

省スペース、高効率エネルギー利用を可能にする電極乾燥技術を紹介

編集部

レーザーによる電極乾燥技術は、従来の対流乾燥技術と比較して、占有面積を半減させるとともにエネルギー効率向上の効果をもたらす。

「名古屋レーザーフォーラム2024」(中部レーザー応用技術研究会主催)が2024年5月22日、名古屋市において開催され、「カーボンニュートラルに貢献するレーザー加工」をテーマに8名の登壇者が講演を行った。独アーヘン工科大(RWTH Aachen)による基調講演をはじめとして、独レーザーライン社(Laserline)、三菱電機、DMG森精機、デンソーなどが最新動向を紹介した。ここではアーヘン工科大バッテリー生産技術グループリーダーのセバスチャン・ウルフ氏(Sebastian Wolf)による基調講演「バッテリー製造におけるレーザー乾燥」をレポートする。

乾燥工程の改善は 大幅な費用対効果をもたらす

今日バッテリーの製造において、エネルギーおよびコストの削減が非常に重要視されている。中でもバッテリー電極の乾燥プロセスは非常にエネルギー消費量が大きく、しかも設備の専用面積が大きい。この現状に対し非常に有望なプロセスとして、ウルフ氏は半導体レーザーベースの乾燥技術を提案した。

電極の製造はミキシング、コーティング、乾燥、カレンダーリング(圧延)、スリッティング、真空乾燥の順で行われる。乾燥の工程はロールツーロールになっており、スピードは35～80m/分で、この工程には80～180℃の空気の対流を利用し、時には100mもの長い距

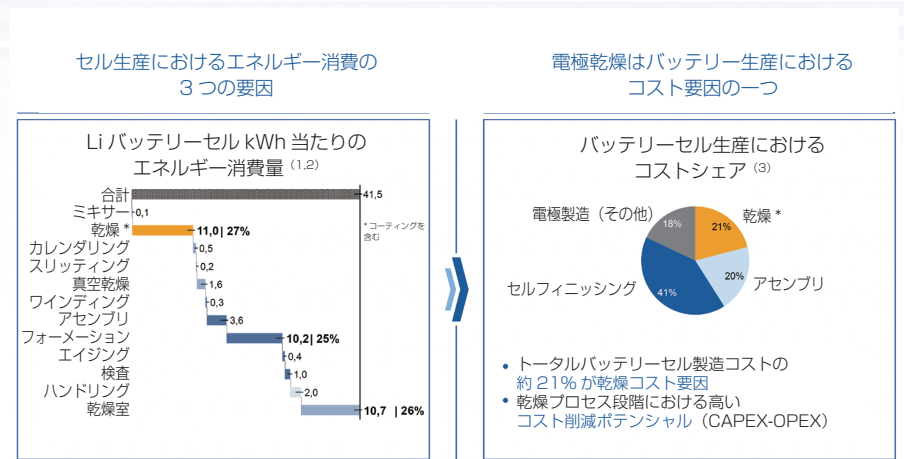


図1 電池セル生産におけるエネルギー消費の内訳およびコスト内訳

離の炉を使い活性材料を乾燥させていく。この方法における課題は主に4つある。1つはエネルギーに天然ガスを使用していることが多く大量の二酸化炭素を排出すること、2つ目は面積コストが非常に大きくなること、3つ目はOPEX(運用維持費)およびCAPEX(設備投資費)に非常に大きなコストがかかること、最後に乾燥が不均一になることによって品質が悪化することである。

図1の左図のように、電極乾燥におけるエネルギー消費は、セル生産全体のうち41.5%を占めている。図1の右図からも、乾燥がセル生産コストの21%を占めている。つまり、乾燥工程を改善することが、エネルギーやコストの改善においては効果的であるといえる。

さまざまな代替方法と その組み合わせ

代表的な乾燥技術としては、対流乾燥、赤外線乾燥、レーザー乾燥、誘導乾燥の4つが挙げられる。レーザー乾燥は高い出力密度と直接入熱を可能にする。加熱速度と乾燥速度の高速化が可能で、エネルギー効率も高い。制御性も優れているが、直列セルの製造技術が確立されていない。赤外線はエネルギー効率がよいなどの特徴があるが、メンテナンスに手間がかかるというデメリットがある。誘導乾燥はまだ研究段階にとどまる。

ウルフ氏らのIDEEL(Implementation of Laser Drying Processes for Economical & Ecological Lithium-Ion Battery Production)プロジェクトでは、レーザーライン社のダイレクト半

導体レーザを用いて、レーザ単体、またはレーザと対流のハイブリッドプラントを構成した。光源には、VCSELも比較しているが、半導体レーザが理想的である。出力クラスは8kWを採用しており、条件によってはより大きな出力クラスが適切となる。順序については、レーザ乾燥を上流、対流乾燥を下流に置くか、またはその逆も可能である。

図2は、ウルフ氏の研究所でプロトタイプとして設置したハイブリッド設備である。ウェブ方向のレーザ照射乾燥幅は17cmとコンパクトで、対流乾燥のゾーン1およびゾーン2へと進む。レーザーライン社の8kW半導体レーザと拡大光学系を用いており、波長は900～1080nmである。ウォールプラグ効率は52%で、ウェブ速度は0.8～4m/秒である。

ハイブリッド方式は対流方式と同等以上の品質

図3は対流、レーザ、および3種類の条件のハイブリッドにおける実験結果である。それによると、現時点ではレーザのみの場合は密着性が若干劣っていることが確認できた。だがハイブリッドにおいては対流と比べて引けを取らない結果となっている。導電性についても同様で、対流に劣ることはない。ハイブリッドは、乾燥時間を60%以上短縮しながら対流と同等の品質を保つことがわかる。

これらの研究を踏まえると、スループットを上げるためには対流乾燥をレーザ乾燥の後ろに配置することが適する。フットプリントを縮小したいのであれば、レーザ乾燥を最初に配置してその後に対流乾燥を設置する。品質を高めたいというのであれば、レーザ乾燥を対流乾燥の後ろに設置すればよ

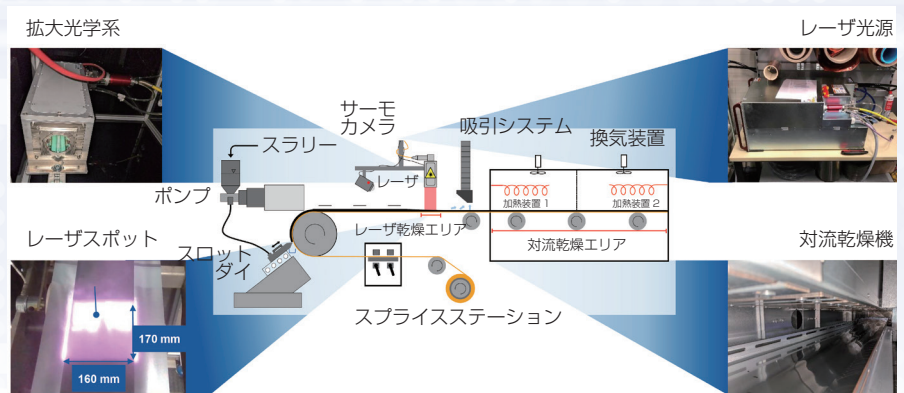


図2 レーザおよび対流乾燥によるハイブリッド密着着式性プラントの概念図

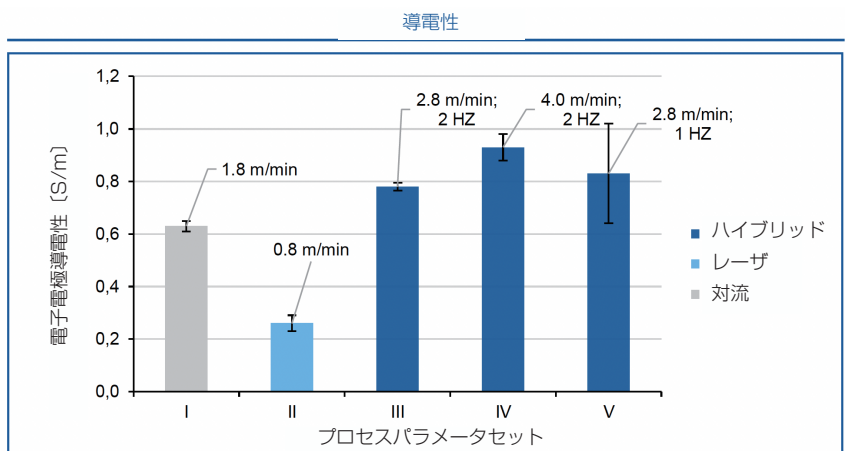
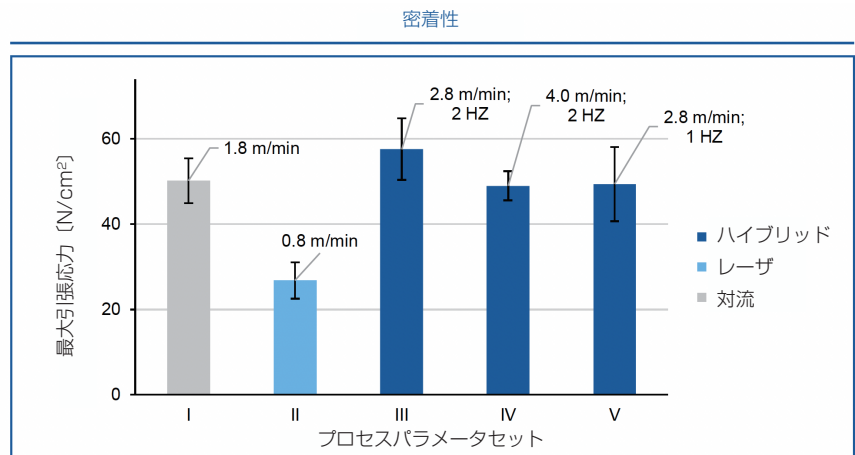


図3 対流、レーザおよびハイブリッド方式における電極品質の比較結果

い。対流式乾燥の上流にレーザを設置する方式であれば、OPEXを最大で30%削減することができる。「プロセスを革新するレーザ乾燥は、エネルギー

効率や専有面積、コスト削減、制御性向上などの面で大幅な改善を促す可能性を秘めている」とウルフ氏はこの点を特に強調した。