

## Verbesserung der Dichte von Kathodenmaterials zur Erhöhung der Energiespeicherung von Lithium-Ionen-Batterien



Perfil Liu

Application Research Lab, Bettersize Instruments Ltd.

**Zusammenfassung:** Die Stampfdichte ist eine von zwei wichtigen physikalischen Eigenschaften von Elektrodenmaterialien und beeinflusst die Energiedichte einer Li-Ionen-Batterie (LIB). Die andere wichtige physikalische Eigenschaft ist die Partikelgrößenverteilung, welche entsprechende Informationen zur Optimierung der Mahlparameter während der Produktion liefert. Eine Verbesserung der Stampfdichte kann auch die hohe Energiedichte bei der LIB-Herstellung optimieren. Daher ist es für den LIB-Hersteller notwendig, im Voraus die optimale und erreichbare Stampfdichte zu bestimmen und dann mit diesem Standardparameter Proben aus dem Prozess während der Produktion zu messen, bis sie mit diesem Standardwert übereinstimmen oder ihr nahe kommen. Die einfach zu bedienende BeDensi T-Pro-Serie ist ein idealer Stampfdichtetester, da es sich um ein wirtschaftliches Gerät handelt, das eine außergewöhnliche Leistung ohne Kompromisse bietet.

**Key words:** Stampfdichte; Klopfdichte; Energiedichte; LIB; LiFePO<sub>4</sub> Material.

### 1. Einführung

Li-Ionen-Batterien (LIB) werden häufig in 3C-Produkten (Computer, Kommunikation und Unterhaltungselektronik) verwendet, die auch als Informationsgeräte bezeichnet werden. Da die 3C-Produkte nicht sehr groß sind, werden sie oft als 3C-Kleingeräte bezeichnet. Wie auf dem Bild in Abbildung 1a zu sehen ist, werden LIB auch in elektronischen Fahrzeugen und stationären Energiespeichersystemen verwendet. LIB wird vor allen anderen verwendet, weil sie die höchste Energiedichte unter den praktischen wieder aufladbaren Batterien hat, wie aus dem Diagramm in Abbildung 1b hervorgeht.

Aufgrund dieser volumenbeschränkten Anwendungen ist die volumetrische Energiedichte einer Batterie ein notwendiger Parameter, der berücksichtigt werden muss. Die volumetrische Energiedichte ist die pro Volumeneinheit gespeicherte Energiemenge und wird üblicherweise in Wattstunden pro Liter (Wh/L) angegeben. Eine Lithium-Ionen-Batterie mit einer höheren volumetrischen Energiedichte speichert mehr Energie als eine Batterie mit einem ähnlichen Volumen und einer geringeren Energiedichte. Außerdem gibt es beim Einbau der LIB in das entsprechende Produkt oft eine Größenbeschränkung, so dass eine kleinere LIB mit

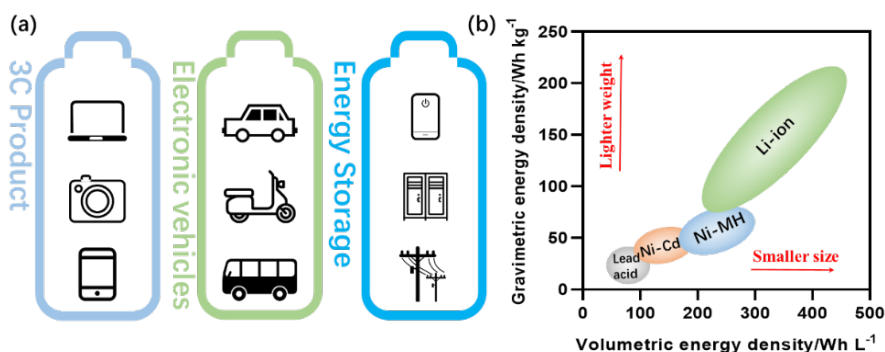


Abbildung 1. Anwendungen von Li-Ionen-Batterien (a) und Energiedichte von wiederaufladbaren Batterien (b)

Tabelle 1. Theoretische und getestete Dichte von Kathodenmaterialien

Kathodenmaterialien	Li (Ni <sub>x</sub> Co <sub>y</sub> Mn <sub>z</sub> )O <sub>2</sub>	LiFePO <sub>4</sub>	LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	LiCoO <sub>2</sub>
Theoretische Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	4.85	3.60	4.31	5.10
Stampfdichte (g/cm <sup>3</sup> )	2.6-2.8	0.80-1.10	2.20-2.40	2.80-3.00

höherer Energiedichte in Systemen mit eingeschränktem Volumen einen eindeutigen Vorteil darstellt. Bisher wurden zwar umfangreiche Studien durchgeführt, um die Energiedichte und die Leistung von LIBs zu erhöhen, aber die erreichte Energiespeicherkapazität reicht immer noch nicht aus, um den wachsenden Marktbedarf zu decken. [1]

Um eine hohe volumetrische Energiedichte zu erreichen, müssen die aktiven Materialien in der LIB-Kathodenelektrode eine hohe Stampfdichte aufweisen. Tabelle 1 zeigt den Unterschied zwischen der theoretischen und der Stampfdichte der aktiven Materialien in einer typischen Kathode. Zu diesen aktiven Materialien gehören LiCoO<sub>2</sub>(LCO), Li (Ni<sub>x</sub>Co<sub>y</sub>Mn<sub>z</sub>)O<sub>2</sub> (NCM), LiFePO<sub>4</sub> (LFP) und LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Im Allgemeinen ist die Stampfdichte eng mit der Partikelgröße, der Partikelgrößenverteilung, der Morphologie usw. verbunden. [2] Es wird davon ausgegangen, dass die Dichte durch Optimierung des Produktionsprozesses verbessert werden kann. Mehrere Parameter können gezielt optimiert werden, z. B. die Aufbereitung des Ausgangsmaterials, die Kalzinierung und das Mahlen. Die aktiven Kathodenmaterialien werden mit einem Bindemittel oder Leitmittel gemischt und auf einen Aluminiumkollektor aufgebracht, gefolgt von einer Walzenpressung. Die Packungsdichte der Elektroden wird verbessert, um mehr Energie im gleichen Volumen zu speichern.

Die Mahldauer hat einen direkten Einfluss auf die Partikelgrößenverteilung (PSD) der Kathodenpulvermaterialien. Die PSD hat einen großen

Einfluss auf die Stampfdichte. Das Hauptziel dieses Anwendungsberichts war es, die Beziehung zwischen der PSD und der Stampfdichte von LIB-Kathodenmaterialien zu untersuchen.

## 2. Experimentelles

Die Stampfdichten von zwei LiFePO<sub>4</sub>- Proben (LFP), die mit unterschiedlichen Mahlzeiten hergestellt wurden, wurden mit dem BeDensi T2 mit zwei Arbeitsstationen charakterisiert. Die Experimente wurden in Übereinstimmung mit der Norm ASTM B527-20 durchgeführt, wobei jeweils 50 g Probe in den Zylinder gegossen wurden. [Die Stampfhöhe betrug 3 mm, die TAP-geschwindigkeit 200 TAPs/min und die Gesamtmesszeit 8 Minuten. Die Partikelgrößenverteilung der Proben wurde in weniger als einer Minute mittels Laserbeugung mit dem Bettersizer ST gemessen.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Stampfdichte

Abbildung 2a zeigt, dass das Stampfvolumen von LFP-1- und LFP-2-Pulver 55,5 ml bzw. 46,0 ml beträgt, die Stampfdichte für LFP-1 0,89 (g/cm<sup>3</sup>) und für LFP-2 1,08 (g/cm<sup>3</sup>) beträgt. In Abbildung 2b sind für jede Probe 10 Wiederholungen angegeben, was bestätigt, dass die Testergebnisse in hohem Maße wiederholbar sind. Es gibt drei Gründe für die genauen und wiederholbaren Ergebnisse: a) die Prüfmethode entspricht der Norm ASTM B527-20, b) das Prüfgerät verfügt

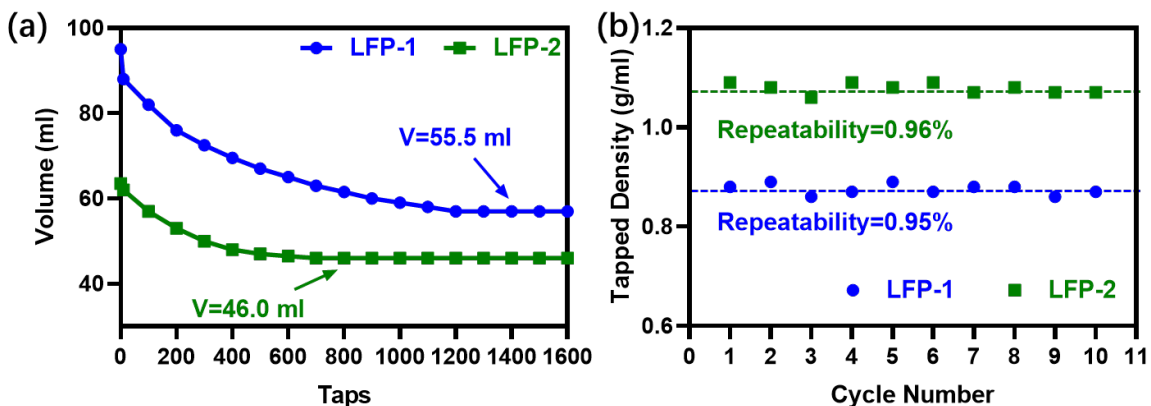


Abbildung 2. (a) Änderung des Probenvolumens während der Messung (b) 10 Wiederholungsmessungen zur Ermittlung der Stampfdichte

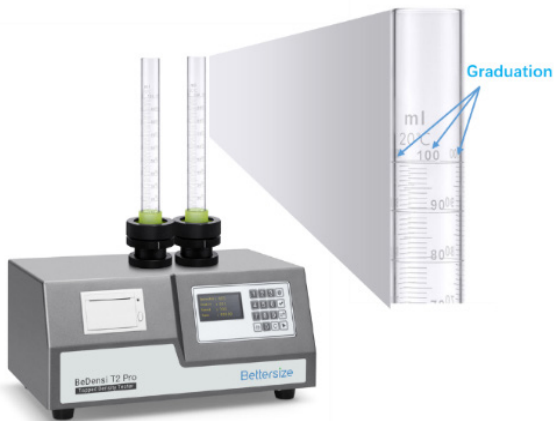


Abbildung 3. Das BeDensi T2 Pro mit der einfach abzulesenden Zylindergraduierung

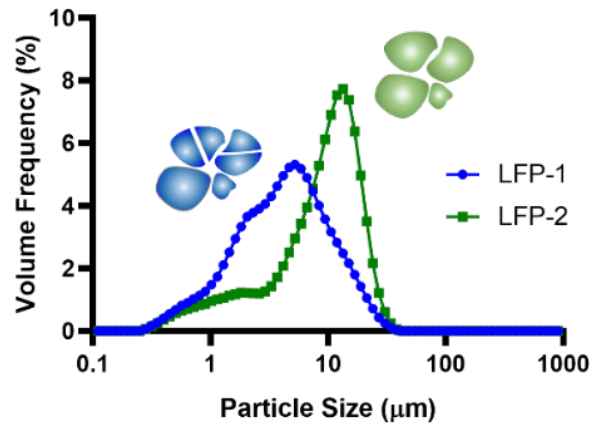


Abbildung 4. Die PSD der beiden Proben erstreckt sich jeweils von 0.3 bis 38 µm

Tabelle 2. Ergebnisse der Partikelgrößenmessungen

Probe	$D_{\min}$ (µm)	$D_{10}$ (µm)	$D_{50}$ (µm)	$D_{90}$ (µm)	$D_{\max}$ (µm)
LFP-1	0.28	1.10	4.08	12.21	38.41
LFP-2	0.28	1.46	9.21	18.07	38.41

über eine Vorrichtung, die den Zylinder dreht, um eine mögliche Trennung der Masse während des Klopfens zu minimieren, c) die Zylinder sind graduiert und werden aus drei verschiedenen Winkeln abgelesen, wie in Abbildung 3 dargestellt, und dann wird ein Mittelwert aus allen drei Ablesungen ermittelt, um einen Durchschnittswert zu bestimmen, der zur Berechnung der Klopfdichte verwendet wird.

### 3.2 Partikelgrößenverteilung (PSD)

Nach den Messungen der Stampfdichte wurden die Partikelgrößenverteilungen (PSD) der beiden LFP untersucht. Die in Abbildung 4 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die PSDs beider Proben den gleichen Gesamtbereich von 0,3 bis 38 µm aufweisen, während der  $D_{50}$ -Wert für LFP-2 9,21 µm beträgt, verglichen mit 4,08 µm für LFP-1.

Beide Proben haben also Partikel im gleichen PSD-Bereich, wobei der  $D_{50}$ -Wert von LFP-1 kleiner ist als der von LFP-2, was zu einer niedrigeren Klopfdichte führt. Ying et al. berichteten, dass die Stampfdichte umso niedriger ist, je kleiner die durchschnittliche Partikelgröße ist. [4] In diesem Fall führt eine Verlängerung der Mahldauer zu einer Verringerung der Partikelgröße, wie in Abbildung 4 bei LFP-1 dargestellt. Die daraus resultierende Verringerung der Größe führt zu einer geringeren Dichte, die ein größeres Volumen in diesen Proben einnimmt. Um die Beziehung zwischen Stampfdichte und PSD zu verstehen, sind der Stampfdichtetester und der Laserbeugungsanalysator

notwendig, um den Produktionsprozess zu optimieren und qualitativ hochwertige LIBs herzustellen.

## 4. Fazit

Die Ergebnisse des BeDensi T Pro bestätigen, dass die optimale Stampfdichte durch Abstimmung der Partikelgrößenverteilung erreicht wurde. Als eine der wichtigsten Eigenschaften des Kathodenelektrodenmaterials sollte die Stampfdichte während des Vorbereitungsprozesses verbessert werden, damit die Li-Ionen-Batterie mehr Energie im gleichen Volumen des Materials speichern kann. Daher ist es für LIB-Hersteller notwendig, ein einfach zu bedienendes und hocheffizientes Prüfgerät für die Stampfdichte einzusetzen, um die Stampfdichte der Elektrodenmaterialien in kürzester Zeit zu charakterisieren. Die BeDensi T Pro-Serie eignet sich ideal für die Messung von Elektrodenmaterialien in der Forschung, in der Entwicklungsphase und bei der Produktionskontrolle.

## 5. Literatur

- [1] El Kharbachi, A., et al. Exploits, advances and challenges benefiting beyond Li-ion battery technologies. *J. Alloys Compd.*, 817 (2020)
- [2] Yang, S., et al. High Tap Density Spherical  $\text{Li}[\text{Ni}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{Co}_{0.2}]$   $\text{O}_2$  Cathode Material Synthesized via Continuous Hydroxide Coprecipitation Method for Advanced Lithium-Ion Batteries. *Int. J. Electrochem.*, 9 (2012).

[3] ASTM B527-20 Standard: Test Method for Tap Density of Metal Powders and Compounds.

[4] Ying J, et al. Preparation and characterization of high-density spherical  $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$  cathode material for lithium secondary batteries. *J. Power Sources*, 99 (2001)

**Bettersize**  
BETTER PARTICLE SIZE SOLUTIONS

**Bettersize Instruments Ltd.**

**Website:** <https://www.bettersizeinstruments.com>

**Email:** [info@bettersize.com](mailto:info@bettersize.com)

**Address:** No. 9, Ganquan Road, Lingang Industrial Park, Dandong, Liaoning, China

**Postcode:** 118009

**Tel:** +86-415-6163800

**Fax:** +86-415-6170645

Download Our Application Notes:



Visit Our BeDensi T Pro Series Site:

