(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
10. Oktober 2024 (10.10.2024)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/208921 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
*H01M 50/119* (2021.01) *H01M 50/169* (2021.01)
*C22C 21/00* (2006.01) *H01M 50/131* (2021.01)
*H01M 50/159* (2021.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/059095

(22) Internationales Anmeldedatum:
03. April 2024 (03.04.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
23166597.7 04. April 2023 (04.04.2023) EP
23207709.9 03. November 2023 (03.11.2023) EP
23218175.0 19. Dezember 2023 (19.12.2023) EP

(71) Anmelder: **SPEIRA GMBH** [DE/DE]; Aluminiumstraße 1, 41515 Grevenbroich (DE).

(72) Erfinder: **LENTZ, Martin Christoph**; Wilhelm-Neuss-Str. 9, 53123 Bonn (DE). **WEIHBERGER, Timo**; Holtknebel 19, 21149 Hamburg (DE). **DACKWEILER, Harald**; Am Haidschlag 22, 22926 Ahrensburg (DE). **TELIOUI, Nadia**; Porfyrsvingen 44, 3076 Sande i Vestfold (NO).

(74) Anwalt: **COHAUSZ & FLORACK PATENT- UND RECHTSANWÄLTE PARTNERSCHAFTSGESELLSCHAFT MBB**; Bleichstraße 14, 40211 Düsseldorf (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,

(54) **Title:** ROLLED PRODUCT MADE OF ALUMINUM FOR A BATTERY CELL HOUSING

(54) **Bezeichnung:** WALZPRODUKT AUS ALUMINIUM FÜR EIN BATTERIEZELLGEHÄUSE

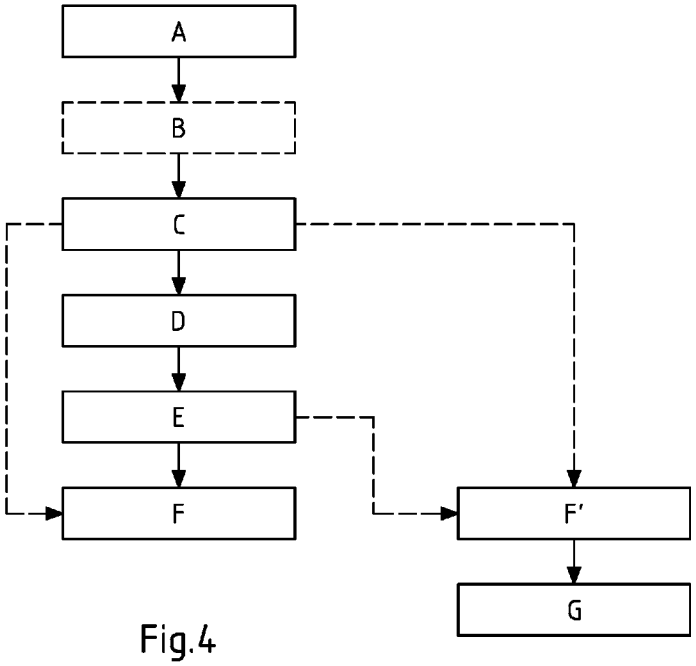



Fig.4

(57) **Abstract:** The invention relates to a rolled product made of an aluminum alloy for producing a battery cell housing, to a method for producing the rolled product made of an aluminum alloy, to the use of the rolled product made of an aluminum alloy for producing a battery cell housing, and to a battery cell housing. The problem of proposing a rolled product made of an aluminum alloy that ensures economical use of secondary aluminum and at the same time ensures processability on existing production systems and tools for the manufacturing of battery cell housings is solved in that the rolled product made of an aluminum alloy for producing a battery cell housing has an aluminum alloy having the following alloy constituents in wt.%: $0.1\% \leq Si \leq 0.7\%$, $0.2\% \leq Fe \leq 0.8\%$, $Cu \leq 0.6\%$, $0.3\% \leq Mn \leq 1.5\%$, $0.025\% \leq Mg \leq 0.60\%$, preferably $0.05\% < Mg \leq 0.55\%$, $Cr \leq 0.25\%$, $Zn \leq 0.5\ \%$, $Ti \leq 0.2\%$, the remainder Al and unavoidable impurities, individually at most 0.05%, in total at most 0.15%, wherein the rolled product has a tensile strength Rm

WO 2024/208921 A1

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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.

**(84) Bestimmungsstaaten** *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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).

**Veröffentlicht:**

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

of at least 135 MPa to at most 210 MPa, preferably at most 185 MPa, a yield point Rp0.2 of more than 125 MPa to at most 180 MPa, preferably at most 165 MPa, and an elongation A50 of more than 5%, preferably more than 7%.

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Walzprodukt aus einer Aluminiumlegierung zur Herstellung eines Batteriezellgehäuses, ein Verfahren zur Herstellung des Walzprodukts aus einer Aluminiumlegierung, die Verwendung des Walzprodukts aus einer Aluminiumlegierung zur Herstellung eines Batteriezellgehäuses und ein Batteriezellgehäuse. Die Aufgabe, ein Walzprodukt aus einer Aluminiumlegierung vorzuschlagen, das einen kostengünstigen Einsatz von Sekundäraluminium gewährleistet und gleichzeitig eine Verarbeitungsfähigkeit auf bestehenden Produktionsanlagen und Werkzeugen für die Batteriezellgehäusefertigung gewährleistet, wird dadurch gelöst, dass das Walzprodukt aus einer Aluminiumlegierung zur Herstellung eines Batteriezellgehäuses aufweisend eine Aluminiumlegierung mit den folgenden Legierungsbestandteilen in Gew.-%: 0,1 % ≤ Si ≤ 0,7 %, 0,2 % ≤ Fe ≤ 0,8 %, Cu ≤ 0,6 %, 0,3 % ≤ Mn ≤ 1,5 %, 0,025 % ≤ Mg ≤ 0,60 %, bevorzugt 0,05 % < Mg ≤ 0,55 %, Cr ≤ 0,25 %, Zn ≤ 0,5 %, Ti ≤ 0,2 %, Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln maximal 0,05 %, in Summe maximal 0,15 %, wobei das Walzprodukt eine Zugfestigkeit Rm von mindestens 135 MPa bis maximal 210MPa, bevorzugt maximal 185 MPa, eine Streckgrenze Rp0,2 von mehr als 125 MPa bis maximal 180 MPa, vorzugsweise maximal 165MPa, sowie eine Dehnung A50 von mehr als 5%, bevorzugt mehr als 7% besitzt.

# Walzprodukt aus Aluminium für ein Batteriezellgehäuse

Die Erfindung betrifft ein Walzprodukt aus einer Aluminiumlegierung zur Herstellung eines Batteriezellgehäuses, ein Verfahren zur Herstellung des Walzprodukts aus einer Aluminiumlegierung, die Verwendung des Walzprodukts aus einer Aluminiumlegierung zur Herstellung eines Batteriezellgehäuses und ein Batteriezellgehäuse.

Unter einem Walzprodukt werden gewalzte Bänder oder Bleche verstanden. Batteriezellgehäuse werden in unterschiedlichsten Formen aus Walzprodukten hergestellt. Neben der Pouch-Bauform und dem zylindrischen Batteriezellgehäuse findet auch ein prismatisches Batteriezellgehäuse häufig Anwendung. Prismatische Batteriezellgehäuse bestehen aus einem Batteriezellgehäusemantel, welcher einen im Wesentlichen rechteckigen Querschnitt aufweist und somit eine einfache und platzsparende Anordnung von Batteriezellen ermöglicht.

Derzeit werden prismatische Batteriezellgehäuse in Form von prismatischen Bechern überwiegend durch kombinierte Tiefzieh-Abstreck-Prozesse mit einer Vielzahl von Ziehstufen aus einem Walzprodukt aus einer Aluminiumlegierung, beispielsweise einem Walzprodukt aus einer Aluminiumlegierung hergestellt. In diesen Verfahren wird bisher die Aluminiumlegierung AA3003 als gut tiefziehfähige Aluminiumlegierung zur Herstellung des Gehäuses eingesetzt. Häufig wird eine Vielzahl von Ziehstufen in den Herstellungsverfahren benötigt.

Batteriezellgehäuse zylindrischer Bauform weisen im Wesentlichen die Form eines Zylinders auf. Ist die Höhe des Zylinders größer als der Durchmesser, spricht man von Batterierundzellen, andernfalls von Knopfzellen. Auch die zylindrischen Batteriezellgehäuse werden überwiegend durch Tiefzieh- und/oder Abstreck-

Ziehprozesse in Becherform hergestellt. Auch hier wird bisher nur die Aluminiumlegierung AA3003 eingesetzt.

Alternative Fertigungsprozesse für prismatische und zylindrische Batteriezellgehäuse umfassen das Fließpressen, das Rollformen und sequenzielles Biegen bzw. Abkanten. Beim Fließpressen kommen Butzen zum Einsatz, die aus einem Walzprodukt hergestellt werden, während beim Rollformen eine Rohrgeometrie durch aufeinander folgende Arbeitsrollen bzw. Walzen erzeugt wird. Beim sequenziellen Biegen wird (z.B. auf Pressen) ein Blechzuschnitt in mehreren Biegeoperationen in eine Rohrgeometrie umgeformt. Unabhängig vom Verfahren müssen stoffschlüssige Fügeverfahren, insbesondere das Laserschweißen eingesetzt werden, um die Batteriezellgehäuse zu verschließen, was sowohl das Dichtschweißen mit einem oder mehreren Deckeln sowie das Längsschweißen einer Rohrgeometrie umfassen kann.

Als weitere Variante ist die Pouch-Bauform zu nennen, bei der das Batteriezellgehäuse im Wesentlichen die Form einer Tasche beziehungsweise eines Beutels aufweist. Aufgrund hoher Anforderungen an die Festigkeit beziehungsweise mechanische Stabilität sowie gleichzeitig hoher Anforderungen an die elektrochemische Beständigkeit gegenüber dem korrosiven, auch auf das Batteriezellgehäuse wirkenden Elektrolyten wurden insbesondere zylindrische Batteriezellgehäuse bisher in der Regel aus nickelplattiertem Stahl hergestellt.

Für prismatische Batteriezellgehäuse wird, wie bereits ausgeführt, die Aluminiumlegierung AA3003 üblicherweise verwendet. Aus der US-Patentanmeldung US 2006/093908 A1 ist beispielsweise ein Batteriegehäuse mit hoher Festigkeit bekannt, welches aus einem Verbundwerkstoff mit einer äußeren Kunststoffschicht sowie einer Aluminiumfolie aus einer Aluminiumlegierung vom Typ AA8079, 1N30, AA8021, AA3003, AA3004, AA3104 oder AA3105 besteht.

Die zuvor genannten Aluminiumlegierungen sind auch aus der koreanischen Patentanmeldung KR 2016 0056731 A für tiefgezogene Batteriezellgehäuse von

Mobiltelefonen, Computern und anderen mobilen Endgeräten bekannt, wobei die koreanische Patentanmeldung die Verwendung der Aluminiumlegierung vom Typ AA3003 ebenfalls präferiert.

Die japanische Patentanmeldung JP 2015 125886 A stellt die Festigkeit und die Schweißbarkeit der Batteriezellgehäuse für nicht Wasser basierte Elektrolyte enthaltene Batteriezellgehäuse in den Vordergrund und schlägt die Verwendung von Aluminiumlegierungen vom Typ AA3003, AA3203, AA3004, AA3104, AA3005 oder AA3105 vor.

Obwohl verschiedene Al-Mn-Legierungen aus dem Stand der Technik für die Herstellung von Batteriezellgehäusen bekannt sind, hat sich die Aluminiumlegierung AA3003 in den Batteriezellgehäusefertigungen durchgesetzt. Dies hat seine Ursache zum einen darin, dass Sekundär-Batteriezellgehäuse üblicherweise hoch reaktive Chemikalien vor Umwelteinflüssen schützen müssen. Andererseits darf das Batteriezellgehäuse selbst nicht durch Verunreinigungen, kleinste Partikel oder Späne selbst Ursache für Havarien von Batteriezellen werden. Hierdurch ergeben sich sehr hohe Anforderungen an die Verarbeitungseigenschaften des Walzprodukts aus einer Aluminiumlegierung, die die Aluminiumlegierung AA3003 erfüllt. Entsprechend aufwändig und genau sind beispielsweise Umformwerkzeuge in der Produktion von Batteriezellgehäusen an die spezifischen Eigenschaften der Aluminiumlegierung vom Typ AA3003 angepasst. Eine Anpassung von Werkzeugen auf Aluminiumlegierungen mit abweichenden mechanischen Eigenschaften ist kosten- und entwicklungsintensiv und wird durch ohnehin begrenzte Kapazitäten erschwert.

Anderseits ist die Aluminiumlegierung AA3003 nur über einen geschlossenen Stoffkreislauf sehr gut recycelfähig. Geschlossene Stoffkreisläufe sind aber nur sehr aufwändig und kostenintensiv zu realisieren, so dass die Aluminiumlegierung AA3003 einen hohen Primäraluminiumanteil aufweist. Darüber hinaus weisen Batteriezellen eine hohe Lebensdauer von mehr als 10 Jahren auf, so dass die Rückführung des Zellgehäusematerials nur nach langen Zeiträumen realisiert werden kann. Die in den

letzten Jahren stark gestiegenen Nachhaltigkeitsanforderungen verlangen daher eine Fertigung von Batteriezellgehäusen mit einem möglichst geringen Ressourceneinsatz sowie $CO_2$-Fußabdruck.

Am effektivsten ist dabei eine Reduktion des Einsatzes von energieintensivem Primäraluminium durch die vermehrte Verwendung von Recycling-Material, auch Sekundäraluminium genannt. Letzteres wird durch das Einschmelzen von Aluminiumschrotten gewonnen.

Bei Aluminiumschrotten werden Pre-Consumer-Schrotte und Post-Consumer-Schrotte unterschieden. Bei Pre-Consumer-Schrotten handelt es sich um Abfälle, die bei der Herstellung von Halbzeugen oder Endprodukten aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen in einer Vielzahl von möglichen Prozessen anfallen. Die Pre-Consumer-Schrotte lassen sich weiter unterteilen in interne Prozessschrotte auf der einen Seite, die innerhalb des Herstellungsprozesses der Aluminiumbänder bzw. -bleche unvermeidbar anfallen, wie beispielsweise Angüsse, Verschnitte, Späne, Produktionsreste oder Produktionsausschüsse, und externe Prozessschrotte auf der anderen Seite, die in der weiteren Verarbeitung zum Endprodukt unvermeidbar anfallen, wie beispielsweise Stanzgitter, Späne oder Fertigungsausschüsse. Bei Post-Consumer-Schrotten handelt es sich um Endprodukte, deren Lebenszyklus vollständig durchlaufen wurde, und die nach erfolgter Nutzung als Abfall anfallen. Dabei ist es unerheblich, ob die Nutzung durch einen Endverbraucher erfolgte oder nicht, was bedeutet, dass die Nutzung beispielsweise auch in einem Industrie- oder Gewerbebetrieb stattgefunden haben kann. Beispiele für Post-Consumer-Schrotte sind Lebensmittelverpackungen, insbesondere Getränkedosen, Fensterrahmen, lithografische Druckplattenträger, Kabeladern sowie Automobilkomponenten.

Dem Einsatz von Recyclingmaterial stehen daher die hohen Sicherheitsanforderungen bei der Verarbeitung von Walzprodukten aus Aluminiumlegierungen zu Batteriezellgehäusen entgegen.

Hiervon ausgehend hat sich die vorliegende Erfindung daher die Aufgabe gestellt, ein Walzprodukt aus einer Aluminiumlegierung vorzuschlagen, das einen kostengünstigen Einsatz von Sekundäraluminium gewährleistet und gleichzeitig eine Verarbeitungsfähigkeit auf bestehenden Produktionsanlagen und Werkzeugen zu Batteriezellgehäusen gewährleistet.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die zuvor genannte Aufgabe mit einem Walzprodukt aus einer Aluminiumlegierung zur Herstellung eines Batteriezellgehäuses dadurch gelöst, dass das Walzprodukt eine Aluminiumlegierung mit den folgenden Legierungsbestandteilen in Gew.-% aufweist:

0,1 % ≤ Si ≤ 0,7 %,
0,2 % ≤ Fe ≤ 0,8 %,
Cu ≤ 0,6 %,
0,3 % ≤ Mn ≤ 1,5 %,
0,025 % ≤ Mg ≤ 0,60 %, bevorzugt 0,01 % < Mg ≤ 0,60 %,
Cr ≤ 0,25 %,
Zn ≤ 0,5 %,
Ti ≤ 0,2 %,
Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln maximal 0,05 %, in Summe maximal 0,15 %,

wobei das Walzprodukt eine Zugfestigkeit $R_m$ von mindestens 135 MPa bis maximal 210MPa, bevorzugt maximal 185 MPa, eine Streckgrenze $R_{p0,2}$ von mehr als 125 MPa bis maximal 180MPa, vorzugsweise maximal 165MPa, sowie eine Dehnung $A_{50}$ von mehr als 5%, bevorzugt mehr als 7% besitzt.

Es hat sich gezeigt, dass hohe Recyclinganteile zu erhöhten Si-Gehalten in der Aluminiumlegierung führen können. In Kombination mit hohen Mg-Gehalten steigt dann aber die Heißrissneigung der Aluminiumlegierung beim Schweißen deutlich an. Das Prozessfenster bei der Verwendung von Schweißverfahren zur Herstellung von Batteriezellgehäusen wird hierdurch signifikant kleiner, so dass Heißrisse nach dem Schweißen auftreten können. Das Gleiche gilt auch für das Auftreten von

Schweißporen, deren Bildung mit zunehmendem Mg-Gehalt auf Grund des geringen Dampfdrucks von Mg begünstigt wird. Das erfindungsgemäße Walzprodukt mit der oben genannten Zusammensetzung erlaubt die Verwendung sehr hoher Recyclinganteile bei der Herstellung. Gleichzeitig hat das erfindungsgemäße Walzprodukt die mechanischen Eigenschaften eines Walzproduktes einer Aluminiumlegierung vom Typ AA3003 im Zustand H14, wodurch die bisher für Walzprodukte aus einer AA3003 Legierung verwendeten Produktionsanlagen und Werkzeuge für den neuen Werkstoff verwendbar werden. Gleichzeitig eignet sich das Walzprodukt aufgrund der Kombination der erfindungsgemäßen Si-, Fe-, Cu- und Mg-Gehalte zur Herstellung von Batteriezellgehäusen unter Verwendung hoher Recycling-Anteile im Walzprodukt. Dies gilt insbesondere für die Nutzung von Aluminium-Verpackungsschrotten und UBC-Schrotten (UBC: used beverage can), d.h. von Getränkedosen aus Aluminiumlegierungen, welche signifikante Gehalte an Magnesium und Kupfer aufweisen und für die Herstellung der Aluminiumlegierung des Walzprodukts des Batteriezellgehäuses geeignet sind. Gleichzeitig wird ein breites Prozessfenster für Schweißverfahren bereitgestellt, da die Neigung zur Heißrissbildung und zur Ausbildung von Schweißporen durch die Legierungszusammensetzung verringert wird.

Sämtliche der soeben genannten Vorteile werden durch die Legierungszusammensetzung des Walzprodukts in Kombination mit den vorgegebenen mechanischen Eigenschaften für die Streckgrenze $R_{p0,2}$, die Zugfestigkeit $R_m$ und die Dehnung $A_{50}$ erreicht. Nachdem die Aluminiumlegierung darüber hinaus nur Standard-Legierungselemente enthält, ist diese selbst ebenfalls gut recycelbar, sodass das erfindungsgemäße Batteriezellgehäuse ohne Probleme bestehenden Schrottkreisläufen zugeführt werden kann. Zusätzlich ergibt sich durch die Legierungszusammensetzung, dass die Elektrolytbeständigkeit gegenüber der bereits bekannten Legierung AA3003 nicht, beziehungsweise nicht nennenswert, verschlechtert ist, so dass wirtschaftlich und nachhaltig herstellbare Batteriezellgehäuse bereitgestellt werden können.

Der Silizium-Gehalt der Aluminiumlegierung liegt erfindungsgemäß im Bereich 0,1 Gew.-% ≤ Si ≤ 0,7 Gew.-% und erlaubt damit besonders hohe Recyclingquoten. In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Batteriezellgehäuses liegt der Silizium-Gehalt der Aluminiumlegierung im Bereich 0,2 Gew.-% ≤ Si ≤ 0,60 Gew.-%, vorzugsweise 0,35 Gew.-% ≤ Si ≤ 0,55 Gew.-% oder weiter bevorzugt sowie 0,40 Gew.-% ≤ Si ≤ 0,50 Gew.-%. Der Silizium-Gehalt von 0,1 Gew.-% ≤ Si ≤ 0,7 Gew.-% führt in Kombination mit den erfindungsgemäßen Eisen- und Mangan-Gehalten in den angegebenen Mengen insbesondere zu relativ gleichförmig verteilten, kompakten Partikeln der quaternären α-Al(Fe,Mn)Si-Phase. Diese ausgeschiedenen Partikel steigern sowohl die Festigkeit der Aluminiumlegierung als auch deren elektrische und thermische Leitfähigkeit, da sie dem Mischkristall Eisen und Mangan entziehen, ohne jedoch andere Eigenschaften wie das Korrosionsverhalten, d.h. die Elektrolytbeständigkeit, oder die Umformbarkeit negativ zu beeinflussen. Silizium-Gehalte von weniger als 0,1 Gew.-% führen zu einer reduzierten Ausscheidung von α-Al(Fe,Mn)Si-Phasen, was zur Beeinträchtigung der elektrischen und thermischen Leitfähigkeit durch gelöstes Mangan führen kann. Darüber hinaus wirkt sich das Fehlen von α-Al(Fe,Mn)Si-Phasen negativ auf den Werkzeugverschleiß aus. Silizium-Gehalte von mehr als 0,7 Gew.-% können in Verbindung mit Magnesium verstärkt zur Bildung von $Mg_2Si$-Phasen führen, was die Mischkristallverfestigung des Magnesiums negativ beeinflusst. Der Silizium-Gehalt der bevorzugten Ausführungsform von 0,2 Gew.-% ≤ Si ≤ 0,60 Gew.-%, vorzugsweise 0,35 Gew.-% ≤ Si ≤ 0,55 Gew.-% sowie 0,40 Gew.-% ≤ Si ≤ 0,50 Gew.-% stellt einen idealen Kompromiss zwischen hoher Festigkeit, hoher elektrischer und thermischer Leitfähigkeit bei der Bereitstellung breiter Prozessfenster für das Schweißen dar.

Der Eisen-Gehalt der Aluminiumlegierung liegt erfindungsgemäß im Bereich 0,2 Gew.-% ≤ Fe ≤ 0,8 Gew.-%. In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Walzprodukts liegt der Eisen-Gehalt der Aluminiumlegierung im Bereich 0,2 Gew.-% ≤ Fe ≤ 0,65 Gew.-%, vorzugsweise 0,25 Gew.-% ≤ Fe ≤ 0,55 Gew.-%. Der Eisen-Gehalt von 0,2 Gew.-% ≤ Fe ≤ 0,8 Gew.-% führt in Kombination mit dem erfindungsgemäßen Mangan-Gehalt in der angegebenen Menge zur Ausbildung von $Al_6(Mn,Fe)$-Phasen

sowie, wie bereits oben ausgeführt, in Kombination mit den erfindungsgemäßen Silizium- und Mangan-Gehalten in den angegebenen Mengen zur Ausscheidung der Partikel der quaternären α-Al(Fe,Mn)Si-Phase. Dabei trägt Eisen zur Absenkung der Löslichkeit von Mangan in Aluminium bei, wodurch mehr Mangan in intermetallischen Phasen gebunden wird, was sich positiv auf die elektrische und thermische Leitfähigkeit auswirkt. Daneben beeinflussen die intermetallischen Phasen Erholungs- und Rekristallisationsvorgänge und verbessern die thermische Stabilität der mechanischen Eigenschaften. Eisen-Gehalte von mehr als 0,8 Gew.-%begünstigen die Bildung grober intermetallischer Phasen, die die Umformbarkeit im Tiefziehprozess beeinträchtigen können. Zu niedrige Eisen-Gehalte von weniger als 0,2 Gew.-% schränken hingegen die Toleranz der Aluminiumlegierung für eisenhaltige Schrotte zu stark ein, da übliche Schrottgüten im Allgemeinen einen signifikanten Eisen-Anteil aufweisen. Daher kann eine zu starke Limitierung des Eisengehalts die Realisierung hoher Recycling-Anteile behindern. Der Korridor des Eisen-Gehalts der genannten Ausführungsform von 0,2 Gew.-% ≤ Fe ≤ 0,65 Gew.-%, vorzugsweise 0,25 Gew.-% ≤ Fe ≤ 0,55 Gew.-%, stellt demnach eine ideale Kombination aus Recyclingfähigkeit, Verwendung hoher Recyclingmaterialanteile, thermischer Stabilität, elektrischer sowie thermischer Leitfähigkeit und Umformbarkeit dar.

Der Kupfer-Gehalt der Aluminiumlegierung liegt erfindungsgemäß im Bereich Cu ≤ 0,6 Gew.-%. In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Walzprodukts liegt der Kupfer-Gehalt der Aluminiumlegierung im Bereich Cu ≤ 0,3 Gew.-%, vorzugsweise 0,1 Gew.-% ≤ Cu ≤ 0,2 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,10 Gew.-% ≤ Cu ≤ 0,20 Gew.-%. Dadurch, dass ein Kupfer-Gehalt von bis zu 0,6 Gew.-% zugelassen wird, wird eine erhöhte Toleranz der Aluminiumlegierung für kupferhaltige Aluminiumlegierungsschrotte erreicht, was die Realisierung hoher Recyclingmaterialanteile bei der Herstellung von Batteriegehäusen begünstigt. Nachdem zu hohe Kupfer-Gehalte sich jedoch negativ auf die Korrosionseigenschaften auswirken können, wird der Kupfer-Gehalt zur Erzielung einer ausreichend hohen Elektrolytbeständigkeit erfindungsgemäß auf höchstens 0,6 Gew.-% begrenzt. Für eine verbesserte Elektrolytbeständigkeit sowie eine ausreichend hohe elektrische und

thermische Leitfähigkeit wird der Kupfer-Gehalt in der genannten Ausführungsform auf 0,3 Gew.-% begrenzt. Allerdings bewirkt das Vorhandensein von Kupfer gleichzeitig auch eine Festigkeitssteigerung der Aluminiumlegierung durch Mischkristallverfestigung, welche jedoch erst ab einem Gehalt von 0,1 Gew.-% deutlich zum Vorschein tritt. Ein bevorzugter Bereich von 0,1 Gew.-% ≤ Cu ≤ 0,2 Gew.-% oder 0,10 Gew.-% ≤ Cu ≤ 0,20 Gew.-% stellt damit einen Kompromiss zwischen hoher Festigkeit, ausreichend hoher elektrischer und thermischer Leitfähigkeit und weiter verbesserter Elektrolytbeständigkeit bei gleichzeitig ausreichender Recycling-Toleranz dar.

Der Mangan-Gehalt der Aluminiumlegierung liegt erfindungsgemäß im Bereich 0,3 Gew.-% ≤ Mn ≤ 1,5 Gew.-%. In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Walzprodukts liegt der Mangan-Gehalt der Aluminiumlegierung im Bereich 0,3 Gew.-% ≤ Mn ≤ 1,4 Gew.-%. Der Mangan-Gehalt von 0,4 Gew.-% ≤ Mn ≤ 1,3 Gew.-% oder bevorzugt von 0,6 Gew.-% ≤ Mn ≤ 1,1 Gew.-%, führt, wie bereits oben ausgeführt, in Kombination mit den Silizium- und Eisen-Gehalten in den angegebenen Mengen zur Ausscheidung der Partikel der quaternären α-Al(Fe,Mn)Si-Phase sowie der $Al_6$(Mn,Fe)-Phase. Die intermetallischen Phasen behindern Erholungs- und Rekristallisationsvorgänge und verbessern somit die thermische Stabilität der mechanischen Eigenschaften. Mangan-Gehalte von weniger als 0,3 Gew.-% ergeben nur eine sehr geringe Festigkeitssteigerung durch Dispersoid- und Mischkristallhärtung, so dass mindestens 0,3 Gew.-% Mangan vorgesehen sind. Ab Mangan-Gehalten von mindestens 0,4 Gew.-% werden signifikante Festigkeitssteigerungen durch Dispersoid- und Mischkristallhärtung erreicht, die ab mindestens 0,6 Gew.-% Mangan noch stärker ausfallen. Bei Mangan-Gehalten von mehr als 1,5 Gew.-% wird die Bildung von groben intermetallischen Phasen begünstigt, die sich ungünstig auf die Umformeigenschaften im Tiefziehprozess auswirken. Darüber hinaus reduzieren Mangan-Gehalte von mehr als 1,5 Gew.-% die elektrische und thermische Leitfähigkeit des Walzprodukts so stark, so dass das Thermomanagement von daraus hergestellten Batteriezellgehäusen ineffizient wird. Der Mn-Gehalt beträgt daher vorzugsweise maximal 1,5 Gew.-% vorzugsweise

maximal 1,3 Gew.-%, besonders bevorzugt maximal 1,1 Gew.-%. Gemäß einer weiteren Ausführungsform beträgt das Mn/Si-Verhältnis bevorzugt mehr als 0,8, da ab diesem Verhältnis die Bildung von α-Al(Fe,Mn)Si-Phase begünstigt wird.

Der Magnesium-Gehalt der Aluminiumlegierung liegt erfindungsgemäß im Bereich 0,0025 Gew.-% ≤ Mg ≤ 0,60 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich 0,01 Gew.-% ≤ Mg ≤ 0,60 Gew.-%. In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Walzprodukts liegt der Magnesium-Gehalt der Aluminiumlegierung im Bereich 0,05 Gew.-% < Mg ≤ 0,55 Gew.-%, vorzugsweise 0,10 Gew.-% ≤ Mg ≤ 0,45 Gew.-%. Dadurch, dass ein Magnesium-Gehalt von bis zu 0,60 Gew.-% zugelassen wird, wird eine Toleranz der Aluminiumlegierung für magnesiumhaltige Aluminiumlegierungsschrotte wie beispielsweise Verpackungs- und UBC-Schrotte erreicht, was die Realisierung hoher Recyclinganteile bei der Herstellung der Batteriezellgehäuse mit dem erfindungsgemäßen Walzprodukt begünstigt. Gleichzeitig erlaubt die Begrenzung des Mg-Gehalts auf 0,60 Gew.-% das Zulassen höherer Si-Gehalte ohne, dass die Aluminiumlegierung zur Heißrissbildung und zur Schweißporenbildung beim Schweißen des Walzprodukts neigt. Daneben führt das Vorhandensein von Magnesium ab einem Gehalt von mindestens 0,0025 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 0,05 Gew.-%, besonders bevorzugt mehr als 0,05 Gew.-% oder weiter bevorzugt mindestens 0,10 Gew.-% zu einer Mischkristallverfestigung, die zu einer erhöhten Kaltverfestigung beiträgt und somit eine höhere Festigkeit bereitgestellt werden kann. Zur Erzielung verbesserter mechanischer Eigenschaften bei gleichzeitiger Bereitstellung optimaler Prozessfenster für Schweißverfahren wird der Magnesium-Gehalt auf bevorzugte Bereiche von 0,05 Gew.-% ≤ Mg ≤ 0,55 Gew.-%, vorzugsweise 0,05 Gew.-% ≤ Mg ≤ Gew.-0,50 % oder besonders bevorzugt auf 0,10 Gew.-% ≤ Mg ≤ 0,45 Gew.-% begrenzt und ein Kompromiss zwischen hoher Festigkeit, gutem Umformverhalten sowie hoher elektrischer und thermischer Leitfähigkeit bei gleichzeitig guter Recycling-Toleranz und Schweißbarkeit erreicht.

Der Chrom-Gehalt der Aluminiumlegierung liegt erfindungsgemäß im Bereich Cr ≤ 0,25 Gew.-%. In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Walzprodukts liegt

der Chrom-Gehalt der Aluminiumlegierung im Bereich Cr ≤ 0,1 Gew.-%, vorzugsweise Cr ≤ 0,05 Gew.-%. Dadurch, dass ein Chrom-Gehalt von bis zu 0,25 Gew.-% zugelassen wird, wird eine erhöhte Toleranz der Aluminiumlegierung für chromhaltige Aluminiumlegierungsschrotte erreicht, was die Realisierung hoher Recyclinganteile bei der Herstellung der Batteriezellgehäuse mit dem erfindungsgemäßen Walzprodukt begünstigt. Daneben wirkt Chrom auch festigkeitssteigernd und bildet Dispersoide, die die thermische Stabilität erhöhen und rekristallisations- bzw. erholungsbedingte Entfestigung behindern. Nachdem zu hohe Chrom-Gehalte sich jedoch negativ auf die elektrische Leitfähigkeit der Aluminiumlegierung auswirken können, wird der Chrom-Gehalt erfindungsgemäß auf höchstens 0,25 Gew.-% begrenzt. Für eine verbesserte Leitfähigkeit bei immer noch ausreichender Recycling-Toleranz und Festigkeit wird der Chrom-Gehalt in der genannten Ausführungsform auf 0,1 Gew.-%, vorzugsweise 0,05 Gew.-%, begrenzt.

Der Zink-Gehalt der Aluminiumlegierung liegt erfindungsgemäß im Bereich Zn ≤ 0,5 Gew.-%. In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Walzprodukts liegt der Zink-Gehalt der Aluminiumlegierung im Bereich 0,0050 Gew.-% ≤ Zn ≤ 0,30 Gew.-%, vorzugsweise 0,02 Gew.-% ≤ Zn ≤ 0,30 Gew.-% und weiter vorzugsweise 0,04 Gew.-% ≤ Zn ≤ 0,25 Gew.-%. Dadurch, dass ein Zink-Gehalt von bis zu 0,5 Gew.-% zugelassen wird, wird eine erhöhte Toleranz der Aluminiumlegierung für zinkhaltige Aluminiumlegierungsschrotte erreicht, was die Realisierung hoher Recycling-Raten weiter begünstigt. Daneben wirkt Zink auch festigkeitssteigernd. Nachdem zu hohe Zink-Gehalte jedoch die Schweißbarkeit, die elektrische und thermische Leitfähigkeit sowie die Korrosionsbeständigkeit der Aluminiumlegierung verschlechtern, wird der Zink-Gehalt erfindungsgemäß auf höchstens 0,5 Gew.-% begrenzt. In der genannten Ausführungsform wird der Zink-Gehalt innerhalb des Korridors 0,0050 Gew.-% ≤ Zn ≤ 0,30 Gew.-%, vorzugsweise 0,02 Gew.-% ≤ Zn ≤ 0,30 Gew.-%, weiter vorzugsweise 0,04 Gew.-% ≤ Zn ≤ 0,25 Gew.-% eingestellt, wodurch ein optimaler Kompromiss zwischen hoher Festigkeit, guter Schweißbarkeit und guter Elektrolytbeständigkeit bei immer noch guter Recycling-Toleranz erzielt wird.

Der Titan-Gehalt der Aluminiumlegierung liegt erfindungsgemäß im Bereich Ti ≤ 0,2 Gew.-%. In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Walzprodukts liegt der Titan-Gehalt der Aluminiumlegierung im Bereich 0,005 Gew.-% ≤ Ti ≤ 0,1 Gew.-%, vorzugsweise 0,005 Gew.-% ≤ Ti ≤ 0,05 Gew.-%. Dadurch, dass ein Titan-Gehalt von bis zu 0,2 Gew.-% zugelassen wird, wird eine erhöhte Toleranz der Aluminiumlegierung für titanhaltige Aluminiumlegierungsschrotte erreicht, was die Realisierung hoher Recyclinganteile bei der Herstellung von Batteriezellgehäusen begünstigt. Zu hohe Titan-Gehalte können jedoch die Umformeigenschaften der Aluminiumlegierung negativ beeinflussen und reduzieren die elektrische und thermische Leitfähigkeit signifikant, sodass der Titan-Gehalt erfindungsgemäß auf höchstens 0,2 Gew.-% begrenzt wird. Demgegenüber verbessert Titan ab einem Gehalt von 0,005 Gew.-% die Kornfeinung beim Gießen der Aluminiumlegierung. Für eine gute Kornfeinung bei gleichzeitig guter Umformbarkeit, ausreichend hoher elektrischer und thermischer Leitfähigkeit sowie ausreichender Recycling-Toleranz wird der Titan-Gehalt in der genannten Ausführungsform deshalb innerhalb des Korridors 0,005 Gew.-% ≤ Ti ≤ 0,1 Gew.-%, vorzugsweise 0,005 Gew.-% ≤ Ti ≤ 0,05 Gew.-%, eingestellt.

Neben den bisher genannten Legierungsbestandteilen weist die Aluminiumlegierung des erfindungsgemäßen Walzprodukts als Rest Aluminium und unvermeidbare Verunreinigungen auf. Als unvermeidbare Verunreinigungen werden Legierungsbestandteile bezeichnet, die nicht vorsätzlich hinzulegiert werden, sondern herstellungsbedingt in der Aluminiumlegierung zwangsläufig enthalten sind. Erfindungsgemäß ist der Gehalt einer einzelnen unvermeidbaren Verunreinigung auf 0,05 Gew.-%, der Gehalt aller unvermeidbaren Verunreinigungen in Summe auf 0,15 Gew.-% begrenzt. Damit wird sichergestellt, dass die unvermeidbaren Verunreinigungen keine, beziehungsweise keine signifikanten negativen Auswirkungen auf die Eigenschaften der Aluminiumlegierung, beispielweise durch unerwünschte Phasenbildung, haben.

Es hat sich herausgestellt, dass trotz der Abweichungen in der chemischen Zusammensetzung des Walzprodukts aus einer Aluminiumlegierung mit den oben genannten Gehalten an Legierungsbestandteilen eine Kombination an mechanischen Eigenschaften des Walzprodukts erzielt werden können, welche die hohen Anforderungen an die Verarbeitung des Walzprodukts zum Batteriezellgehäuse der Aluminiumlegierung AA3003 erfüllen und das Walzprodukt auf dafür vorgesehenen Produktionsanlagen verarbeitet werden kann. Damit können Batteriezellgehäuse mit niedrigem $CO_2$-Fußabdruck auf bestehenden Produktionsanlagen nachhaltig hergestellt werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung beträgt der Anteil an recyceltem Metall an dem Walzprodukt aus einer Aluminiumlegierung mindestens 30 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 50 Gew.-%, besonders bevorzugt mindestens 70 Gew.-% oder besonders bevorzugt mindestens 75 % Recycling-Material. Aufgrund der oben beschriebenen hohen Recycling-Toleranz der Aluminiumlegierung des Walzprodukts wird die Realisierung dieser hohen Recyclinganteile für das erfindungsgemäße Walzprodukt ermöglicht, ohne die Prozessparameter für bevorzugte Herstellverfahren, wie das Schweißverfahren, negativ zu beeinflussen.

Durch die damit verbundene Energieeinsparung wird die Fertigung von Batteriezellgehäusen mit möglichst geringem $CO_2$-Fußabdruck ermöglicht und eine verbesserte Nachhaltigkeit erzielt. Vorzugsweise weist das Recycling-Material des Walzprodukts einen Anteil von mindestens 30 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 50 Gew.-%, besonders bevorzugt mindestens 70 Gew.-% Post-Consumer-Schrotten auf. Da Post-Consumer-Schrotte erst am Ende des Produktlebenszyklus anfallen, gelten diese als besonders nachhaltig und tragen stärker zur Verringerung des $CO_2$-Fußabdrucks bei. Kumulativ oder alternativ weist das Recycling-Material mindestens 30 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 50 Gew.-%, besonders bevorzugt mindestens 70 Gew.-% oder mindestens 75 % Pre-Consumer-Schrotte, oder interne und/oder externe Prozessschrotte auf. Bei internen Prozessschrotten sind die Zusammensetzungen und Mengen der einzelnen Legierungen in der Regel sehr gut

bekannt, so dass die sich beim Einschmelzen von internen Prozessschrotten ergebende Legierungszusammensetzung gut bestimmt werden kann. Externe Prozessschrotte sind in ihrer Zusammensetzung weniger gut definiert als interne Prozessschrotte und erfordern ggf. weitere Aufbereitungsschritte, fallen aber zum Beispiel in der Produktion von Stanzteilen in großem Maße an, so dass die Wiederverwertung wirtschaftlich und im Sinne der Nachhaltigkeit von hoher Relevanz ist. Durch die Wiederverwertung von externen Prozessschrotten kann der Bedarf an Primärmetall reduziert werden, was die Gesamt-$CO_2$-Bilanz reduziert. Auch wenn die später beschriebenen Ausführungsbeispiele einen Recyclinganteil von maximal 85 % aufweisen, sind mit der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungszusammensetzung auch Recyclinganteile von mindestens 90 % realisierbar.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Walzprodukts, weist dieses den Temper-Zustand H12, H22, H24, H34 oder H32 auf. Es hat sich herausgestellt, dass selbst walzharte Walzprodukte im Zustand H12 die mechanischen Vorgaben in Bezug auf die Verarbeitbarkeit analog zu einem Walzprodukt aus einer Aluminiumlegierung vom Typ AA3003 ermöglichen. Die rückgeglühten Zustände H22, H24, H32, H34 weisen zudem den Vorteil einer verbesserten Umformbarkeit aus.

Weist das Walzprodukt aus einer Aluminiumlegierung gemäß einer weiteren Ausführungsform des Batteriezellgehäuses eine Dicke zwischen 0,1 mm und 2,0 mm auf, können die für ein Batteriezellgehäuse typischen Wandstärken vollständig abgedeckt werden. Eine Reduzierung der Dicke auf weniger als 0,1 mm verringert die mechanische Stabilität des Batteriezellgehäuses zu stark. Demgegenüber ist bei einer Dicke von mehr als 2,0 mm ein effizienter Materialeinsatz nicht mehr gegeben. Zudem würden sich die gravimetrische und volumetrische Energiedichte der Batteriezelle beziehungsweise des Batteriemoduls oder Batteriesystems zu stark verringern, falls das Walzprodukt des Batteriezellgehäuses eine Dicke von mehr als 2,0 mm aufweisen würde. Vorzugsweise liegt die Dicke des Walzprodukts oder -blechs zwischen 0,25 mm und 1,5 mm, insbesondere zwischen 0,35 mm und 1,2 mm.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung weist das Walzprodukt vorzugsweise eine entfettete Oberfläche mit Oberflächenspannungen von mehr als 30 mN/m, bevorzugt mehr als 32 mN/m, insbesondere bevorzugt 34 mN/m auf, so dass hierdurch die Schweißbarkeit des Walzproduktes zur Herstellung eines Batteriezellgehäuses verbessert wird. Die Oberflächenspannung der Oberfläche des Walzproduktes kann beispielsweise durch alkalisches oder saures Entfetten bzw. Beizen erreicht werden und unter Verwendung von Testtinten mit guter Genauigkeit gemessen werden.

Erfindungsgemäß wird die oben aufgezeigte Aufgabe auch durch ein Verfahren zur Herstellung eines Walzprodukts aus einer Aluminiumlegierung mit folgenden Verfahrensschritten gelöst:

- Bereitstellen eines Walzbarrens aus einer Aluminiumlegierung mit folgender Zusammensetzung in Gew.-%:

$0{,}1\ \% \leq Si \leq 0{,}7\ \%$,

$0{,}2\ \% \leq Fe \leq 0{,}8\ \%$,

$Cu \leq 0{,}6\ \%$,

$0{,}3\ \% \leq Mn \leq 1{,}5\ \%$,

$0{,}025\ \% \leq Mg \leq 0{,}60\ \%$, bevorzugt $0{,}05\ \% < Mg \leq 0{,}55\ \%$,

$Cr \leq 0{,}25\ \%$,

$Zn \leq 0{,}5\ \%$,

$Ti \leq 0{,}2\ \%$,

Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln maximal 0,05 %, in Summe maximal 0,15 %,

- optionales Homogenisieren des Walzbarrens bei 480 °C bis 625 °C, bevorzugt bei 550 °C bis 620 °C für mindestens 0,1 Stunden, vorzugsweise für mindestens 0,25 Stunden, bevorzugt für mindestens 0,5 Stunden,
- Warmwalzen des Walzbarrens an eine Warmbanddicke von 2 mm bis 10 mm mit einer Warmbandendtemperatur zwischen 250 °C und 450 °C,
- Kaltwalzen des Warmbandes an Enddicke mit mindestens einer optionalen Zwischenglühung in Form einer Weichglühung bei 250 °C und 450 °C,

wobei der Abwalzgrad beim Kaltwalzen nach dem Warmwalzen oder nach der letzten Zwischenglühung an Enddicke kleiner 25 %, bevorzugt kleiner 22 % oder besonders bevorzugt kleiner 18 % beträgt.

Die genannten Verfahrensschritte werden vorzugsweise in der angegebenen Reihenfolge ausgeführt, wobei das Homogenisieren des Walzbarrens separat geschehen oder in die Vorwärmung des Walzbarrens zum Warmwalzen integriert werden kann. Es wurde festgestellt, dass mit dem soeben beschriebenen Verfahren ein Walzprodukt aus einer Aluminiumlegierung hergestellt werden kann, mit welchem sich bei einer erfindungsgemäßen Verwendung die Anforderungen an ein Batteriezellgehäuse, insbesondere in Bezug auf Festigkeit, Elektrolytbeständigkeit sowie elektrische und thermische Leitfähigkeit bei sehr guter Schweißbarkeit, erfüllen und gleichzeitig hohe Recycling-Anteile realisieren lassen. Weiterhin erlaubt dieses Verfahren eine wirtschaftliche Herstellung des Walzprodukts.

Das Gießen des Walzbarrens aus einer Aluminiumlegierung erfolgt vorzugsweise im Direktkühlungs-Strangguss, auch Direct-Chill-Strangguss oder DC-Strangguss genannt, womit sich die Wirtschaftlichkeit des Herstellverfahrens weiter erhöhen lässt.

Durch das Homogenisieren des Walzbarrens wird eine Verbesserung der Gefügestruktur des Walzprodukts erreicht, was sich positiv auf Festigkeit und Umformbarkeit auswirkt. Die Kornstruktur wird durch die Homogenisierung bei sonst identischem Fertigungsprozess verfeinert. Als Ergebnis wird eine verringerte mittlere Korngröße am Endprodukt nach dem Kaltwalzen erhalten, so dass die Umformbarkeit verbessert wird. Vorzugsweise erfolgt das Homogenisieren bei einer Temperatur von 480 °C bis 625 °C, bevorzugt bei 550 °C bis 620 °C für mindestens 0,1 Stunden, vorzugsweise für mindestens 0,25 Stunden oder bevorzugt für mindestens 0,5 h, weiter bevorzugt für mindestens 1 h oder 2h.

Bevorzugt beträgt die Vorwärmtemperatur zu Beginn des Warmwalzens zwischen 390 und 550 °C. Das Warmwalzen des Walzbarrens zu einem warmgewalzten Band

erfolgt derart, dass die Warmbandendtemperatur zwischen 250 °C und 450 °C beträgt, wobei bevorzugt die Warmbandendtemperatur nach dem letzten Warmwalzstich zwischen 280 °C und 380 °C, vorzugsweise zwischen 310 °C und 360 °C beträgt. Das Warmwalzen des Walzbarrens kann sowohl reversierend auf einem Walzgerüst oder sequenziell in einem Tandem-Gerüst erfolgen. Insbesondere kann das Warmwalzen bis zu einer Platinendicke zwischen 20 mm und 50 mm reversierend erfolgen und die Platine anschließend in einem Tandemgerüst an Warmbanddicke gewalzt werden. Die Warmbandenddicke, d.h. die Dicke des fertig warmgewalzten Bands beträgt 2 mm bis 10 mm. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass beim nachfolgenden Kaltwalzen ein ausreichend hoher Abwalzgrad eingestellt werden kann, wodurch vor allem die Festigkeit und die Umformbarkeit des Walzprodukts mitbestimmt werden.

Das Kaltwalzen des Walzprodukts kann in einem oder in mehreren Stichen erfolgen. In einer Ausführungsform des Verfahrens, bei der mehrere Kaltwalzstiche durchgeführt werden, erfolgt während des Kaltwalzens optional mindestens eine Zwischenglühung. In einer Ausführungsform des Verfahrens erfolgt die Zwischenglühung im Temperaturbereich zwischen 250 °C und 450 °C, vorzugsweise zwischen 280 °C und 400 °C, insbesondere zwischen 300°C und 400°C. Vorzugsweise wird die Zwischenglühung als eine Rekristallisationsglühung durchgeführt, durch die für den anschließenden Kaltwalzstich ein rekristallisiertes Gefüge bereitgestellt wird. Dieser Kaltwalzstich kann dann mit einem höheren Abwalzgrad durchgeführt werden, was sich festigkeitssteigernd auf das fertiggewalzte Walzprodukt aus einer Aluminiumlegierung auswirkt. Bei allen genannten Temperaturangaben, die Glühprozesse kennzeichnen, sind immer Peak-Metal-Temperaturen (PMT) gemeint, d.h. die höchsten Temperaturen des Metalls im Glühofen.

Erfindungsgemäß beträgt der Abwalzgrad beim Kaltwalzen nach dem Warmwalzen oder nach der letzten Zwischenglühung an Enddicke kleiner 25 %, bevorzugt kleiner 22 % oder besonders bevorzugt kleiner 18 %. Der geringe Abwalzgrad in Verbindung mit den vorgehenden Verfahrensschritten und der Zusammensetzung der Aluminiumlegierung des Walzproduktes gewährleistet, dass das Walzprodukt die

gewünschten Festigkeiten mit einer Streckgrenze von $R_{p0,2}$ von mehr als 125 MPa bis maximal 180 MPa, eine Zugfestigkeit $R_m$ von mindestens 135 MPa bis maximal 185 MPa zur Verarbeitung zur Batteriezelle aufweist.

Alternativ kann das Verfahren gemäß einer weiteren Ausgestaltung dadurch ausgestaltet werden, dass nach dem Warmwalzen lediglich ein Kaltwalzen an Enddicke mit mindestens einer optionalen Zwischenglühung in Form einer Weichglühung bei 250 °C und 450 °C durchgeführt wird, wobei eine Abschlussglühung in einem Temperaturbereich von 150 °C bis 280 °C zur Einstellung rückgeglühter Gefügezustände im Walzprodukt an Enddicke erfolgt. Bei dieser Ausführungsform werden vorzugsweise Abwalzgrade von mindestens 50 % und mehr nach der letzten Zwischenglühung verwendet, um ein homogenes und feinkörniges Gefüge durch die Abschlussglühung zu ermöglichen.

Die Zwischenglühung erfolgt bei der angegebenen Temperatur mindestens solange, wie es zum Erreichen eines weichgeglühten Zustands des kaltgewalzten Bands nach der Zwischenglühung notwendig ist. Dies ist unter anderem auch abhängig von der gewählten Ofentechnik, also ob ein Durchlaufofen oder ein Kammerofen verwendet wird.

Das erfindungsgemäße Walzprodukt wird bevorzugt für die Herstellung eines Batteriezellgehäuses verwendet, wobei das Walzprodukt vorzugsweise mit einem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wird. Wie bereits oben ausgeführt, erlaubt die Verwendung des erfindungsgemäßen Walzprodukts für die Herstellung von Batteriezellgehäusen, dass ein hoher Recycling-Anteil im Walzprodukt berücksichtigt werden kann, ohne dass die Eigenschaften des Batteriezellgehäuses oder der für die Verarbeitung benötigten Produktionsmittel verändert oder erneuert werden müssen. Anders als bisher führt die erfindungsgemäße Verwendung zu hoch nachhaltigen Batteriezellgehäusen mit niedrigem $CO_2$-Fußabdruck.

Dieses Ergebnis wird durch die Verwendung des erfindungsgemäßen Walzprodukts für Batteriezellgehäuse einer Sekundärzelle, vorzugsweise einer Lithium-Ionen-Sekundärzelle, einer Natrium-Ionen-Sekundärzelle oder einer Festkörper-Sekundärzelle erreicht.

Gemäß einer weiter ausgestalteten Verwendung weist das Batteriezellgehäuse eine prismatische Bauform, eine zylindrische Bauform oder eine Pouch-Bauform auf. Alle drei Verwendungen profitieren von der Zusammensetzung der Aluminiumlegierung des Walzprodukts in Kombination mit den mechanischen Eigenschaften von der Möglichkeit, anders als bisher bei gleichbleibenden Verarbeitungseigenschaften hohe Recycling-Anteile in der Aluminiumlegierung zu verwenden.

Wird gemäß einer Ausgestaltung der Verwendung das Walzprodukt einer Mehrzahl von Umformschritten unterzogen, wobei vorzugsweise ein Tiefziehen und/oder Abstreckziehen durchgeführt wird, können bestehende Produktionsmittel zur Herstellung der Batteriezellgehäuse aus einer Fertigung basierend auf einer Aluminiumlegierung AA3003 auch für das erfindungsgemäße Walzprodukt verwendet werden. Hierdurch werden hohe Investitionskosten eingespart.

Weiter betrifft die Erfindung ein Batteriezellgehäuse hergestellt aus einem erfindungsgemäßen Walzprodukt, wobei das Batteriezellgehäuse eine prismatische Bauform, eine zylindrische Bauform oder eine Pouch-Bauform aufweist, welche nun ebenfalls mit niedrigem $CO_2$-Fußabdruck ohne aufwändigen Stoffkreislauf gefertigt werden können.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Batteriezellgehäuses weist das Batteriezellgehäuse umgeformte Bereiche aufweist, welche durch Umformen, vorzugsweise durch Tiefziehen und/oder Abstreckziehen eines Walzprodukts erhalten werden. Die entsprechenden Umformungen können trotz der unterschiedlichen Werkstoffzusammensetzungen im Vergleich zur

Aluminiumlegierung AA3003 auf bestehenden Produktionsmitteln durchgeführt werden.

Im Weiteren soll die Erfindung durch Ausführungsbeispiele in Verbindung mit der Zeichnung näher erläutert werden. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Batteriezelle zylindrischer Bauform mit einem erfindungsgemäßen Batteriezellgehäuse,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Batteriezelle prismatischer Bauform mit einem erfindungsgemäßen Batteriezellgehäuse,

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Batteriezelle in Pouch-Bauform mit einem erfindungsgemäßen Batteriezellgehäuse,

Fig. 4 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Herstellung eines Walzprodukts aus einer Aluminiumlegierung für Batteriezellgehäuse, und

Fig. 5 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Herstellung von Batteriezellgehäusen aus Walzprodukten aus einer Aluminiumlegierung umfassend Tiefzieh- und/oder Abstreckziehverfahrensschritte.

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel einer Batteriezelle 10 zylindrischer Bauform. Die Batteriezelle 10 weist ein erfindungsgemäßes Batteriezellgehäuse 11 sowie daneben einen Anodenanschluss 12 und einen Kathodenanschluss 13 auf. Das Batteriezellgehäuse 11 kann beispielsweise aus einem zylindrischen Becher mit Kathodenanschluss 13 und einem Batteriezellgehäusedeckel mit Anodenanschluss 12 bestehen.

Fig. 2 zeigt in einer schematischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel einer Batteriezelle 20 prismatischer Bauform. Die Batteriezelle 20 weist ein erfindungsgemäßes Batteriezellgehäuse 21 sowie daneben einen Anodenanschluss 22 und einen Kathodenanschluss 23 auf. Auch das prismatische Batteriezellgehäuse 21 kann beispielsweise aus einem prismatischen Becher und einem Batteriezellgehäusedeckel mit dem Anoden- und Kathodenanschluss 22 und 23 bestehen.

Fig. 3 zeigt in einer schematischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel einer Batteriezelle 30 in Pouch-Bauform. Die Batteriezelle 30 weist ein erfindungsgemäßes Batteriezellgehäuse 31 sowie daneben einen Anodenanschluss 32 und einen Kathodenanschluss 33 auf.

Fig. 4 zeigt nun ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Walzprodukts gemäß der vorliegenden Erfindung.

Das Verfahren umfasst in Schritt A das Bereitstellen eines Walzbarrens aus einer Aluminiumlegierung. Dies erfolgt üblicherweise im DC-Guss-Verfahren. Die Aluminiumlegierung weist die folgende Zusammensetzung in Gew.-% auf:
0,1 % ≤ Si ≤ 0,7 %,
0,2 % ≤ Fe ≤ 0,8 %,
Cu ≤ 0,6 %,
0,3 % ≤ Mn ≤ 1,5 %,
0,025 % ≤ Mg ≤ 0,60 %, bevorzugt 0,01 % < Mg ≤ 0,60 %,
Cr ≤ 0,25 %,
Zn ≤ 0,5 %,
Ti ≤ 0,2 %,
Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln maximal 0,05 %, in Summe maximal 0,15 %.

Bevorzugt kann die Aluminiumlegierung aber auch die folgende Zusammensetzung aufweisen:

0,2 % ≤ Si ≤ 0,60 %, vorzugsweise 0,35 % ≤ Si ≤ 0,55 %,

0,2 % ≤ Fe ≤ 0,65 %, vorzugsweise 0,25 % ≤ Fe ≤ 0,55 %,

Cu ≤ 0,3 %, vorzugsweise 0,1 % ≤ Cu ≤ 0,2 %,

0,3 % ≤ Mn ≤ 1,3 %, vorzugsweise 0,4 % ≤ Mn ≤ 1,1 %,

0,05 % ≤ Mg ≤ 0,50 %, vorzugsweise 0,1 % < Mg ≤ 0,45 %

Cr ≤ 0,1 %, vorzugsweise Cr ≤ 0,05 %,

0,0050 % ≤ Zn ≤ 0,30 %, vorzugsweise 0,02 % ≤ Zn ≤ 0,30 %, oder vorzugsweise 0,04 % ≤ Zn ≤ 0,25 %,

0,005 % ≤ Ti ≤ 0,1 %, vorzugsweise 0,005 % ≤ Ti ≤ 0,05 %,

Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln maximal 0,05 %, in Summe maximal 0,15 %.

In Schritt B wird der so hergestellte Walzbarren optional für mindestens 0,1 Stunden, vorzugsweise mindestens 0,25 Stunden oder vorzugsweise mindestens 0,5 Stunden bei einer Temperatur von 480 °C bis 625 °C, bevorzugt bei 550 °C bis 620 °C homogenisiert. Die Homogenisierung kann dabei in den Vorwärmprozess des Walzbarrens vor dem Warmwalzen integriert sein oder separat erfolgen.

In Schritt C wird der Walzbarren an eine Warmbandenddicke von 2 mm bis 10 mm mit einer Warmbandendtemperatur zwischen 250 °C und 450 °C warmgewalzt. Grundsätzlich kann das erfindungsgemäße Verfahren aber auch nach dem Warmwalzen eine Rekristallisationsglühung umfassen, was in Fig. 4 nicht dargestellt ist.

Das Kaltwalzen des Warmbandes erfolgt in Fig. 4 gemäß Schritt D im Anschluss an das Warmwalzen. Während des Kaltwalzens nach Schritt D kann mindestens eine optionale Zwischenglühung in Form einer Weichglühung bei Temperaturen von 250 °C bis 450 °C gemäß Schritt E durchgeführt werden. Nach der letzten Zwischenglühung erfolgt das Kaltwalzen an Enddicke gemäß Schritt F. Sofern keine

Zwischenglühung durchgeführt wird, ersetzt Schritt F die Schritte D und E und es wird ohne Zwischenglühung an Enddicke kaltgewalzt.

Im Schritt F ist dabei der Abwalzgrad beim Kaltwalzen nach dem Warmwalzen oder nach der letzten Zwischenglühung an Enddicke auf kleiner 25 %, bevorzugt kleiner 22 % oder besonders bevorzugt kleiner 18 % beschränkt, um die notwendigen Walzprodukteigenschaften zu erhalten.

Alternativ kann nach dem Warmwalzen ein Kaltwalzen an Enddicke mit mindestens einer optionalen Zwischenglühung in Form einer Weichglühung bei 250 °C und 450 °C gemäß der Schritte D, E und F‘ erfolgen. Im Unterschied zu F ist das Kaltwalzen an Enddicke gemäß Schritt F‘ nicht auf einen maximalen Abwalzgrad beschränkt. Vielmehr werden Abwalzgrade von mindestens 25 % oder bevorzugt mindestens 28 % verwendet. Bei dieser Alternative wird über eine Abschlussglühung in einem Temperaturbereich von 150 °C bis 280 °C gemäß Schritt G die Einstellung rückgeglühter Gefügezustände im Walzprodukt an Enddicke erreicht, so dass auf diesem Weg die gewünschten Eigenschaften erreicht werden. Bei der Abschlussglühung wird die Zielmetalltemperatur für mindestens 0,5 Stunden, bevorzugt mindestens 1 Stunde gehalten.

Zur Herstellung der Batteriezellgehäuse 11, 21 ,31 durchläuft ein Walzprodukt aus einer Aluminiumlegierung mehrere Umformschritte. Fig. 5 zeigt schematisch in einem Flussdiagramm die Herstellung eines becherförmigen Batteriezellgehäuses, beispielsweise von zylindrischen oder prismatischen Batteriezellgehäusen, ausgehend von einem Walzprodukt in Form eines Bands oder Blechs. Das Walzprodukt wird in Schritt 1 bereitgestellt und einem ersten Umformschritt, beispielswiese durch eine erste Tiefziehstufe gemäß Schritt 2 umgeformt. Weitere optionale Tiefzieh- oder Abstreckziehstufen 3, 4 können folgen bis im Schritt 5 ein becherförmiges Batteriezellgehäuse bereitgestellt werden kann. Dieses kann dann noch weiteren Arbeitsschritten bis zur fertigen Batteriezelle unterzogen werden.

Aufgrund von hohen Sicherheitsanforderungen an Batteriezellgehäuse erfolgen die Umformschritte auf spezifisch für die gewählte Aluminiumlegierung abgestimmten Produktionsmitteln. Die derzeitig überwiegend eingesetzten Produktionsmittel sind auf Walzprodukte bestehend aus einer Aluminiumlegierung des Typs AA3003 abgestimmt.

Es wurden nun Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Walzprodukts sowie Walzprodukte als Vergleichsbeispiele aus unterschiedlichen Aluminiumlegierungen gefertigt und deren Eignung auf den Einsatz in den genannten Produktionsmitteln überprüft. Dabei ist man davon ausgegangen, dass die Walzprodukte bei Erreichen der vorgegebenen mechanischen Kennwerte für die Streckgrenze $R_{p0,2}$, Zugfestigkeit $R_m$ und Dehnung $A_{50}$ geeignet sind, in den überwiegend vorhandenen Produktionsmitteln für eine Aluminiumlegierung vom Typ AA3003 eingesetzt zu werden.

Tabelle 1 zeigt zunächst die Legierungszusammensetzungen der Ausführungsbeispiele (Erf.) und der Vergleichsbeispiele (Vgl.). Jedes einzelne Beispiel wurde mit den in Tabelle 2 angegebenen, spezifischen Verfahrensparametern gefertigt. Alle Temperaturangaben verstehen sich als „Peak-Metal-Temperature“ (PMT), also als maximale Temperatur des Metalls. Beim Homogenisieren betrug die Verweildauer bei Homogenisierungstemperatur mindestens 1 h. Die Homogenisierung kann in einer separaten Glühung erfolgen oder in die Vorwärmung integriert werden. Bei einer in die Vorwärmung integrierten Homogenisierung wird zunächst die Homogenisierungstemperatur eingestellt und für mindestens 1 h gehalten. Der Walzbarren wird im Anschluss auf die Vorwärmtemperatur gebracht. Beim Vorwärmen des Walzbarrens wird der Walzbarren bei Erreichen der Vorwärmtemperatur dem Walzprozess zugeführt. Bei allen Beispielen betrug die Vorwärmtemperatur zu Beginn des Warmwalzens zwischen 390 und 550 °C. Unter WB-Dicke wird die Warmbandenddicke verstanden. WB-Temperatur bezeichnet die Warmbandendtemperatur, also die Temperatur des Warmbandes nach dem letzten Warmwalzstich.

In Tabelle 3 sind schließlich die erzielten mechanischen Eigenschaften dargestellt. Alle mechanischen Kennwerte wie Streckgrenze $R_{p0,2}$, Zugfestigkeit $R_m$ und Dehnung $A_{50}$ wurden gemäß EN ISO 6892-1:2019 erhalten.

Das Vergleichsbeispiel Nr. 3 entspricht einem Referenzwalzprodukt aus einer Aluminiumlegierung des Typs AA3003. Die Beispiele Nr. 1, 6 bis 8 und 11 bis 12 sind Walzprodukte nach der Lehre der Erfindung. Diese weisen eine Aluminiumlegierung auf, welche, im Gegensatz zu dem Primäraluminium basierten Referenzwalzprodukt Nr. 3 hohe Recyclinganteile zulässt.

Das Ausführungsbeispiel Nr. 1 wurde im Zustand H12, also ohne Rückglühung hergestellt. Dabei wurde der Walzbarren einer Homogenisierung entsprechend den oben gemachten Vorgaben unterzogen. Der Abwalzgrad an Enddicke nach der Zwischenglühung betrug 12 %. Das Ausführungsbeispiel Nr. 1 erreicht die erfindungsgemäßen mechanischen Werte und kann aufgrund der Zusammensetzung sowohl mit hohen Recyclinganteilen hergestellt als auch auf den Produktionsmitteln bestehender Batteriezellgehäusefertigungen eingesetzt werden.

Das aus einem identisch homogenisierten Walzbarren hergestellte Beispiel Nr. 2 weist zwar eine Aluminiumlegierung mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 auf, allerdings wurde das Walzprodukt mit einem zu hohen Abwalzgrad an Enddicke von 30 % nach der Zwischenglühung kaltgewalzt. Dadurch erreicht das so hergestellte Vergleichswalzprodukt die gewünschten mechanischen Eigenschaften nicht. Es ist deutlich zu fest und weist eine zu geringe Dehnung $A_{50}$ auf.

Das Referenzmaterial Nr. 3 erreicht zwar alle mechanischen Kennwerte, kann, wie bereits ausgeführt, lediglich durch geschlossene Stoffkreisläufe mit einem hohen Anteil an Recycling-Material von mindestens 30 % hergestellt werden.

Die Walzprodukte gemäß der Vergleichsbeispiele Nr. 4 und 5 weisen deutlich zu hohe Magnesiumgehalte auf und neigen beim Kaltwalzen daher zu einer ausgeprägten

Kaltverfestigung. Die Kaltverfestigung war dabei so groß, dass diese auch im Rahmen der durchgeführten Rückglühungen bei 180 °C für 16 h und bei 250 °C für 1 h nicht ausreichend abgebaut werden konnte. Die Vergleichsbeispiele Nr. 4 und 5 sind daher nicht auf den derzeitigen Produktionsmitteln zur Fertigung von Batteriezellgehäusen einsetzbar.

Die Ausführungsbeispiele Nr. 6 bis 8 weisen zwei unterschiedliche Legierungszusammensetzungen auf, wobei die Ausführungsbeispiele Nr. 6 und 7 identische Zusammensetzungen aufweisen. Alle drei Ausführungsbeispiele wurden mit verschiedenen Herstellverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung hergestellt und erreichen die beanspruchten mechanischen Kennwerte in den Zuständen H22 (Nr. 6 und 7) sowie H24 (Nr. 8).

Das Walzprodukt des Vergleichsbeispiel Nr. 9 weist eine Aluminiumlegierung mit einer Zusammensetzung auf, die den geforderten Gehalten entspricht. Beim Kaltwalzen nach der Zwischenglühung betrug der Abwalzgrad an Enddicke 30 %, so dass die mechanischen Kennwerte der Erfindung nicht erreicht wurden. Das Walzprodukt zeigte eine zu geringe Dehnung $A_{50}$ und eine zu hohe Zugfestigkeit $R_m$. Eine Weiterverarbeitung auf vorhandenen Produktionsmitteln zur Fertigung von Batteriezellgehäusen ist daher nicht möglich.

Das Vergleichsbeispiel Nr. 10 weist ebenfalls eine Aluminiumlegierung gemäß der vorliegenden Erfindung auf, wurde aber im Abschlussglühen in den weichen Zustand O überführt, so dass auch Vergleichsbeispiel Nr. 10 nicht die Anforderung an die Batteriezellgehäusefertigung erfüllt.

Die Ausführungsbeispiele Nr. 11 und 12 weisen eine erfindungsgemäße Aluminiumlegierungszusammensetzung auf und wurden mit erfindungsgemäßen Herstellverfahren hergestellt. Die entsprechenden Walzprodukte in den rückgeglühten Zuständen H24 und H22 wiesen alle geforderten mechanischen

Kennwerte auf und können auf vorhandenen Produktionsmitteln für die Herstellung von Batteriezellgehäusen eingesetzt werden.

Tabelle 1

| Nr | | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Zn | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Erf. | 0,44 | 0,46 | 0,12 | 1,02 | 0,48 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 2 | Vgl. | 0,48 | 0,56 | 0,14 | 1,01 | 0,51 | 0,02 | 0,04 | 0,03 |
| 3 | Vgl. | 0,18 | 0,58 | 0,19 | 1,02 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,01 |
| 4 | Vgl. | 0,24 | 0,53 | 0,17 | 0,85 | 1,04 | 0,02 | 0,05 | 0,02 |
| 5 | Vgl. | 0,24 | 0,53 | 0,17 | 0,85 | 1,04 | 0,02 | 0,05 | 0,02 |
| 6 | Erf. | 0,52 | 0,53 | 0,20 | 1,17 | 0,43 | 0,03 | 0,25 | 0,02 |
| 7 | Erf. | 0,52 | 0,53 | 0,20 | 1,17 | 0,43 | 0,03 | 0,25 | 0,02 |
| 8 | Erf. | 0,53 | 0,63 | 0,15 | 0,63 | 0,32 | 0,02 | 0,11 | 0,01 |
| 9 | Vgl. | 0,45 | 0,61 | 0,63 | 1,20 | 0,32 | 0,04 | 0,12 | 0,01 |
| 10 | Vgl. | 0,23 | 0,51 | 0,08 | 0,42 | 0,30 | 0,01 | 0,03 | 0,01 |
| 11 | Erf. | 0,34 | 0,42 | 0,14 | 0,68 | 0,31 | 0,01 | 0,03 | 0,01 |
| 12 | Erf. | 0,47 | 0,44 | 0,14 | 1,05 | 0,47 | 0,04 | 0,02 | 0,02 |

*Alle Angaben in Gew.-%, Rest Aluminium und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln max. 0,05 Gew.-%, in Summe 0,15 Gew.-%

Tabelle 2

| Verfahren | | V: Vorwärmen H: Homogenisieren | WB-Dicke | WB-End-Temp. | Dicke ZW-Glühung | ZW-Glühung | Abwalzgrad | Enddicke | Abschlussglühung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | [°C] | [mm] | [°C] | [mm] | [°C] | [%] | [mm] | [°C] |
| 1 | Erf. | H: 600 | 6,5 | 330-370 | 1,14 | 320 | 12 | 1 | - |
| 2 | Vgl. | H: 600 | 6,5 | 330-370 | 1,11 | 320 | 30 | 0,78 | - |
| 3 | Vgl. | H: 600 | 4 | 330 | 1,08 | 360 | 17 | 0,9 | - |
| 4 | Vgl. | H: 600 | 2,3 | 340 | - | - | 62 | 0,89 | 180 |
| 5 | Vgl. | H: 600 | 2,3 | 340 | - | - | 62 | 0,89 | 250 |
| 6 | Erf. | V: 565 | 3,5 | 280 -310 | - | - | 67 | 1,15 | 275 |
| 7 | Erf. | V: 565 | 3,5 | 280 -310 | - | - | 80 | 0,7 | 275 |
| 8 | Erf. | V: 565 | 3,5 | 280 -310 | - | - | 83 | 0,61 | 260 - 270 |
| 9 | Vgl. | V: 565 | 3,5 | 280 -310 | 1,14 | 345 | 30 | 0,8 | - |
| 10 | Vgl. | V: 565 | 5 | 280 -310 | - | - | 88 | 0,6 | 300 - 345 |
| 11 | Erf. | V: 565 | 4,5 | 280 -310 | - | - | 80 | 0,89 | 260 - 270 |
| 12 | Erf. | V: 510 | 6,5 | 330-370 | 0,82 | 320 | 20 | 0,66 | 240 |

Tabelle 3

| Ergebnisse | | Zustand | Dicke [mm] | Rp02 [MPa] | Rm [MPa] | A50 [%] | Anteil Recyclingmetall (Summe interne + externe Schrotte) [%] | Kommentar |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Erf. | H12 | 1 | 149 | 157 | 8 | 44 | i.o. |
| 2 | Vgl. | H14 | 0,78 | 190 | 200 | 2,8 | 95 | Zu fest, zu geringe Dehnung |
| 3 | Vgl. | H14 | 0,9 | 143 | 146 | 11,7 | 10 | Referenz (AA3003) |
| 4 | Vgl. | H24 | 0,89 | 241 | 276 | 7,4 | 89 | Zu fest |
| 5 | Vgl. | H24 | 0,89 | 194 | 224 | 7,9 | 89 | Zu fest |
| 6 | Erf. | H22 | 1,15 | 137 | 178 | 14,8 | 66 | i.o. |
| 7 | Erf. | H22 | 0,7 | 130 | 176 | 16,5 | 67 | i.o. |
| 8 | Erf. | H24 | 0,61 | 162 | 171 | 15 | 77 | i.o. |
| 9 | Vgl. | H14 | 0,81 | 183 | 194 | 3 | 30 | Zu fest, zu geringe Dehnung |
| 10 | Vgl. | O | 0,59 | 40 | 109 | 30 | 85 | Zu weich |
| 11 | Erf. | H24 | 0,9 | 165 | 181 | 15 | 25 | i.o. |
| 12 | Erf. | H22 | 0,66 | 143 | 168 | 13 | 82 | i.o. |

# Patentansprüche

1. Walzprodukt aus einer Aluminiumlegierung zur Herstellung eines Batteriezellgehäuses aufweisend eine Aluminiumlegierung mit den folgenden Legierungsbestandteilen in Gew.-%:

0,1 % ≤ Si ≤ 0,7 %,
0,2 % ≤ Fe ≤ 0,8 %,
Cu ≤ 0,6 %,
0,3 % ≤ Mn ≤ 1,5 %,
0,025 % ≤ Mg ≤ 0,60 %, bevorzugt 0,01 Gew.-% ≤ Mg ≤ 0,60 Gew.-%,
Cr ≤ 0,25 %,
Zn ≤ 0,5 %,
Ti ≤ 0,2 %,
Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln maximal 0,05 %, in Summe maximal 0,15 %, wobei das Walzprodukt eine Zugfestigkeit $R_m$ von mindestens 135 MPa bis maximal 210 MPa, bevorzugt maximal 185 MPa, eine Streckgrenze $R_{p0,2}$ von mehr als 125 MPa bis maximal 180 MPa, vorzugsweise maximal 165 MPa, sowie eine Dehnung $A_{50}$ von mehr als 5%, bevorzugt mehr als 7% besitzt.

2. Walzprodukt nach Anspruch 1,
**dadurch gekennzeichnet, dass**
die Aluminiumlegierung die folgenden Legierungsbestandteile in Gew.-% aufweist:

0,2 % ≤ Si ≤ 0,60 %, vorzugsweise 0,35 % ≤ Si ≤ 0,55 %,
0,2 % ≤ Fe ≤ 0,65 %, vorzugsweise 0,25 % ≤ Fe ≤ 0,55 %,
Cu ≤ 0,3 %, vorzugsweise 0,1 % ≤ Cu ≤ 0,2 %,
0,3 % ≤ Mn ≤ 1,3 %, vorzugsweise 0,4 % ≤ Mn ≤ 1,1 %,

0,05 % ≤ Mg ≤ 0,50 %, vorzugsweise 0,1 % < Mg ≤ 0,45 %,
Cr ≤ 0,1 %, vorzugsweise Cr ≤ 0,05 %,
0,0050 % ≤ Zn ≤ 0,30 %, vorzugsweise 0,02 % ≤ Zn ≤ 0,30 %,
0,005 % ≤ Ti ≤ 0,1 %, vorzugsweise 0,005 % ≤ Ti ≤ 0,05 %,
Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln maximal 0,05 %, in Summe maximal 0,15 %.

3. Walzprodukt nach Anspruch 1 oder 2,
**dadurch gekennzeichnet, dass**
der Anteil an recyceltem Metall an dem Walzprodukt mindestens 30 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 50 Gew.-%, besonders bevorzugt mindestens 70 Gew.-% beträgt.

4. Walzprodukt nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
**dadurch gekennzeichnet, dass**
das Walzprodukt den Temper-Zustand H12, H24, H22, H34 oder H32 aufweist.

5. Walzprodukt nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
**dadurch gekennzeichnet, dass**
das Walzprodukt eine Dicke von 0,1 mm bis 2,0 mm, vorzugsweise 0,25 mm bis 1,5 mm und besonders bevorzugt von 0,35 mm bis 1,2 mm aufweist.

6. Walzprodukt nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
**dadurch gekennzeichnet, dass**
das Walzprodukt eine entfettete Oberfläche mit Oberflächenspannungen von mehr als 30 mN/m, bevorzugt mehr als 32 mN/m, insbesondere bevorzugt mehr als 34 mN/m aufweist.

7. Verfahren zur Herstellung eines Walzprodukts aus einer Aluminiumlegierung nach Anspruch 1 bis 6, mit folgenden Verfahrensschritten:
- Bereitstellen eines Walzbarrens aus einer Aluminiumlegierung mit folgender

Zusammensetzung in Gew.-%:
0,1 % ≤ Si ≤ 0,7 %,
0,2 % ≤ Fe ≤ 0,8 %,
Cu ≤ 0,6 %,
0,3 % ≤ Mn ≤ 1,5 %,
0,025 % ≤ Mg ≤ 0,60 %, bevorzugt 0,05 % < Mg ≤ 0,55 %,
Cr ≤ 0,25 %,
Zn ≤ 0,5 %,
Ti ≤ 0,2 %,
Rest Al und unvermeidbare Verunreinigungen, einzeln maximal 0,05 %, in Summe maximal 0,15 %,
- optionales Homogenisieren des Walzbarrens bei 480 °C bis 625 °C, bevorzugt bei 550 °C bis 620 °C für mindestens 0,1 Stunden, bevorzugt für mindestens 0,25 Stunden, weiter bevorzugt mindestens 0,5 Stunden,
- Warmwalzen des Walzbarrens an eine Warmbanddicke von 2 mm bis 10 mm mit einer Warmbandendtemperatur zwischen 250 °C und 450 °C,
- Kaltwalzen des Warmbandes an Enddicke mit mindestens einer optionalen Zwischenglühung, vorzugsweise in Form einer Weichglühung bei 250 °C bis 450 °C, wobei der Abwalzgrad beim Kaltwalzen ohne Zwischenglühung an Enddicke oder der Abwalzgrad beim Kaltwalzen nach der letzten Zwischenglühung kleiner 25 %, bevorzugt kleiner 22 % oder besonders bevorzugt kleiner 18 % beträgt.

8. Verfahren nach Anspruch 7,
**dadurch gekennzeichnet, dass**
alternativ nach dem Warmwalzen ein Kaltwalzen an Enddicke mit mindestens einer optionalen Zwischenglühung, vorzugsweise in Form einer Weichglühung bei 250 °C bis 450 °C erfolgt, wobei der Abwalzgrad beim Kaltwalzen ohne Zwischenglühung an Enddicke oder der Abwalzgrad beim Kaltwalzen nach der letzten Zwischenglühung mindestens 25%, bevorzugt mindestens 28% beträgt und eine Abschlussglühung in einem Temperaturbereich von 150 °C bis 280 °C

zur Einstellung rückgeglühter Gefügezustände im Walzprodukt an Enddicke erfolgt.

9. Verwendung eines Walzprodukts nach Anspruch 1 bis 6, vorzugsweise hergestellt mit einem Verfahren nach Anspruch 7 oder 8 für ein Batteriezellgehäuse.

10. Verwendung nach Anspruch 9,
**dadurch gekennzeichnet, dass**
das Batteriezellgehäuse ein Gehäuse einer Sekundärzelle, vorzugsweise einer Lithium-Ionen-Sekundärzelle, einer Natrium-Ionen-Sekundärzelle oder einer Festkörper-Sekundärzelle ist.

11. Verwendung nach Anspruch 9 oder 10,
**dadurch gekennzeichnet, dass**
das Batteriezellgehäuse eine prismatische Bauform, eine zylindrische Bauform oder eine Pouch-Bauform aufweist.

12. Verwendung nach einem der Ansprüche 9 bis 11,
**dadurch gekennzeichnet, dass**
das Walzprodukt aus einer Aluminiumlegierung zur Verwendung für ein Batteriezellgehäuse einer Mehrzahl an Umformschritten unterzogen wird, wobei vorzugsweise ein Tiefziehen und/oder Abstreckziehen durchgeführt wird.

13. Verwendung nach einem der Ansprüche 9 bis 12,
**dadurch gekennzeichnet, dass**
das Batteriezellgehäuse im Zuge der Assemblierung der Batteriezelle durch ein stoffschlüssiges Fügeverfahren gasdicht verschlossen wird.

14. Batteriezellgehäuse hergestellt aus einem Walzprodukt nach Anspruch 1 bis 5, wobei das Batteriezellgehäuse eine prismatische Bauform, eine zylindrische

Bauform oder eine Pouch-Bauform aufweist.

15. Batteriezellgehäuse nach Anspruch 14,
**dadurch gekennzeichnet, dass**
das Batteriezellgehäuse mindestens einen umgeformten Bereich aufweist, welcher durch Umformen, vorzugsweise durch Tiefziehen und/oder Abstreckziehen, eines Walzprodukts aus Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 erhalten wird.

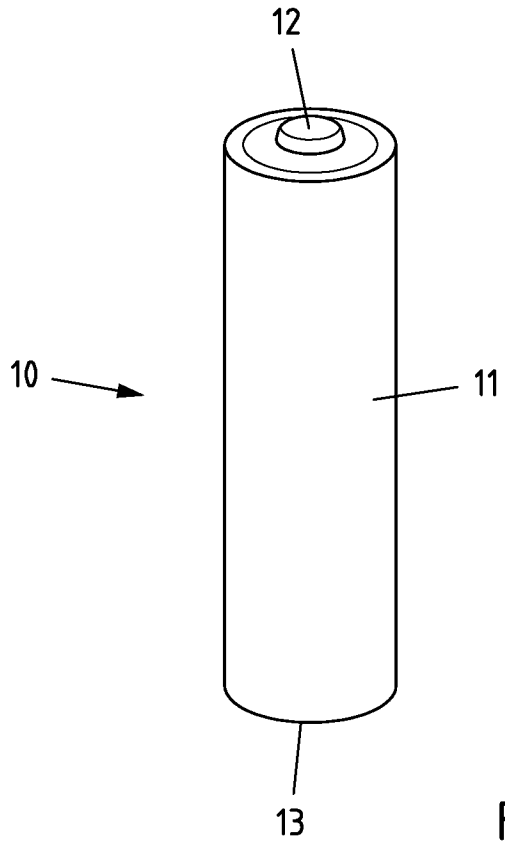
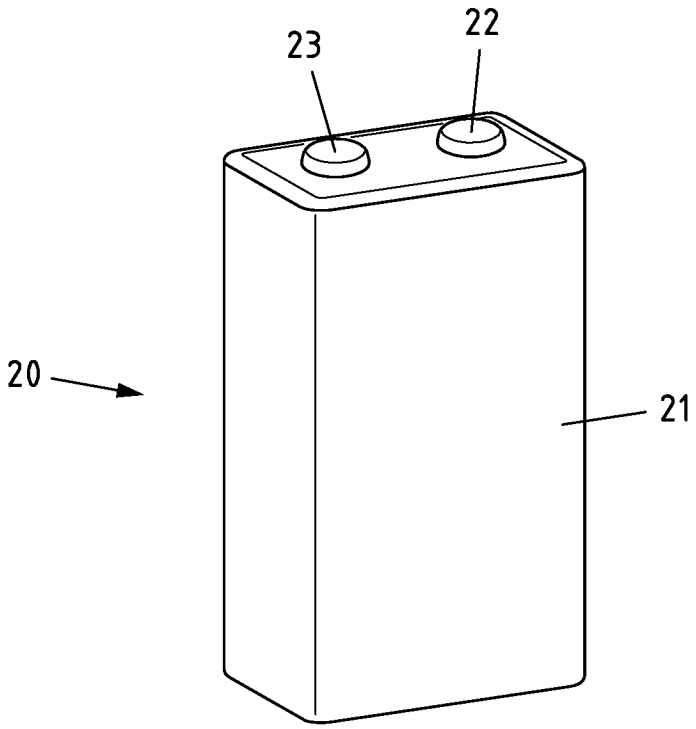



Fig.1




Fig

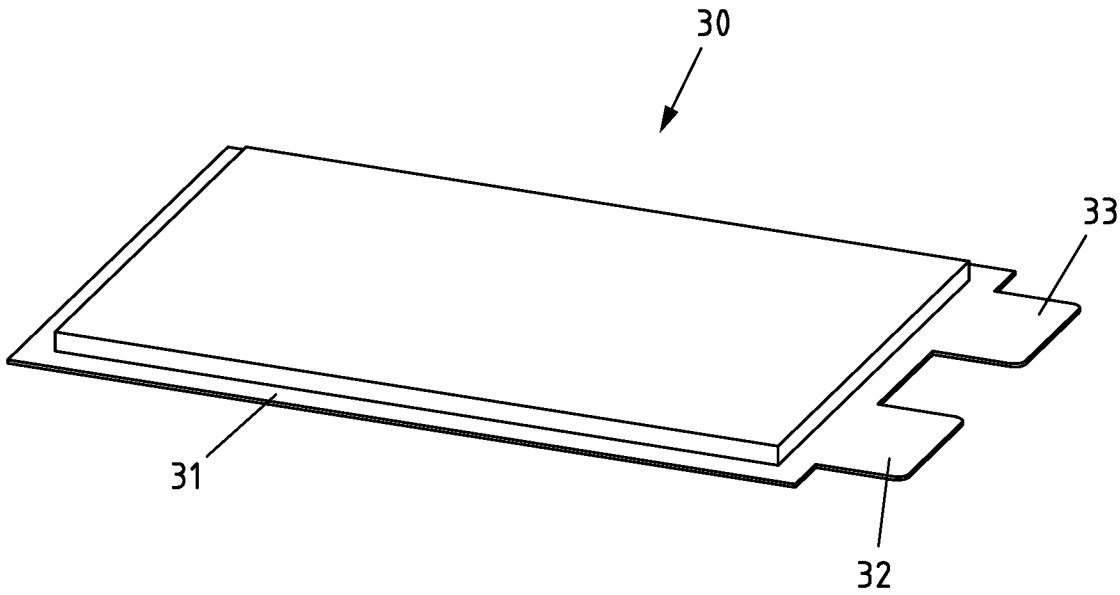



Fig.3

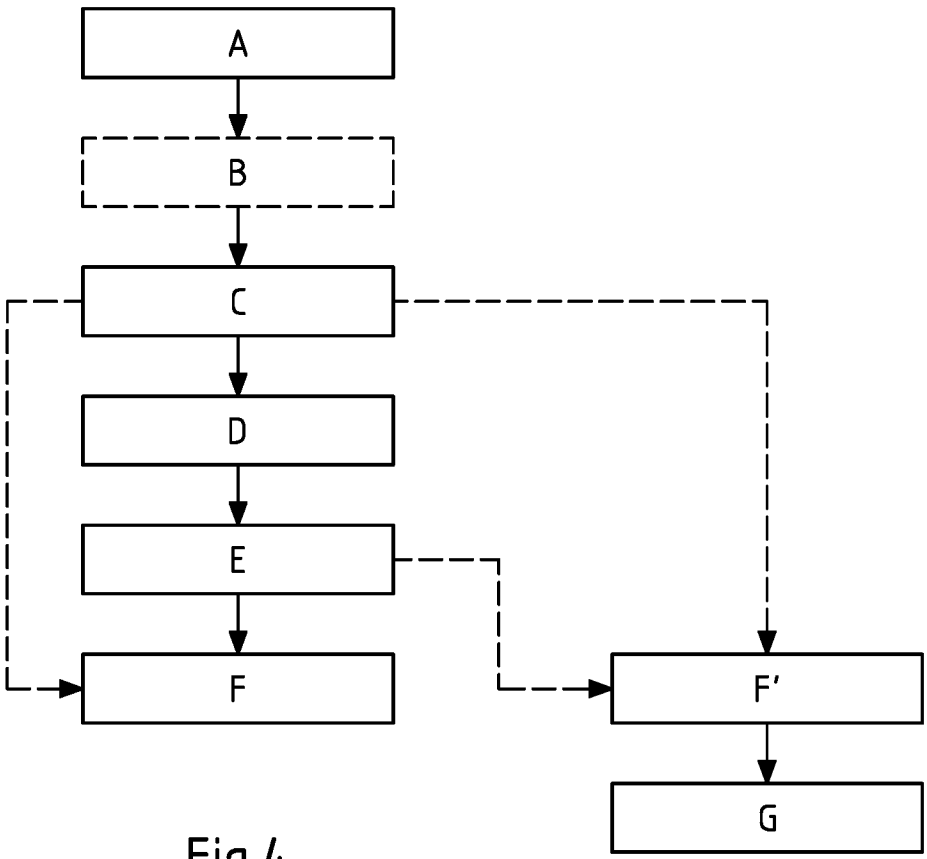



Fig.4

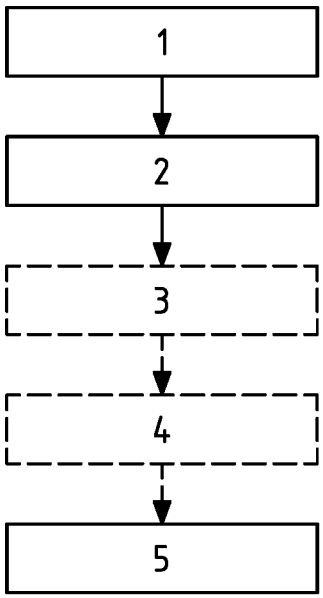



Fig.5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
**PCT/EP2024/059095**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

***H01M 50/119***(2021.01)i; ***C22C 21/00***(2006.01)i; ***H01M 50/159***(2021.01)i; ***H01M 50/169***(2021.01)i; ***H01M 50/131***(2021.01)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; C22C

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, WPI Data, CHEM ABS Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| X | EP 2527479 A1 (HYDRO ALUMINIUM ROLLED PROD [DE]) 28 November 2012 (2012-11-28) | 1-8 |
| Y | claims 1,7,8<br>examples 2-4,7,8,10-12,14,15; table 3<br>paragraphs [0016], [0018], [0019] | 9-15 |
| Y | US 2006093908 A1 (HWANG SUNG-MIN [KR] ET AL) 04 May 2006 (2006-05-04)<br>cited in the application<br>paragraphs [0008], [0013]; examples 3003,3005; table 1<br>figure 1<br>claims 1, 3, 4 | 9-15 |

☐ 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 |
|---|---|
| **09 July 2024** | **19 July 2024** |

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

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**
**Information on patent family members**

International application No.
**PCT/EP2024/059095**

| Patent document cited in search report | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date (day/month/year) |
|---|---|---|---|
| EP 2527479 A1 | 28 November 2012 | DK 2527479 T3 | 05 May 2014 |
| | | EP 2527479 A1 | 28 November 2012 |
| | | ES 2461994 T3 | 22 May 2014 |
| | | HR P20140423 T1 | 20 June 2014 |
| | | PL 2527479 T3 | 29 August 2014 |
| | | PT 2527479 E | 13 May 2014 |
| | | WO 2012163774 A1 | 06 December 2012 |
| US 2006093908 A1 | 04 May 2006 | AT E484079 T1 | 15 October 2010 |
| | | BR PI0514352 A | 10 June 2008 |
| | | CA 2577282 A1 | 27 April 2006 |
| | | CN 101010816 A | 01 August 2007 |
| | | EP 1803176 A1 | 04 July 2007 |
| | | JP 2008511959 A | 17 April 2008 |
| | | KR 20060053278 A | 19 May 2006 |
| | | RU 2331142 C1 | 10 August 2008 |
| | | TW I293818 B | 21 February 2008 |
| | | US 2006093908 A1 | 04 May 2006 |
| | | WO 2006043760 A1 | 27 April 2006 |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2024/059095

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**
INV. H01M50/119 C22C21/00 H01M50/159 H01M50/169 H01M50/131
ADD.

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

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )
H01M C22C

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, WPI Data, CHEM ABS Data

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|---|---|---|
| X | EP 2 527 479 A1 (HYDRO ALUMINIUM ROLLED PROD [DE]) 28. November 2012 (2012-11-28) | 1-8 |
| Y | Ansprüche 1,7,8<br>Beispiele 2-4,7,8,10-12,14,15; Tabelle 3<br>Absätze [0016], [0018], [0019] | 9-15 |
| | ----- | |
| Y | US 2006/093908 A1 (HWANG SUNG-MIN [KR] ET AL) 4. Mai 2006 (2006-05-04)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>Absätze [0008], [0013]; Beispiele 3003,3005; Tabelle 1<br>Abbildung 1<br>Ansprüche 1,3,4 | 9-15 |
| | ----- | |

☐ 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 |
|---|---|
| 9. Juli 2024 | 19/07/2024 |

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



Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2024/059095

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|---|---|---|---|
| EP 2527479 A1 | 28-11-2012 | DK 2527479 T3 | 05-05-2014 |
| | | EP 2527479 A1 | 28-11-2012 |
| | | ES 2461994 T3 | 22-05-2014 |
| | | HR P20140423 T1 | 20-06-2014 |
| | | PL 2527479 T3 | 29-08-2014 |
| | | PT 2527479 E | 13-05-2014 |
| | | WO 2012163774 A1 | 06-12-2012 |
| US 2006093908 A1 | 04-05-2006 | AT E484079 T1 | 15-10-2010 |
| | | BR PI0514352 A | 10-06-2008 |
| | | CA 2577282 A1 | 27-04-2006 |
| | | CN 101010816 A | 01-08-2007 |
| | | EP 1803176 A1 | 04-07-2007 |
| | | JP 2008511959 A | 17-04-2008 |
| | | KR 20060053278 A | 19-05-2006 |
| | | RU 2331142 C1 | 10-08-2008 |
| | | TW I293818 B | 21-02-2008 |
| | | US 2006093908 A1 | 04-05-2006 |
| | | WO 2006043760 A1 | 27-04-2006 |