

研 究 主 論 文 抄 録

論文題目      パルスパワーによるめっきプラスチックリサイクルに関する研究  
                  (Study on recycle of metal-plating plastics by pulse power)

熊本大学大学院自然科学研究科      システム情報科学専攻      エネルギーシステム講座  
                  ( 主任指導      秋山 秀典 教授 )

論文提出者      長嶋 貴志  
                  (by Takashi Nagashima)

主論文要旨

20 世紀の経済発展は、人々に物質的な豊かさを与えてきた反面、環境破壊や資源の枯渇などの問題も発生させた。その要因のひとつに、埋立てや焼却処理される電気電子機器廃棄物の急速な増加がある。有益な資源が無駄になるだけでなく、不適切な処理により、周辺地域以外にも、環境に有害な化学物質が排出される危険性がある。そのため、世界各国において、3R (リデュース・リユース・リサイクル) 関連制度の導入の動きが進展しつつある。

日本では 2001 年 4 月より家電リサイクル法が施行されているが、プラスチックのリサイクル率 (再商品化率) は 19.8 % であり、鉄 (92.5 %) や銅 (77.7 %) などの金属類と比べ大幅に低く、循環型社会を形成するにはプラスチックのリサイクル率向上が必要となる。

プラスチックリサイクルの阻害要因として、装飾性や電磁波シールドなどの機能性を付与しためっきプラスチックがある。めっきプラスチックはめっきとプラスチックを分離しなければ、めっきがプラスチックに混入し、物性低下、外観不良が発生するためリサイクルできない。既存装置として、破碎分離や溶剤分離方式があるが、大規模めっき工場向けの大型大量処理装置であり、中小規模の多いリサイクル工場には適さない。したがって、処理能力は低い、小型高効率のめっきはく離装置が必要となる。そこで、パルスパワーの応用技術として、コンデンサ放電回路を用いて、めっきプラスチックにパルスアーク放電を印加し、めっきを瞬間的に溶融気化させ、めっきとプラスチックを分離してリサイクルする検討を行った。

まず始めに、パルスアーク放電にてめっきを溶融気化させ、プラスチックを溶融させずにめっきのはく離が可能であることを実証して、省スペース、めっきはく離装置開発の可能性を見出した。そして、はく離効率へ影響を与える因子として電圧、静電容量を実験的に検討した結果、ジュール熱量の指標として  $I^2T_f$  を提案し、 $I^2T_f$  とはく離面積には高い相関性があることを示した。さらに、電極構造として、対向させた高電圧側、アース側電極の被覆を考案し、はく離効率を 4 倍以上に高めた。この結果、充電電圧 15 kV、静電容量 400 nF、ギャップ長 4 mm、クリアランス (電極とめっきの距離) 2.0 mm でも、1 パルスで電極間のめっきはく離が可能となった。また、安定した連続放電とはく離効率向上のため、放電短絡スイッチ、半導体スイッチ、磁気スイッチを組み合わせた 3 種類の回路を実験的に検討した。その結果、1, 2 次側とも電圧 3 kV で動作させた、

半導体スイッチであるサイリスタを使用した回路が、放電短絡スイッチの約2倍である  $0.79 \text{ mm}^2/\text{J}$  のはく離効率を得られ、小型高効率装置開発の可能性を示した。

次に、はく離効率に影響していると考えているパルスアーク放電による衝撃波の影響を調べるため、銅、ニッケル、クロムの3層めっきの、銅およびニッケル膜厚と充電エネルギーを変化させ、はく離効率へ及ぼすめっき膜熔融気化の影響、さらに、電極材と電極径を変化させ、はく離効率へ及ぼす影響について実験的に検討した。その結果、めっきに注入するエネルギーに最適値はあるが、銅の膜厚増加は衝撃波を大きくする要因となることを示した。また、セラミックチューブを被覆した電極材は抵抗率が高くなるほど、電極径は細くなるほど、はく離面積が拡大し、はく離に作用する衝撃波が大きくなっていることを示した。

さらに上述の回路は、出力電圧が3 kVのため、放電可能なクリアランスが0.6 mm以下と制約がある。そこで、あらかじめ、金属板上で両電極を放電して加熱させ、熱プラズマを生成して、放電可能なクリアランスの制約を緩和できる、予備放電のプロセスを考案し、クリアランスが3.0 mmでも、はく離が可能であることを示した。そして、装置の実用化に向け、ランニングコストに影響する、はく離効率、電極消耗率へ及ぼす電極径、電極材、クリアランスの影響について実験的に検討した。その結果、細い電極はクリアランスを変化させても高いはく離効率を得られ、そして、融点が高く、太い電極は、電極消耗率が低いことを示した。また、パルス繰り返し数増加にともなう、はく離効率への影響は電極材により異なることを示した。さらに、はく離した金属、プラスチックのリサイクル性を検討した結果、金属は銅精錬、ニッケル精錬での処理が適しており、プラスチックはマテリアルリサイクルが可能であることを示した。

以上の結果から、めっきプラスチック処理能力  $15 \text{ kg/h}$ 、設置サイズ  $900 \times 1100 \times 1500 \text{ mm}$ 、消費電力  $2.7 \text{ kw}$  と小型高効率であり、中小規模リサイクルプラントでも使用可能なめっきはく離装置の原型を完成した。