

(十七) 熱処理に係る技術に関する事項

1 熱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

熱処理に係る技術（以下「熱処理技術」という。）とは、主に金属材料に加熱、冷却の熱操作を加えることにより、材料の耐久性として、耐摩耗性、耐疲労性、さらに耐食性、耐熱性といった種々の特性を付与する技術である。

目的や方法によって、焼きならし、焼入れ、焼戻し、焼きなまし、浸炭や窒化等の表面熱処理、拡散処理等の表面処理を含む各種熱処理及び高周波熱処理、真空熱処理等の方法、関連する雰囲気ガス技術等がある。

自動車、建設機械、家電、航空機、工作機械、工具等、我が国を代表する工業領域、工業製品の多くは熱処理工程を経て最終製品化されている。このことから、熱処理技術は素形材分野において、ものづくりの重要な基盤技術の一つとして位置付けられており、その重要性は広く認められている。

(2) 当該技術の将来の展望

熱処理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、エネルギーの高騰や地球環境保護等の社会的制約による経営圧迫、海外での自動車生産の本格化、高齢化・少子化と技術・技能伝承の危機等への対応が課題として挙げられる。

このような熱処理に関わる産業を取り巻く環境変化と課題を踏まえ、今後、熱処理における温度や雰囲気の詳細な計測・制御技術、熱・相変態による変形のシミュレーション技術の開発が進み、変形とそのばらつきを大幅に抑制することが可能となり、さらなる長寿命化、耐摩耗性の向上等製品の一層の高機能化が実現されると予想されている。これにより、プロセスの省エネルギー化、高効率化、複合化、連続化、自動化、クリーン化が進み、コスト低減、地球温暖化防止、省資源に大きく寄与することが期待されている。

このような将来像の実現に向けて、新材料開発と熱処理技術の革新、高度化、熱処理品の低ひずみ化技術の開発が強く求められるとともに、エネルギー価格の高騰、二酸化炭素排出規制に対処するための省エネルギー技術の開発の必要性が高まっている。

(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（高強度化・高精度化・高精密化・高耐久性化・低フリクション化・安全性向上等）

快適性や安全性、環境対応等に対するユーザーからの要求水準の高度化に対応し、機械製品全般について高機能化に向けた開発が進められている。機械製品を構成する部材については、より高い精度や強度、耐久性が求められるようになってきている。また、摺動部品の間ではフリクションが発生し、エネルギーロス、寿命低下等の原因となるため、低フリクション化も求められている。さらには製品等の安全性向上への要求も一層強まっている。

イ. 小型化・軽量化

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し、乗り心地や操縦安定性の向上につながることから、関連する産業においては熱処理により高強度化した鉄鋼材料の採用、軽合金の採用等による小型化・軽量化が進められている。

ウ. 環境・資源配慮

機械製品については、部材に再生可能材料を用いる他、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。また、熱処理工程で発生する騒音や振動等の低減は、地域社会との共存の観点から製造業にとって重要な課題である。さらに、低炭素化社会の実現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、製造業は環境に十分な配慮がなされた製品を開発し生産することが求められている。他方、レアアース、レアメタルを始めとする資源の有効利用、代替技術開発も重要となっている。

エ. 低コスト化

近年は、成長市場として新興国が注目を集めている。新興国市場のボリュームゾーンを開拓していく上では、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。

オ. 短納期化

様々な産業において、市場ニーズをすばやく捉え、タイムリーに高付加価値製品を供給することが求められており、短納期化への対

応は重要な課題となっている。このためサプライチェーン・マネジメントを強化するほか、三次元CADやシミュレーションを活用することにより開発期間を短期化する動きが強まっている。

カ. 静音化

機械製品については、快適性や安全性、環境対応等に対するユーザーからの高機能化に向けた要求に加えて、静音化が重要な課題となっている。特に、携帯電話やモバイルパソコン等、家庭内機器には静音化への対応が重要となっている。

キ. 多軸化

機械製品においては、回転速度の高速化等により、高速動作時の負荷に対応した新素材による治具等の開発とともに、生産性効率向上のための多軸化が必要になっている。

ク. ハイブリッド化

大きな負荷変動が生ずる機械において、エンジン余剰出力で発電し、蓄電池で電気をためモータで駆動するハイブリッド化が進んでいる。モータ駆動力の向上のため、モータコアの熱処理高度化等が必要となっている。

②高度化目標

ア. 変形予測技術、変形抑制技術、変形ばらつき抑制技術の向上

温度、時間、雰囲気、冷却等多岐にわたる要素を総合的に制御する技術を開発する等して、変形予測技術、変形抑制技術、変形ばらつき抑制技術の一層の向上が不可欠である。

イ. 工程短縮及び高機能化の付与

開発課題としては、高温浸炭適用拡大、炉内の構築材と断熱材の省エネルギー化、高周波熱処理でのインライン化や複合処理、プラズマ処理やPVD、CVD等での表面反応促進が挙げられる。また、熱処理技術の特長を生かせる素材開発を含めた技術の向上も重要であり、高度熱処理技術の非鉄金属への適用拡大も期待される。

ウ. 作業性改善のための前後工程との連携技術の実現

熱処理加工現場において、熱処理設備面での自動化、無人化は進んでいるが、被処理品の治具への脱着は依然として手作業である。ロボットによる着脱システムが確立されれば熱処理現場の完全自動化が実現し、作業者は厳しい作業から解放されるだけでなく、不良現象抑制につながる事が期待できる。

エ. 新材料に対応した熱処理技術の向上

部品の軽量化が進んでおり、従来の鉄鋼に替わって、アルミ、チタン等の新材料の使用の増加が予想される。アルミ、チタン等の材料は、硬さや強度が不足するため、熱処理による表面硬化技術が求められている。

オ. リサイクル性の高い材料の用途拡大

川下業者における国際的コスト競争力向上のために、リサイクル性の高い安価な材料に高強度、高品質の特性を付与する熱処理技術が求められている。

カ. 熱処理時間の短縮及び省エネルギー化

熱処理技術はエネルギーを大量に消費するため、エネルギー使用量削減のための技術が極めて重要である。また、熱処理の低温短時間処理の実現は、環境負荷低減につながるだけでなく、熱処理工程時間の短縮にもつながる重要な課題である。

キ. 管理・検査技術の向上

硬さ試験や焼割れ検査は、大半の場合、一個一個手動で行われていることから、工程の自動化により大幅な省人化が可能となる。また、硬化層深さについては、現物やテストピースを切断して検査が行われているが、高精度な硬化深さの非破壊検査が開発されれば、大きなコスト低減の効果が期待でき、抜き取り検査から全数検査への移行も容易となる。

ク. 熱処理関連装置技術の向上

設備の高度化に関する課題としては、雰囲気制御技術、混合ガス関連技術、真空度向上技術、温度制御技術、インライン化技術の高度化が挙げられる。現在の制御系の技術がより高精度になれば熱処理品質のばらつきが著しく低減し、熱処理時間の短縮化が可能となる。

ケ. ITを活用した生産技術の向上

ユーザー業界における開発期間短縮化の開発ニーズに対応するため、熱処理技術においては試作工数を低減する必要性が高まっている。その技術課題としては、加熱・冷却シミュレーション技術、変形、硬化層パターンと深さ、残留応力等のシミュレーション技術、熱処理特性を体系的にまとめるデータベース化、素材成分・特性データベース技術等の向上がある。熱処理シミュレーション技術における予測精度の向上により、開発期間の短縮が図れるとともに、最適な部品設計が可能となり、大きなコスト低減効果も期待できる。

2 熱処理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

熱処理技術に求められる技術開発の方向性を3点に集約し、以下に示す。

(1) 高度化・高付加価値化に対応した技術開発の方向性

①変形予測・変形抑制

ゼロディストーションを目指す超低歪（変形の制御及び抑制）、計測及びシミュレーション（プロセス条件及び変形の高精度計測、変形予測）

②熱処理の複合化

複合熱処理（材料開発を含めた窒化、浸炭、高周波熱処理との複合）、表面皮膜処理との複合（めっきやPVD、CVD等の表面皮膜処理技術との複合）、材料・鍛造・圧延・ショットピーニング等他技術との複合化、シンプル化熱処理（複数工程の削減、統合化、複合化）

③前後工程との連携

前後の工程考慮、インライン化（加工工程の連続化、自動化、短時間化、省力化）、全工程での変形低減、結晶粒粗大化防止

④装置の高度化

雰囲気制御（炉内雰囲気ガスの所期の組成維持）、混合ガス制御（雰囲気ガスの混合最適化、使用後のガス処理等）、真空度向上、炉内温度制御（均一化、任意の温度分布制御）、高周波焼入れの温度制御、プラズマ制御（安定発生、温度制御）、多品種少量製品対応の自動化設備

⑤冷却

新冷却媒体、冷却制御（液体、ガス）、水冷却の高度化（加圧、加熱、過冷等）

⑥新材料対応

アルミニウム、マグネシウム、チタン、ステンレス等の改質

⑦新加工法の導入

安価な材料の高強度化・高品質化、高速熱処理加工（処理時間の短縮化）、真空浸炭加工

(2) IT化に対応した開発の方向性

①技能のデジタル化

焼入条件や治具の最適化（自動化）、センサ及び計測機器によるデ

デジタル化、非破壊検査の適用

②熱処理品質予測・制御のためのシミュレーション

加熱・冷却シミュレーション（熱伝導等）、変形及び硬化層パターンと深さ、残留応力等のシミュレーション、量産加工シミュレーション

③データベース構築

熱処理特性データベース、素材成分・特性データベース

④F A化

効率的な生産を可能とする熱処理工程のF A化（熱処理加工、生産管理、設備等の情報を統合し、手作業工程の自動化による全体自動化）

(3) 環境配慮に対応した開発の方向性

①添加物の減少・リサイクル性の配慮

添加物低減材料での所期機能の実現、高リサイクル性材料の用途拡大

②塩素系有機溶剤からの転換

真空脱脂洗浄装置を用いた炭化水素系溶剤への転換等の洗浄、溶剤不要の脱脂、脱脂省略（高焼入性鋼材の実現やガス流制御等の高生産性化に対応したガス冷媒の使用）、高速洗浄（脱脂時間の短縮化）

③低温短時間処理化

窒化（低温処理、短時間処理）、軟窒化、A 1 変態点以下での浸炭処理（省エネルギー化、変形及び変寸の低減）、D L C成膜（非熱処理材、プラスチック、ゴム等の表面改質）

④熱処理炉の省エネルギー化

高性能工業炉（省エネルギー燃焼炉）、加熱源の効率化・最適化（熱変換効率の向上、エネルギー利用の最適化）、炉壁の高断熱（炉壁の放熱抑制）、廃熱利用（消費エネルギーの低減）、省エネルギー熱処理治具（効率的な熱流路の確保等）、低環境負荷ガスへの転換、間欠運転可能な浸炭炉、エネルギーの計測及び監視装置

⑤環境負荷評価

L C Aによる環境負荷評価、総合環境負荷低減

⑥現場環境改善

作業現場環境の改善（油等による汚れ防止、工業炉等の放射熱抑制、コージェネレーション設備・省エネルギー設備の導入）、安全性向上と標準化

3 熱処理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) 今後の熱処理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) 今後の熱処理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。