

高周波・マイクロ波加熱と材料プロセッシングの現状と将来展望

二 川 佳 央 （にかわ よしお） 国士舘大学 教授 理工学部長

要約 電磁波エネルギーによる加熱やプロセッシング技術は、近年急速な発達を遂げている。高周波・マイクロ波を用いた電磁波エネルギー応用技術は、クリーンで高効率であることに加えて、選択性が高いため、対象物への効率的なエネルギー照射が可能であり、低炭素化社会に向けた優れた技術として大きな注目を浴びている。この技術は、設定温度までの到達時間の短縮化、無駄のない加工が可能で、食品加熱・加工はもとより、絶縁性の高い高分子材料から導電性の高い金属材料に対する加工、粉体材料の加熱加工、セラミックス材料の高速加熱焼成を含め、あらゆる材料のプロセッシングが可能である。さらに近年、電磁波エネルギーの化学反応場への照射が、触媒と等価的な作用や触媒を補助する作用を有することにより、新材料の合成や、従来の化学反応に対する反応時間の劇的な短縮化や生成物の高収率化、高純度化に対する強い期待が寄せられている。さらに、旧来電磁波を用いた加熱を主体としたエネルギー応用では、家庭用電子レンジから工業用誘電加熱装置に対して、広くマグネトロン等の電子管が使用されてきたが、今後は高周波半導体素子の大電力化により、高出力発振器や増幅器の半導体化が進み、これにより電磁波応用システムの周波数、電力共に安定性および制御性が格段に向上し、これまで困難であった電力分布の空間制御や変調を含めた時間的な制御が容易になり、更なる材料プロセッシングから化学反応を含む新技術が加速してゆくと考えられる。本稿では、高周波・マイクロ波を用いた電磁波エネルギーによる被加工物に対するプロセッシング技術の現状と今後の展開について紹介する。

1. はじめに

高周波・マイクロ波エネルギーの応用技術は、誘電損、ジュール損、磁損による発熱を利用した加熱技術^{1)~3)} およびイオン化現象を利用したプラズマ応用技術に分類することができる。高周波・マイクロ波エネルギーにより、設定条件までの到達時間の短縮、無駄のない加工が可能で、電磁波の吸収特性を有するあらゆる材料の加工、絶縁性の高い高分子材料から導電性の高い金属材料に対する加工、粉体材料の加熱加工、セラミックス材料の高速加熱焼成を含め、幅広い電磁気的特性を有する材料のプロセッシングが可能であるのみならず、新材料の合成、化学反応に対して反応時間の短縮化や生成物の高収率化、高純度化に至り、工業・医療・科学分野で新しい応用に拡大・展開している。図1には高周波・マイクロ波の誘電加熱、ジュール損および磁損により発生する自己発熱の応用分野およびイオン化によるプラズマ生成の応用例を示す⁴⁾。特に、高周波・マイクロ波照射による自己発熱を利用した応用分野は、工業加熱分野を中心として、材料プロセス分野、化学分野、薄膜分野、生化学・バイオマス

分野、医療薬品分野そして食品分野等の広範囲に及び、これらを総合する形で自動車分野にも導入されつつある。さらに、化学分野への高周波・マイクロ波エネルギーの応用に加えて、製鉄技術等への応用もめざましい進歩を遂げ期待が寄せられている⁵⁾。高周波・マイクロ波のエネルギー応用はマイクロ波励起された反応場として、今後の基幹産業に変革をもたらす可能性を秘めた技術であるともいわれている。

2. 物質に対する高周波・マイクロ波のエネルギー吸収

被加工物に対する高周波・マイクロ波のプロセッシング応用では、物質である被加工物に対する電磁波エネルギーの吸収がプロセッシング効果を決定する大きな要素となる。

物質に対する高周波・マイクロ波のエネルギー吸収は、物質の損失すなわち、構成する物質の複素誘電率および複素透磁率によって異なる。ここでは等方性媒質として、複素誘電率 ϵ^* および複素透磁率 μ^* を有すると仮定する。