

(七) 溶射・蒸着に係る技術に関する事項

1 溶射・蒸着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

溶射・蒸着技術とは、金属やセラミックス等の材料を、様々な熱源を用いて熔融し基材表面に吹き付けること又は堆積させることにより、材料に皮膜・薄膜を作る表面加工技術である。

具体的な手法としては、溶射技術に関しては、ガス式溶射（フレーム溶射、高速フレーム溶射等）、電気式溶射（アーク溶射、プラズマ溶射、線爆溶射等）、コールドスプレー等、蒸着技術に関しては、真空蒸着、スパッタリング等を含む物理蒸着（PVD：Physical Vapor Deposition）、化学蒸着（CVD：Chemical Vapor Deposition）がある。

溶射では、熔融可能な物質であれば溶射材料として利用可能であり、多様な材料を用いて溶射材料の組成を変化させることで、耐摩耗性や耐熱性等の様々な特殊機能を容易に組み合わせ付与できることが特徴である。蒸着に関しても、真空またはそれに近い環境で材料の蒸発が可能となる等の特性を活かし、金属を含む多様な材料による薄膜形成を実現している。そのため、基材の防食のほか、基材に耐熱性や電気特性をもたせる等の表面改質、摩耗に対する寸法復元等、様々な用途で利用されている。

溶射・蒸着技術の主な川下製造業者等の産業分野としては、半導体・液晶製造装置、電子デバイス・センサ、光学、自動車、航空宇宙、鉄鋼、製紙機械・印刷機械、産業機械、橋梁・鉄鋼構造物、医療等が挙げられる。

(2) 当該技術の将来の展望

溶射・蒸着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が提起されている。例えば、半導体・液晶製造装置の分野では不純物の混入を防ぐための皮膜形成に溶射技術が用いられており、溶射による皮膜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。一方、太陽電池や半導体デバイスの製造工程において、有機材料や無機材料をCVDやPVD等で成膜して素子を形成することで、ナノメートルクラスの厚さのデバイスが実現可能となる等、デバイスそのもののイノベーションを担う技術として蒸着技術が注目されている。このため、多くの川下製造業者等から溶射・蒸着技術の高度化が強く望まれている。

(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の抱える共通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. 生産性の向上

溶射・蒸着によって形成される皮膜・薄膜性能が川下製品の品質に大きな影響を与えており、生産性向上を実現する手段としての溶射・蒸着技術へのニーズが高まっている。

イ. 品質安定性の確保

川下製品の品質安定性を確保するために、皮膜・薄膜の特性を短期間で定量的に評価する手法の確立が課題となっている。

ウ. 長寿命化、維持管理の軽減

川下製造業者における設備や工具の長寿命化、維持管理の軽減を実現するための手段として、溶射・蒸着による皮膜・薄膜活用のニーズが高まっている。

エ. 用途に応じた皮膜・薄膜材料の適用

川下製造業者の用途に応じて、高い絶縁性の確保、生体との親和等、目的に応じて最適な材料を用いた皮膜・薄膜を実現することが求められている。

オ. 環境配慮の推進

溶射・蒸着作業に伴う環境への悪影響の防止、皮膜・薄膜の性能向上に伴う環境負荷の軽減等は、溶射・蒸着事業者に課される重要な課題である。

カ. 安全性の確保

溶射・蒸着による皮膜・薄膜が多く部の材の耐熱性、耐久性等を向上させる手段として利用されていることから、皮膜・薄膜の品質確保はそうした部材を用いた各種製品の安全性を担保する上での重要な課題となっている。

キ. 資源対応力の確保（多様化した原料の使用）

世界的な資源需要の高まりに伴い、川下製造業者等においてもリサイクル材料を含む多様な原料を利用する必要性に迫られている。溶射・蒸着技術を利用して必要な品質を担保することへのニーズが高まっている。

②高度化目標

ア. 皮膜・薄膜の諸特性の向上

皮膜・薄膜が備えるべき耐食性、耐熱性、熱遮へい性、低摩擦化、耐摩耗性、耐ビルドアップ性、耐高温腐食特性、耐エロージョン特性、グリップ性、耐衝撃密着性、光触媒性、親水性、はっ水性、電気絶縁性、電気導電性、電磁波遮蔽性等の特性の向上は、溶射・蒸着技術の高度化における代表的な目標である。

イ. 溶射・蒸着作業の高速性、歩留まりの向上

溶射・蒸着作業の生産性向上のため、作業の一層の高速性の実現や皮膜・薄膜に関する歩留まりの向上が挙げられる。

ウ. 溶射・蒸着管理技術の確立

溶射・蒸着技術に関する品質確保の手段として、溶射・蒸着管理技術の確立が求められている。

エ. 溶射・蒸着補修技術の向上

溶射・蒸着技術を防食や表面改質だけでなく、対象部材の補修技術として利用する場合の技術的機能の向上が求められている。

オ. 皮膜・薄膜の検査測定技術、寿命予測手法の確立

溶射・蒸着によって形成される皮膜・薄膜の検査及び評価手法、経年劣化に対する寿命の予測手法の確立、向上が求められている。

カ. 均一な皮膜・薄膜形成技術の確立

主に大面積の施工において、溶射による皮膜の均質性を確保するための技術の高度化が、蒸着では大面積への成膜に際する膜厚均一性や高速成膜技術等の高度化が、それぞれ求められている。

キ. 低環境負荷溶射・蒸着技術の確立

溶射・蒸着の材料物質の加工プロセス等で発生するガスや粉じんの低減技術の高度化が求められている。

ク. マスキング技術の向上

部分皮膜・薄膜形成のためのマスキング技術についても高度化が求められている。溶射・蒸着の微細化対応技術の向上により適用分野の拡大が期待できる。

ケ. 現地施工技術の確立

大規模部材に対する溶射を行うための現地施工技術の高度化により、溶射の適用範囲の拡大や生産性向上を通じたコスト低減等の効果が期待される。

(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) 半導体・液晶製造装置に関する事項

半導体産業においては、記憶容量の増大に伴う回路基板の微細化が進んでおり、特に、蒸着による回路形成の際に発生する粒子状物質について、従来は問題とならなかった微小粒子の混入防止が重要な課題となっている。また、液晶パネルの大型化に対する市場ニーズが高まっているが、装置の大型化に伴い、蒸着により発生する粒子状物質総量の増大が問題となっており、これを抑制する技術が求められている。

①川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

ア. 回路基板の微細化

イ. 大型化

②高度化目標

ア. 皮膜・薄膜の耐プラズマ性、耐ガス性の向上

イ. 皮膜・薄膜の密着性、耐熱性の向上

ウ. 皮膜・薄膜の電気絶縁特性の向上

エ. 皮膜・薄膜の平滑性の向上

2) 電子デバイス・センサに関する事項

樹脂フィルム上に半導体や各種電池、センサ等を実装して電子デバイスとする技術は、従来にない用途を可能とするものとして今後の幅広い展開が期待されている。この実装手段としての蒸着技術に関する高いニーズが存在する。

①川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

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

②高度化目標

ア. 膜厚精度の向上

イ. 成膜速度の向上

3) 自動車に関する事項

自動車に対する燃費規制、排ガス規制等の各種環境規制が厳しくなっている。自動車の燃費向上の観点から軽量化は重要な課題であ

り、エンジン主要部品についても、アルミダイキャスト等の軽量部材の採用が進んでいる。こうした軽量部材単体では、求められる材料特性（摺動特性、耐食、耐熱性等）を確保できない場合があり、必要な材料特性付与のための溶射・蒸着が求められている。特に、シリンダーボア等、従来の溶射・蒸着装置では皮膜・薄膜形成が困難な部位も多く存在するため、より狭隘箇所への溶射・蒸着が求められている。

①川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

ア. 軽量化

②高度化目標

ア. 操作や制御の容易な溶射・蒸着手法の確立

イ. 狭隘箇所への溶射・蒸着による成膜技術の向上

4) 航空宇宙に関する事項

航空機産業においては、環境配慮や運行コスト削減に対するニーズが高まっており、航空機の燃費向上は重要な課題となっている。そのため、機体を構成する材料には軽量化、高強度化等の機能向上が求められており、アルミニウム合金やCFRP（Carbon Fiber Reinforced Plastics）等の軽量材料の導入が進んでいる。航空機は過酷環境での使用となることから、こうした軽量材料に対して耐候性等の機能を付与することも重要な課題となっている。

①川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

ア. 燃費向上

イ. 耐久性向上

②高度化目標

ア. 新規軽量部材への溶射・蒸着による成膜技術の確立

5) 鉄鋼に関する事項

鉄鋼分野においては、自動車用高張力表面処理鋼板、革新的電磁鋼板、スーパーメタル・ナノメタル等の高付加価値鋼材等の市場ニーズが高まっている。鋼材の高付加価値化に伴い鋼材品質を保つための生産設備に対しても、耐食性、耐熱性、耐摩耗性等の耐久性向上が求められており、溶射・蒸着技術に対するニーズが高まっている。

①川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

ア. 高付加価値鋼板の安定生産

②高度化目標

ア. 高温腐食条件下における皮膜・薄膜耐久性の向上

6) 製紙機械・印刷機械に関する事項

製紙業及び印刷業においては、環境配慮の推進のために古紙利用率の向上が進められているが、これに伴い古紙原料中に混じるインク、ごみ等のきょう雑物や、使用薬品の高性能化が必要となっている。そこで、使用薬品や不純物に対する皮膜・薄膜の耐腐食性、基材環境遮断性、汚れ防止性の向上を通じた、生産装置へ求められる品質を実現するための技術の高度化が求められている。また、近年、紙製品の品質向上に伴い、紙面へ様々な特殊加工がなされており、生産装置にはそれぞれの製品に対応した特性（皮膜・薄膜の紙馴染み性、紙離れ性、親水性、疎水性等の向上）が求められている。

①川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

ア. 製紙工程における環境負荷低減

イ. 紙製品の品質向上（主に紙面への特殊加工）

②高度化目標

ア. 使用薬品や不純物に対する皮膜の耐腐食性、基材環境遮断性、汚れ防止性の向上

イ. 皮膜・薄膜の紙馴染み性、紙離れ性、親水性、疎水性等の向上

7) 産業機械（エネルギー、化学プラント、焼却炉等）に関する事項

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（エネルギー生産設備、化学プラント等）の使用温度が上昇する等、より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、溶射・蒸着による皮膜・薄膜に関しても、その耐熔融材料付着性、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。

①川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

ア. 高温・高負荷環境対応

②高度化目標

ア. 皮膜・薄膜の耐熔融材料付着性、離型性の向上

8) 橋梁・鉄鋼構造物に関する事項

橋梁等では溶射の作業面積が大きくなるため、その品質を確保す

るためには均一な皮膜形成等、特有の高度な技術が必要となる。また、環境配慮の推進の観点から、橋梁や鉄鋼構造物に対する有害物質の不使用、さらには労働安全の観点も含め、溶射の現地施工における作業環境の向上が求められている。

①川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

ア. 耐候性等の向上

イ. 作業環境の向上

②高度化目標

ア. 大面積への施工に対応した均一な皮膜形成技術の確立

イ. 皮膜の後処理技術の向上

9) 医療に関する事項

医療用人工部品（人工関節、義歯、医療用インプラント等）では、生体と接する部分で親和性の高いチタンやその合金、単結晶アルミナ、ハイドロキシアパタイト等を用いる。このとき、周辺との接合性を高めるために、表面を多孔質にする必要があり、こうした成膜を実現するための技術が求められている。また、コンタクトレンズ等においては疎水性樹脂素材は装着感を損なうため、CVD膜を成膜することによる親水性の付与が行われるが、こうした成膜技術の高度化が期待されている。

①川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

ア. 生体親和性の高い材料による成膜技術の開発

②高度化目標

ア. 親水性の酸素混合剤やDLC（Diamond like carbon）等による成膜技術の開発

2 溶射・蒸着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

溶射・蒸着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3点に集約し、以下に示す。

(1) 高機能化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、耐摩耗性等）

溶射・蒸着材料の開発・組成最適化、溶射・蒸着材料の粒度調節（微粒化、粒径・粒子形状の制御）による皮膜・薄膜の気孔率制御、溶射・蒸着による成膜時の粒子の低温化・高速化等による材料抑制、

多層膜形成による多機能付与、絶縁性の高い材料による成膜技術の開発、仕上げ技術（表面研磨、表面粗化、熱処理等）その他の表面処理技術との複合プロセス

②基材の保護（外部環境からの遮断、密着性確保、表面硬化）

溶射・蒸着材料の開発・組成最適化、皮膜・薄膜のち密化、材料組成の傾斜化、多層膜、溶射・蒸着による成膜時の粒子高速化等による密着性確保、基材の前処理（表面粗度・硬度の調整等）、仕上げ処理（封孔処理、熱処理等）

（2）溶射・蒸着品質の信頼性の向上に対応した技術開発の方向性

- ①溶射・蒸着加工の自動化、高速化
- ②複雑表面、狭隘箇所
- ③膜厚精度の制御に関する技術開発
- ④皮膜・薄膜の品質安定化
- ⑤品質管理（非破壊検査技術等）
- ⑥信頼性の高い補修プロセス
- ⑦マスキング

（3）環境配慮に対応した技術開発の方向性

- ①溶射加工における作業環境の改善（騒音、粉じん等の抑制）
- ②蒸着加工における除外装置の改善
- ③溶射・蒸着技術の効率の向上（材料、エネルギーの利用効率等）
- ④資源リスクの低減

3 溶射・蒸着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中小企業へと進化するためには、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）今後の溶射・蒸着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

川下企業、関連産業、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

自社が有する知的資産を正しく認識するとともに、公開することによって独自の技術が流出するおそれがある場合を除き、適切に権利化を図る必要がある。

川下製造業者等は、中小企業者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、中小企業者が有する知的資産を尊重すべきである。

(2) 今後の溶射・蒸着業界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

中小企業者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：Business Continuity Plan）を予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、中小企業者は、「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。