

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）

（二十）真空の維持に係る技術に関する事項

1 真空の維持に係る技術において達成すべき高度化目標

我が国製造業の競争力の強化及び新たな事業の創出を図るためには、真空の維持に係る技術（以下単に「真空技術」という。）を有する中小企業者（以下「真空機器製造事業者」という。）は、今後、成長が見込まれる産業分野に該当する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。川下製造業者等のニーズとそれを踏まえた研究開発課題を以下に示す。

（1）情報家電に関する事項

川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

情報家電は、常に新しい機器が開発されており、モデルチェンジやその生産工程の変化が激しくなっている。例えば、フラットパネルディスプレイは高精細化・大型化が進み、通信機器は小型化・軽量化・低消費電力化が進んでいる。これらの情報家電に使用される半導体や電子部品等もその種類を増し、多様な用途への対応が求められている。また、次世代の通信や記録デバイスには高速化・高密度化・高感度化が求められている。

これら情報家電に使用される半導体や電子部品等の製造には、真空装置が多く用いられているが、半導体や電子部品等への要求事項の高度化に伴って真空装置に対しても、以下の課題が具体化してきている。

ア．生産性の向上

イ．生産コストの低減

ウ．生産装置の最適化

高度化目標

情報家電に使用される半導体、電子部品等の製造には、真空技術が用いられている真空装置が使われており、これら真空技術の高度化目標は、以下のとおりである。

ア．歩留まりの改善、故障率の低減、メンテナンス容易性の向上、排気時間の短縮等の生産性の向上

イ．省スペース化、省エネルギー化、低価格化、メンテナンスコストの低減、ランニングコストの低減、長寿命化等の生産コストの低減

ウ．高品質化、高機能化、高性能化、信頼性の向上、操作容易性の

向上（安全性の向上を含む。）用途の拡大、最適化、故障診断機能の付与、耐食性の向上、新素材の使用、加工技術の高度化等の生産装置の最適化

（２）ロボットに関する事項

川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

現在のロボットは、その多くが産業用の組立てロボットか、溶接又は塗装等に用いられるロボットである。しかし今後は、原子力、宇宙、海洋等の極限環境で稼動するロボットを始め、案内、清掃等のサービス分野、介護や手術等の医療分野等の非産業用の分野においてロボットの需要が大きく伸びるものと思われる。

現行の産業用ロボットから、これら次世代の非産業用のロボットに移行する際、ロボットの電子化が進んでいくが、普及のためにはロボットのコスト低減は不可避である。また、ロボットには電子部品のほか、モーターや駆動機構等の機械的要素が多く、さらに極限環境下でも使えるような金属や樹脂材料には軽量、高張力、耐食性材料等が必要とされる。新材料の開発、製造にはより高度な真空環境下での精製技術や成膜技術が使われるようになり、これに伴って、真空装置に対しても以下の課題が具体化してきている。

ア．生産性の向上

イ．生産コストの低減

ウ．新材料開発用の生産装置
高度化目標

ロボットは今後さらに半導体や電子部品等が多用されるが、これらのデバイスの製造には、各種の真空技術が用いられている真空装置が使われている。また、新材料開発においても金属材料精錬用の冶金装置を必要とする。これら真空技術の高度化目標は、以下のとおりである。

ア．歩留まりの改善、故障率の低減、メンテナンス容易性の向上、排気時間の短縮等の生産性の向上

イ．省スペース化、省エネルギー化、低価格化、メンテナンスコストの低減、ランニングコストの低減、長寿命化等の生産コストの低減

ウ．高品質化、高機能化、高性能化、信頼性の向上、操作容易性の向上（安全性の向上を含む。）用途の拡大、最適化、故障診断機能の付与、耐食性の向上、新素材の使用、加工技術の高度化等の生産装置の最適化

(3) 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

自動車への電子部品の搭載率は年ごとに多くなっており、最近では普通乗用車では総コストの28%、ハイブリッドカーでは47%が電子部品で占められている。その多くがパワーデバイス、ECU（電子制御ユニット）対応の半導体、フラットパネルディスプレイ、センサー等である。

半導体、フラットパネルディスプレイ、センサー、ランプ、反射板、ミラー、外装部品等は真空装置により製造されるが、これらの部品は、高品質・高信頼性が求められ、一般の家電製品に比べて厳しい規格及び管理に基づいて生産されている。また、自動車も情報家電と同様に、価格低減が要求されており、これに伴って、真空装置に対しても以下の課題が具体化してきている。

ア．生産性の向上

イ．生産コストの低減

ウ．新材料開発用の生産装置

高度化目標

自動車に使用される半導体、電子部品、センサー、反射板、ミラー、外装部品等の製造においても、真空技術が用いられている生産装置が使われており、これら真空技術の高度化目標は、以下のとおりである。

ア．歩留まりの改善、故障率の低減、メンテナンス容易性の向上、排気時間の短縮等の生産性の向上

イ．省スペース化、省エネルギー化、低価格化、メンテナンスコストの低減、ランニングコストの低減、長寿命化等の生産コストの低減

ウ．高品質化、高機能化、高性能化、信頼性の向上、操作容易性の向上（安全性の向上を含む。）用途の拡大、最適化、故障診断機能の付与、耐食性の向上、新素材の使用、加工技術の高度化等の生産装置の最適化

(4) その他の産業に関する事項

川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

医療、環境・エネルギー、ナノテクノロジー、航空宇宙産業等の産業においても、最先端の技術を駆使して製品、部品、材料等の開発・改良が行われている。医療分野ではバイオMEMS技術等を用いた疾病診断のマイクロ検査チップの開発等が望まれている。環境・エネルギー分野では次世代エネルギーとしての太陽電池の発電効率の改良、

低コスト化等が望まれている。ナノテクノロジーの分野ではカーボンナノチューブを中心とした新材料が新しい電子部品材料として注目され、新しい用途開発等が進められている。航空宇宙分野では航空機の構造材料に炭素繊維入り成型樹脂材料の使用が拡大してきている。

これらのニーズに対応するため、製品、部品、材料等の製造過程では新しい製造プロセスが必要とされているが、共通して以下の課題が具体化してきている。

ア．生産性の向上

イ．生産コストの低減

ウ．生産装置の最適化

高度化目標

これらの産業においても、製品、部品、材料等の高機能化、高性能化、低価格化、長寿命化等が求められており、このための真空技術の高度化目標は、以下のとおりである。

ア．歩留まりの改善、故障率の低減、メンテナンス容易性の向上、排気時間の短縮等の生産性の向上

イ．省スペース化、省エネルギー化、低価格化、メンテナンスコストの低減、ランニングコストの低減、長寿命化等の生産コストの低減

ウ．高品質化、高機能化、高性能化、信頼性の向上、操作容易性の向上（安全性の向上を含む。）用途の拡大、最適化、故障診断機能の付与、耐食性の向上、新素材の利用、加工技術の高度化等の生産装置の最適化

2 真空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 に示した真空技術に対する川下製造業者等のニーズをみると、全ての川下製造業者等に共通して、歩留まりの改善、故障率の低減、メンテナンス容易性の向上、排気時間の短縮等の生産性の向上、省スペース化、省エネルギー化、低価格化、メンテナンスコストの低減、ランニングコストの低減、長寿命化等の生産コストの低減、高品質化、高機能化、高性能化、信頼性の向上、操作容易性の向上（安全性の向上を含む。）用途の拡大、最適化、故障診断機能の付与、耐食性の向上、新素材の利用、加工技術の高度化等の生産装置の最適化が求められている。

以上より、真空技術に求められる技術開発課題は、生産性の向上、生産コストの低減、生産装置の最適化の3つに集約される。

(1) 生産性の向上に対応した研究開発の方向性

発塵のない又は低発塵のバルブシールの開発、膜や反応生成物が剥がれない防着処理された真空部品の開発、低発塵軸受け（ベアリング等）の開発、真空中のリアルタイムパーティクルモニターの開発等、歩留まりの改善に資する研究開発

自己故障診断機能付き真空ポンプの開発等、故障率低減に資する研究開発

クライオポンプの再生時間の短縮化、クライオパネルの再生が不要なクライオポンプの開発、簡単かつ安全で確実な締結機構の開発等、メンテナンス容易性の向上に資する研究開発

排気量や排気速度を外部から制御できるドライポンプの開発、乱流を発生させないスロー排気や排気速度が制御できる圧力制御機器の開発等、排気時間の短縮に資する研究開発

(2) 生産コストの低減に対応した研究開発の方向性

ターボ分子ポンプ、ドライポンプ及び除害装置間での最適化による排気系の省スペース化の実現、真空計と測定子間のワイヤレス化等、計測制御系の省スペース化に資する研究開発

真空ポンプのアイドルモードの実現、真空ポンプの省電力化・大容量化、冷却水の消費量の少ないドライポンプの開発等、省エネルギーに資する研究開発

ターボ分子ポンプ、ドライポンプ、除害装置間での最適化による排気系のトータルコスト低減、真空ポンプの低価格化、超高真空部品の低価格化等、低価格化に資する研究開発

オーバーホール時の部品の低価格化、フィルタリング機能付きのドライポンプの開発、分解組立て工数の低減等、メンテナンスコストの低減に資する研究開発

反応生成物が付着しない又は除去機能を有するドライポンプの開発、繰り返し使用することが可能なガスケットシールの開発等、ランニングコストの低減に資する研究開発

測定子の小型化・長寿命化、耐ガス腐食性のある真空計の開発、バルブの長寿命化、ベローズの長寿命化等、長寿命化に資する研究開発

(3) 生産装置の最適化に対応した研究開発の方向性

MTBF（Mean Time Between Failure：機械の故障から故障までの平均時間）10,000時間保証及び稼働率100%のユニットの開発、高信頼性・高速応答の圧力制御システムの開発等、高品質化

に資する研究開発

耐腐食性・放出ガスの低減・低発塵性の向上に資する構成材料を使用した真空ポンプ、真空計、その他の真空部品の開発、温度補償付きの真空計の開発、集イオン電極にガスが吸着しない電離真空計の開発、放出ガスの少ない電離真空計の開発、自己配管クリーニングによる部品交換の低減化、真空環境を計測制御できる真空制御機器の開発等、高機能化に資する研究開発

真空ポンプの排気性能の向上、真空計測の高精度化、エージングが不要な真空計の開発、シール部の低発塵化等、高性能化に資する研究開発

再現性が良い排気装置又は真空計の開発、新しい原理に基づいた高信頼性・高精度な真空計の開発、汚染による感度変化のない真空計の開発、零点がドリフトしない真空計の開発、逆耐圧シール機構の開発、低コストで強力な動力導入用磁気カップリングの開発、メタルリングの信頼性の向上、軸シール機構の信頼性を高めたバルブの開発等、信頼性の向上に資する研究開発

真空ポンプその他の真空部品の軽量化、リーク探しの簡略化、簡単かつ安全で確実な締結機構の開発、シール性を向上させたエラストマーフランジの開発等、操作容易性の向上（安全性の向上を含む。）に資する研究開発

大気から高真空まで排気できるポンプの開発、大気から高真空まで計測できる広帯域真空計の開発、ガス種に依存しない真空計の開発、液体窒素を使わずに超高真空を得る排気系の開発、任意の箇所の圧力や分圧が測定できる真空計の開発、微小空間の圧力計測の開発、反応生成物が付かないバルブの開発、吸着剤交換機能付きトラップの開発、非接触真空内可動機構（磁気浮上、カップリング）の開発、ガス放出速度を低減した超高真空部品の開発、測定素子の微細化・マイクロ化、水晶音叉真空計（クリスタル真空計）の広帯域化、Si-MEMSを用いた隔膜真空計の開発等、用途の拡大に資する研究開発

ターボ分子ポンプ、クライオポンプ等の高真空ポンプと、ドライポンプ及び除害装置間での最適化による排気系の省スペース化及びコスト低減の実現、ポンプシステムの運転最適化、騒音・振動フリーのクライオポンプの開発、容量を小さくして最適化したドライポンプの開発、無摺動・振動防止機構のバルブの開発、実プロセス中のガス組成やプラズマ密度等を計測するプロセスモニターの開発等、

プロセス制御と最適化に資する研究開発

自己故障診断機能付き真空ポンプの開発、IT機能付加による情報収集システムの開発等、統合的な真空管理システムの構築に資する研究開発

ガリウムの腐食に強いターボ分子ポンプの開発、オイル劣化・水錆の発生しない油回転真空ポンプの開発、堅牢な真空計の開発等、耐食性の向上に資する開発

熱変形に強いドライポンプの開発、低ガス放出・高密度セラミックスの開発、低アウトガス化された真空材料の開発等、新材料の開発と利用に資する研究開発

真空機器用各種接合技術の高度化と省力化、真空機器用表面処理及びクリーニング技術の高度化等、加工技術の高度化に資する研究開発

3 真空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) 川上中小企業者において留意すべき事項

川下製造業者等の情報の把握に関する事項

真空機器製造事業者は、川下製造業者等からの発注に応じて真空ポンプ等を製造又は開発し、納入するという取引が主であるため、川下製造業者等の製造現場における使用状況等に関する情報を入手しにくいといった実態がある。このような状況を踏まえると、真空機器製造事業者及び関連する団体は、川下製造業者等のニーズを迅速に把握するためのフォーラムの設置等に取り組むことが必要である。

人材の確保及び育成並びに技術及び技能の継承に関する事項

真空機器製造事業者及び関連する団体は、人材の育成及び技術の継承のために、真空技術に関する基礎及び応用教育に努めることが望まれる。

研究開発資金の確保に関する事項

研究開発資金については多くの真空機器製造事業者が自己資金で対応している。しかし研究開発費は経営を圧迫するため、最大でも売上比2%程度が投じられているに過ぎない。また、部品の生産、加工から川下製造業者等が求めるプロセスの立上げに至る幅広い分野を俯瞰した研究開発が必要であることから、個別企業では資金、人材等の面で困難な場合がある。さらに、真空機器製造事業者は、川下製造業者等からの個別の発注に応じて、装置や機器を開発し、納入しているケ

ースが多いため、こうした開発について、川下製造業者等、学術研究者、川上中小企業者がコンソーシアムを構築し、国の支援策を有効活用することが望まれる。

知的財産に関する事項

真空機器製造事業者は、持続的かつ戦略的な経営を行うために、自社が有する真空技術に関する知的財産を認識し、権利化を図り、自らの経営基盤として位置付けるべきである。

海外の技術力の把握と模倣品対策に関する問題

海外企業の技術力及び海外市場規模の把握のため、真空機器製造事業者及び関連する団体は、海外の関連業界団体との交流関係を構築し、情報交換等を推進することが望ましい。また、東アジア諸国では模倣品問題が発生しているため、真空機器製造事業者は、海外において特許を積極的に取得する等の対策が望まれる。

真空機器の製造コストの低減に関する事項

川下製造業者等のコスト低減のニーズに対応するため、真空機器製造事業者及び関連する団体は、真空機器の改良・改善のほか、製造技術そのものの改良・改善によって、コスト低減を図ることも検討する必要がある。

(2) 川下製造業者等において配慮すべき事項

取引慣行に関する事項

真空機器製造事業者が川下製造業者等と共同開発を行う際、川下製造業者等は、販売先の制限、販売禁止期間の制限等について、川上中小企業者の経営状況等を考慮して、検討すべきである。

川下製造業者等の情報を真空機器製造事業者が共有できるシステムに関する事項

真空機器製造事業者は、川下製造業者等のニーズに係る情報を入手しにくいといった実態があるため、真空機器製造事業者及び関連する団体は、川下製造業者等及び関連する団体と連携しつつ、研究開発課題の設定に際し、川下製造業者等のニーズに係る情報がすべての川上中小企業者に共有されるシステムの構築を検討することが望ましい。

知的財産に関する事項

川下製造業者等は、真空機器製造事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すべきである。その際、真空機器製造事業者の知的財産を尊重すべきである。