

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 51066/2020
(22) Anmeldetag: 09.12.2020
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2022

(51) Int. Cl.: **H01M 10/42** (2006.01)
G01R 31/36 (2020.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2015194441 A1
JP 2019185893 A
LIU, Binghe; YIN, Sha; XU, Jun. Integrated computation model of lithium-ion battery subject to nail penetration. Applied Energy, 2016, 183. Jg., S. 278-289. (2016-09-16)

(73) Patentinhaber:
Technische Universität Graz
8010 Graz (AT)

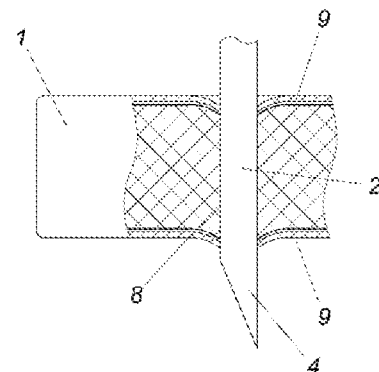
(72) Erfinder:
Gstrein Gregor Dipl.Ing. Dr.
8302 Nestelbach bei Graz (AT)
Aiello Luigi MSc
8010 Graz (AT)
Kovachev Georgi MSc
8010 Graz (AT)
Sinz Wolfgang Dipl.Ing. Dr.
8010 Graz (AT)
Ellersdorfer Christian Dipl.Ing. Dr.
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Hübscher & Partner Patentanwälte GmbH
4020 Linz (AT)

(54) Impaktor zum Prüfen von Batteriezellen

(57) Es wird ein Impaktor zum Prüfen von Batteriezellen (1) mit einem Eindringabschnitt (2) und einer in Eindringrichtung (3) an den Eindringabschnitt (2) anschließenden Eindringsspitze (4) beschrieben. Um einen Impaktor der eingangs geschilderten Art so auszugestalten, dass bei geringstmöglicher Verformung der Batteriezelle und trotz größtmöglicher Biegesteifigkeit des Impaktors die Wahrscheinlichkeit auf einen gezielten Kurzschluss maximiert wird, wird vorgeschlagen, dass im Querschnitt (5) des Eindringabschnitts (2) das Verhältnis zwischen der freien Querschnittsfläche (7) und der Fläche des kleinsten einhüllenden Kreises (6) wenigstens 15/16 beträgt.

FIG.1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Impaktor zum Prüfen von Batteriezellen mit einem Eindringabschnitt und einer in Eindringrichtung an den Eindringabschnitt anschließenden Eindringsspitze.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Impaktoren zum Prüfen von Batteriezellen mittels eines Nagelpenetrationstests bekannt. Bei diesen Nagelpenetrationstests wird durch das Eindringen des Impaktors in die Batterie gezielt ein Kurzschluss herbeigeführt. Ferner ist bekannt, über verschiedene Geometrien des Impaktors die Chance auf einen gezielten Kurzschluss zu erhöhen, da die Geometrie einerseits die Biegesteifigkeit des Impaktors beim Durchdringen des Batteriemantels, als auch die reaktive Oberfläche zur Erzeugung des Kurzschlusses beeinflusst. So zeigt beispielsweise die WO2018181704A1 Impaktoren mit verschiedenen Spitzengeometrien und möglichen Querschnitten.

[0003] Nachteilig am Stand der Technik ist allerdings, dass auch mit optimierten Geometrien der Durchmesser des Impaktors aufgrund der Festigkeit der typischerweise verwendeten Materialien nicht beliebig klein gehalten werden kann, da sich der Impaktor sonst bei Kontakt mit dem Batteriemantel verformt. Geometrien, die die Biegesteifigkeit erhöhen führen allerdings oft dazu, dass der die Kathode und die Anode räumlich trennende Separatorschicht der Batteriezelle zumindest teilweise mit in das Innere der Batteriezelle gezogen wird und so die Erzeugung des gezielten Kurzschlusses behindert.

[0004] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, einen Impaktor so auszugestalten, dass bei geringstmöglicher Verformung der Batteriezelle und trotz größtmöglicher Biegesteifigkeit des Impaktors die Wahrscheinlichkeit auf einen gezielten Kurzschluss maximiert wird.

[0005] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, dass im Querschnitt des Eindringabschnitts das Verhältnis zwischen der freien Querschnittsfläche und der Fläche des kleinsten einhüllenden Kreises wenigstens $15/16$ beträgt. Dabei ist der Kreis mit der kleinsten Fläche, der den Querschnitt des Eindringabschnitts vollständig einschließt, der kleinste einhüllende Kreis. Die freie Querschnittsfläche ist dabei die Fläche des kleinsten einhüllenden Kreises abzüglich der Querschnittsfläche des Impaktors im Eindringabschnitt, wobei freie Querschnittsfläche und der kleinste einhüllende Kreis in einer Ebene liegen. Dadurch liegt das Verhältnis der Fläche des kleinsten einhüllenden Kreises zur Querschnittsfläche des Impaktors im Eindringabschnitt nicht bei ca. 1 wie im Stand der Technik, sondern deutlich darunter. Diese Flächenverhältnisse resultieren in Impaktorgeometrien mit Eindringabschnitten großer Oberfläche in Eindringrichtung, so dass die Wahrscheinlichkeit für einen gezielten Kurzschluss erhöht wird. Gleichzeitig ist dadurch die Querschnittsfläche des Impaktors im Eindringabschnitt hinreichend klein, um beim Nagelpenetrationstest bei gegebener Kraft gezielt hohen Druck auf die Batteriezelle auszuüben. Dadurch können Verformungen der Batteriezelle beim Durchstoßen des Batteriezellenmantels, und damit eine Verformung der Separatorschicht, minimiert werden.

[0006] Die Querschnittsoberfläche des Impaktors im Eindringbereich kann nicht beliebig erhöht werden, um die Wahrscheinlichkeit eines gezielten Kurzschlusses zu erhöhen, da dies in Impaktorgeometrien mit extrem dünnwandigen Eindringsspitzen resultieren würde. Dies würde folglich in Impaktoren mit geringer Biegesteifigkeit resultieren. Um die reaktive Oberfläche des Impaktors zu maximieren, ohne seine Biegesteifigkeit wesentlich zu verschlechtern, wird daher vorgeschlagen, dass das Verhältnis zwischen der freien Querschnittsfläche und des kleinsten einhüllenden Kreises höchstens $79/80$ beträgt. Dadurch können insbesondere Batterietypen effizient getestet werden, bei denen sich der Batteriezellenmantel leicht durchdringen, aber nur schwer ein gezielter Kurzschluss einleiten lässt.

[0007] Die erforderliche Biegesteifigkeit des Impaktors kann gesenkt und die Verformung der Batteriezelle beim Nagelpenetrationstest zusätzlich verringert werden, wenn der Eindringabschnitt Schneidwände umfasst, deren Wandstärke im Querschnitt des Eindringabschnitts höchstens $1/4$ des Radius des kleinsten einhüllenden Kreises ist. Durch die Schneidwände bewirkt der

beim Nagelpenetrationstest ausgeübte Druck gezielter eine kontrollierte, lokale Öffnung des Batteriezellenmantels, was in einer wesentlich niedrigeren Verformung des Batteriezellenmantels und der Separatorschicht resultiert. Durch die gezieltere, kontrollierte Öffnung des Batteriezellenmantels können die Anforderungen an die Biegesteifigkeit des Impaktors gesenkt werden, weil die mechanische Belastung des Impaktors wesentlich geringer ist. Dies ermöglicht beispielsweise die Verwendung dünnerer Impaktoren oder weicherer Materialien. Versuche haben dabei gezeigt, dass bei üblichen Impaktormaterialien eine Wandstärke im Querschnitt des Eindringabschnitts von höchstens $1/4$ des Radius des kleinsten einhüllenden Kreises sowohl ausreichende Schneidwirkung als auch mechanische Stabilität ermöglicht.

[0008] Die Robustheit und Wiederverwendbarkeit des Impaktors kann trotz etwaiger Schneiden und einer dünnwandigen Ausführung erhöht werden, wenn der Impaktor ein geschlossenes Hohlprofil im Bereich des Eindringabschnitts aufweist. Aufgrund der sich dadurch durchgängig ausbildenden Außenwand, erhöht sich die mechanische Widerstandsfähigkeit gegenüber Verformungen besonders gegenüber quer zur Eindringrichtung wirkenden Kräften. Dies erhöht die Wiederverwendbarkeit des Impaktors und erhöht so die Vergleichbarkeit von Messungen.

[0009] Besonders einfache konstruktive Maßnahmen in Kombination mit großer Biegesteifigkeit ergeben sich, wenn der Impaktor einen im Bereich des Eindringabschnitts kreuzförmigen Querschnitt mit quer zueinander verlaufenden Balken aufweist. So können die erforderlichen Flächenverhältnisse ohne geometrisch komplexe Querschnitte des Impaktors im Eindringabschnitt umgesetzt werden. Die im Eindringabschnitt kreuzförmig mit zueinander quer verlaufenden Balken ermöglichen eine isotrope Biegesteifigkeit sowie eine weitere Erhöhung der reaktiven Oberfläche. Der Impaktor kann auch in diesem Fall im Bereich des Eindringabschnitts ein Hohlprofil sein, oder aber bei geringer Wandstärke auch als Vollprofil ausgeführt sein.

[0010] Der Batteriezellenmantel kann im Rahmen eines Nagelpenetrationstests präziser geöffnet und dabei die mechanische Belastung auf den Impaktor weiter gesenkt werden, wenn die Eindringspitze an ihrer Basis einen mit dem Eindringabschnitt übereinstimmenden Querschnitt aufweist und in Eindringrichtung schräg unter Vergrößerung der freien Querschnittsfläche geschnitten ist. Dadurch bildet der Impaktor eine gegenüber dem Eindringabschnitt vorragende Spitze und/oder Schneide aus, wodurch die auf den Impaktor applizierte Kraft unter hohem Druck auf den Batteriezellenmantel übertragen wird und so etwaige Verformungen des Batteriezellenmantels und/oder des Impaktors minimiert. Dies senkt zusätzlich die Anforderungen an die Biegesteifigkeit des Impaktors, weil die mechanische Belastung des Impaktors geringer ist.

[0011] Um den Nagelpenetrationstest material- und energiesparender durchzuführen, wird vorgeschlagen, dass der Impaktor einen im Eindringabschnitt gleichbleibenden Querschnitt aufweist. Dadurch werden unerwünschte Kräfte, hervorgerufen durch eine Querschnittsänderung des Impaktors, verringert und folglich nach dem Eindringen unerwünschte Relativbewegungen zwischen Impaktor und Batteriezelle vermindert. Dies verringert Verformungen am Impaktor und am Batteriezellenmantel und senkt die für die gegebene Eindringtiefe benötigte kinetische Energie und erhöht zusätzlich die Wiederverwendbarkeit des Impaktors.

[0012] In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand beispielsweise dargestellt. Es zeigen

[0013] Fig. 1 einen Schnitt durch einen erfindungsgemäßen Impaktor und eine Batteriezelle nach dem Nagelpenetrationstest und

[0014] Fig. 2 bis Fig 5 die Querschnitte der Eindringabschnitte und Seitenansichten der Eindringabschnitte und der Eindringspitzen verschiedener Ausführungsformen erfindungsgemäßer Impaktoren mit unterschiedlichen Impaktorgeometrien in einem vergrößerten Maßstab.

[0015] Ein erfindungsgemäßer Impaktor zum Prüfen von Batteriezellen 1 weist einen Eindringabschnitt 2 auf, der den Teil des Impaktors umfasst, der beim Nagelpenetrationstest in die Batteriezelle 1 eindringt. An den Eindringabschnitt 2 schließt die Eindringspitze 4 an, die sich vom Eindringabschnitt 2 ausgehend in Eindringrichtung 3 zum Ende des Impaktors verjüngt und dadurch eine Schneide oder Spitze bildet. Der Querschnitt 5 des Impaktors im Eindringabschnitt

2 lässt sich von einem Kreis 6 mit kleinstmöglicher Fläche einhüllen. Subtrahiert man die Fläche des Querschnitts 5 von der Fläche des kleinsten einhüllenden Kreises 6, so ergibt sich die freie Querschnittsfläche 7. Um gleichermaßen die für den Nagelpenetrationstest erforderliche Biegesteifigkeit, ein einfaches Eindringen in die Batteriezelle 1 und eine ausreichend große reaktive Oberfläche des Impaktors in Eindringrichtung 3 zur Erzeugung eines kontrollierten Kurzschlusses aufzuweisen, beträgt das Verhältnis zwischen der freien Querschnittsfläche 7 und dem kleinsten einhüllenden Kreis 6 zwischen 15/16 und 79/80.

[0016] Die Wände des Impaktors können Schneidwände 8 ausbilden, um die Batteriezelle 1 beim Nagelpenetrationstest leichter zu öffnen und die mechanische Beanspruchung des Impaktors zu reduzieren. Dies ermöglicht auch die einfachere Durchdringung der Separatorschicht 9, wie insbesondere der Fig. 1 zu entnehmen ist. Fig. 2 zeigt einen erfindungsgemäßen Impaktor mit einem kreisförmigen Hohlprofil im Bereich des Eindringabschnitts 2. Die freie Querschnittsfläche 7 steht insbesondere im Fall eines kreisförmigen Hohlprofils mit dem kleinsten einhüllenden Kreis 6 in einem Flächenverhältnis von 15/16 bis 19/20. Fig. 3 zeigt einen erfindungsgemäßen Impaktor mit quadratischem Hohlprofil im Bereich des Eindringabschnitts 2, wobei insbesondere bei einem quadratischen Hohlprofil im Bereich des Eindringabschnitts 2 das Verhältnis zwischen der freien Querschnittsfläche 7 und dem kleinsten einhüllenden Kreis 6 zwischen 39/40 und 79/80, insbesondere bei 77/78 liegt. Fig. 4 zeigt einen erfindungsgemäßen Impaktor mit einem dreieckigen Hohlprofil im Bereich des Eindringabschnitts 2, wobei insbesondere bei einem dreieckigen Hohlprofil das Verhältnis zwischen der freien Querschnittsfläche 7 und dem kleinsten einhüllenden Kreis 6 zwischen 17/18 und 37/38, insbesondere bei 22/23 liegt. Der Querschnitt 5 des Impaktors im Eindringabschnitt 2 wird dabei von einem Kreis 6 mit kleinstmöglicher Fläche vollständig eingehüllt, wobei sich die freie Querschnittsfläche 7 als Differenz zwischen der Fläche des kleinsten einhüllenden Kreises 6 und des Querschnitts 5 berechnen lässt. Fig. 5 zeigt einen erfindungsgemäßen Impaktor mit kreuzförmigem Querschnitt 5 im Bereich des Eindringabschnitts 2, wobei insbesondere bei einem kreuzförmigen Profil das Verhältnis zwischen der freien Querschnittsfläche 7 und dem kleinsten einhüllenden Kreis 6 zwischen 19/20 und 39/40, insbesondere bei 24/25 liegt. Dabei ist anzumerken, dass auch ein kreuzförmiger Impaktor ein Hohlprofil aufweisen kann.

Patentansprüche

1. Impaktor zum Prüfen von Batteriezellen (1) mit einem Eindringabschnitt (2) und einer in Eindringrichtung (3) an den Eindringabschnitt (2) anschließenden Eindring Spitze (4), **dadurch gekennzeichnet**, dass im Querschnitt (5) des Eindringabschnitts (2) das Verhältnis zwischen der freien Querschnittsfläche (7) und der Fläche des kleinsten einhüllenden Kreises (6) wenigstens 15/16 beträgt.
2. Impaktor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis zwischen der freien Querschnittsfläche (7) und der Fläche des kleinsten einhüllenden Kreises (6) höchstens 79/80 beträgt.
3. Impaktor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Eindringabschnitt (2) Schneidwände (8) umfasst, deren Wandstärke im Querschnitt (5) des Eindringabschnitts (2) höchstens 1/4 des Radius des kleinsten einhüllenden Kreises (6) ist.
4. Impaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **gekennzeichnet durch** ein geschlossenes Hohlprofil im Bereich des Eindringabschnitts (2).
5. Impaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **gekennzeichnet durch** einen im Bereich des Eindringabschnitts (2) kreuzförmigen Querschnitt (5) mit quer zueinander verlaufenden Balken.
6. Impaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass, die Eindring Spitze (4) an ihrer Basis einen mit dem Eindringabschnitt (2) übereinstimmenden Querschnitt (5) aufweist und in Eindringrichtung (3) schräg unter Vergrößerung der freien Querschnittsfläche (7) geschnitten ist.
7. Impaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **gekennzeichnet durch** einen im Eindringabschnitt (2) gleichbleibenden Querschnitt (5).

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

