



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

<p>⑳ Gesuchsnummer: 5214/84</p>	<p>⑦ Inhaber: Duracell International Inc., Tarrytown/NY (US)</p>
<p>㉑ Anmeldungsdatum: 31.10.1984</p>	
<p>③① Priorität(en): 04.11.1983 US 548731</p>	<p>⑦② Erfinder: Markin, Charles, Toronto/Ontario (CA) Wiacek, Marian, Mississauga/Ontario (CA)</p>
<p>㉒ Patent erteilt: 29.04.1988</p>	
<p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 29.04.1988</p>	<p>⑦④ Vertreter: E. Blum & Co., Zürich</p>

⑤④ **Mit mineralischem Füllstoff versetzter Verschluss für galvanische Zellen.**

⑤⑦ Verschlüsse für galvanische Zellen bestehen aus spritzvergossenem, mit einem mineralischen Füllstoff versetztem Polypropylen. Das Mineral besteht im allgemeinen aus Talk (anhydriertes Magnesiumsilikat), es kommen aber auch Kalziumcarbonat oder Felsglimmer oder ein weiteres Elektrolyt inertes Material in Frage. Die Bruchfestigkeit einer Membrane aus mit Füllstoff versetztem thermoplastischem Material ist tiefer und kann leichter sowohl vorausgesagt als auch unter Kontrolle gehalten werden. Dank den tieferen linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten und der höheren Druckfestigkeit von mit einem Füllstoff versetztem thermoplastischen Material können galvanische Zellen wirksamer verschlossen werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verschluss, insbesondere für mit einem Klemmverschluss verschlossene galvanische Zellen, dadurch gekennzeichnet, dass er aus thermoplastischem Material, versetzt mit 5% bis 45 Gew.-% eines Füllstoffs besteht, dass das thermoplastische Material und der Füllstoff gegenüber dem in der verschlossenen Zelle verwendeten Elektrolyten chemisch resistent sind und dass er eine zerstörbare Entlüftungsmembran mit reduzierter Dicke gegenüber der Dicke des die Membran umgebenden Materials aufweist.

2. Verschluss nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das thermoplastische Material aus der Gruppe der Polypropylene, Polyethylene und deren Copolymere ausgewählt ist und dass das Füllmaterial aus Talk, Kalziumcarbonat oder Glimmer besteht.

3. Verschluss nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass er aus mit Talk als Füllstoff versetztem Polypropylen besteht.

4. Verschluss nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass Talk in der Menge von 15 bis 40% vorliegt.

5. Verschluss nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Talk eine Partikelgrösse von weniger als maximal $44 \cdot 10^{-6}$ m aufweist und mindestens 2 Gew.-% der Partikel grösser als $1 \cdot 10^{-6}$ m sind und mindestens 18% der Partikel grösser als $5 \cdot 10^{-6}$ m sind und mindestens 40% der Partikel grösser als $10 \cdot 10^{-6}$ m sind.

6. Galvanische Zelle mit einem durch einen Klemmverschluss zu verschliessenden Behälter, gekennzeichnet durch einen Verschluss nach einem der Ansprüche 1-5.

7. Verfahren zur Herstellung des Verschlusses nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das mit Füllstoff versetzte thermoplastische Material einer Wärmenachbehandlung ausgesetzt wird.

8. Verfahren nach Patentanspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmenachbehandlung bei einer Temperatur zwischen 70° bis 155°C erfolgt.

9. Verfahren nach Patentanspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmenachbehandlung während mindestens einer Stunde erfolgt.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung bezieht sich auf einen Verschluss nach Anspruch 1 und auf eine galvanische Zelle nach Anspruch 6. Solche Zellen besitzen Verschluss- oder Isolierteile, welche aus mit Füllstoffen versetztem thermoplastischen Material hergestellt oder vergossen und als Verschlüsse bezeichnet werden. Als thermoplastisches Material eignet sich z.B. mit einem Mineral wie Talk, Kalziumcarbonat oder Glimmer versetztes Polypropylen.

Weiter umfasst die Erfindung ein Verfahren nach Anspruch 7.

Die allgemeine Konstruktion eines vollverschlossenen, zylindrischen galvanischen Elementes besteht im allgemeinen darin, dass die Hauptkomponenten in einem Behälter vorgesehen sind und letzterer mit Hilfe eines auf dem offenen Ende des Behälters vorgesehenen Verschlusses verschlossen werden. Der Verschluss verhindert das Ausfliessen des Elektrolyts aus der Zelle und isoliert die Elektroden voneinander.

Es ist wünschenswert, dass solch ein Verschluss für Wasserstoff durchlässig ist, damit wird verhindert, dass sich in der Zelle Druck aufbaut. Weiter soll er Eindringen oder Entweichen von Feuchtigkeit sowie Eindringen von Sauerstoff oder Kohlendioxyd in die Zelle verhindern. Üblicherweise wird solch ein Verschluss mit einer eingegossenen Membran oder mit einer dünnen Stelle derart versehen, dass ein zerstörbares Sicherheits-Entlüftungsgebiet vorhanden ist. Letzteres weist im Vergleich

zur Dicke des umgebenden Materials einen verminderten Querschnitt derart auf, dass sicher gestellt ist, dass die Zelle unter gewissen Bedingungen, bei welchen in der Zelle hoher Gasdruck entsteht, ein Gasaustritt so entsteht, dass Zerstörung der Zelle vermieden wird.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Verschluss für eine zylindrische Zelle zu schaffen, welcher im allgemeinen mit Hilfe von Spritzgiessen hergestellt wird und aus einem mit Füllstoff versehenen, gegenüber dem Elektrolyt inerten, thermoplastischen Material besteht. Das thermoplastische Material kann aus Polypropylene, Polyethylene (speziell für Hochtemperaturanwendungen Polysulfon) und deren Copolymeren bestehen; das thermoplastische Material weist eine Menge von 5 bis 45 Gew.-% eines mineralischen Füllstoffs auf, wobei letzterer aus Talk [anhydriertem Magnesiumsilikat $\text{Mg}_3\text{SiO}_{10}(\text{OH})_2$] Kalziumcarbonat und Glimmer besteht. Je nach dem Verwendungszweck kann der Verschluss einer Wärmenachbehandlung unterzogen werden. Wird Polypropylen dieser Behandlung ausgesetzt, kann diese darin bestehen, dass eine Erwärmung zwischen 70 bis 155°C vorgesehen ist (bei Copolymeren von Polypropylen und Polyethylen sowie bei weiteren thermoplastischen Materialien können andere Temperaturen angezeigt sein). Es ist wünschenswert, die Wärmenachbehandlung in einem Umluftofen auszuführen. Bei den meisten Fällen hat es sich gezeigt, dass mit Mineralien versetztes Polypropylen, speziell mit Talk versetztes Polypropylen, den Anforderungen genügt. Typische Verschlüsse und ihre Anordnung innerhalb der Zellen sind in der CH-PS 651 425-0 beschrieben. Kunststoffteile aus mit Talk versetztem Polypropylen können beim Spritzgiessen ohne Giessfehler wie z.B. Oberflächenlunker oder sonstige Unregelmässigkeiten hergestellt werden. Solche Unregelmässigkeiten können dann wichtig sein, wenn die Verschlüsse mit einer Membran ausgebildet sind. Da die Teile ohne Giessfehler ausgeführt werden können, sind Giess toleranzen und Giessbedingungen, unter welchen die Teile hergestellt werden, weniger kritisch.

Ein mineralischer Füllstoff wie z.B. Talk erlaubt ein Vergiessen bei geringeren Temperaturen. Weiter verleiht ein Füllstoff wie z.B. Talk der Oberfläche des thermoplastischen Materials eine gewisse Schmierfähigkeit derart, dass das Material selbst als Freigabemittel zum Entfernen aus der Gussform dient. Dies ist darum speziell nützlich, weil externe Freigabemittel wie z.B. Silikone die vergossenen Teile verunreinigen können und diese Verunreinigungen wiederum innerhalb der Zelle Gasentwicklung verursachen können. Der mineralische Füllstoff (Talk, Kalziumcarbonat oder Glimmer) bewirkt keine Gasbildung innerhalb der Zelle. Da nach dem Vergiessen eine geringere Schrumpfung stattfindet, speziell wenn höhere Konzentrationen an Füllstoff vorgesehen sind, wie z.B. Talk im Bereich von 20 - 40%, besteht grössere Sicherheit, dass die verschliessenden und isolierenden Teile präziser vergossen werden. Schlussendlich können die Kosten pro Stück von mit Mineral versetztem Kunststoff geringer sein, als wenn kein Füllstoff vorgesehen ist.

Wie haben entdeckt, dass durch die Verwendung von mit Füllstoffen versetzten thermoplastischen Materialien eine wesentliche Verbesserung der mechanischen Eigenschaften bewirkt wird. Dies umfasst auch die Tatsache, dass in der Tat bessere verschliessende und durchlüftende Ventilationscharakteristiken der Teile erreicht werden. Ein mit Füllstoff versetzter Thermoplast weist einen geringeren Coefficient der linearen Wärmedehnung auf, letzterer nähert sich dem linearen Wärmedehnungskoeffizienten des Metallbehälters, welcher für die Konstruktion der Zelle verwendet wird. Daraus ergibt sich ein besserer Verschluss, welcher speziell thermischen Beanspruchungen standhält. Das mit Füllstoff versetzte thermoplastische Material weist eine höhere Druckfestigkeit auf, als das nicht versetzte Material; dies bedeutet, dass beim Falz eine bessere Abdichtung vorliegt. Dieses Merkmal kann speziell deutlich ausgebildet wer-

den, wenn der Verschluss einer Wärmenachbehandlung unterzogen wird. Die Wärmenachbehandlung stabilisiert die Abmessungen des Verschlusses; dies bedeutet, die Abmessungen des Verschlusses bleiben konstant und innere, während des Vergiessens erzeugte Spannungen werden abgebaut.

Der Füllstoff wirkt verstärkend (stress concentrator), dies ermöglicht, dass eine Membran bei geringer Durchbiegung bricht. Wird ein mit Füllstoff versetzter Verschluss einer Wärmenachbehandlung unterzogen, werden also jegliche durch das Giessen erzeugte Spannungen abgebaut und der notwendige Druck, um die Membran zu zerstören, steigt relativ wenig an, während er bei Wärmenachbehandlung eines nicht mit Füllstoff versetzten Materials vermehrt ansteigt. Ein mit Füllstoff versetztes Material erlaubt eine präzisere Vorhersage der Bruchfestigkeit einer Membran.

Zur gleichen Zeit erlaubt die Verwendung eines mit Füllstoff versetzten Thermoplasten eine Verminderung der Bauhöhe darum, weil ein Bruch nach geringerer Streckung erfolgt, als bei einem nicht mit Füllstoff versetzten Material der Fall ist; überdies wird in der Zelle kein übergrosser Druck abgebaut. Zusätzlich ist es möglich, eine dickere Membran zu giessen, damit grössere Giesstoleranzen zu erlauben, während die Entlüftungstoleranzen eingehalten werden.

Da also weniger Raum benötigt wird, um Bruch aufgrund Überdruck zu erlauben, kann der Verschluss im Behälter leicht höher plaziert werden; es folgt dass eine grössere Menge von aktivem Material in der Zelle vorgesehen werden kann.

Da die mit Füllstoff versetzten Thermoplaste gemäss der vorliegenden Erfindung einen Durchtritt von Wasserstoff erlauben, wird die mit dem beschriebenen Verschluss verschlossene Zelle fortlaufend «tröpfchenweise» entlüftet. Dadurch kann genügend Wasserstoff aus der Zelle entweichen, die Möglichkeit, dass die Entlüftung durch Zerstören der Membran stattfindet, wird vermindert. Dies ist darum wichtig, weil die Menge an Korrosion und Gasentwicklung verhindernden Quecksilberbestandteilen in der Zelle, vor allem in alkalischen Zellen, bemerkenswert vermindert werden kann; es resultiert nicht nur ein bezüglich Umweltschutz befriedigendes Produkt, in der Zelle bestehen bessere Betriebsbedingungen und Kosten können gespart werden.

Im Vergleich mit mit Glas versetztem Nylon, welches als Zellenverschluss verwendet werden kann, besteht ein Vorteil der vorliegenden Erfindung darin, dass der mit Füllstoff versetzte Thermoplast viel weniger zum Lecken neigt, wenn er einem Elektrolyt wie z.B. 40% Kaliumhydrat ausgesetzt wird. Dies bedeutet, dass mit Talk, Kalziumcarbonat oder Glimmer versetztes Polypropylen sich auch dann nicht zersetzt, wenn es während langen Perioden, z.B. während vier Wochen bei 71°C KOH ausgesetzt wird. Das mit Glas versetzte Nylon zersetzt sich unter solchen Bedingungen.

Bei den hier berücksichtigten mit Füllstoff versetzten thermoplastischen Materialien, welche z.B. Kalkkalziumcarbonat oder Glimmer in Mengen von 5% bis 45%, üblicherweise 15% bis 40%, aufweisen besteht das Füllmaterial aus sehr fein zerriebenem oder partikelförmigem Material; es ist derart ausgebildet, dass es im eingegossenen Zustand in einem thermoplastischen Verschluss- oder Isolationsteil im wesentlichen an dessen Oberfläche nicht in Erscheinung tritt. In diesem Hinblick, speziell im Hinblick auf die Verwendung von Talk als Füllmaterial, wird es vorgezogen, wenn ungefähr 20%, sogar bis 40% Talk vor allem in Polypropylen als Füllmaterial verwendet wird.

Wie bereits erwähnt, wird durch eine nachfolgende Wärmenachbehandlung ein Vorteil dadurch erzielt, dass durch das Giessen entstandene Spannungen abgebaut und die Abmessungen des Verschlusses stabilisiert werden; jedoch sogar mit einem nicht wärmebehandelten Verschluss liegt ein besseres Produkt vor, als es ein gleich konstruierter, jedoch nicht mit einem

Füllstoff versetzter Verschluss darstellt. Die Gründe liegen darin, dass bei der Produktion des Membranteils des Verschlusses grössere Toleranzen vorgesehen werden können und damit letztere Membran dicker ausgeführt werden kann; die Vorhersage über die Höhe des zerstörenden Drucks ist präziser möglich. In jedem Fall können etwas höhere kritische Drücke erreicht werden, ohne jedoch in die Nähe desjenigen Drucks zu kommen, bei welchem der Verschluss vom Behälter abgesprengt wird und damit ein Bruch der Zelle erfolgt.

Nachstehend wird eine typische Zusammensetzung von mit Talk versetztem Polypropylen angegeben: das nicht versetzte Polypropylenharz kann einen Schmelzindex von 10 bis 15 aufweisen. Nach Versetzung mit dem Füllstoff ist der Schmelzindex auf ungefähr 6 bis 10 reduziert.

Der Talk besteht aus einem plättchenförmigen staubartigen weissen Pulver, welches keine Asbestbestandteile aufweist und die folgenden chemischen Bestandteile besitzen kann:

Bestandteil:	Gew.-%
MgO	20-32%
SiO ₂	16-46%
CaO	9-30%
Al ₂ O ₃	0,5-4 %
Fe ₂ O ₃	0,2-4 %
LOI	8-20%

[LOI (Loss On Ignition), bedeutet Verlust bei Aufheizen (zeigt den Prozentsatz des während der Aufheizung aus dem Talk freigegebenen Kohlendioxids an)].

Eine typische, mit Hilfe eines Prüfsiebs ermittelte Verteilung der Partikelgrösse sieht wie folgt aus:

Maschengrösse, welche passiert wird	Gew.-%
44 · 10 ⁻⁶ m	100%
30 · 10 ⁻⁶ m	94-97%
20 · 10 ⁻⁶ m	75-90%
10 · 10 ⁻⁶ m	40-60%
5 · 10 ⁻⁶ m	18-32%
4 · 10 ⁻⁶ m	14-24%
3 · 10 ⁻⁶ m	9-17%
2 · 10 ⁻⁶ m	5-10%
1 · 10 ⁻⁶ m	4- 4%

Die typische trockene Flächenhelle beträgt 84-94; die Dichte bei verdichteter Packung 0,96 bis 1,28 g pro cm³; die Dichte bei loser Packung 0,38 bis 0,88 g pro cm³; das spezifische Gewicht 2,8 bis 2,9; die Ölabsorptionsfähigkeit in Gramm pro 100 g Talk beträgt 20-35; der pH-Wert ist 9 bis 10,5. Die Feinheit (Hegman) 1-3,5; 100% passieren ein 200er Netz und 98-99,9% ein 325er Netz.

Ein ähnlich geriebener Kalzit (Kalziumcarbonat) zeigt die folgenden Charakteristiken:

Bestandteil:	Gew.-%
CaCO ₃	95-98%
MgCO ₃	1-2%
Al ₂ O ₃	0,05-0,2%
Fe ₂ O ₃	0,01-0,2%
SiO ₂	0,1-1%
MnO	0,01%
Kupfer	nicht detektiert
Feuchtigkeit	0,25%
organische Beschichtung (typischerweise Silikatzusammensetzung)	0,5-2%

Die typische Partikelgrösse ist derart, dass 100% der Partikel weniger als $15 \cdot 10^{-6}$ m messen (sphärische Partikel);

95-99% weniger als $10 \cdot 10^{-6}$ m; 75-85% weniger als 5 Mikron; 40-60% weniger als 2,5 Mikron; und 20-49% weniger als $1 \cdot 10^{-6}$ m. Die durchschnittliche Partikelgrösse liegt um $2,5 \cdot 10^{-6}$ m; das spezifische Gewicht um 2,7 und eine Brechungszahl ungefähr bei 1,55.

Es folgen verschiedene Beispiele:

Beispiel 1

Eine Anzahl von Verschlüssen der Grösse AA wurden aus Nylon, nicht mit Füllstoff versetztem Polypropylen und Polypropylen mit 20% Talkfüllstoff durch Giessen hergestellt. Die Hälfte der aus Polypropylen bestehenden Verschlüsse wurde einer nachfolgenden Wärmebehandlung unterzogen, die andere Hälfte nicht. Alle diese Deckel wurden auf den Behältern mit Hilfe von Klemmverschlüssen angebracht; es bestand jedoch die Ausnahme, dass die äussere Ummantelung nicht auf der Zelle plaziert wurde; und während verschiedener Lagerungs- und Verwendungstests wurde ein gewisses Lecken beobachtet.

Die Beobachtungen des Leckens offenbarten z.B. dass bei Lagerung während einer Woche bei hoher Temperatur, nachfolgend Lagerung während einer weiteren Woche bei Raumtemperatur die wärmebehandelten Deckel und die Nylondeckel im wesentlichen gleich aussahen (einer von dreissig) und ihre Funktion erfüllten; bei den nicht Wärme behandelten Deckeln zeigten sich höhere Fehlfunktionsraten. Weitere Deckel wurden bei einer etwas tieferen, jedoch immer noch erhöhten Temperatur während zwei Wochen gelagert, nachfolgend während einer Woche bei Raumtemperatur gelagert. Ein Nylon und ein nicht mit Füllstoff versetzter Deckel zeigte Fehlfunktionen, von den mit Füllstoff versetzten Deckeln zeigte keiner eine Fehlfunktion.

Andere Deckel wurden während einer Woche sehr tiefen Temperaturen ausgesetzt, es folgte eine weitere Woche bei Raumtemperatur. Von den Nylondeckeln fielen zwanzig von dreissig aus, von den wärmebehandelten, mit Füllstoff versetzten Deckeln fiel einer von dreissig aus.

Ähnlich wurde ein Temperaturwechsel bei einer weiteren Versuchsreihe derart vorgenommen, dass nach tiefer Temperatur relativ hohe Temperatur folgte und am Schluss Raumtemperatur vorherrschte. Fehlfunktionen zeigen nur zwei von dreissig wärmebehandelten, mit Füllstoffen versetzte Deckel; fünfzehn der dreissig Nylondeckel fielen aus.

Weitere Deckel wurden während einem Tag bei Raumtemperatur gelagert, danach einer Ladung von 1,5 Ampere ausgesetzt. Es entwichen Gase aus allen Zellen. Andere Deckel wurden jedoch während verschiedener Tage hohen Temperaturen ausgesetzt und dann einer Ladung von 1,5 Ampere ausgesetzt; drei von drei mit Füllstoff versetzten Polypropylendeckeln liessen Gase entweichen, während eine der drei mit Nylondeckel versehenen Zellen auseinander gesprengt wurde.

Beispiel 2

Ein Anzahl von Deckeln der Grösse AA, C und D wurden durch Giessen hergestellt, jede wurde mit einer Sicherheitsmembrane mit der Dicke von 0,091 bis 0,12 mm versehen; gewisse wurden mit einem Füllstoff, bestehend aus Talk ausgeführt, dessen Anteil betrug 20 oder 40%.

Eine gewisse Anzahl der Deckel wurden zu Vergleichszwecken behalten und nicht in eine Kaliumhydratlösung eingetaucht; andere Gruppen von Deckeln wurden in die Kaliumhy-

dratlösung bei Raumtemperatur während zwei Wochen eingetaucht; wieder andere während zwei Wochen bei hohen Temperaturen, wiederum andere während zwei Wochen bei sehr hohen Temperaturen. Danach wurde ein Test bezüglich dem Entweichen von Gasen aus der Zelle ausgeführt. Alle in KOH eingetauchten Deckel zeigten übereinstimmende Resultate wie sie diejenigen Deckel aufwiesen, welche zu Kontrollzwecken nicht in KOH eingetaucht worden waren. Alle Deckel waren mit anderen Worten gegenüber KOH-Lösung chemisch resistent.

Ein wichtiger Schluss, welcher aus diesen Gasdurchlasstests gezogen werden kann, besteht darin dass die Membran oder Gas-Durchlass-Sicherheitsbereiche der mit Füllstoff versetzten Polypropylendeckel durch einen alkalischen Elektrolyt bei hoher Temperatur nicht beeinträchtigt werden; die Membranen brechen aufgrund erhöhten Drucks auch nach langer Lagerung bei erhöhten Temperaturen beim ursprünglich vorgesehenen Druck.

Beispiel 3

Weitere Gasentwicklungstests wurden ausgeführt, bei welchen die Sicherheitsmembrane eine Dicke von 1,4 mm aufwies. Die Tests wurden mit verschieden hohem Raum über der Membrane ausgeführt. Deckel aus nicht mit Füllstoff versetztem Polypropylen versagten bezüglich dem Durchlassen von Gasen oder liessen Gase bei sehr hohen Drücken mit geringem Raum durch, während 20% der mit Talk versetzten Deckel bei vernünftigen Drücken Gase durchliessen. Bei einem Raum von 23,1 mm liess ein mit nicht mit Füllstoff versetzter und nicht Wärme behandelte Polypropylendeckel Gase bei einem Druck von 59,8 kg/cm² nicht durch; Ein ähnlicher Deckel mit einem Raum von 36 mm liess Gase bei 19,6 kg/cm² passieren. Ein nicht wärmebehandelter, mit 20% Talk versetzter Polypropylendeckel und dem geringsten oben erwähnten Raum liess Gase bei 33,6 kg/cm² passieren; während dies bei grösstem Raum bei 19,6 kg/cm² stattfand. Mit 20% Talkfüllmaterial versetzte Polypropylendeckel, welche wärmebehandelt wurden, liessen Gase bei 29,4 kg/cm² und geringstem Raum und bei 28 kg/cm² bei grösstem Raum passieren.

Beispiel 4

Es wurden Deckel aus mit Glas versetztem Nylon, nicht mit Füllstoff versetztem Polypropylen, mit 20% Talk versetztem Polypropylen und mit 40% Talk versetztem Polypropylen gegossen und danach bei 71°C während eines Monats in einem KOH Elektrolyten gelagert. Die Lösung war nach der Lagerung leicht angesäuert und wurde auf Spuren von metallischen Elementen untersucht. Ausser einer leicht erhöhten Leckmenge von Kalzium, welche aus den mit 20% Talk versetzten Polypropylendeckeln entwichen war, konnte bei keinem der Polypropylendeckel ein signifikantes Entweichen von Nickel, Kadmium, Strontium, Kobalt, Titan, Molybdän, Blei, Kupfer, Eisen, Vanadium, Chrom, Aluminium, Silikon oder Kalzium erkannt werden. Bei den mit Glas versetzten Nylondeckeln zeigte es sich jedoch dass signifikante Mengen von Titan, Kupfer, Eisen, Vanadium, Aluminium, Silikon und Kalzium entwichen waren.

Die Konfiguration der gemäss der vorliegenden Erfindung mit Füllstoffen versetzten thermoplastischen Verschlüsse hängt von Konstruktionserwägungen ab, welche nicht in den Bereich der vorliegenden Erfindung gehören; der Konstrukteur kann jedoch mit grösseren Toleranzen beim Giessen arbeiten und dickere Sicherheitsmembranen vorsehen. Er hat zugleich die Sicherheit, dass ausgelieferte Zellen den Erwartungen entsprechen.