ノート

次世代型二次電池の集電体孔加工における インライン化を可能にするレーザ量産加工機の開発 －たわみ修正機構の開発－

中川　昌幸*　中部　昇**　櫻井　貴文**　長谷川　直樹*　本多　章作*　林　成実***　佐藤　健**

Development of In-line Laser Processing Machine for Micropored Current Collector Foil.
-Development of the Equipment for Leveling Deformed Metal Foil.-

NAKAGAWA Masayuki*, NAKABE Noboru**, SAKURAI Takafumi**, HASEGAWA Naoki*,
HONDA Syosaku*, HAYASHI Narumi*** and SATO Takeshi**

1. 緒　　言

リチウムイオンキャパシタ（以下 LIC）の電極の集電体において正極には Al，負極には Cu の孔開き箔が用いられる。これは，LIC の負極に Li イオンをドープさせる際に，孔開き電極を用いることで，積層された電極とセパレータ間を Li イオンが通過する経路を持たせ，効率的に Li イオンドープを行うためである。また，2 次的な効果として，電解液，電極の局所的な分布を緩和し，局所劣化を抑制する効果が期待される。この集電箔の孔加工は，主にエッチングにより行われるが，通常 100μm 以上の孔径となる。一方で，この孔径が小さいほど Li イオンドープの効率が良く，10μm 以下で最大値をとるという報告[1]がされている。また，著者らは、コインセルにおいて孔径 5μm～20μm の同一開口率の集電箔を用いて抵抗値試験を行った結果，最も孔径の小さい 5μm における抵抗値が最も低くなり，従来の孔開きエッチング箔よりもさらに小さい孔加工を行うことで，高性能化できる可能性を示した。このような孔加工は現段階において，短パルスレーザー加工以外に量産可能な方法は見当たらない。しかし，このような微細孔を一定の開口率で加工する場合，孔径が小さいほど加工孔数は多くなり，レーザー加工においてはショット数が多くなるため，単位面積あたりの加工速度が遅くなる。加工速度を上げるためには，貫通孔加工における 1 ショットのレーザーエネルギーを上げ，レーザーショット数を減らす必要がある。しかし、これは短パルスレーザーの利点であるアブレーション加工から熱加工に遷移する方向となり，加工による熱により，厚み 10μm 程度の金属箔はシワ，たわみが顕著となる。そこで，本研究ではシワ，たわみが生じた金属箔を平坦化することを目的に，コイル材の矯正加工に用いられるレベラー加工を参考にし，より細かい櫛形形状の噛み合わせの間に金属箔を通すことによって平坦化させる方法を発案し，ロールトゥロールで加工する装置に組み込み，実証実験を行った。

*　下越技術支援センター
**　研究開発センター
***　中越技術支援センター

2.　加工ラインにおけるたわみ修正

集電箔のレーザー微細孔加工装置において，たわみ修正機構を図 1 の位置へ組み込んだ。金属箔をコイル材から送り出し，位置決めなどを行ってレーザー加工部により高速微細孔加工を行い，その後，加工熱によるたわみをたわみ修正部で平坦化する。

3.　たわみ修正検討結果

3.1　たわみ修正実験

本研究で扱う金属箔は，厚みが 10μm 程度と非常に薄いため，レベラーで用いるローラーの噛み合わせではなく，微小な櫛形形状の噛み合わせとした。そしてこの櫛形形状表面に摺動性を持たせるため超音波振動を適用した。図 2 にたわみ修正基礎実験の模式図を示す。箔を上下から挟み込むようにして櫛形形状を噛み合わせ，ワーク送りの摩擦抵抗を低減するため，上側の櫛形を超音波により共振させた。テスト加工の一例を図 3 に示す。(a)がレーザー加工後のたわみ修正前，(b）がたわみ修正後の状態である。

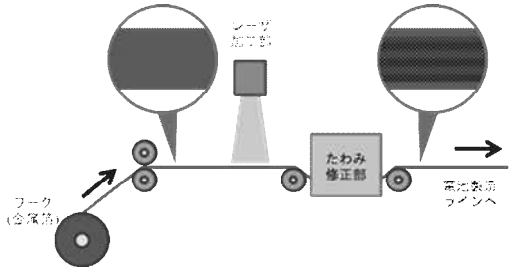


図 1　開発したレーザー微細孔加工装置

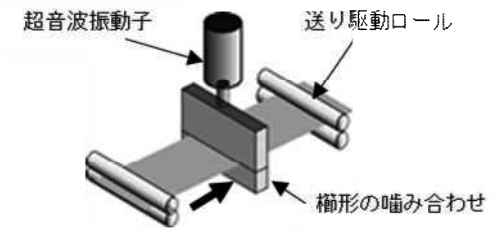
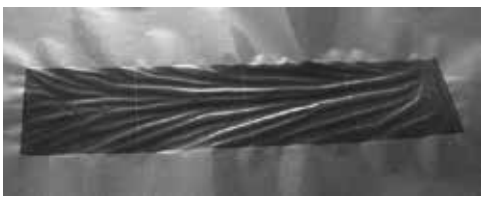


図 2　たわみ修正実験の模式図



(a) 修正前

(b) 修正後

図 3　たわみ修正加工の例

3.2　開発装置への展開

本研究のたわみ修正機構を，開発したレーザー微細孔加工装置に設置し，たわみ修正加工を行った。その様子を図 4 に示す。レーザー加工後に生じたシワ，たわみは，たわみ修正機構を通過する際に平坦化されることが確認された。

図 4　開発装置におけるたわみ修正加工

4.　結　　言

(1) 集電箔のレーザー微細孔加工により，加工熱で生ずるシワ，たわみを修正する方法として，超音波により摺動性を持たせた櫛形の噛み合わせの間に金属箔を通し，連続的に繰り返し屈曲変形を加えることでひずみを均一化し平坦化する方法を提案した。

(2) たわみ修正機構を，レーザー微細孔加工装置に組み込み，レーザー加工によるシワ，たわみが生じた銅箔に対して処理を行い，平坦化効果を確認した。

(3) 提案したたわみ修正方法は，「金属箔シートの加工装置と加工方法」として特許出願を行った。（特願 2016-160676 号）

なお，本研究は，平成 26～28 年度経済産業省戦略的基盤技術高度化支援事業で実施したものである。

参考文献

1) 富士重工業，蓄電デバイス，特開 2011-210995.