

(十四) 切削加工に係る技術に関する事項

1 切削加工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

切削加工に係る技術（以下「切削加工技術」という。）とは切削工具、研削砥石、電気、光エネルギー等を使用して金属、ガラス、セラミックスやプラスチック等の素材を削り取り、必要な寸法や形状を得る加工技術である。切削加工技術は、加工を行うための工具、それを組み込んだ工作機械、C A D（Computer Aided Design）、C A M（Computer Aided Manufacturing）、C A E（Computer Aided Engineering）等のソフトウェアの活用により実現されることから、当該技術は切削加工技術を利用する工作機械及び切削工具に関連する技術についても対象とする

工作機械産業は製造業の根幹をなす基幹産業であり、様々な加工の中心となる工作機械の技術レベルは、他の産業の競争力に大きな影響を与えている。したがって、切削加工技術は、工作機械を製造する事業者とそれを使用する川下製造業者によって高度に活用されることにより、我が国製造業の競争力維持に大きく貢献している。

切削加工技術を取り巻く市場の動向としては、国内製造業の海外生産シフト、新興国等の追随等により、市場環境が大きく変化してきている。

なお、切削加工技術における主な川下製造業者等の産業分野としては、自動車、電気機器、航空機、医療機器、エネルギー機器等が挙げられる。

(2) 当該技術の将来の展望

今後、切削加工技術を取り巻く環境は新興国の牽引による市場の拡大が当分の間継続していくものと考えられる。また、新興国等の競合国の技術水準は今後も向上の一途を辿り、新興国市場獲得の上で強力な競合となると考えられる。この状況に対応するために、更なる技術の高度化と経営戦略の見直しが求められている。特にコスト削減の努力を継続しつつI C T等を活用した製品の高付加価値化を推進することが重要となる。

(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. 高精度化

製品の品質及び安全性の確保、高効率化等に対する川下製造業者等からの要求水準は高まっており、これに対応して機械・機器製品全般の高精度化が必要とされている。このため、機械・機器製品を構成する部材については、より高い加工精度が求められている。

イ. 小型化・軽量化

様々な機械製品は小型化・軽量化が進む傾向にある。小型化・軽量化はとりわけ輸送機械の運動性能や燃費に直接関係することから、関連する産業においては軽合金材料の採用等による軽量化や高強度材料の採用による小型化が進められている。切削加工技術の高度化により、難削性材料や新材料の採用が可能となり、製品の小型・軽量化に貢献することが期待される。

ウ. 低コスト化

切削加工技術の高度化により、工程の削減等が可能となり、製品の低コスト化に貢献することが期待される。

エ. 短納期化

CAD、CAM、CAEの加工シミュレーションを活用した多軸・複合工作機械の高度化や工作機械の高速化について研究が進められている。切削加工技術の高度化により、加工の高効率化や高速化等が可能となり、製品の短納期化に貢献することが期待される。

オ. 環境対応

機械製品については、部材に再生可能材料を用いるほか、リサイクル性等に配慮した設計を行う等、環境負荷の低減が求められている。切削加工技術の工程で発生する騒音や振動に加え、除去物、切削油、廃液等を低減することは、地域社会との共存の観点からも重要な課題である。二酸化炭素の排出の抑制は地球規模での大きな課題であり、輸送機械における電気自動車のように、環境に十分な配慮がなされた製品を開発、生産することが求められている。切削加工技術の高度化により、工程の削減による製品製造時の省電力化及び切削加工に伴う廃棄物の削減等、環境負荷低減が期待される。

②高度化目標

ア. 高精度・微細化のための技術の向上

高速域における高い回転精度及び高い運動精度等の各種高精度化に加え、微細加工に対応するための技術開発が求められる。

イ. プロセスイノベーションの実現

ソフトウェアを含め、主軸及び送り駆動系の高速化、多軸・複合工作機械の高度化、加工工程の削減等を通して、工作機械等製造工程の高度化に対応するための技術開発が必要となる。

ウ. 高付加価値化

難削材や新素材への対応、多軸・複合工作機械の高度化への対応するための技術開発、付加加工等の複合加工技術の開発が求められる。

エ. 環境対応のための技術の向上

切削液等減容、リサイクル、高機能化、ドライ化、工作機械の消費エネルギー削減に対応するための技術開発が求められる。

(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) 自動車に関する事項

自動車産業においては、燃費向上や排ガス規制等への積極的な環境対応が進められ、さらに生産現場における環境負荷低減も強く求められている。また、エンジン等の高効率化や車体部品の軽量化に対する要求も強く、加えて国際市場における激しいコスト競争への対応も必須となっている。さらに、消費者のニーズの多様化に伴い、よりフレキシブルな製品生産に対する要求がある。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 燃費向上

イ. ハイブリッド化、EV (Electric Vehicle) 化、燃料電池化

ウ. 静粛性向上

エ. 強度向上

オ. 高機能化

カ. 操作性向上

②高度化目標

ア. 高硬度材料対応

イ. 新素材 (CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) 等)

加工対応

2) 電機機器に関する事項

電機産業では、製品のライフサイクルの短期化に伴い、開発から生産までの期間短縮が求められている。そのため加工時間だけでなく生産前段階の時間短縮に対する要求も強い。

また、高機能化、高品質化に対するユーザーニーズは依然として高く、加えてMEMS技術の応用拡大の流れもあり、より高精度、複雑かつ微細な形状の加工が求められる。さらに、国際的なコスト競争環境にあっては、これら難度の高い加工においても高い生産効率が求められている。

①川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

- ア. 機能の確保・高度化
- イ. 性能・寸法の再現性向上
- ウ. 面粗さ・精度の再現性向上
- エ. 長寿命化
- オ. 強度向上

②高度化目標

- ア. 非金属（ガラス、樹脂等）加工対応
- イ. 高硬度材加工対応
- ウ. 付加加工及び除去加工の複合化（レーザ加工及び切削加工の複合化等）

3) 航空機に関する事項

航空機産業においては、機体の大型化や航続距離延長の観点から、機体の軽量化が求められ、例えば構造の一体化、中空化、薄肉化やCFRP等の複合材の導入等が進められている。また、エンジンの燃費向上の流れを受けたタービン部の高温化に伴い、エンジン関連機器・部品では超耐熱材等の採用が主流となっている。経済性向上に向けたエンジン基数削減のために、従来以上の信頼性向上が求められている。その他、環境対応技術として切削加工における省電力化に対する要求も強い。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 燃費向上
- イ. 耐熱性向上
- ウ. 信頼性向上

②高度化目標

- ア. 一体部品・複雑形状部品加工対応
- イ. 薄肉形状・中空形状加工対応
- ウ. 難削材（耐熱合金、チタン合金等）加工対応
- エ. 新材料（CFRP等）加工対応

4）医療機器に関する事項

今後の高齢化社会において 医療機器の高度化は必要不可欠である。しかし、例えばインプラント等では、欧米企業の競争力が高く、日本人の体格にあった製品の入手が困難等の問題点がある。また、人体に適用される医療機器の開発においては、患者への負担軽減や患者の早期の社会復帰等が重要な課題である。そこで、製品の長寿命化に向けた高硬度材（高強度セラミックス、コバルトクロムモリブデン合金等）や、生体適合性及び生体親和性の高い材料、生体修復機能材料等の新材料開発が進んでいる。さらに、個々の患者に適合した形状を実現するオーダーメイド対応が必要になるが、医療費抑制のための低コスト化も重要であり、加えて安全性の向上も必須である。

①川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

- ア. 生体適合性向上
- イ. 寿命向上
- ウ. カスタムメイド化
- エ. リビジョン対応
- オ. プラズマガス滅菌化
- カ. 手術手技の簡素化（操作性向上）
- キ. 低侵襲化

②高度化目標

- ア. 新材料（樹脂材料等）加工対応
- イ. 難削材（チタン等）加工対応
- ウ. 複雑形状加工対応
- エ. ソフトウェアを利用したカスタムメイド対応

5）エネルギー機器に関する事項

近年、低炭素社会実現の要請から再生可能エネルギーを中心とする多様な発電方法が注目されている。風力発電や水力発電用機器では、複雑形状部材や大型部品、新材料による高効率化が重要となる。

①川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

- ア. 高効率化
- イ. 複雑形状化

②高度化目標

- ア. 複雑形状部材加工対応
- イ. 大型部品加工対応
- ウ. 新材料加工対応

6) 光学機器、バイオ機器、半導体製造装置等に関する事項

光学機器やバイオ機器等では、ガラス等の超精密な微細加工技術が重要な基盤技術である。これらの材料は非常に脆く切削加工技術の適用が困難であったため、従来はケミカル加工等の方法により加工が行われてきたが、近年、加工効率等の問題から切削加工技術へのニーズが高まっている。

また、半導体ウエハーの大径化に伴う半導体製造装置の大型化や、各種部品の一体化に伴う大型化の流れもあるが、形状が大型化しても要求される精度は現状並み又はそれ以上と厳しくなっている。

①川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

- ア. 切削加工技術の応用拡大
- イ. 大型部品の高精度化

②高度化目標

- ア. 新材料（ガラス等）加工対応のための技術の向上
- イ. 大型部品に対応した高精度化のための技術の向上

2 切削加工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

切削加工技術に求められる技術開発の方向性を5点に集約し、以下に示す。

(1) 高精度・微細化に対応した技術開発の方向性

①面精度向上

切削の高速化、工具の切削性能向上、熱変形の抑制・補正の向上、振動の抑制・制御の向上、機上形状・寸法計測・補正の実用化等

②形状精度向上

位置決め分解能向上、熱変形の抑制・補正の向上、機上形状・寸法計測・補正の実用化等

③加工形状の微細化

極小工具、位置決め分解能向上、熱変形の抑制・補正の向上、振動の抑制・制御の向上等

(2) 高効率化に対応した技術開発の方向性

①多品種少量、一品加工

多軸・複合工作機械の高度化（高剛性化、運動精度向上等）、ソフトウェアの高度化・応用推進（CAD・CAM・CAE、加工シミュレーション、切削条件等各種データベース化等）、機上形状・寸法計測、補正の実用化

②主軸回転・送りの高速化（高加減速化、新加工方法の確立等）、加工時間の短縮化

③段取り回数・時間の削減

多軸・複合工作機械の高度化（高剛性化、運動精度向上等）、ソフトウェアの高度化・応用推進（CAD・CAM・CAE、加工シミュレーション、切削条件等各種データベース化等）、新加工方法の確立、機上形状・寸法計測、補正の実用化等

④加工条件設定の容易化

ソフトウェアの高度化・応用推進（CAD・CAM・CAE、加工シミュレーション、切削条件等各種データベース化等）等

⑤仕上げ工程の削減

切削加工の精度向上（研削・研磨等）等

(3) 高付加価値化に対応した開発の方向性

①難削材・新素材加工

材料に適した工具・加工条件の確立、新加工方法の開発等

②部品の一体化への対応

多軸・複合工作機械の高度化（高剛性化、運動精度向上、複合加工の多様化等）等

(4) 環境対応に向けた開発の方向性

①工作機械の小形・軽量化

工作機械構造材料への新素材応用、工作機械要素の小形化等

②切削液の水溶性化

切削液の高性能化、最適工具及び加工条件の確立等

③切削液の使用量削減

ドライ・ニアドライ加工の実用化等

④消費エネルギー削減

工作機械要素の小形化・軽量化、工作機械モータの高効率化及び周辺機器等の省電力化等

(5)工作機械及び工作機械を利用した製品製造工程の高度化に対応した技術開発の方向性

①製造コスト削減

部品加工の高効率化、生産ラインのフレキシブル化・自動化、構成要素のモジュール化等

②製造における安全性向上

安全装置、安全運用等

③製造における品質管理

簡便な精度検査、加工状況監視等

④機械構成要素の高度化

主軸の高速・高精度化、送り駆動系の高速・高精度化、新材料適用等

⑤製品デザインの高度化

人間工学的設計、ユーザーフレンドリーな設計等

3 切削加工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) 今後の切削加工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ICT（Information and Communication Technology）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）今後の切削加工関連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。また、想定されるリスクを把握し、製造物責任保険（PL（Product Liability）保険）等のリスク補償対策を図ることが望ましい。

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。