(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. Oktober 2020 (29.10.2020)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/216491 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01M 4/04 (2006.01) *H01M 4/62* (2006.01)
H01M 4/139 (2010.01) *H01M 10/0525* (2010.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/053597

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Februar 2020 (12.02.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 205 825.6
24. April 2019 (24.04.2019) DE

(71) Anmelder: **VOLKSWAGEN AG** [DE/DE]; Berliner Ring 2, 38440 Wolfsburg (DE).

(72) Erfinder: **DREGER, Henning**; Grünewaldstr. 1, 38104 Braunschweig (DE).

(74) Anwalt: **FDST PATENTANWÄLTE**; Nordostpark 16, 90411 Nürnberg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) **Title:** METHOD FOR PRODUCING A BATTERY

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER BATTERIE

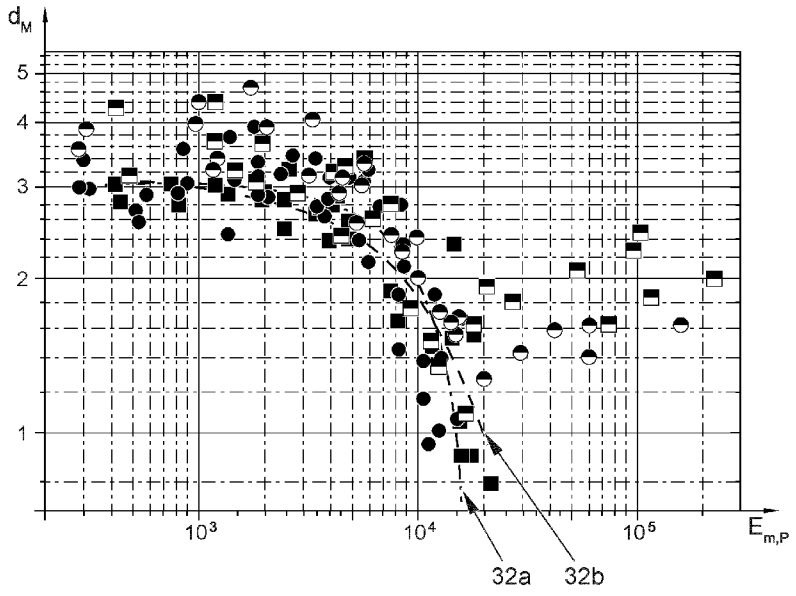


FIG. 5

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing batteries in which a suspension (12) with a variable product parameter (14) is extruded in an extrusion process by means of an extruder (6) as an electrode paste (4), in which method a number of extrusion parameters (SK, G_E, c_m, n, V, t, p, T, γ, f) of the extrusion process is determined, an extruder-specific stress model (16) is calculated on the basis of the extrusion parameters (SK, g_E, c_m, n, V, t, p, τ, γ, f), and the extrusion process is controlled and/or regulated on the basis of the stress model (16).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Batterien, bei welchem eine Suspension (12) mit

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2020/216491 A1

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

einem veränderbaren Produktparameter (14) in einem Extrusionsprozess mittels eines Extruders (6) als Elektrodenpaste (4) extrudiert wird, bei welchem eine Anzahl von Extrusionsparametern (SK, G_E, c_m, n, V, t, p, T, γ, f) des Extrusionsprozesses bestimmt werden, bei welchem anhand der Extrusionsparameter (SK, g_E, c_m, n, V, t, p, τ, γ, f) ein extruderspezifisches Beanspruchungsmodell (16) berechnet wird, und bei welchem der Extrusionsprozess anhand des Beanspruchungsmodells (16) gesteuert und/oder geregelt wird.

Beschreibung

Verfahren zur Herstellung einer Batterie

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Batterie, bei welchem eine Suspension in einem Extrusionsprozess mittels eines Extruders als Elektrodenpaste extrudiert wird. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens sowie eine nach dem Verfahren hergestellte Batterie.

Elektrisch antreibbare oder angetriebene Kraftfahrzeuge, wie beispielsweise Elektro- oder Hybridfahrzeuge, weisen typischerweise einen Elektromotor als Antriebsmaschine auf, welcher zur Versorgung mit elektrischer Energie an einen fahrzeuginternen elektrischen (Hochvolt-)Energiespeicher gekoppelt ist. Derartige Energiespeicher sind beispielsweise in Form von (Fahrzeug-)Batterien ausgeführt.

Unter einer elektrochemischen Batterie ist hierbei insbesondere eine sogenannte sekundäre Batterie (Sekundärbatterie) des Kraftfahrzeugs zu verstehen, bei welcher eine verbrauchte chemische Energie mittels eines elektrischen (Auf-)Ladevorgangs wiederherstellbar ist. Derartige Batterien sind insbesondere als elektrochemische Akkumulatoren, beispielsweise als Lithium-Ionen-Akkumulatoren, ausgeführt. Zur Erzeugung oder Bereitstellung einer ausreichend hohen Betriebsspannung weisen solche Batterien typischerweise mehrere einzelne Batteriezellen auf, welche modular verschaltet sind.

Batterien der genannten Art weisen auf einer Batteriezellebene eine Kathode und eine Anode sowie einen Separator und einen Elektrolyten auf. Die Elektroden, also die Anode sowie die Kathode, sind aus einem jeweiligen Elektroden-Aktivmaterial hergestellt. Das Elektroden-Aktivmaterial ist hierbei Voraussetzung für

eine leistungsstarke Batterie. Zur Verbesserung der elektrischen Eigenschaften sind die Elektroden-Aktivmaterialien häufig mit Leitpartikeln als Leitadditiv versetzt. Kohlenstoffbasierte Leitpartikel, beispielsweise ein Leitruß oder ein Leitgraphit, sind aufgrund ihrer hohen Leitfähigkeit ein wichtiger Bestandteil von Lithium-Ionen-Batterien, welche den Elektrodenwiderstand, und somit den Innenwiderstand der Batterie, reduzieren.

Nachteiligerweise ist für die Produktion von elektrisch angetriebenen oder antreibbaren Kraftfahrzeugen, insbesondere für die dafür verwendeten Batterien, ein hoher Energiebedarf notwendig. Daher ist es wünschenswert, den Energiebedarf und den Aufwand für die Herstellung der Batterien größtmöglich zu reduzieren.

Zur Herstellung von Batterien sind Extrusionsverfahren möglich, bei welchen die Elektroden der Batteriezellen aus einer plastischen Masse hergestellt werden, welche aus einem Düsenelement gepresst wird. Durch die Integration eines kontinuierlichen Extrusionsprozesses in die Lithium-Ionen-Batteriezellfertigung ist es aufgrund der hohen Effizienz des Mischprozesses möglich, die Prozesszeit und den Energiebedarf bei der Herstellung von Batterien deutlich zu reduzieren. Die Elektroden der Batterie bzw. der Batteriezellen werden hierbei mittels extrudierten Elektrodenpasten hergestellt, wobei die Pastenqualität über spezifische Kriterien oder Produktkenngrößen bestimmt ist, beispielsweise über eine Partikelgröße der Leitpartikel. Die Elektrodenpasten werden anschließend beispielsweise auf einen jeweiligen Stromableiter, insbesondere auf eine Kupfer- oder Aluminiumfolie, aufgetragen.

Die Regelung und/oder Steuerung eines kontinuierlich betriebenen Extruders, also die Regelung und/oder Steuerung dessen Extrusions- oder Betriebsparameter, für die Herstellung von Elektrodenpasten für Lithium-Ionen-Batterien wird bisher manuell und nach Probennahme und Analyse der Elektrodenpaste vorgenommen. Mit anderen Worten werden Maschinenparameter, wie beispielsweise die Drehzahl oder der Massen- oder Volumenstrom des Extruders, lediglich manuell geregelt und/oder eingestellt. Dadurch liegt ein geringer Automatisierungsgrad vor,

wodurch verschlechterte Reaktionszeiten und ein erhöhter Ausschuss gegeben ist, welcher die Prozessfähigkeit bei der Herstellung von Batterien nachteilig beeinflusst.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein besonders geeignetes Verfahren zur Herstellung einer Batterie anzugeben. Insbesondere soll ein möglichst effektiver und automatisierter Extrusionsprozess ermöglicht werden. Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, eine besonders geeignete Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, sowie eine nach einem solchen Verfahren hergestellte Batterie anzugeben.

Hinsichtlich des Verfahrens wird die Aufgabe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und hinsichtlich der Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 9 sowie hinsichtlich der Batterie mit den Merkmalen des Anspruchs 10 erfindungsgemäß gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche. Die im Hinblick auf das Verfahren angeführten Vorteile und Ausgestaltungen sind sinngemäß auch auf den Extruder sowie die Batterie übertragbar und umgekehrt.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist zur Herstellung von Batterien, insbesondere zur Herstellung von Lithium-Ionen-Batteriezellen, geeignet und ausgestaltet. Verfahrensgemäß wird eine Suspension mit einem veränderbaren Produktparameter in einem Extrusionsprozess mittels eines Extruders als Elektrodenpaste extrudiert, also im Wesentlichen kontinuierlich hergestellt. Unter einer Elektrodenpaste ist hierbei das Extrudat, also das extrudierte Komposit der Suspension zu verstehen. Die Suspension ist im Wesentlichen eine Feststoffzusammensetzung aus einem Elektroden-Aktivmaterial und einem Binder (Bindemittel), wobei zusätzliche Leitadditive beigesetzt sein können.

In einem ersten Verfahrensschritt werden eine Anzahl von Extrusionsparametern als Betriebs- oder Maschinenenparameter des Extrusionsprozesses beziehungsweise des Extruders bestimmt. Anhand dieser Extrusionsparameter wird in einem

darauffolgenden Verfahrensschritt ein extruderspezifisches Beanspruchungsmodell berechnet.
Anschließend wird der Extrusionsprozess anhand des hinterlegten Beanspruchungsmodells gesteuert und/oder geregelt. Die Konjunktion „und/oder“ ist hier und im Folgenden derart zu verstehen, dass die mittels dieser Konjunktion verknüpften Merkmale sowohl gemeinsam als auch als Alternativen zueinander ausgebildet sein können. Dies bedeutet, dass der Extruder beziehungsweise dessen Extrusionsparameter im Betrieb automatisch und vorzugsweise fortlaufend oder kontinuierlich mittels des berechneten Beanspruchungsmodells, insbesondere hinsichtlich des Produktparameters, gesteuert und/oder geregelt werden. Dadurch ist ein besonders geeignetes Verfahren zur Herstellung einer Batterie realisiert.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist im Wesentlichen eine Echtzeit-Anpassung der Extrusionsparameter, also der Fertigungsparameter, realisiert, wodurch Produktionsausschüsse reduziert werden. Insbesondere ist durch eine automatische Regelung und/oder Steuerung anhand des Beanspruchungsmodells eine konstante Produktqualität, auch bei veränderten Produktparametern, möglich, ohne dass ein manueller Eingriff eines Benutzers notwendig ist.

Die Extrusionsparameter werden zum Beispiel als Analysedaten, beispielsweise in Form von Viskositätsdaten oder Verweilzeitdaten, erfasst, und durch das hinterlegte Beanspruchungsmodell so verarbeitet, dass eine eigenständige und automatische Regelung und/oder Steuerung des Extruders möglich ist. Hierbei können die Extrusionsparameter beispielsweise zunächst von externen Sensoren, welche nicht Teil des Extruders sind (Offline-Analyse), und im Verlauf des Betriebs zusätzlich oder alternativ von extruderintegrierten Sensoren (Inline-Analyse) zur Verfügung gestellt werden, oder durch entsprechende Modelle vorhergesagt oder prognostiziert werden.

In einer bevorzugten Weiterbildung wird als Produktparameter eine Dispergierung von Leitpartikel in der Suspension verwendet. Dies bedeutet, dass die Suspension mit Leitpartikeln als Leitadditiv versetzt wird, wobei das extruderspezifisches Beanspruchungsmodell für eine kontinuierliche und homogene Dispergierung, also

einer möglichst gleichmäßigen Verteilung, der Leitpartikel in der Suspension berechnet wird.

In einer vorteilhaften Ausführung wird zur Berechnung des Beanspruchungsmodells eine Produktkenngröße oder ein Qualitätsparameter der Leitpartikel, beispielsweise eine Partikelgrößenverteilung der Leitpartikel, mit einer für eine Desagglomeration der Leitpartikel dieser Produktkenngröße notwendigen spezifischen Energie korreliert. Mit anderen Worten beruht das Beanspruchungsmodell auf einer Berechnung eines spezifischen Energiebeitrags, welcher für die Desagglomeration (Aufschluss) der Leitpartikel benötigt wird. Dadurch ist eine besonders zuverlässige und effiziente Steuerung und/oder Regelung des Extruderbetriebs ermöglicht, welche sich vorteilhaft auf die Herstellung der Batterie überträgt.

Zur Berechnung oder Bestimmung des Beanspruchungsmodells wird beispielsweise die Produktkenngröße mittels einer Messung charakterisiert, und gegen die bei dem jeweiligen Extrusions- oder Prozessparametern auftretende, spezifische Energie aufgetragen. An diese Daten wird anschließend ein Modellverlauf angepasst oder (an-)gefittet. Durch diese Korrelation wird die Herstellung einer Elektrodenpaste mit einer bestimmten Produktkenngröße ermöglicht, da die hierfür notwendige spezifische Energie aus dem hinterlegten Modellverlauf bestimmbar ist, und somit die Extrusionsparameter anhand des Beanspruchungsmodells steuerbar und/oder regelbar sind.

Unter der spezifischen Energie ist insbesondere ein spezifischer mechanischer Energieeintrag zu verstehen. Die spezifische Energie ist als Extrusionsparameter ein Maß für die Beanspruchung des Produktes (der Elektrodenpaste) durch den Extrusionsprozess. Die spezifische Energie charakterisiert die extrudierte Elektrodenpaste unabhängig von der Größe oder den Dimensionierungen des Extruders. Somit ist die Korrelation oder die Verknüpfung der spezifischen Energie mit der Produktkenngröße eine im Wesentlichen materialspezifische Konstante der Elektrodenpaste. Dadurch ist es möglich, eine mit dem Verfahren betriebene Herstellungsanlage oder Vorrichtung beziehungsweise den Extruder in einfacher Weise zu skalieren (Scale-Up), wodurch die Produktion der Batterie vereinfacht wird.

In einer geeigneten Ausgestaltung wird als Produktkenngröße insbesondere eine Partikelgröße der Leitpartikel verwendet. Die Leitpartikel als Leitadditiv sollen möglichst homogen oder gleichmäßig in der Suspension verteilt werden, um eine verbesserte elektrische Leistungsfähigkeit der Batterie zu gewährleisten. Aufgrund der optischen Eigenschaften und der prozessbedingten Änderungen der Partikelgröße ist diese eine besonders geeignete Produktkenngröße zur Berechnung des Beanspruchungsmodells. Während eines Dispergierens werden die größtenteils als Agglomerate vorliegenden Leitpartikel beansprucht und desagglomeriert. Aus dieser vornehmlich durch Scherung verursachten Beanspruchung resultieren Veränderungen in der Agglomerat- bzw. Aggregatgröße der Leitpartikel, also strukturelle Veränderungen in der Suspension, welche mit einer geeigneten Analyse- oder Messmethode in einfacher Weise detektiert und somit als Produktkenngröße oder Beurteilungskriterium genutzt werden können.

Die spezifische Energie ist abhängig von einer Drehzahl und einem (Volumen- oder Massen-)Durchsatz des Extruders, und ist beispielsweise mittels einer Drehmomentmessung an einer Extruderwelle des Extruders bestimmbar. Mit steigender Drehzahl und/oder sinkendem Durchsatz steigt die spezifische Energie. Bei der Herstellung von Elektrodenpasten tritt hierbei das Problem auf, dass die auftretenden Drehmomente nah an einer Leerlaufleistung des Extruders sind, wodurch vergleichsweise große Ungenauigkeiten bei der Bestimmung der spezifischen Energie auftreten. Verfahrensgemäß ist daher in einer bevorzugten Ausgestaltung vorgesehen, dass die spezifische Energie in Abhängigkeit einer Schubspannung und eines Füllgrades sowie einer Suspensionsdichte bestimmt wird. Dadurch ist eine zuverlässige und genaue Bestimmung der spezifischen Energie ermöglicht.

Die Schubspannung und der Füllgrad sowie die Suspensionsdichte sind hierbei Extrusionsparameter des Extruders beziehungsweise des Extrusionsprozesses. Die Schubspannung ist insbesondere ein Maß für die (Scher-)Beanspruchung des Extrusionsprozesses. Der Füllgrad ist insbesondere ein Maß für die Befüllung des Extruders, also ein Maß für das sich im Extruder befindliche Volumen der Suspen-

sion und der Leitpartikel. Die Suspensionsdichte ist insbesondere die Dichte der Suspension mit den darin dispergierten Leitpartikeln.

Die Schubspannung wird beispielsweise indirekt anhand von rheologischen Verfahren bestimmt. In einer geeigneten Ausbildung wird die Schubspannung vorzugsweise anhand eines Scherratentests bestimmt, um die Schubbeanspruchung der Suspension im Extruder zu erfassen. Dadurch ist eine zuverlässige Bestimmung oder Erfassung der Schubspannung ermöglicht.

In einer vorteilhaften Ausgestaltungsform wird die Schubspannung bei einer ausreichend großen Datenmenge bevorzugterweise anhand eines rheologischen Modells bestimmt. Dadurch ist die Bestimmung der Schubspannung ohne Vorliegen von physikalischen Messdaten möglich. Mit anderen Worten wird die Schubspannung zu Beginn des Verfahrens insbesondere anhand von Scherratentests erfasst, und im Verlauf des Verfahrens anhand der erfassten Daten ein Modellverlauf bestimmt, mittels welchem die Schubspannung anschließend vorzugsweise messfrei bestimmt wird.

Für die Desagglomeration der Leitpartikel in der Suspension ist die Beanspruchung durch Scherung und deren Höhe im Extruder relevant. Geeigneterweise sind die Volumina, welche hohe Scherbeanspruchung erfahren, verhältnismäßig groß im Extruder dimensioniert.

Die Scherrate wird beispielsweise mittels der geometrischer Eigenschaften des Extruders, also mittels der geometrischen Abmessungen und Dimensionierungen der Extruderelemente (Förderelemente, Knetelemente), bestimmt. Im Falle eines Doppelwellen- oder Doppelschneckenextruders sind die zur Bestimmung der Scherrate relevanten geometrischen Eigenschaften beispielsweise ein Durchmesser der Gehäusebohrungen, ein Abstand der Wellenmittelpunkte, ein Außendurchmesser der Förderelemente, ein Innendurchmesser der Förderelemente, ein Außendurchmesser der Knetelemente, und ein Innendurchmesser der Knetelemente. Aus diesen geometrischen Eigenschaften bestimmt sich das Spiel zwischen Förderelement und Wandung und das Spiel zwischen Knetelement und

Wandung, also die Bereiche zwischen der Gehäusewandung und dem Schneckenkamm, sowie das Zwickelspiel, also der Zwickel-Bereich zwischen den beiden Extruderschnecken. In diesen Bereichen treten aufgrund der geometrischen Abmessungen besonders hohe Scherraten auf. Die auftretenden Scherraten sind anhand der Spiel-Abmessungen für eine jeweilige Extruderdrehzahl, beispielsweise mittels eines Zwei-Platten-Modells, berechenbar.

Um die Schubspannungen, welche innerhalb des Extruders bei bestimmten Drehzahlen bzw. Scherraten auf die jeweilige Suspension wirken, abschätzen zu können, wird ein Scherratentest durchgeführt, bei welchem sogenannte Fließkurven mittels Rotationsversuchen mit der jeweiligen Elektrodenpaste ermittelt wird. Hierbei wird eine Probe der Elektrodenpaste nach der Dispergierung in einem Rotationsviskosimeter zwischen zwei Flächen mit genau definiertem Abstand geschert. Durch diesen Messaufbau können gezielt unterschiedliche Scherraten erzeugt und die resultierenden Schubspannungen bei einer bestimmten Scherrate bestimmt werden, wobei insbesondere die Scherraten im Bereich des Zwickelspiels und in den Bereichen zwischen der Gehäusewandung und dem Schneckenkamm untersucht werden.

Der oder jeder Scherratentest liefert für jede extrudierte Elektrodenpaste eine Fließkurve, welche in einem Scherrate-Schubspannung-Diagramm auftragbar ist. An die gemessenen (elektrodenpastenspezifischen) Fließkurven wird anschließend jeweils ein entsprechender Kurvenverlauf angepasst oder (an-)gefittet. Der Kurvenverlauf ist hierbei insbesondere mittels einer sogenannten Herschel-Bulkley-Kurve anpassbar oder fitbar. Der angepasste oder gefittete Kurvenverlauf ermöglicht anschließend eine einfache Berechnung oder Bestimmung der Schubspannung bei unterschiedlichen Scherraten. Zweckmäßigerweise wird der Kurvenverlauf, beziehungsweise die Funktionsparameter der Fitfunktion, hierbei für spätere Berechnungen oder Inter-/Extrapolation der Schubspannung und/oder der spezifischen Energie, auch für Suspensionen mit unbekannten rheologischen Eigenschaften, hinterlegt. Somit ist es möglich, dass für Suspensionen mit unbekannten rheologischen Eigenschaften, wie beispielsweise ein abweichender Feststoffgehalt bei zueinander gleichbleibenden Anteilen an Feststoffen, Fließkurven in

Abhängigkeit des Feststoffgehalts ermittelbar sind, da die Fit- oder Funktionsparameter der angepassten Herschel-Bulkley-Kurve eine lineare Abhängigkeit in einem weiten Feststoffgehalt-Bereich aufweisen.

In einer möglichen Weiterbildung wird der Füllgrad mittels einer mittleren Verweilzeit und eines Volumenstroms als Extrusionsparameter bestimmt. Die Verweilzeit ist ein Maß für die Beanspruchungshäufigkeit, also die Zahl der Beanspruchungen, welche auf die Suspension und die Leitpartikel oder Agglomerate im Zuge des Extrusionsprozesses einwirken. Dadurch ist eine zuverlässige Bestimmung des Füllgrads realisiert.

Der Füllgrad ist daher auch ein Maß für ein Verweilzeitverhalten des Extrusionsprozesses, welches sowohl beim Aufschmelzen als auch beim Dispergieren einen großen Einfluss auf die Produktqualität der Elektrodenpaste hat. Bei der Verwendung eines gleichläufigen Doppelschneckenextruders liegt eine Verweilzeitverteilung vor. Während für das dispersive Mischen die minimale Verweilzeit von Bedeutung ist, ist die Verweilzeitverteilung vor allem für das distributive Mischen von Bedeutung. Die Verweilzeit weist insbesondere eine Abhängigkeit von den Prozess- oder Extrusionsparametern Durchsatz (Volumenstrom) und (Extruder-)Drehzahl sowie einer Schneckenkonfiguration auf. Die Schneckenkonfiguration bewirkt je nach Konfiguration eine enge (reine Förderschnecke) oder eine breite (Schnecke mit vielen Zahn-Misch-/ Knetelementen oder rückfördernden Elementen) Verteilungsbreite. Die Schneckenkonfiguration ist eine feste, bekannte Größe des Extruders, so dass durch Messung oder Erfassung der Drehzahl sowie des geförderten Volumenstroms in einfacher Art und Weise ein gemittelter Füllgrad bestimmbar ist.

In einer bevorzugten Ausführung wird als Extruder ein Doppelwellen- oder Doppelschneckenextruder verwendet. Dadurch wird ein besonders geeigneter Extruder für die Herstellung von Batterien eingesetzt. Der Doppelschneckenextruder weist hierbei vorzugsweise einen gleichläufigen und dichtkämmenden Aufbau mit einer hohen Misch- und Dispergierwirkung auf.

In einer geeigneten Ausgestaltung wird als Leitpartikel ein Leitruß (engl. Carbon Black CB) verwendet. Dadurch wird ein besonders geeignetes Leitadditiv für die Batterie, insbesondere für eine Lithium-Ionen-Batterie, verwendet.
In einer bevorzugten Anwendung wird das Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung zur Herstellung von Batterien eingesetzt. Die Vorrichtung weist einen Extruder, insbesondere einen Doppelwellen- oder Doppelschneckenextruder, zur Extrudierung von Elektrodenpasten auf, welcher mit einem Controller, also einem Steuergerät, gekoppelt ist.

Der Controller ist hierbei allgemein – programm- und/oder schaltungstechnisch – zur Durchführung des vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet. Der Controller ist somit konkret dazu eingerichtet, den Extrusionsprozess zu überwachen, insbesondere die Extrusionsparameter zu bestimmen, und anhand eines hinterlegten Beanspruchungsmodells den Extrusionsprozess zu steuern und/oder zu regeln.

In einer bevorzugten Ausgestaltungsform ist der Controller zumindest im Kern durch einen Mikrocontroller mit einem Prozessor und einem Datenspeicher gebildet, in dem die Funktionalität zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in Form einer Betriebssoftware (Firmware) programmtechnisch implementiert ist, so dass das Verfahren – gegebenenfalls in Interaktion mit einem Vorrichtungsnutzer – bei Ausführung der Betriebssoftware in dem Mikrocontroller automatisch durchgeführt wird. Der Controller kann im Rahmen der Erfindung alternativ aber auch durch ein nicht-programmierbares elektronisches Bauteil, wie zum Beispiel einem anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreis (ASIC), gebildet sein, in dem die Funktionalität zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit schaltungstechnischen Mitteln implementiert ist.

Bei der Herstellung einer Batterie wird mittels des Extruders eine Elektrodenpaste extrudiert. Die Elektrodenpaste wird hierbei aus der Suspension (Elektroden-Aktivmaterial und Binder) sowie den beigesetzen Leitpartikeln mittels des Extrusionsprozesses erzeugt. Verfahrensgemäß wird beispielsweise zunächst die Schneckenkonfiguration des Extruders bestimmt und in einem Speicher des Con-

trollers hinterlegt. Anschließend wird beispielsweise ein minimaler Durchschnittswert der Partikelgröße der Leitpartikel bei einem maximalen, beschichtungsfähigen Feststoffgehalt, einer maximalen Drehzahl sowie einem minimalen Volumenstrom als Extrusionsparameter bestimmt. Nachfolgend wird dieser Analyse- oder Extrusionsparameter für Supensionen mit reduziertem Feststoffgehalt, bei reduzierter(Extruder-)Drehzahl sowie einem erhöhtem Volumenstrom mehrmals bestimmt, wobei jeweils die mittlere Verweilzeit im Extruder bestimmt wird. Anhand dieser Extrusionsparameter werden die Schubspannung und der Füllgrad bestimmt, und dem hinterlegten Beanspruchungsmodell zugeführt. Der Controller steuert und/oder regelt den Extrusionsprozess anhand des Beanspruchungsmodells im Hinblick auf eine gewünschte Partikelgröße der Leitpartikel in der Elektrodenpaste durch Einstellung einer dafür benötigten spezifischen Energie.

Somit kann der Controller auf Basis weniger Messungen oder Versuche zuverlässig ein Beanspruchungsmodell für einen sicheren und effektiven Betrieb der Vorrichtung bestimmen.

Die erfindungsgemäße Batterie ist mittels des vorstehend beschriebenen Verfahrens hergestellt. Die Batterie ist hierbei für ein Kraftfahrzeug geeignet und eingerichtet. Die Batterie ist beispielsweise als eine Lithium-Ionen-Batterie mit mehreren verschalteten Batteriezellen ausgeführt.

Nachfolgend ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 in schematischer und vereinfachter Darstellung eine Vorrichtung zur Herstellung von Batterien, mit einem Extruder und mit einem Controller,

Fig. 2 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Herstellung von Batterien,

Fig. 3 ein Schubspannungs-Scherraten-Diagramm mit fünf Fließkurven für unterschiedliche Feststoffgehalte,

Fig. 4 ein Volumenstrom-Verweilzeit-Diagramm für unterschiedliche Extruderdrehzahlen, und

Fig. 5 ein spezifische Energie-Partikelgröße-Diagramm für unterschiedliche Elektrodenpasten und Volumenströme.

Einander entsprechende Teile und Größen sind in allen Figuren stets mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

In der Fig. 1 ist eine Vorrichtung 2 zur Herstellung einer Batterie, insbesondere zur Herstellung einer Elektrodenpaste 4 für eine Batteriezelle der Batterie, gezeigt. Die Vorrichtung 2 weist einen Extruder 6 in Form eines Doppelwellen- oder Doppelschneckenextruders auf. Der Extruder 6 weist lediglich ausschnittsweise dargestellte Extruderelemente 8 als Förder- und/oder Knetelemente auf, welche gleichläufig angetrieben und dichtkämmenden miteinander ausgeführt sind. Der Extruder 6 ist mit einem Controller 10 gekoppelt.

Zur Herstellung der Batterie wird mittels des Extruders 6 die Elektrodenpaste 4 als Extrudat extrudiert. Die Elektrodenpaste 4 wird hierbei aus einer Suspension 12 (Elektroden-Aktivmaterial und Binder) sowie beigesetzen Leitpartikeln 14 als Leitadditiv mittels des Extrusionsprozesses erzeugt.

Der Controller 10 ist dazu geeignet und eingerichtet, den Extrusionsprozess zu überwachen, insbesondere Extrusionsparameter zu bestimmen, und anhand eines hinterlegten Beanspruchungsmodells 16 den Extrusionsprozess bzw. den Extruder 6 zu steuern und/oder zu regeln. Der Controller 10 ist insbesondere dazu geeignet und eingerichtet den Extruder 6 hinsichtlich einer Produktkenngröße der Leitpartikel 14 in der Elektrodenpaste 4 zu steuern und/oder zu regeln. Der Extruder 6 wird also derart gesteuert und/oder geregelt, dass die gewünschte Produktkenngröße der Leitpartikel 14 in der extrudierten Elektrodenpaste 4 realisiert ist. Die gewünschte Produktkenngröße wird hierbei insbesondere mittels Einstellung einer jeweils notwendigen spezifischen Energie des Extruders realisiert.

Hierzu wird im Zuge des Beanspruchungsmodells 16 die Produktkenngröße mit der für eine Desagglomeration der Leitpartikel dieser Produktkenngröße notwendigen spezifischen Energie korreliert.

Nachfolgend ist ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung einer Batterie anhand der Figuren 2 bis 5 näher erläutert. Das Verfahren ist hierbei beispielhaft für als Leitruß ausgeführte Leitpartikel 14 beschrieben, wobei die gewünschte Produktkenngröße insbesondere eine Partikelgröße d_M der Leitpartikel ist.

In einem ersten Verfahrensschritt 18 werden eine Schneckenkonfiguration SK sowie die geometrischen Eigenschaften g_E des Extruders 6, also die geometrischen Abmessungen und Dimensionierungen der Extruderelemente 8, insbesondere das Spiel zwischen den Extruderelmenten 8 und der Innenwandung des Extruders 8 sowie das Zwickelspiel zwischen den kämmenden Extruderelementen 8, bestimmt, und in einem Speicher des Controllers 10 hinterlegt.

In einem Verfahrensschritt 20 wird ein minimaler Durchschnittswert der Partikelgröße d_M der Leitpartikel bei einem maximalen, beschichtungsfähigen Feststoffgehalt c_m, einer maximale (Extruder-)Drehzahl n sowie einem minimaler Volumenstrom V als Extrusionsparameter bestimmt. Nachfolgend wird die Produktkenngröße d_M für reduzierte Feststoffgehalte c_m, reduzierter Drehzahl n sowie erhöhtem Volumenstrom V bestimmt, wobei zudem jeweils die mittlere Verweilzeit t sowie die Suspensionsdichte ρ im Extruder 6 bestimmt wird.

In einem Verfahrensschritt 22 werden anhand dieser Extrusionsparameter oder Analysedate eine Schubspannung τ sowie ein Füllgrad f bestimmt.

Die Schubspannung τ, welche innerhalb des Extruders 6 bei bestimmten Drehzahlen n bzw. Scherraten γ auf die jeweilige Suspension 12 wirken, werden mittels eines Scherratentests bestimmt, bei welchem sogenannte Fließkurven mittels Rotationsversuchen mit der jeweiligen Elektrodenpaste 4 ermittelt werden.

Der oder jeder Scherratentest liefert für jede extrudierte Elektrodenpaste 4 eine Fließkurve, welche beispielhaft in einem in Fig. 3 gezeigten Scherrate-Schubspannung-Diagramm auftragbar sind. In der Fig. 3 ist die Scherrate γ entlang der Abszissenachse (X-Achse) und die Schubspannung τ entlang der Ordinatenachse

(Y-Achse) doppellogarithmisch dargestellt, die Scherrate γ ist hierbei in Einheiten von s^{-1} (Sekunde^{-1}) und die Schubspannung τ in Einheiten von Pa (Pascal) aufgetragen.

In der Fig. 3 sind beispielhaft fünf Fließkurven 24a, 24b, 24c, 24d und 24e gezeigt. Die Fließkurven 24a, 24b, 24c, 24d und 24e wurden hierbei für eine Suspension 12 bei gleicher Drehzahl n, gleicher Schneckenkonfiguration SK, und gleichen Volumenstrom V gemessen, und unterscheiden sich lediglich in ihrem jeweiligen Feststoffgehalt c_m, wobei die Fließkurve 24a den größten und die Fließkurve 24e den geringsten Feststoffgehalt c_m aufweist. An die gemessenen (elektrodenpastenspezifischen) Fließkurven 24a, 24b, 24c, 24d und 24e ist jeweils ein entsprechender Kurvenverlauf angepasst oder (an-)gefittet. Der Kurvenverlauf ist hierbei insbesondere eine sogenannte Herschel-Bulkley-Kurve.

Die Fig. 4 zeigt ein Volumenstrom-Verweilzeit-Diagramm, bei welchem der Volumenstrom V entlang der Abszissenachse und die mittlere Verweilzeit t entlang der Ordinatenachse aufgetragen ist. Der Volumenstrom V ist hierbei in der Einheit von l/h (Liter pro Stunde) und die mittlere Verweilzeit t in der Einheit s (Sekunden) aufgetragen. In dem Diagramm der Fig. 4 sind drei parabolische Kurvenverläufe 26a, 26b und 26c für unterschiedliche Drehzahlen n gezeigt.

Die Kurven 24a, 24b, 24c, 24d, 26a, 26b und 26c werden in einem Speicher des Controllers 10 hinterlegt.

Der Füllgrad f des Extruders 6 wird hierbei anhand des freien Extrudervolumens V_{frei}, welches aus den geometrischen Eigenschaften g_E bestimmbar ist, sowie der einer jeweiligen mittleren Verweildauer t bei einem gegebenen Volumenstrom V anhand der nachfolgenden Formel berechnet:

$$f = \frac{V}{V_{frei}} \times t.$$

Anhand der im Verfahrensschritt 20 bestimmten Extrusionsparameter und den hinterlegten Kurven 24a, 24b, 24c, 24d, 26a, 26b und 26c sind somit in einfacher

Art und Weise die Schubspannung τ und der Füllgrad f für die jeweils vorherrschenden Extrusionsparameter bestimmbar.

In einem Verfahrensschritt 28 wird anhand des Füllgrades f des Extruders 6 und anhand der Schubspannung τ innerhalb des Extruders 6 bei einer vorherrschenden Scherrate γ sowie anhand der Dichte der jeweiligen Elektrodenpaste ρ eine spezifische Energie $E_{m,P}$ berechnet. Die spezifische Energie $E_{m,P}$ ergibt sich hierbei gemäß

$$E_{m,P} = \frac{1}{f} \times \tau/\rho.$$

In einem Verfahrensschritt 30 wird das Beanspruchungsmodell 16 berechnet. Hierzu wird die spezifische Energie $E_{m,P}$ mit der Partikelgröße d_M der Leitpartikel 14 korreliert. Eine derartige Korrelation ist beispielsweise in Fig. 5 anhand eines spezifische Energie-Partikelgröße-Diagramm gezeigt. Die berechnete spezifische Energie $E_{m,P}$ ist in Einheiten von J/kg (Joule pro Kilogramm) entlang der Abszissenachse, und die Partikelgröße d_M ist in Einheiten von µm (Mikrometer) entlang der Ordinatenachse doppellogarithmisch aufgetragen.

In der Fig. 5 ist die Abhängigkeit der resultierenden Partikelgröße d_M in der Elektrodenpaste 4 für zwei unterschiedliche Suspensionen 14 und jeweils zwei unterschiedliche Volumenströme V gezeigt. Die vollgefüllten Quadrate zeigen eine Suspension 12 mit einem Kathoden-Aktivmaterial für einen Volumenstrom V von 1 l/h. Die vollgefüllten Kreise zeigen eine Suspension 12 mit dem Kathoden-Aktivmaterial für einen Volumenstrom V von 2,5 l/h. Die halbgefüllten Quadrate zeigen eine Suspension 12 mit einem Anoden-Aktivmaterial für einen Volumenstrom V von 1 l/h. Die vollgefüllten Kreise zeigen eine Suspension 12 mit dem Anoden-Aktivmaterial für einen Volumenstrom V von 2,5 l/h.

In der Fig. 5 sind die Verläufe der Kathoden-Suspension mit jeweils einer Modellkurve 32a, 32b gefitted, wobei die Modellkurve 32a den Verlauf für den hohen Volumenstrom V beschreibt.

Im Verfahrensschritt 30 werden die Modellkurven 32a, 32b bestimmt und in einem Speicher des Controllers 10 hinterlegt. Der Controller 10 steuert und/oder regelt den Extrusionsprozess anhand des Beanspruchungsmodells 16 bzw. der Modellkurven 32a, 32b im Hinblick auf eine gewünschte Partikelgröße d_M der Leitpartikel 14 in der Elektrodenpaste 4 durch Einstellung einer dafür benötigten spezifischen Energie $E_{m,P}$.

Die beanspruchte Erfindung ist nicht auf das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. Vielmehr können auch andere Varianten der Erfindung von dem Fachmann hieraus im Rahmen der offenbarten Ansprüche abgeleitet werden, ohne den Gegenstand der beanspruchten Erfindung zu verlassen. Insbesondere sind ferner alle im Zusammenhang mit dem Ausführungsbeispiel beschriebenen Einzelmerkmale im Rahmen der offenbarten Ansprüche auch auf andere Weise kombinierbar, ohne den Gegenstand der beanspruchten Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

2	Vorrichtung
4	Elektrodenpaste
6	Extruder
8	Extruderelemente
10	Controller
12	Suspension
14	Leitpartikel
16	Beanspruchungsmodell
18, 20, 22	Verfahrensschritt
24a, 24b, 24c, 24d, 24e	Fließkurve
26a, 26b, 26c	Kurvenverlauf
28, 30	Verfahrensschritt
32a, 32b	Modellkurve

d_M	Produktkenngröße
SK	Schneckenkonfiguration
g_E	geometrische Eigenschaft
c_m	Feststoffgehalt
n	Drehzahl
V	Volumenstrom
t	Verweilzeit
ρ	Suspensionsdichte
τ	Schubspannung
f	Füllgrad
γ	Scherrate
$E_{m,P}$	spezifische Energie

Ansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Batterien,
   - bei welchem eine Suspension (12) mit einem veränderbaren Produktparameter (14) in einem Extrusionsprozess mittels eines Extruders (6) als Elektrodenpaste (4) extrudiert wird,
   - bei welchem eine Anzahl von Extrusionsparametern (SK, g_E, c_m, n, V, t, ρ, τ, γ, f) des Extrusionsprozesses bestimmt werden,
   - bei welchem anhand der Extrusionsparameter (SK, g_E, c_m, n, V, t, ρ, τ, γ, f) ein extruderspezifisches Beanspruchungsmodell (16) berechnet wird, und
   - bei welchem der Extrusionsprozess anhand des Beanspruchungsmodells (16) gesteuert und/oder geregelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass als Produktparameter (14) eine Dispergierung von Leitpartikeln in der Suspension (12) verwendet wird , wobei das Beanspruchungsmodell (16) für eine kontinuierliche Dispergierung der Leitpartikel in der Suspension (12) berechnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass zur Berechnung des Beanspruchungsmodells (16) eine Produktkenngröße (d_M) der Leitpartikel (14) mit einer für eine Desagglomeration der Leitpartikel (14) mit dieser Produktkenngröße (d_M) notwendigen spezifischen Energie ($E_{m,P}$) korreliert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass eine Partikelgröße der Leitpartikel (14) als Produktkenngröße (d_M) verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass die spezifische Energie ($E_{m,P}$) in Abhängigkeit einer Schubspannung (τ) und eines Füllgrades (f) sowie einer Suspensionsdichte (ρ) als Extrusionsparameter bestimmt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Schubspannung (τ) mittels eines Scherratentests, insbesondere anhand einer gemessenen Fließkurve (24a, 24b, 24c, 24d, 24e) sowie anhand geometrischer Eigenschaften (g_E) des Extruders (6) als Extrusionsparameter, bestimmt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Füllgrad (f) mittels einer mittleren Verweilzeit (t) und eines Volumenstroms (V) als Extrusionsparameter bestimmt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

dadurch gekennzeichnet,

dass als Extruder (6) ein Doppelwellenextruder verwendet wird.

9. Vorrichtung (2) zur Herstellung von Batterien, mit einem Extruder (6) und mit einem Controller (10) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

10. Batterie für ein Kraftfahrzeug, hergestellt mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

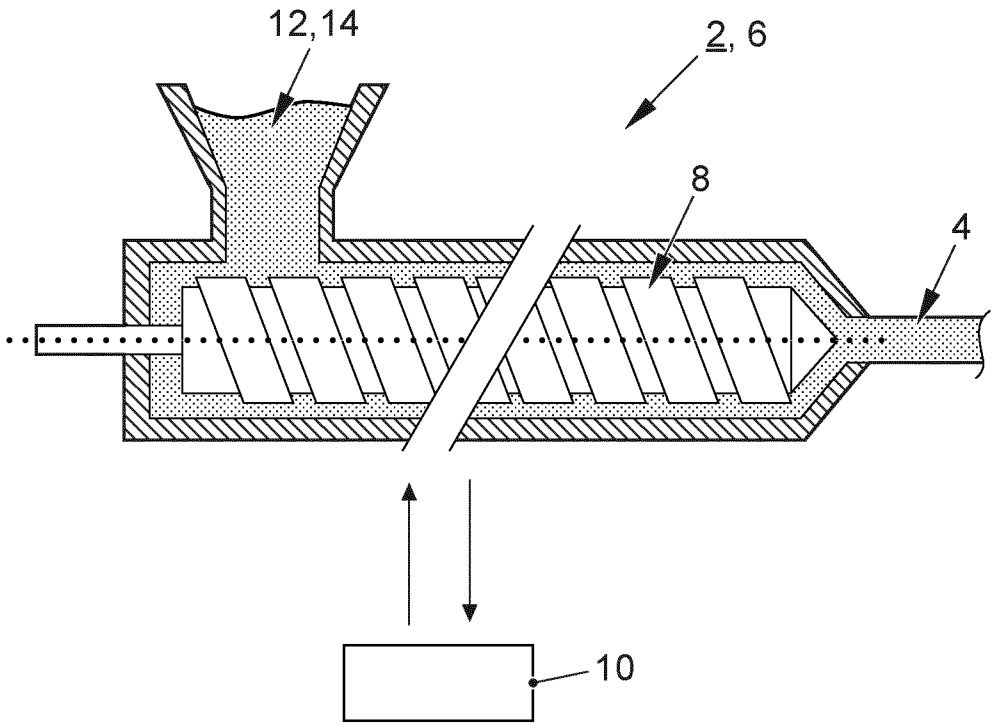


FIG. 1

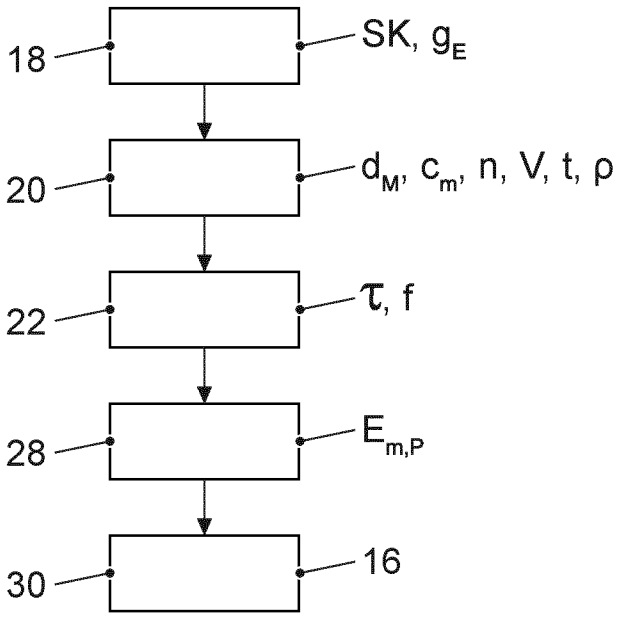


FIG. 2

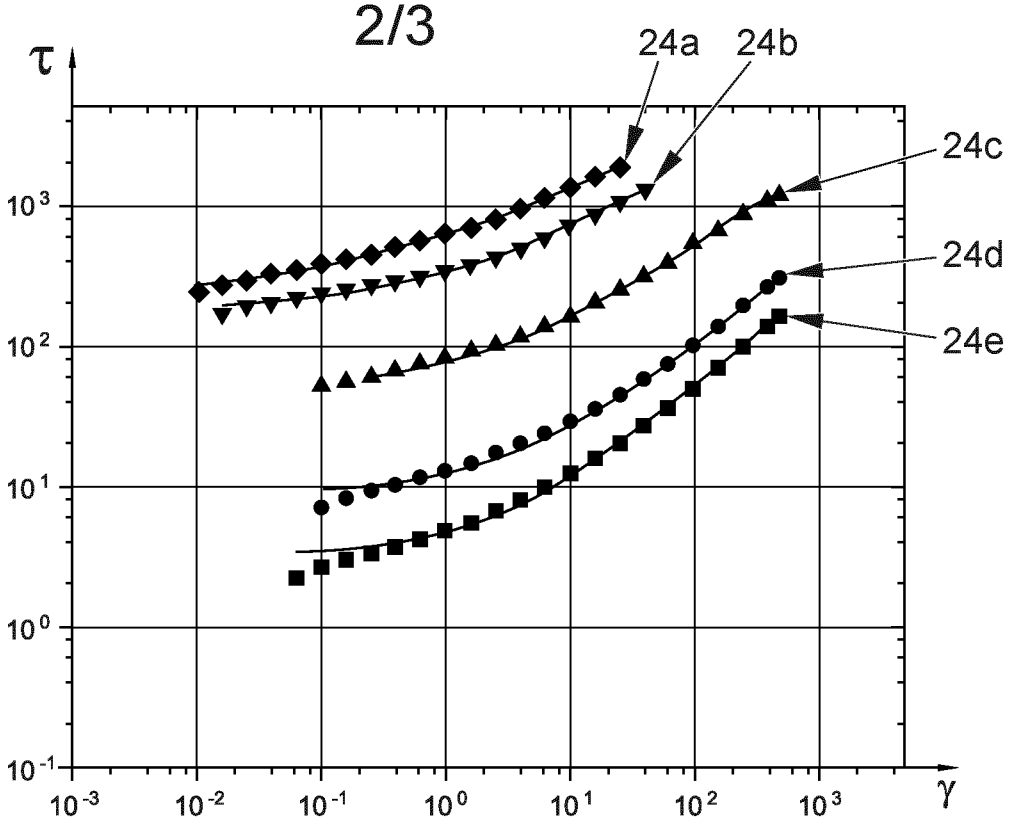

τ
24a
24b
24c
24d
24e
10^3
10^2
10^1
10^0
10^{-1}
10^{-3}
10^{-2}
10^{-1}
10^0
10^1
10^2
10^3
γ

FIG. 3

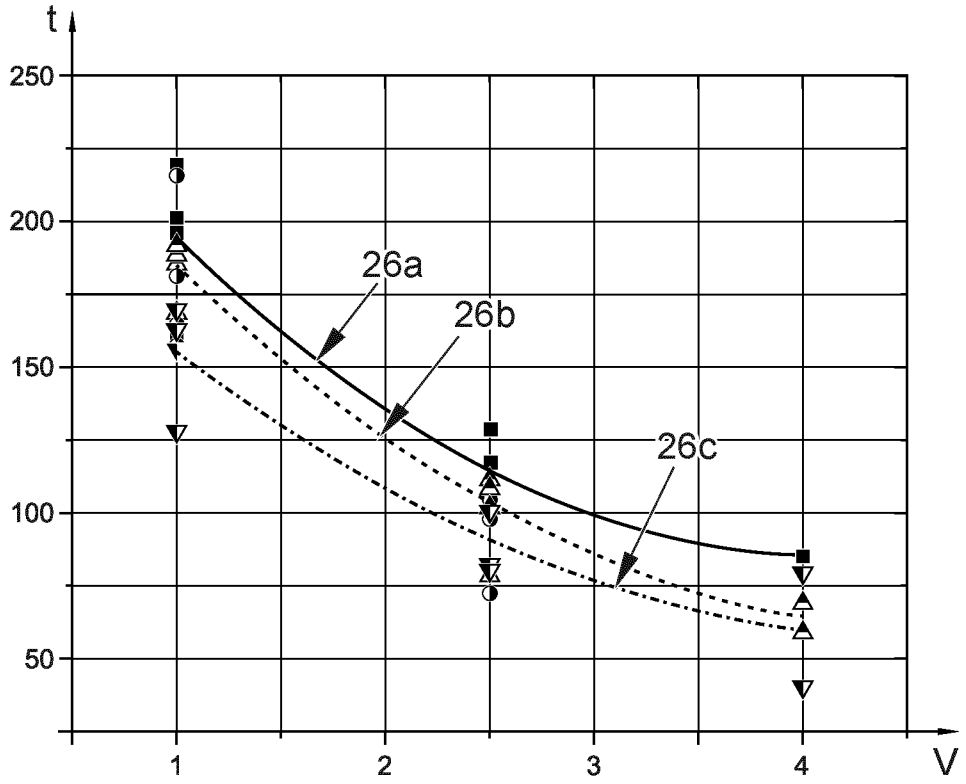

t
250
200
150
100
50
26a
26b
26c
1
2
3
4
V

FIG. 4

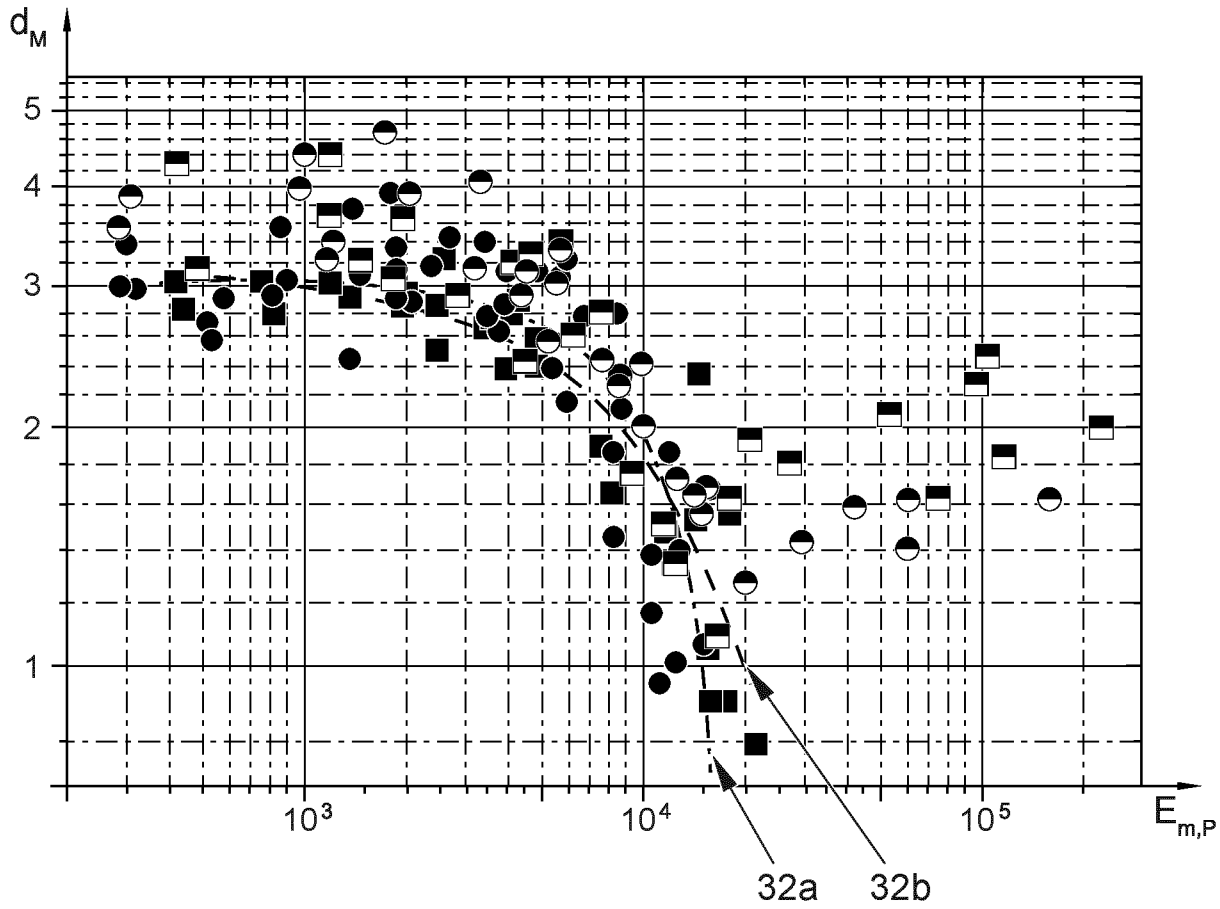


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2020/053597

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M 4/04(2006.01)i; ***H01M 4/139***(2010.01)i; ***H01M 4/62***(2006.01)i; ***H01M 10/0525***(2010.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005037262 A1 (VALLEE ALAIN [CA] ET AL) 17 February 2005 (2005-02-17) paragraphs [0020] - [0056], [0060]	1-10
X	US 2017288218 A1 (HORIKOSHI YOKO [JP] ET AL) 05 October 2017 (2017-10-05) paragraphs [0018], [0031], [0060], [0084] - [0086]; claims 1-3	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
11 May 2020	**19 May 2020**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**Götz, Heide** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2020/053597

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2005037262 A1	17 February 2005	CA 2534155 A1	10 February 2005
		EP 1665416 A1	07 June 2006
		JP 5079329 B2	21 November 2012
		JP 2007500926 A	18 January 2007
		US 2005037262 A1	17 February 2005
		US 2007273062 A1	29 November 2007
		WO 2005013394 A1	10 February 2005
US 2017288218 A1	05 October 2017	CN 107148692 A	08 September 2017
		JP 6663851 B2	13 March 2020
		JP WO2016024525 A1	27 July 2017
		US 2017288218 A1	05 October 2017
		WO 2016024525 A1	18 February 2016

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2020/053597

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01M4/04 H01M4/139 H01M4/62 H01M10/0525
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01M

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2005/037262 A1 (VALLEE ALAIN [CA] ET AL) 17. Februar 2005 (2005-02-17) Absätze [0020] - [0056], [0060]	1-10
X	US 2017/288218 A1 (HORIKOSHI YOKO [JP] ET AL) 5. Oktober 2017 (2017-10-05) Absätze [0018], [0031], [0060], [0084] - [0086]; Ansprüche 1-3	1-10

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
11. Mai 2020	19/05/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Götz, Heide

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2020/053597

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005037262 A1	17-02-2005	CA 2534155 A1	10-02-2005
		EP 1665416 A1	07-06-2006
		JP 5079329 B2	21-11-2012
		JP 2007500926 A	18-01-2007
		US 2005037262 A1	17-02-2005
		US 2007273062 A1	29-11-2007
		WO 2005013394 A1	10-02-2005
US 2017288218 A1	05-10-2017	CN 107148692 A	08-09-2017
		JP 6663851 B2	13-03-2020
		JP WO2016024525 A1	27-07-2017
		US 2017288218 A1	05-10-2017
		WO 2016024525 A1	18-02-2016