

## 中小企業の特定期間ものづくり基盤技術の高度化に関する指針（抜粋）

### （六）溶射に係る技術に関する事項

#### 1 溶射に係る技術において達成すべき高度化目標

我が国製造業の国際競争力の強化及び新たな事業の創出を図るためには、溶射に係る技術（以下単に「溶射技術」という。）を有する川上中小企業者（以下「溶射事業者」という。）は、川下製造業者等のニーズを的確に把握し、これまでに培ってきた技術力を最大限に活用するとともに、当該ニーズにこたえた研究開発に努めることが望まれる。川下製造業者等の抱える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

##### 川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

半導体産業においては、記憶容量の増大に伴う回路の微細化が進むとともに、半導体基材であるウエハー及び液晶パネルの大型化が進んでおり、これに適用した半導体・液晶製造装置の開発が求められている。

また、近年の半導体・液晶産業の競争激化から、生産性の向上による納期の短縮が重要になっている。

さらに、当該産業の規模拡大に伴う装置需要の拡大から、装置生産性の向上とともに、耐久性の高い加工や、メンテナンス技術の確立による装置の長寿命化が望まれている。

これらを背景として、溶射技術に関し、以下の課題が具体化してきている。

ア．基板回路の微細化

イ．大型化

ウ．生産性の向上

エ．長寿命化、維持管理の軽減

高度化目標

を踏まえた溶射技術の高度化目標は、以下のとおりである。

ア．皮膜の耐プラズマ性、耐ガス性の向上

イ．皮膜の密着性、耐熱性の向上

ウ．皮膜の電気絶縁特性の向上

エ．皮膜の平滑性の向上

オ．均一な皮膜形成技術の確立

カ．溶射の高速化、歩留まりの向上

キ．マスキング技術の向上

ク．溶射補修技術の向上

## (2) 自動車に関する事項

川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

自動車産業においては、年間100万台レベルの大量生産が求められる事業所も多く、各部材の生産に当たっては安定した品質を確保し、安全性を担保することが必要不可欠である。

また、国際的な競争の激しい自動車産業では、低コスト化が至上命題であり、常に生産性の向上が求められている。

さらに、近年、自動車に対する燃費規制、排ガス規制等の環境規制が強化されており、自動車産業では、環境対応技術が企業の競争力を大きく左右する状況となっている。特に、軽量化については、燃費向上と直結する重要な開発課題となっている。

これらを背景として、溶射技術に関し、以下の課題が具体化してきている。

ア．品質安定性の確保

イ．安全性の確保

ウ．生産性の向上

エ．環境配慮の推進

高度化目標

を踏まえた溶射技術の高度化目標は、以下のとおりである。

ア．操作や制御の容易な溶射手法の確立

イ．皮膜の検査測定技術、寿命予測手法の確立

ウ．溶射の高速化、歩留まりの向上

エ．溶射管理技術の確立

オ．皮膜の低摩擦化、耐摩耗性の向上

カ．皮膜の耐食性、耐熱性の向上

キ．狭溢箇所への溶射皮膜形成技術の向上

ク．低環境負荷溶射技術の確立

## (3) 航空宇宙に関する事項

川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

航空機部品のうち、特にジェットエンジンについては、高温の燃焼ガスにさらされるため、耐久性の向上による安全性の確保が必須である。

一方、経済性の観点からは、エンジン本体若しくはその構成部品の長寿命化及び維持管理の軽減が求められ、安全性と経済性を両立させ

ることが要求される。

また、機体については、環境配慮の推進の観点から、有害物質の使用量の低減や燃費向上に向けた軽量化等が求められている。

さらに、航空機生産に当たっては、一機当たりの部品点数が非常に多いため、生産性の向上は重要な課題である。

なお、航空機製造においては、機体メーカー若しくはエンジンメーカーの要求仕様がプロセスを含めて厳密に定められており、新規プロセスを適用する場合は、機体メーカー若しくはエンジンメーカーの要求に従った認定を受ける必要がある。これらは品質安定性の確保のために実施しているものであり、皮膜の特性を短期間に定量的に評価することが重要となっている。

これらを背景として、溶射技術に関し、以下の課題が具体化してきている。

- ア．安全性の確保
- イ．長寿命化、維持管理の軽減
- ウ．環境配慮の推進
- エ．生産性の向上
- オ．品質安定性の確保

#### 高度化目標

を踏まえた溶射技術の高度化目標は、以下のとおりである。

- ア．皮膜の耐食性、耐熱性、耐摩耗性等の向上
- イ．均一な皮膜形成技術の確立
- ウ．皮膜の検査測定技術、寿命予測手法の確立
- エ．溶射管理技術の確立
- オ．溶射補修技術の向上
- カ．低環境負荷溶射技術の確立
- キ．新規軽量部材への溶射皮膜形成技術の確立
- ク．溶射の高速化、歩留まりの向上

#### (4) 鉄鋼に関する事項

##### 川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

鉄鋼業は高温装置産業であり、高炉、転炉、連続鋳造、熱処理炉等の高温下での厳しい環境で使用する生産設備を多数有している。これらの設備の長寿命化は、製鉄コストの削減につながると同時に、皮膜の断熱性の向上による省エネルギー化に多大な貢献が期待され、さらには設備のコンパクト化等の鉄鋼製造プロセス革新へとつながる可能性もある。

また、世界的な資源需要の高まりに伴い、鉄鋼業では従来より低品位な原料を利用する必要に迫られており、生産設備においては、不純物、腐食性物質等の高負荷状態での操業が求められている。

なお、日本の鉄鋼業において、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の生産技術は、国際競争力の源泉の1つと言え、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も求められている。

これらを背景として、溶射技術に関し、以下の課題が具体化してきている。

- ア．長寿命化、維持管理の軽減
- イ．資源対応力の確保（低品位原料の利用）
- ウ．高付加価値鋼板の安定生産
- エ．生産性の向上

高度化目標

を踏まえた溶射技術の高度化目標は、以下のとおりである。

- ア．皮膜の耐熱性、耐食性、耐摩耗性、耐ビルドアップ性等の向上
- イ．皮膜の検査測定技術、寿命予測手法の確立
- ウ．溶射の高速化、歩留まりの向上

#### (5) 製紙機械・印刷機械に関する事項

川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

紙製造業及び印刷業においては、経年設備の置き換えの際、生産性の高い設備への置き換えを進めている。これに伴い、抄紙機械等の大型化、高速化が進むため、機械（主にロール面）にかかる負荷（紙製品の搬送に伴う摩擦、衝撃等）が大きくなっている。

また、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であり、生産装置へ求められる品質が高度化している。

さらに、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が求められている。

これらを背景として、溶射技術に関し、以下の課題が具体化してきている。

- ア．生産性の向上
- イ．環境配慮の推進
- ウ．品質の向上

#### 高度化目標

を踏まえた溶射技術の高度化目標は、以下のとおりである。

- ア．皮膜の耐摩耗性、グリップ性、耐衝撃密着性等の向上
- イ．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
- ウ．皮膜の紙馴染み性、紙離れ性、親水性、疎水性等の向上
- エ．皮膜の検査測定技術、寿命予測手法の確立
- オ．溶射の高速化、歩留まりの向上

#### (6) 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 川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

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。

また、資源有効利用の観点から、低品位燃料（褐炭、バイオマス等）や廃棄物等の多様な資源の活用が求められており、産業機械でも不純物の多い低品位原料への対応が必要となっている。

これらを背景として、溶射技術に関し、以下の課題が具体化してきている。

- ア．生産性の向上
- イ．資源対応力の確保（低品位原料の利用）
- ウ．長寿命化、維持管理の軽減
- エ．環境配慮の推進

#### 高度化目標

を踏まえた溶射技術の高度化目標は、以下のとおりである。

- ア．皮膜の耐熱性、耐高温腐食特性、耐エロージョン特性の向上
- イ．皮膜の耐熔融材料付着性、離型性の向上
- ウ．皮膜の密着性、熱遮へい性等の向上
- エ．均一な皮膜形成技術の確立
- オ．皮膜の検査測定技術、寿命予測手法の確立
- カ．マスキング技術の向上
- キ．現地施工技術の確立
- ク．溶射補修技術の向上
- ケ．溶射の高速化、歩留まりの向上

#### (7) 橋梁・鉄鋼構造物に関する事項

川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

社会資本の有効活用、公共投資の抑制の観点から、橋梁・鉄鋼構造

物において長寿命化、維持管理費用の低減が求められている。特に、近年、米国における橋梁崩落事故を受け、老朽化した既存橋梁への対策と長寿命化対策が注目を集めている。

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、現地施工における作業環境の向上が求められている。

これらを背景として、溶射技術に関し、以下の課題が具体化してきている。

- ア．長寿命化、維持管理の軽減
  - イ．品質安定性の確保
  - ウ．作業環境の向上
  - エ．環境配慮の推進
- 高度化目標

を踏まえた溶射技術の高度化目標は、以下のとおりである。

- ア．皮膜の耐候性の向上
- イ．大面積への施工に対応した均一な皮膜形成技術の確立
- ウ．皮膜の検査測定技術、寿命予測手法の確立
- エ．溶射補修技術の向上
- オ．現地施工技術の確立
- カ．皮膜の後処理技術の向上

## 2 溶射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

1 に示した溶射技術に対する川下製造業者等のニーズをみると、溶射技術に求められる技術開発の方向性は、高機能化、溶射品質の信頼性の向上、環境配慮の3つに集約される。

### (1) 高機能化に対応した技術開発の方向性

部材表面の機能付与（耐熱性、耐食性、耐摩耗性等）に資する溶射技術の研究開発

- ア．溶射材料の開発・組成最適化
- イ．溶射材料の粒度調節（微粒化、粒径・粒子形状の制御）による皮膜の気孔率制御
- ウ．溶射皮膜形成時の粒子の低温化、高速化等による材料変性の抑制
- エ．多層膜の形成による多機能の付与
- オ．仕上げ技術（表面研磨、表面粗化、熱処理等）の高度化

カ．その他の表面処理技術との複合プロセスの開発  
基材の保護（外部環境からの遮断、密着性確保）に資する溶射技術の研究開発

ア．溶射材料の開発・組成最適化

イ．溶射材料の微粉化による皮膜の緻密化

ウ．材料組成の傾斜化、多層膜の形成

エ．溶射皮膜形成時の粒子の高速化等による密着性の確保

オ．基材の前処理（表面粗度・硬度の調整等）技術の開発

カ．仕上げ処理（封孔処理、熱処理等）技術の開発

（2）溶射品質の信頼性の向上に対応した技術開発の方向性

溶射加工の自動化、高速化に資する技術開発

複雑表面、狭径箇所における溶射技術の開発

皮膜の品質安定化に資する技術開発

品質管理技術の開発（非破壊検査技術等）

信頼性の高い補修プロセスの開発

マスキング技術の開発

（3）環境配慮に対応した技術開発の方向性

溶射加工における作業環境の改善（騒音、粉じん等の抑制）に資する技術開発

溶射技術の効率の向上（材料、エネルギーの利用効率等）に資する技術開発

資源リスクの低減に資する溶射技術の開発

3 溶射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

（1）研究開発体制に関する事項

研究開発体制の構築に当たっては、溶射事業者が単独で研究開発を進めるだけでなく、溶射技術の関連産業（川下製造業者、溶射装置メーカー、溶射材料メーカー、その他金属加工事業者等）と連携することも考慮すべきである。

また、研究開発内容に独創性を持たせ、かつ研究開発速度を高めるためには、溶射事業者間の連携に加え、公的研究機関や大学等の学識経験者と連携することも考慮すべきである。

（2）人材の確保・育成に関する事項

溶射産業は、我が国の重要産業を支える基盤産業であるにもかかわらず、B to B型の産業であるため、社会的な認知度が高いとは言えな

い。

また、中小企業が多いことから、多くの事業者において優秀な人材の確保が困難な状況にあり、川下製造業者等のニーズに対応した技術開発を進めるためには、溶射事業者が単独で取り組むだけでなく、大学等と連携することにより優秀な人材の確保・育成に努めることが重要である。

その他に、川下製造業者等から専門性を有する定年退職者を受け入れる、業界誌や専門誌の購読、論文や特許の参照、関連する学会やシンポジウムへの参加等を通じ、川下製造業者等の課題やニーズを的確に把握できる人材を育成する、ニーズを有する川下製造業者等へ人材を派遣するといった人的交流を図るといったことも検討すべきである。

さらに、上記のような専門性を有するアドバイザー、コンサルタント等から助言を受けることも有効である。

#### (3) 技術及び技能の継承に関する事項

溶射プロセスは、溶融粒子の粒度、速度、温度分布、供給方法、供給位置及び基材の表面形状等の様々な因子によって、得られる皮膜の性質が多種多様となることから、溶射加工現場において、特に人の手で溶射を行う場合には、熟練の技能が求められる。

また、近年、溶射加工現場におけるロボット化が急速に進み、再現精度の向上や皮膜性能の均一化が進んでいるものの、依然として、溶射プロセスの因子変化が皮膜形成に与える影響をある程度人為的に予測することが重要であることから、溶射に係る技術や技能を世代間を超えて継承させていくことが求められる。

#### (4) 設備投資に関する事項

溶射事業者が技術開発に必要な設備投資を行う際には、川下製造業者等のニーズに対応した設備投資を行うよう留意すべきである。

具体的には、川下製造業者等のニーズにこたえた技術開発を行うに当たり、自社で溶射皮膜性能をチェックできるよう、皮膜の分析、観察、評価のための装置等を導入することが挙げられる。

#### (5) 資金の確保に関する事項

川下製造業者等のニーズに対応した溶射技術の研究開発を進めるためには、多額の設備投資が必要となるが、溶射事業者の多くは中小企業であり、担保となる資産等が少ないことから、金融機関から資金を確保することは容易ではない。

このため、溶射事業者が必要な設備投資を行う際には、国や地方公共団体による支援制度、政府系金融機関による低利融資制度等を有効



に活用するとともに、顧客である川下製造業者等との連携や組合を通じた共同出資等を行うことも検討すべきである。

#### (6) 知的財産に関する事項

溶射事業者の多くは中小企業であることから、溶射技術を開発しても、特許出願・取得のノウハウ、人手、資金等が不足しているため、知的財産権を取得できないケースが多い。

しかしながら、溶射事業者が持続的な経営を行うためには、自社が有する溶射技術の知的財産を認識し、自らの経営基盤の1つとして位置付けることが重要である。

そのため、川下製造業者等と連携して特許出願を行うこと等も視野に入れることが求められる。その際には、知的財産権の帰属、使用範囲を明確に取り決めることが重要である。

#### (7) 支援制度の有効活用に関する事項

溶射事業者は中小企業が多く、技術開発を行う上での資金、知的財産、人的資源等が不足している。そこで、川下製造業者等のニーズにこたえた技術開発に当たっては、地域の支援機関等の支援制度（新技術の実用化支援事業、特許取得支援事業、産学官連携促進事業等の技術開発に資する支援メニュー）を有効に活用することが重要である。

#### (8) 低コスト化に関する事項

川下製造業者等に溶射技術を取り入れてもらうためには、溶射施工の低コスト化が重要な課題となっている。溶射事業者が、川下製造業者等の製品・装置の機能向上に資する溶射技術を開発する際には、低コスト化の実現にも留意することが求められる。

#### (9) 取引慣行に関する事項

溶射事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を契約書等で明確にし、取引における不確実性の排除に努めることが重要である。特に、輸送費の負担、不良が出た場合の対処法、少量加工時の価格等については、明確にしておく必要がある。

また、溶射事業者及び川下製造業者等は、価格決定方法や原材料高騰時の対処方法の取決めによる取引の透明性の向上や、共同で技術勉強会や交流会を実施する等による相互認識の醸成等により、良好な取引関係構築に努めることが望ましい。