る。また、微細な立体構造を形成するMEMSの製造に電鍍技術を応用するなど新しい用途の開発にもつながることが期待される。超薄膜や複層膜の形成により、当該技術の高度化が図られる。また、機能や材質の異なる複数の皮膜等を形成する積層技術の高度化を実現する。

ウ. 感性価値の向上

機能性界面・被覆膜による製品の装飾性・意匠性の向上は、川下製造業者等の製品の魅力や最終消費者にとっての製品価値に直結することから、彩色、光沢、風合い等の向上も当該技術の高度化における重要な目標である。

エ. 新たな機能の発現

光触媒機能等による細菌やウイルス、カビ等の繁殖を抑制する抗菌性の発現、触媒機能による有害物質の分解など、従来には考えられなかった新しい機能を発現させるための技術の開発が求められる。また、電子回路において抵抗器やインダクタの機能を機能性界面・被覆膜によって実現するなど、既知の機能の新しい用途の開発も重要な目標である。

オ. 品質の向上

機能性界面・被覆膜の品質向上については、上記アの物理的・化学的諸特性の向上に加え、性能保持期間を長寿命化するための技術の高度化が求められる。また、川下製造業者等の製品の品質保持のために、検査及び評価手法、経年劣化に対する特性劣化の予測手法の確立及び向上を実現する。

さらに、機能性界面・被覆膜を形成するプロセス技術については、膜厚の均一性向上や欠陥の削減・検出・復元に係る技術の高度化が目標である。

カ. 有害物質等の削減

環境影響の低減のために、鉛、六価クロム、シアン、VOCなどの有害物質を含有しない機能性界面・被覆膜、有害物質の使用や温暖化ガスの発生を削減できる形成プロセスを開発する。

キ. 生産性・効率性の向上

国際的な厳しいコスト競争を勝ち抜くために、生産工程の効率化（自動化・生産速度向上、生産リードタイム短縮等）、不良率低減（歩留まり向上）、施工範囲の大面积化など機能性界面・被覆膜形成プロセスに係る生産性を向上する。また、多品種少量生産にも対応する。

(4) 川下分野特有の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える特有の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

1) 医療・健康分野に関する事項

医療器具（人工心臓、外科手術機器、内視鏡、検査装置等）や人工骨、医療用人工部品（人工関節、義歯、医療用インプラント、コンタクトレンズ等）に関して、金属アレルギーその他人体への悪影響を防止するために、人体に影響の少ない物質による機能性界面・被覆膜や人体との親和性の高い表面構造を持つ機能性界面・被覆膜を通じた生体親和性の付与及び向上が強く求められている。また、ロボット介護機器などの福祉機器においては、操作の安全性・信頼性に加えて、機器の小型化・軽量化に繋がる当該技術の高度化が求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 生体親和性の向上
- イ. 装着感など使用者の感性価値の向上
- ウ. 操作の安全性・信頼性の向上及び機器の小型化・軽量化

②高度化目標

- ア. 機能性界面・被覆膜による生体親和性の付与及び向上
- イ. 装着感の向上や疲労の軽減など機能性界面・被覆膜による利便性の向上
- ウ. 基材の進歩（軽量・高剛性な新素材）に対応した機能性界面・被覆膜技術の向上

2) 環境・エネルギー分野に関する事項

燃料電池は、近年市場化に向けて大きく進展しているが、性能劣化による短寿命が課題とされており、当該技術による電極等の機能向上を通じた燃料電池の性能劣化の抑制が強く求められている。また、再生可能エネルギー分野での太陽光発電や風力発電では、耐候性、耐食性等の機能向上とともに、長寿命、メンテナンス方法の開発が求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 長寿命化
- イ. 高効率化
- ウ. メンテナンス性

②高度化目標

- ア. 白金等希少金属の使用量削減、白金等希少金属の代替材料による

当該技術の確立

- イ. エネルギー効率及び信頼性の向上
- ウ. 長期耐久性やメンテナンス性の実現

3) 航空宇宙分野に関する事項

航空宇宙分野では、省エネルギーの観点から軽量化が求められている。加えて、厳しい環境下での運用にも対応することが必要であり、これらの資材・部品は高度な耐環境性が求められている。特に、航空機では、これらに加え、極めて厳格な品質管理が求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 燃費向上、軽量化
- イ. 耐久性、耐環境性能の向上
- ウ. メンテナンス性
- エ. 長寿命化

②高度化目標

- ア. 基材の進歩（軽量・高剛性な新素材）に対応した当該技術向上
- イ. 超薄膜化と過酷環境への対応の両立
- ウ. 長期耐久性やメンテナンス性の実現
- エ. 機能性界面・被覆膜の検査測定技術、寿命予測手法の確立

4) その他の川下分野に関する事項

a. ロボット分野に関する事項

これまでのロボットは、産業用ロボットとして産業界、特に製造の現場である工場において利用されてきた。今後は、ロボットが活躍する場を非製造業分野や民生分野に拡大していくことが期待されている。また、産業用ロボットについても、製造業の生産形態が少品種大量生産から多品種変量生産へシフトしたことにより、柔軟性のある組立工程に対応し、人間と協働できる次世代の産業用ロボットの導入が必要とされている。ロボットを構成する部材のうち、表面部材・骨格用構造材、駆動部材・駆動用構造部材及び制御装置・センサ部材等の随所に当該技術が使われているが、それぞれの役割に応じた信頼性及び安全性の確保が重要な課題となっている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 信頼性及び安全性
- イ. 極限環境に対応した部品の製造

②高度化目標

- ア. 信頼性及び安全性の確保に向けた技術の向上
- イ. 極限環境に対応する当該技術の確立

b. 情報通信・エレクトロニクス分野に関する事項

情報通信機器においては、半導体関連部材、素子・センサ部材、光学部材、記録部材及び実装部材等の随所に被覆膜技術が使われている。川下製造業者等のニーズの多様化のため、光学的性能の向上、記録媒体への磁性の付与技術、装飾性、基本要件としての膜厚精度、膜硬度の向上等が求められる。

また、エレクトロニクス分野においては、近年、液晶の高精細化、シリコンウエハの大型化、ハードディスクの大容量化等、細密な形成・加工を要する工程が求められていることから、こうした工程により細部まで入り込んだ様々な不要物質（各種液晶材、研磨材、ガラスくず、油脂類、指紋等）を性質に応じて効率よく除去する洗浄剤の開発が進められている。従前は、エレクトロニクス分野の製造工程では、洗浄剤として温室効果の高いフロン類等が用いられてきたが、これに替わるものとして水系を中心とした環境負荷の少ない洗浄剤が普及している。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 電子デバイス・センサで必要となる半導体等の多様な材料への対応
- イ. 光学特性
- ウ. 電磁気特性
- エ. 回路の微細化
- オ. シリコンウエハサイズの多様化
- カ. 高付加価値化・特殊機能性の付与
- キ. 洗浄性の高度化
- ク. 洗浄工程における環境負荷の低減

②高度化目標

- ア. 高集積化、高積層化、高平滑化並びに膜厚精度、膜硬度、密着性、平滑性及び耐熱性の向上
- イ. 耐プラズマ性、耐ガス性及び成膜速度の向上
- ウ. 蛍光、蓄光特性の付与及び向上
- エ. 磁性の付与及び向上
- オ. 装飾性・高意匠性、耐候性、難燃性、電磁波シールド性及び電気伝導特性／電気絶縁特性の付与及び向上
- カ. 短納期大量生産に対応した機能性界面・被覆膜形成プロセスの生

産性向上

キ. 洗浄工程における手法の高度化と環境配慮

c. 自動車等輸送機械分野に関する事項

自動車等の輸送機械では、安全性や快適性の確保、さらに環境配慮が求められている。また、EV化や燃料電池化等次世代自動車の普及に向け、低コスト化及び高強度化・軽量化も課題となっている。

輸送機械の機能性界面・被覆膜形成工程は、表面の保護や意匠性を高める重要な工程である。また、その期待される性能を発揮するため、前処理工程として表面の洗浄が欠かせないものとなっている。さらに、金属の界面加工においては、使用した加工油や焼付け油、切粉、研磨材等の除去で洗浄剤が活用されている。

自動車等の輸送機械においては、信頼性・安全性を確保するため、ブレーキシャフトやエンジン周りの微細な汚れを確実に除去する洗浄性の高い洗浄剤、洗浄手法が求められている。併せて、より生分解性の高いもの、水性であっても洗浄能力に遜色ないものなど、環境負荷の少ない洗浄剤の開発も進められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 軽量化
- イ. 高付加価値化
- ウ. 変種変量生産対応
- エ. 高強度化
- オ. 洗浄性の高度化
- カ. 環境負荷の低減

②高度化目標

- ア. 高耐久性、高意匠性、高機能性の付与の実現
- イ. 変種変量生産に効率的に対応できる機能性界面・被覆膜形成プロセスの実現
- ウ. 基材の進歩（CFRP等軽量・高剛性な材料）や表面加工の難しい基材に対応した当該技術の向上
- エ. 操作や制御の容易化
- オ. 狭隘箇所への機能性薄膜・界面形成
- カ. 高い洗浄力を持つ洗浄剤、洗浄手法の開発

d. 産業機械分野に関する事項

工業製品の生産の基礎となる産業機械は、様々な過酷な環境で使用さ

れるため、その要求される界面・被覆膜の機能は多種にわたり、それぞれの環境に応じた開発が必要である。例えば、革新的な生産プロセスの開発、エネルギーの高効率利用・生産に伴い、各種産業機械の使用温度が上昇する等、高負荷条件での操業が求められつつある。こうした状況のもとで当該技術に関しても、その耐溶融材料付着性、離型性の向上を実現するための技術の高度化が期待されている。その他、振動、衝撃、電磁波など様々の環境に適合できる当該技術が必要になる。

さらに、金属の界面加工においては、使用した加工油や焼付け油、切粉、研磨材等の除去で洗浄剤が活用されている。また、生分解性の高いもの、水性であっても洗浄能力に遜色ないものなど、環境負荷の少ない洗浄剤の開発も進められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 高負荷環境対応
- イ. 産業機械の使用工程における環境負荷低減
- ウ. 産業機械が生産する最終製品の品質・高付加価値向上
- エ. 洗浄性の高度化

②高度化目標

- ア. 高負荷環境に対応する機能性界面・被覆膜
- イ. 付着性（馴染み性）、離型性、親水性、撥水性の向上
- ウ. 使用薬品や不純物に対する機能性薄膜・界面の耐腐食性、基材環境遮断性、汚れ防止性の向上
- エ. 高い洗浄力を持つ洗浄剤、洗浄手法の開発

e. 住宅・構造物・橋梁・道路・資材分野等に関する事項

住宅、構造物、橋梁、道路、資材等は、優れた安全性、低環境負荷性、耐久性、メンテナンス性等が求められている。また、優れた高耐候性を有する資材・製品及び優れた省エネルギー性並びに優れた耐震性を有する製品の開発も求められている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. メンテナンス性
- イ. 高耐候性
- ウ. 省エネルギー性
- エ. 耐震性・強度

②高度化目標

- ア. 当該技術によるメンテナンス性向上
- イ. 長期耐久性実現のための解析技術
- ウ. 長期耐久性界面・被覆膜形成

- エ. 当該技術による省エネルギー性向上
- オ. 当該技術による耐震性・強度向上

2 表面処理に係る技術における高度化目標の達成に資する特定研究開発等の実施方法

当該技術に対する川下製造業者等の課題及びニーズに対応するための技術開発の方向性を4点に集約し、以下に示す。

(1) 当該技術が持つ物理的・化学的な諸特性の向上に対応した技術開発の方向性

- ①部材表面の機能付与（耐熱性、耐食性、耐摩耗性、電磁気特性、光学特性等）
- ②基材の保護（外部環境からの遮断、密着性確保、表面硬化）
- ③複雑表面、狭隘箇所への適用技術
- ④異なる素材部品（金属や樹脂、ガラス等）に対する同様な視覚特性の付与
- ⑤微細加工・高密度実装
- ⑥機能性界面・被覆膜形成において高性能を得られる環境の形成

(2) 品質の向上に対応した技術開発の方向性

- ①機能性界面・被覆膜形成プロセスの自動化、高速化
- ②膜厚精度の制御に関する技術開発
- ③機能性界面・被覆膜の品質安定化及び品質管理（非破壊検査技術等）
- ④信頼性の高い補修プロセス
- ⑤マスクング
- ⑥最適な製造環境の形成

(3) 環境配慮に対応した技術開発の方向性

- ①製品中の有害物質フリー化
- ②生産プロセスにおける環境負荷低減
- ③有害物質除去装置の改善
- ④作業環境の改善（騒音、粉じん等の抑制）
- ⑤地球温暖化抑制、低VOC、生分解性の向上
- ⑥特殊ガスの利用や高性能排ガス処理装置等による低環境負荷

(4) 生産性・効率性の向上に対応した技術開発の方向性

- ①フレキシブル生産
- ②不良率低減
- ③自動化・生産速度の向上
- ④生産リードタイム短縮
- ⑤効率の向上
- ⑥メンテナンスコストの低減
- ⑦均質な製品の生産
- ⑧低コスト化

3 表面処理に係る技術において特定研究開発等を実施するに当たって配慮すべき事項

厳しい内外環境を勝ち抜く高い企業力を有する自律型企业へと進化するためには、川上中小企業者は、以下の点に配慮しながら、研究開発に積極的に取り組み、中核技術の強化を図ることが望ましい。

(1) 今後の当該技術の発展に向けて配慮すべき事項

①産学官の連携に関する事項

川下製造業者等、公設試験研究機関、大学等と積極的に連携し、事業化に向けたニーズを把握しつつ、独創的な研究・技術開発を行うことが重要である。その際、自らが有する技術についての情報発信を適切に行い、円滑に研究開発が進むよう努めるべきである。

②人材確保・育成及び技術・技能の継承に関する事項

技術力の維持・向上に必要な人材の確保・育成のために、若手人材のリーダーへの育成に努めるとともに、ベテラン技術者とのペアリングによる研究管理等により、技術・ノウハウを若年世代へ円滑に継承していく必要がある。

③生産プロセスの革新に関する事項

製品開発過程においても、常に自動化、省エネルギー、省スペースといったプロセスイノベーションを意識する必要がある。また、自由度の高い製造工程と生産性の向上を目指し、研究開発段階においても、積極的にIT活用を図ることが望ましい。

④技術体系・知的基盤の整備、現象の科学的解明に関する事項

公的機関が提供する標準物質・計量標準等の知的基盤を有効に活用しつつ、計測技術及びシミュレーション技術を用いて、自らの技術や技能の科学的な解明に努めるとともに、技術や技能のデータベース化を図り

ながら技術体系を構築していくことが重要である。

⑤知的財産に関する事項

自社が保有する技術を知的財産として認識し、管理していくことが重要であり、その有効な手段である特許権取得を適切に図る必要がある。他方、特許出願すれば、その内容が公になることや、特許権の効力は出願国にしか及ばないことから、特許出願せずにノウハウとして秘匿する方が好ましい場合もあり、戦略的な対応が求められる。

川下製造業者等は、川上中小企業者等と共同で研究開発等を行う場合には、事前に知的財産権の帰属、使用範囲等について明確に取決めを行うとともに、川上中小企業者等が有する知的財産を尊重すべきである。

(2) 今後の当該技術に係る川上中小企業者等の発展に向けて配慮すべき事項

①グローバル展開に関する事項

積極的に海外市場の開拓を図るために、ターゲットとなる市場のニーズに応じた製品開発を進める必要がある。海外展開を進める際には、競争力の源泉となる技術の流出防止を徹底することが重要であり、流出の懸念がある技術についてはブラックボックス化を進める等の対策を講じるべきである。

②取引慣行に関する事項

川上中小企業者等及び川下製造業者等は、受発注時における諸条件やトラブル発生時の対処事項等について契約書等で明確化することが望ましい。また、下請代金の支払遅延や減額等の禁止行為を定めた下請代金支払遅延等防止法や、取引対価の決定や下請代金の支払い方法等について、親事業者と下請事業者のよるべき基準を示した、下請中小企業振興法に定める「振興基準」を遵守し取引を行わなければならない。

③サービスと一体となった新たな事業展開に関する事項

単なる製品の提供に留まらず、ユーザーや市場ニーズを満足させるサービス・機能・ソリューションの提供を目指した研究開発を進めることが重要である。

④事業の継続に関する事項

自社の人材、インフラ、取引構造等について日頃から正確に把握し、災害等が発生した場合の早期復旧とサプライチェーンの分断防止のため、危機対処方策を明記した事業継続計画（BCP）をあらかじめ策定しておくことが重要である。

⑤計算書類等の信頼性確保、財務経営力の強化に関する事項

取引先の拡大、資金調達先の多様化、資金調達の円滑化等のため、川上中小企業者等は、「中小企業の会計に関する基本要領」又は「中小企業の会計に関する指針」に拠った信頼性のある計算書類等の作成及び活用に努め、財務経営力の強化を図ることが重要である。