



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 134 334.8**
(22) Anmeldetag: **22.12.2021**
(43) Offenlegungstag: **22.06.2023**

(51) Int Cl.: **H01M 8/2425 (2016.01)**
H01M 8/1246 (2016.01)
H01M 8/00 (2016.01)
C25B 9/70 (2021.01)

(71) Anmelder:
SIVONIC GmbH, 39179 Barleben, DE

(74) Vertreter:
**BRANDT & NERN PATENTANWÄLTE, 12489
Berlin, DE**

(72) Erfinder:
**Benecke, Robert, 39112 Magdeburg, DE; Benecke,
Hannes, 39114 Magdeburg, DE**

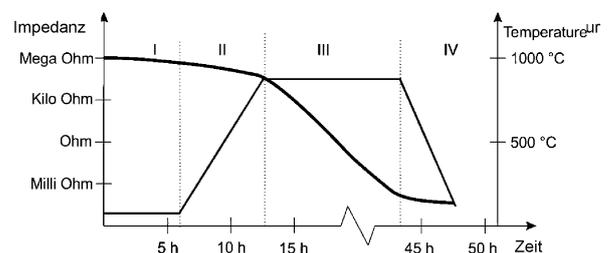
(56) Ermittelter Stand der Technik:
DE 10 2006 056 986 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines Stacks aus Festoxid-Zellen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf die Herstellung eines Stacks aus Festoxid-Zellen SOxC, nämlich eines Stacks aus Festoxid-Brennstoffzellen SOFC oder aus Festoxid-Elektrolysezellen SOEC. Hierbei werden mindestens zwei SOxC übereinander angeordnet und mithilfe eines Verbindungsmittels, wie eines Glaslots, in einem mehrere Phasen umfassenden Füge- und Konditionierungsprozess, in dessen Verlauf die aus den mindestens zwei SOxC bestehende Anordnung zumindest unterschiedlichen Temperaturen ausgesetzt wird, zu dem Stack zusammengefügt. Gemäß dem vorgeschlagenen Verfahren läuft dieser Füge- und Konditionierungsprozess zumindest teilweise als ein impedanzgeführter Prozess ab.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft die Herstellung von Stacks (Stapeln) aus Festoxid-Zellen SOx_C, nämlich von Stapeln aus Festoxid-Brennstoffzellen SOFC oder aus Festoxid-Elektrolysezellen SOEC. Sie betrifft ein Verfahren, bei welchem mehrere solcher SOx_C übereinander angeordnet und durch Temperatureinwirkung und gegebenenfalls durch Krafteinwirkung sowie unter Verwendung eines Glaslots zu einem entsprechenden Stapel, respektive Stack, zusammengefügt werden.

[0002] Bei Festoxid-Brennstoffzellen SOFC (mit SOFC = Solid Oxide Fuel Cells,) und Festoxid-Elektrolysezellen (Solid Oxide Electrolyzer Cells, SOEC) mit keramischen Zellen handelt es sich um Hochtemperatur-Varianten von Brennstoffzellen, respektive von Elektrolysezellen. Sie werden bei 600 bis 1000°C betrieben und zeichnen sich durch hohe elektrische Wirkungsgrade aus. Oberbegrifflich werden Festoxid-Brennstoffzellen und Festoxid-Elektrolysezellen im Allgemeinen als Festoxid-Zellen bezeichnet, wobei man diesbezüglich auch von SOx_C spricht.

[0003] Das Zusammenfügen mehrerer SOx_C zu einem Stack geschieht in einem sich in mehreren Phasen vollziehenden Füge- und Konditionierungsprozess. Bei diesem Prozess werden die Zellen nicht nur physisch, das heißt geometrisch, zumindest unter Temperatureinwirkung und, je nach Typ, gegebenenfalls außerdem unter Krafteinwirkung (zusammen-) gefügt. Vielmehr vollziehen sich auch stoffliche Veränderungen an den Werkstoffen der Zellen, wie an der in ihnen als eine Hauptkomponente enthaltenen Keramik, sowie an als Verbindungsmittel zwischen den Zellen verwendeten Materialien, wie beispielsweise an Glasloten unterschiedlicher Beschaffenheit. Ferner vollzieht sich beispielsweise ein Sinterprozess bei dem Partikel der keramischen Hauptkomponente der Zellen bei einer Erwärmung bis kurz unterhalb der Schmelztemperatur ursprünglich vorhandene Hohlräume auffüllen, so dass es unter weitgehender Beibehaltung der Gestalt der Zellen zu einer Verringerung des Volumens (Schwindung) der Zellen und des aus ihnen gebildeten Stapels kommt. Zudem wird aus dem keramischen Grünling der Zellen beim so genannten thermischen Entbindern das Bindemittel in Form von Dampf entfernt. Letzteres kann zum Beispiel durch Erhitzen bei Umgebungsdruck in einer oxidativen oder nichtoxidativen Atmosphäre oder im Vakuum erfolgen. Das Entbindern erfordert dabei einen exakten Start bei der erforderlichen Temperatur, die Kontrolle der chemischen Reaktionen im Produkt und eine hohe Temperaturhomogenität.

[0004] Gemäß der Bezeichnung des Prozesses erfahren außerdem die Zellen, ihre Komponenten

sowie die Komponenten Stacks in dem Füge- und Konditionierungsprozess, bezogen auf die einzelne Zelle sowie auf die Gesamtanordnung, eine Konditionierung, durch welche unter anderem in dem Fügeprozess entstehende mechanische Spannungen wieder abgebaut werden, einzelne Komponenten der Anordnung auskristallisieren und durch den Ablauf chemischer Reaktionen eine Reduktion reduzierbarer Komponenten des Stapels erfolgt.

[0005] Je nach der Art der zu dem Stack zusammengefügt Zellen sowie abhängig von deren Anzahl und der Geometrie (Abmaße) des Stacks wird in den einzelnen Phasen des sich typischerweise über mehrere Stunden hinziehenden Füge- und Konditionierungsprozesses unter Realisierung unterschiedlicher Temperaturverläufe und gegebenenfalls Kraftverläufe auf den Stapel eingewirkt. Für die hinsichtlich der verwendenden Zellen unterschiedlichen Typen der Stacks nutzen die Hersteller dabei zeitliche Temperaturregimes und gegebenenfalls Kraftregimes, welche aus Versuchen und in der Fertigung beim Hersteller gewonnenen Erfahrungen resultieren. Soweit vorstehend, nachfolgend und in den Patentansprüchen auf einen Kraftverlauf, respektive auf Kraftverläufe Bezug genommen wird, sind hierbei keine Verläufe im Sinne einer räumlichen Kraftverteilung im Stack, sondern zeitliche Verläufe der Kraft oder von Kräften, mittels welcher auf einen Stack eingewirkt wird, gemeint.

[0006] Ausgehend von den vorgenannten Erfahrungswerten laufen die einzelnen Phasen des Füge- und Konditionierungsprozess, nach dem Stand der Technik, ebenso wie der Prozess insgesamt, zeitlich gesteuert ab. Für die Dauer der einzelnen Phasen werden dabei die Zeitintervalle so gewählt, dass das in einer jeweiligen Phase angestrebte Ziel - beispielsweise das Schmelzen eines zur Verbindung der Zellen dienenden Glaslots - sicher erreicht wird oder bestimmte Reduktionsvorgänge auf jeden Fall vollständig ablaufen.

[0007] Nach der Beendigung des Füge- und Konditionierungsprozesses wird die Qualität der Gesamtanordnung, respektive des Stapels, unter anderem durch eine Impedanzmessung, nämlich durch Messung des komplexen Wechselstromwiderstandes bei unterschiedlichen Frequenzen, geprüft. Insbesondere für Festoxid-Brennstoffzellen SOFC werden durch diese Impedanzmessung Aussagen über die elektrischen Eigenschaften des erzeugten Stacks gewonnen. Die Impedanzmessung erfolgt mittels eines entsprechenden, dazu ausgebildeten Messgeräts im Wege einer elektrochemischen Impedanzspektroskopie (EIS).

[0008] Die zuvor beschriebene zeitliche Steuerung des Füge- und Konditionierungsprozesses weist den Nachteil auf, dass im Hinblick auf das ange-

strebte sichere Erreichen der Ziele in den einzelnen Phasen des Prozesses, der Prozess insgesamt im Grunde häufig zu lange dauert. Das heißt, es wird nicht die bestmögliche Fertigungseffizienz erreicht.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, diesen Nachteil zu vermeiden, um die Effizienz der Fertigung entsprechender Stacks von SOx_C insgesamt zu steigern. Selbstverständlich soll hierbei dennoch sichergestellt werden, dass insbesondere die in den einzelnen Phasen des Füge- und Konditionierungsprozesses angestrebten Ziele jeweils zuverlässig erreicht werden. Hierzu ist ein entsprechendes Verfahren anzugeben.

[0010] Ein die Aufgabe lösendes Verfahren wird durch den Patentanspruch 1 charakterisiert. Konkrete, respektive vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind durch die Unteransprüche gegeben.

[0011] Auch das zur Lösung der Aufgabe vorgeschlagene Verfahren zur Herstellung eines Stacks aus Festoxid-Zellen SOx_C, also von Stacks aus Festoxid-Brennstoffzellen SOFC oder von Stacks aus Festoxid-Elektrolysezellen SOEC, geht davon aus, dass mindestens zwei der genannten SOx_C übereinander angeordnet und in einem Füge- und Konditionierungsprozess unter Verwendung eines Verbindungsmittels, wie eines Glaslots, zusammengefügt werden. Insoweit bezieht sich das vorgeschlagene Verfahren insbesondere auf die Steuerung des mehrere Phasen umfassenden Füge- und Konditionierungsprozesses, in dessen Verlauf die aus den mindestens zwei zusammenzufügenden SOx_C bestehende Anordnung, zumeist unter Zu- und Abführung chemischer Medien, unterschiedlichen Temperaturen und gegebenenfalls unterschiedlichen Kräften ausgesetzt wird. Erfindungsgemäß läuft dieser Füge- und Konditionierungsprozess zumindest teilweise als ein impedanzgeführter Prozess ab. Dabei wird der Ablauf der sich zumindest durch verschiedene Temperaturverläufe und gegebenenfalls auch Kraftverläufe voneinander unterscheidenden Phasen des Füge- und Konditionierungsprozesses in Abhängigkeit von bei einer wiederholten Messung der elektrischen Impedanz erhaltenen Messwerten gesteuert.

[0012] Kern der Überlegung ist es also, die Impedanzmessung nicht nur für die Bewertung der Qualität der im Ergebnis des Füge- und Konditionierungsprozesses entstehenden Stacks von SOx_C heranzuziehen, sondern die Impedanz und ihren Verlauf bereits während des Prozesses zu monitoren und somit zumindest für Teile dieses Prozesses von einem starren zeitlichen Regime wegzukommen. Insoweit hat es sich überraschender Weise gezeigt, dass anhand der Impedanz nicht nur Qualitätsaussagen zu dem fertigen Produkt getroffen, sondern eben auch Erkenntnisse über den Ablauf des Füge- und

Konditionierungsprozesses gewonnen und zu einer gezielten Steuerung dieses Prozesses genutzt werden können. Die vorstehend und bei der Charakterisierung des Verfahrens im Patentanspruch 1 getroffene Aussage, wonach der Füge- und Konditionierungsprozess zumindest teilweise impedanzgeführt ist, bedeutet dabei, dass nicht zwingend der gesamte Prozess impedanzgeführt ablaufen muss, sondern im Einzelfall und je nach Art und/oder Typ des gefertigten Produktes hinsichtlich einzelner Phasen auch an einem festen zeitlichen Ablauf festgehalten werden kann.

[0013] Die wiederholte Messung der elektrischen Impedanz während des Füge- und Konditionierungsprozesses wird vorzugsweise in Form einer elektrochemischen Impedanzspektroskopie (EIS) unter Verwendung eines Impedanzspektrometers durchgeführt. Dabei wird für die Impedanz jeweils eine Vielzahl von Messwerten bei unterschiedlichen Frequenzen eines der Anordnung oder Teilen davon aufgeprägten Messsignals erfasst.

[0014] In praktischer Umsetzung kann das Verfahren so gestaltet sein, dass zunächst unter jeweils wiederholter Messung der elektrischen Impedanz während des Füge- und Konditionierungsprozesses versuchsshalber eine Mehrzahl von Stacks ein und desselben Typs hergestellt wird. Danach wird die Qualität der einzelnen Stacks beurteilt. Einer der bei der versuchsweisen Fertigung für solche Stacks, die eine festgelegte Qualität (Qualitätsparameter) erfüllen, während des Füge- und Konditionierungsprozesses erfassten Impedanzverläufe wird dann schließlich zur Steuerung des Füge- und Konditionierungsprozesses in der Serienproduktion von Stacks dieses Typs genutzt.

[0015] Letzteres kann beispielsweise dadurch geschehen, dass ausgehend von dem bei der versuchsweisen Fertigung für Stacks hoher Qualität für die Impedanz erfassten Verlauf, in der Serienproduktion der Stacks der unter wiederholter Messung der Impedanz erfolgende Füge- und Konditionierungsprozess zumindest phasenweise hinsichtlich des Temperaturverlaufs und gegebenenfalls des zeitlichen Verlaufs in den Stack eingebrachter Kräfte dynamisch gesteuert wird. Alternativ oder kumulativ kann aber auch, ausgehend von den bei der versuchsweisen Fertigung der Stacks gewonnenen Erkenntnissen, in der Serienproduktion das zeitliche Aufeinanderfolgen der Phasen des Füge- und Konditionierungsprozesses unter wiederholter Messung der Impedanz gesteuert werden.

[0016] In jedem Fall ist darauf hinzuweisen, dass die Art und Weise, wie im Einzelfalle bei der Serienproduktion auf der Grundlage des erfassten Verlaufs der Impedanz auf den Füge- und Konditionierungsprozess Einfluss genommen wird, sehr unterschiedlich

sein kann und im starken Maße von einer Vielzahl unterschiedlichster Faktoren abhängt. Zu nennen wären hierbei beispielsweise der jeweilige Typ der zu einem Stack zusammengeführten SOxC, deren Anzahl in dem Stack und die Geometrie des jeweils nach dem Verfahren gefertigten Stacks. Darüber hinaus haben sicherlich die im Produktionsprozess, respektive insbesondere im Füge- und Konditionierungsprozess verwendeten Komponenten, wie beispielsweise die Art des Verbindungsmittels, erheblichen Einfluss auf den Verlauf der Impedanz unter der Fertigung und somit auf das schließlich auf Basis der Impedanz realisierte Steuerregime.

[0017] Insoweit sind der jeweilige Fertigungsprozess und dessen Ausgestaltung letztlich auch an Erfahrungswerten des jeweiligen Herstellers und den von ihm für die seinerseits gefertigten Stacks gewonnenen Erkenntnisse auszurichten. Dies gilt unter anderem auch für die Art und Weise der Erfassung der Impedanzwerte an einem jeweiligen Stack. So kann der Gestaltung des Prozessablaufs beispielsweise die fortwährend für den gesamten Stack, respektive für alle der zu dem Stack zusammengeführten SOxC, erfasste Impedanz zugrunde gelegt werden. Alternativ oder kumulativ ist es aber auch denkbar, die Impedanz jeweils für eine einzelne oder mehrere einzelne SOxC des Stack oder/und für eine oder mehrere Gruppen von zu dem Stack zusammenzufügenden SOxC zu erfassen. Die jeweiligen, wiederholt ausgeführten Messvorgänge können - insbesondere im Falle der Messung an mehreren einzelnen Zellen oder Gruppen von Zellen (bei gegebenenfalls gleichzeitiger Messung am gesamten Stack) jeweils sequenziell, besonders bevorzugt aber auch simultan ausgeführt werden.

[0018] Nachfolgend soll in der Art eines Ausführungsbeispiels anhand von Zeichnungen nochmals auf einige Aspekte der Erfindung eingegangen werden. Die Zeichnungen zeigen im Einzelnen:

Fig. 1: den Teil eines Stacks aus Festoxid-Zellen SOxC,

Fig. 2: einen beispielhaften Verlauf der während des Füge- und Konditionierungsprozesses an einem Stack von SOxC gemessenen Impedanz,

Fig. 3: einen beispielhaften Temperaturverlauf während eines Füge- und Konditionierungsprozesses für einen Stack aus SOxC.

[0019] Die **Fig. 1** zeigt einen Ausschnitt eines Stacks aus Festoxid-Zellen, nämlich eines Stacks aus Festoxid-Brennstoffzellen SOFC oder aus Festoxid-Elektrolysezellen SOEC in der Art eines aus einem solchen Stack (gedacht) gemachten Ausbruchs. In der Darstellung des beispielhaft gezeigten Ausschnitts sind drei geometrisch parallel zueinander, respektive übereinander angeordnete SOxC zu erkennen. Die einzelnen SOxC bestehen unter ande-

rem aus einem keramischen Material, Interconnectorplatten und aus leitfähigen Schichten und werden beispielsweise mit Hilfe eines Glaslots miteinander verbunden, durch welches gleichzeitig die gesamte Anordnung versiegelt wird (Sealing Glas).

[0020] Hierzu wird die ausschnittsweise dargestellte Anordnung einem in der Regel mehrere Stunden dauernden Füge- und Konditionierungsprozess unterworfen. In dem Füge- und Konditionierungsprozess, welcher in mehrere (nicht zwingend starre) Phasen unterteilt werden kann, wird auf die aus den parallel zueinander angeordneten SOxC und dem Verbindungsmittel bestehende Anordnung zumindest mit zeitlich veränderlichen Temperaturen - in Abhängigkeit vom jeweiligen Stacktyp gegebenenfalls außerdem mit unterschiedlichen Kräften - eingewirkt.

[0021] In der **Fig. 3** ist beispielhaft ein möglicher zeitlicher Temperaturverlauf für einen solchen Füge- und Konditionierungsprozess dargestellt, welcher sich gemäß diesem Beispiel in im Wesentlichen vier Phasen unterteilen lässt. An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass der in der **Fig. 3** gezeigte Verlauf (ebenso wie der in der **Fig. 2** gezeigte) nicht als repräsentativ anzusehen ist. Vielmehr gestaltet sich der Verlauf dieses Prozesses in Abhängigkeit von der Art der miteinander zu dem Stack verbundenen Zellen, von der Zell- und Stackgeometrie, von der Anzahl der Zellen sowie von den für die Zellen und deren Verbindung verwendeten Materialien sehr unterschiedlich. Demgemäß kann sich der Prozess gegebenenfalls auch in wesentlich mehr Phasen unterteilen lassen. Mit Blick auf die **Fig. 3** soll insoweit lediglich nochmals klar gemacht werden, dass das dort beispielhaft gezeigte Temperaturregime und die Aufeinanderfolge der einzelnen Phasen (im Beispiel vier Phasen) nach dem Stand der Technik festen zeitlichen Vorgaben folgt, die üblicherweise auf Erfahrungswerte des jeweiligen Herstellers zurückgehen.

[0022] Gemäß dem beispielhaft in der **Fig. 3** veranschaulichten Ablauf des Füge- und Konditionierungsprozesses können sich die vier Phasen zum Beispiel wie folgt gestalten. Zunächst wird die Glaslot-Paste bei niedriger Temperatur unter Aufrechterhaltung der auf den Stack einwirkenden Kraft getrocknet. Hierbei entweicht bereits ein Teil von Lösemitteln aus dem Gebinde. Dieser Prozessschritt dauert zumeist mehrere Stunden an (Phase I).

[0023] Anschließend wird die Temperatur-jedenfalls entsprechend dem gezeigten Beispiel - auf über 850°C erhöht (Phase II). Die Aufheizgeschwindigkeit beträgt beispielsweise zwischen 1 K/min bis 3 K/min. Während des Aufheißvorgangs schmilzt das Glaslot. Durch das Aufschmelzen des Glaslots sinkt der Stack etwas in sich zusammen (Schwindung). Hierbei ist es

erforderlich, trotz des Zusammenziehens die Kraft weiterhin konstant zu halten.

[0024] Nach dem Erreichen der Fügetemperatur wird die Zelle über einen längeren Zeitraum bei konstanter Temperatur gehalten (Phase III). Die Endtemperatur aus Phase II kann, gegebenenfalls und abweichend von der Darstellung, auch leicht oberhalb der Fügetemperatur aus Phase III. Je nach Zielkonfiguration des zu fertigenden Stacks wird die Temperaturverlaufskurve entsprechend modifiziert, um bestimmte Eigenschaften zu erzielen.

[0025] Während des lang andauernden Zeitraums in Phase III kristallisiert unter anderem das Glaslot zu großen Teilen zu einer Glaskeramik. Die Verbindung zwischen Glaslot und der SOx-C-Zelle wird dabei durch den Abbau von Spannungen verbessert. Für die erfolgreiche und gleichmäßige Kristallisation des Glaslots, ist es erforderlich, dass die verschiedenen Zellen gleichmäßig durchwärmt werden, was ein Grund für die lange Dauer dieser Phase ist. Unregelmäßigkeiten können zu Qualitätsnachteilen und Spannungen innerhalb der Zellen führen, was die Lebensdauer einschränken kann.

[0026] Korrespondierend mit der **Fig. 3** zeigt die **Fig. 2**, welche insoweit ebenfalls ein nicht repräsentatives Beispiel veranschaulicht, wie sich die Impedanz, wiederholt gemessen für den gesamten Stack, für eine einzelne SOx-C oder für eine Gruppe derartiger Zellen während des Ablaufs des Füge- und Konditionierungsprozesses entwickeln kann. Auch im Hinblick auf den dargestellten zeitlichen Verlauf der Impedanz ist ausdrücklich nochmals darauf hinzuweisen, dass dieser sich abhängig von der Gesamtkonfiguration sehr unterschiedlich gestalten kann. Tendenziell kann insoweit lediglich davon ausgegangen werden, dass sich die Impedanz mit Fortschreiten des Prozesses im Allgemeinen allmählich verringert.

[0027] Ausgehend von bei einer Versuchsreihe für einen bestimmten Typ eines Stacks gewonnenen Erfahrungswerten kann der Füge- und Konditionierungsprozess impedanzgeführt ablaufen. Dies bedeutet, dass abweichend von starren zeitlichen Phasen - wie sie beispielhaft auch hier in der **Fig. 2** nochmals kenntlich gemacht wurden - der gesamte Prozess in Abhängigkeit von dem Impedanzverlauf gestaltet wird. Dies bringt es mit sich, dass zum Beispiel einzelne der hier nochmals beispielhaft gezeigten Phasen ausgehend von der Entwicklung der Impedanz verkürzt werden können, wobei beispielsweise der Prozess in der Phase II anstatt mit einer linearen Temperaturerhöhung auch mit einer exponentiellen Erhöhung der Temperatur fortgeführt werden kann. Auch die insoweit vorstehend angesprochenen Modifizierungen im Ablauf des Füge- und

Konditionierungsprozesses sind selbstverständlich nur als beispielhaft anzusehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Stacks aus Festoxid-Zellen SOx-C, nämlich eines Stacks aus Festoxid-Brennstoffzellen SOFC oder aus Festoxid-Elektrolysezellen SOEC, bei welchem mindestens zwei SOx-C übereinander angeordnet und mithilfe eines Verbindungsmittels, wie eines Glaslots, in einem mehrere Phasen umfassenden Füge- und Konditionierungsprozess, in dessen Verlauf die aus den mindestens zwei SOx-C bestehende Anordnung zumindest unterschiedlichen Temperaturen ausgesetzt wird, zu dem Stack zusammengefügt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Füge- und Konditionierungsprozess zumindest teilweise als ein impedanzgeführter Prozess abläuft, bei dem der Ablauf der sich zumindest durch verschiedene Temperaturverläufe voneinander unterscheidender Phasen des Füge- und Konditionierungsprozesses in Abhängigkeit von bei einer wiederholten Messung der elektrischen Impedanz erhaltenen Messwerten gesteuert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wiederholte Messung der elektrischen Impedanz unter Verwendung eines Impedanzspektrometers in Form einer elektrochemischen Impedanzspektroskopie EIS erfolgt, bei der hinsichtlich der Impedanz jeweils eine Gruppe von Messwerten bei unterschiedlichen Frequenzen erfasst wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zuvor, ebenfalls unter jeweils wiederholter Messung der elektrischen Impedanz während des Füge- und Konditionierungsprozesses, versuchsshalber eine Mehrzahl von Stacks gleichen Typs hergestellt und danach die Qualität dieser Stacks beurteilt wird und dass ein, bei der versuchsweisen Fertigung von festgelegte Qualitätsparameter erfüllenden Stacks während des Füge- und Konditionierungsprozesses für die Impedanz erfasster Verlauf zur Steuerung des Füge- und Konditionierungsprozesses in der Serienproduktion von Stacks dieses Typs genutzt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass, ausgehend von dem bei der versuchsweisen Fertigung für den oder die Stacks hoher Qualität für die Impedanz erfassten Verlauf, in der Serienproduktion der Stacks der unter wiederholter Messung der Impedanz erfolgende Füge- und Konditionierungsprozess wenigstens phasenweise zumindest hinsichtlich des Temperaturverlaufs dynamisch gesteuert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Füge- und Konditionierungsprozess wenigstens phasenweise hinsichtlich des Temperaturverlaufs und des Verlaufs einer auf den jeweiligen Stack einwirkenden Kraft dynamisch gesteuert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass, ausgehend von dem bei der versuchsweisen Fertigung für den oder die Stacks bester Qualität für die Impedanz erfassten Verlauf, in der Serienproduktion der Stacks das zeitliche Aufeinanderfolgen der Phasen des Füge- und Konditionierungsprozesses unter wiederholter Messung der Impedanz gesteuert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wiederholte Messung der Impedanz während des Füge- und Konditionierungsprozesses an einzelnen oder/und an Gruppen der den Stack ausbildenden SOxC erfolgt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wiederholte Messung der Impedanz während des Füge- und Konditionierungsprozesses jeweils am gesamten Stack und außerdem jeweils an einzelnen oder/und an Gruppen der den Stack ausbildenden SOxC erfolgt.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass alle jeweils wiederholt erfolgenden Messvorgänge simultan durchgeführt werden.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

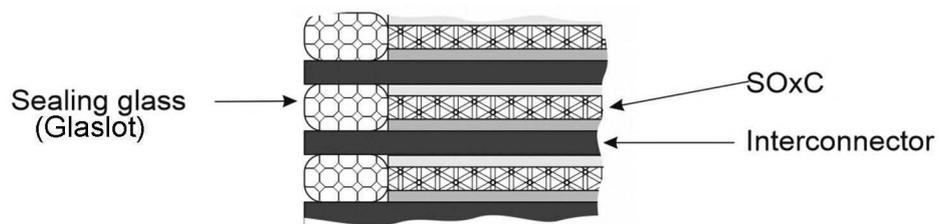


Fig. 1

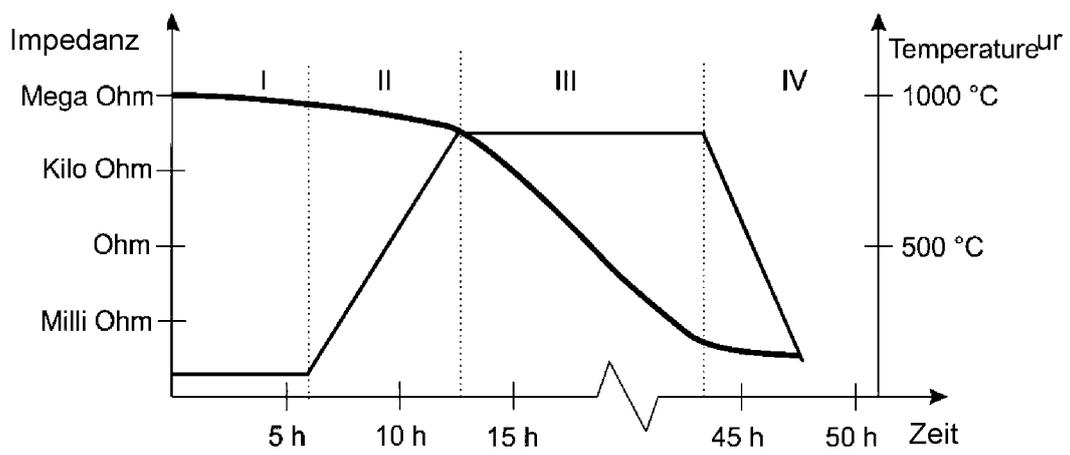


Fig. 2

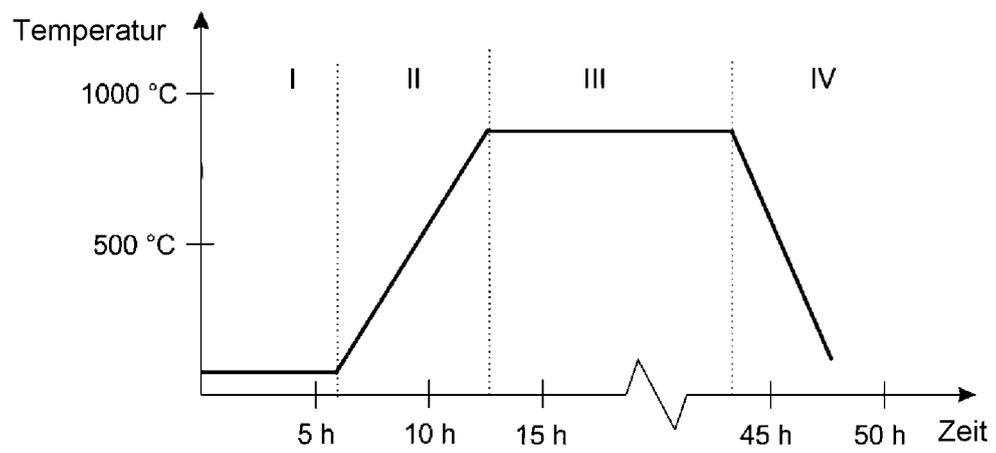


Fig. 3