



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

Veröffentlichungsnummer: **0 244 626 B1**

12

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

45 Veröffentlichungstag der Patentschrift:
25.10.89

51 Int. Cl.: **B01D 13/02, E04B 1/70,
C25B 11/04**

21 Anmeldenummer: 87104615.7

22 Anmeldetag: 27.03.87

54 Elektrode sowie deren Verwendung.

30 Priorität: 27.03.86 DE 3610388

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.11.87 Patentblatt 87/46

45 Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
25.10.89 Patentblatt 89/43

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

56 Entgegenhaltungen:
DE-A- 2 549 083
DE-A- 2 722 985
DE-A- 3 413 303
FR-A- 1 229 318
US-A- 4 265 727
US-A- 4 447 505

CHEMICAL ABSTRACTS, Band 92, Nr. 12, 24. März 1980,
Seite 278, Zusammenfassung Nr. 98602v, Columbus,
Ohio, US; & PL-A-99 115 (POLITECHNIKA
WROCLAWSKA) 30-10-1978

73 Patentinhaber: Wessling, Bernhard, Dr., Alte
Landstrasse 73, D-2072 Bargteheide(DE)

72 Erfinder: Wessling, Bernhard Dr, Schlossstrasse 17,
2071 Tremsbützel(DE)
Erfinder: Funder Christian, Kurt Fischer Str. 4a,
2070 Ahrensburg(DE)
Erfinder: Volk Harald Dr., Jersbeker Strasse 51a,
2072 Bargteheide(DE)
Erfinder: Siemers Olaf, Lohe 1b, 2072 Bargteheide(DE)
Erfinder: Merkle Holger, Timm Kroger Weg 2,
2070 Ahrensburg(DE)
Erfinder: Hilleberg Manfred, Hauptstrasse 1,
8097 Zaisering(DE)

74 Vertreter: UEXKÜLL & STOLBERG Patentanwälte,
Beselerstrasse 4, D-2000 Hamburg 52(DE)

EP 0 244 626 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft Elektroden auf der Basis von thermoplastischen makromolekularen Werkstoffen und leitfähigen nichtmetallischen Zusätzen sowie deren Verwendung.

5 Elektroden werden für verschiedene elektrochemische Zwecke, insbesondere in wässrigen Medien verwendet, z.B. zur elektrochemischen Synthese von Stoffen, zur Elektrolyse, zu Meßzwecken bzw. als Sensoren oder in galvanischen Zellen zur Speicherung elektrischer Energie.

Sofern man keine Metalle als Elektrodenmaterial verwendet, werden meist Graphitelektroden eingesetzt. In neuerer Zeit diskutiert man auch die Anwendung von intrinsisch leitfähigen Polymeren in komplexierter (dotierter), reiner Form, z.B. Elektroden aus Polyacetylen, Polypyrrol, Polyanilin, Polyphenylenen, Polyphenylensulfiden, Polyphthalocyaninen, Polythiophenen und auch aus Polymeren mit konjugierten π -Elektronensystemen, die aber bisher nur als Elektroden in wiederaufladbaren Batterien eingesetzt werden konnten (vergl. A.J. Heeger, A.G. McDiarmid u.a., Phys. Rev. Lett. **39**, 1089 (1977); P.J. Nigrey u.a., J. Elektrochem. Soc. **128**, 1651 (1981)).

15 Es sind keine Elektroden bekannt, die mit thermoplastischen Verarbeitungsverfahren (z.B. Extrusion oder Spritzguß) aus Mischungen thermoplastischer makromolekularer Werkstoffe mit leitfähigen nichtmetallischen Zusätzen hergestellt werden können und unter Elektrolysebedingungen stabil sind (vergl. z.B. D. Kyriakon und D. Jannakoudakis, "Electrocatalysis for Organic Synthesis", New York 1986). Eine besonders interessante Anwendung für solche Elektroden unter komplexen elektrolytischen Bedingungen stellen elektrische Verfahren zur Entfernung von Kapillarteuchte in Mauerwerk dar. Die Kapillarteuchte und Versalzung von Mauerwerk sowie die Korrosion von Stahlbeton stellt ein ernstes volkswirtschaftliches und konservatorisches Problem dar. Die Sanierung von Bauwerken ist hochkompliziert und offenbar - entgegen den Beteuerungen zahlreicher Hersteller und Verreiber unterschiedlicher mechanischer, chemischer und elektrokinetischer Verfahren - immer noch nicht gelöst (vergl. z.B. C. Ahrendt, "Trockenlegung", Stuttgart, 1983). Gewissen Erfolgen stehen zahlreiche Mißerfolge gegenüber, unabhängig von der Art der Verfahren.

Die Anwendung von elektrischer Spannung zur Mauertrocknung wird in der allgemeinen und Patentliteratur vielfach beschrieben (vergl. z.B. C. Ahrendt, a.a.O.) und dort meist als elektroosmotisches, elektrokinetisches oder elektrophysikalisches Verfahren bezeichnet.

30 Offenbar wurden bisher die grundlegenden Probleme der elektrischen Mauertrocknung nicht erkannt:

1. Abgesehen von Modellsystemen können aufgrund des Salzgehaltes im Mauerwerk Trocknungseffekte nur oberhalb der Zersetzungsspannung des Wassers beobachtet werden.

35 2. Die dabei auftretenden elektrochemischen Prozesse lassen H_2 an der Kathode und wohl vorrangig Cl_2 (nicht, wie oft behauptet wird, O_2) an der Anode entstehen, welches sich sofort zu OCl^- (Hypochlorit) umsetzt. Die Anode ist daher elektrolytischen, oxidativen und durch Ionentransport offenbar auch mechanischen Abbauvorgängen ausgesetzt.

3. Die Elektroden, vor allem rußgefüllte Kunststoffe Elektroden, bauen ein Gegenpotential von 0,5 bis 2 mV und darüber auf, das dem angelegten Potential entgegenwirkt und den Stromfluß stark reduziert. Außerdem scheinen die Elektroden aufgrund dieses Potentials in ihrer Leistungsfähigkeit stark nachzulassen.

Sofern man aus naheliegenden Kostengründen keine Edelmetalle verwenden kann, sind die eingesetzten Metall- oder Kunststoffe Elektroden diesen Prozessen ausgesetzt. Als Gesamtergebnis fällt bei allen diesen Elektroden der Strom rasch ab, die Elektroden zerfallen oder bauen einen sehr hohen Widerstand auf. Die in der Patentliteratur beschriebenen Verfahren lassen diese Probleme unberücksichtigt. Beispielsweise seien hier einige Verfahren und ihre jeweiligen Probleme kurz erwähnt: P. Friese u.a. DE-OS 34 30 449 (elektrolytisch abbauende Metallelektrode); C. Meisel-Crone, DE-AS 14 59 998 (gepreßte Graphitelektrode: sehr instabil); H. Oppitz, EP-OS 100 845 und AT-OS 3101/82 (netzwerkartige, leitfähig beschichtete Kohlefaserselektrode: Netz verliert schnell elektrischen Kontakt zur Elektrode, welche ebenfalls kurzfristig abgebaut wird); M.W. Tenge, DE-OS 27 06 172 sowie 27 06 193, 27 05 814, 27 05 813 und 25 03 670 (rußgefüllte PTFE-Elektrode; mit ≤ 2 V zu niedrige Arbeitsspannung, schlechter Kontakt zum Mauerwerk, sehr niedrige Leitfähigkeit).

55 Nach allem Anschein ist eine Mauertrocknung auf elektrischem Wege aber immer mit Elektrolyse verbunden, die beobachteten Sanierungseffekte werden durch die Elektrolyse in Gang gesetzt.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, Elektroden für Elektrolyseverfahren bzw. für Anwendungen, bei denen elektrochemische Umwandlungen erwünscht oder unvermeidbar sind, zu schaffen, die unter den jeweiligen Bedingungen stabil sind.

60 Obwohl nach Elektrolyseversuchen mit marktgängigen rußgefüllten Thermoplasten und nach der Literatur keinerlei Hinweise vorlagen, wie die beobachteten Abbauprozesse überwunden werden könnten, wurde nunmehr überraschenderweise gefunden, daß dennoch ganz bestimmte Kombinationen von synthetischen makromolekularen Werkstoffen A und leitfähigen Zusätzen B Elektroden ergeben, die unter den jeweiligen elektrochemischen Bedingungen stabil sind. Gegenstand der Erfindung ist eine unter Elektrolysebedingungen stabile, insbesondere zur Trocknung von Mauerwerk geeignete Elektrode auf Basis von leitfähigen Stoffen und makromolekularen Werkstoffen als Bindemittel, welche dadurch gekenn-

zeichnet ist, daß sie besteht aus

A. einem thermoplastischen polaren Polymer, einem thermoplastischen Polykondensat oder einem thermoplastischen Polyaddukt oder deren Gemischen, die durch das Elektrolysemedium gut benetzbar und gegenüber dem an der jeweiligen Elektrode ablaufenden elektrochemischen Vorgang stabil sind, und

B. einer Mischung im Gewichtsverhältnis von 1:4 bis 4:1 aus

a) Leitruß mit einer Oberfläche von mehr als 600 m²/g und gegebenenfalls Kohlefasern mit

b) Ruß mit einer Oberfläche von weniger als 600 m²/g und/oder Übergangsmetalloxiden und/oder einem intrinsisch leitfähigen Polymer besteht.

Dabei ist der synthetische makromolekulare Werkstoff A polar und gegenüber dem Elektrolysemedium stabil, d.h. in wässrigen Medien hydrolyse- und vor allem oxidationsstabil. Der Werkstoff ist thermoplastisch verarbeitbar und kann, muß aber nicht vernetzbar sein. Als makromolekulare Elektrodenkomponente A haben sich polare Stoffe, darunter EVA (Ethylenvinylacetat), CPE (Chloriertes Polyethylen), TPU (Thermoplastisches Polyurethan), insbesondere Polyetherpolyurethan, Hart- und Weich-PVC (Polyvinylchlorid), NBR (Nitrilkautschuk), ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol-Terpolymer), SBR (Styrol-Butadien-Kautschuk), Fluorelastomere oder Mischungen solcher Stoffe bewährt. Sie sollen durch das Elektrolysemedium gut benetzt, aber nicht angequollen oder gelöst bzw. (z.B. hydrolytisch) zersetzt werden können.

Die leitfähigen Zusätze B sind nicht-metallisch; sie vermögen einerseits den Werkstoff leitfähig zu modifizieren, andererseits können sie ein Potential während der Anwendung aufbauen (z.B. gegenüber einer Referenzelektrode vor bzw. nach einer gewissen Betriebsdauer), ohne daß dadurch die Betriebsfähigkeit des Systems wesentlich beeinträchtigt wird. Als leitfähige Zusätze B kommen Mischungen aus a) sog. Leitruß (elektrisch leitfähigem Ruß mit einer Oberfläche von mehr als 600 m²/g) und gegebenenfalls Kohlefasern mit b) Ruß geringerer Leitfähigkeit mit einer Oberfläche von weniger als 600 m²/g, Graphit, intrinsisch leitfähigen Polymeren (in komplexierter oder kompensierter Form) oder Übergangsmetalloxiden in Frage. Als intrinsisch leitfähige Polymere sind z.B. Polyacetylen, Polypyrrol, Polyphenylene, Polyaniline, Polythiophene, Polyphthalocyanine und andere Polymere mit konjugierten π -Elektronensystemen zu nennen. Als Metalloxide kommen z.B. Fe(II)/Fe(III)-Mischoxide, MnO₂, V₂O₅, Nb₂O₅ u.a. in Betracht, also solche, bei denen das Übergangsmetall in einen höheren, ebenfalls stabilen Oxidationszustand überführt werden kann.

Die leitfähigen Zusätze B werden in Konzentrationen von 3 bis 75 Gew.-%, vorzugsweise 8 bis 55 Gew.-%, mit 25 bis 97, vorzugsweise 45 bis 92 Gew.-% der Komponente A vermischt.

Die Mischung B enthält die leitfähigen und die potentialstabilisierenden Stoffe in Gewichtsverhältnissen von 1:4 bis 4:1.

Als stabil wird eine erfindungsgemäße Elektrode angesehen, wenn

a) bei konstanter Gleichspannung ein weitgehend gleichbleibender Strom fließt (dessen Größe natürlich von der Leitfähigkeit der Elektrode und der des Systems abhängig ist), wobei während der notwendigen Betriebsdauer (z.B. in einem Zeitraum von einigen Monaten bis Jahren) die Abnahme der Leistung einen für den jeweiligen Prozeß kritischen Wert nicht unterschreitet;

b) die Elektrode (meistens die Anode) mechanisch stabil bleibt (optischer, einfacher Versprödungstest oder Zugprüfung, kein wesentlicher Gewichtsverlust).

Der für die Anwendung als Elektroden bevorzugte spezifische Widerstand liegt unter 10⁴ Ω cm, vorzugsweise unter 10³ Ω cm, besonders bevorzugterweise unter 2 $\cdot$ 10² Ω cm.

Die Herstellung des Elektrodenmaterials erfolgt auf handelsüblichen Kunststoffverarbeitungsanlagen wie Doppelschneckenextrudern, Innenmischern oder dergleichen unter Verwendung üblicher Verarbeitungshilfsmittel wie Stabilisatoren, Gleitmitteln, Füllstoffen u.a. Die erhaltene Masse wird granuliert oder direkt in die spätere Elektrodenform (Folien, Platten, Profile u.ä.) umgeformt. Die Elektroden finden in vielfältigen Verfahren Anwendung, z.B. als Sensoren, als Elektroden für die elektrolytische Oxidation oder Reduktion, zur Elektrokatalyse, zur Entwässerung – z.B. von Mauerwerk, Schlamm, Torf und dergl. – zur Entsalzung oder im Korrosionsschutz.

Die Prüfung der Elektroden wurde mit 6 V Gleichspannung in wässriger NaCl-Lösung durchgeführt. Dabei zeigte sich, daß der Stromfluß bei Graphitelektroden rasch absinkt, desgleichen bei Kohlefaserelektroden. Metallelektroden werden verbraucht. Rußgefüllte Polymerelektroden aus z.B. vernetztem Polyethylen, die einen Metallkern enthalten, haben offenbar immer Kontaktierungsprobleme und bauen schließlich durch eine Schwachstelle hindurch den Metallkern ab; die Benetzung durch das Elektrolysemedium ist schlecht.

Die erfindungsgemäßen Elektroden zeigen überraschenderweise ein gänzlich anderes Verhalten: Nach anfänglich konstantem Strom steigt der Stromfluß um bis zu 50% an, fällt dann leicht ab und stabilisiert sich mindestens auf dem Ausgangsniveau, häufig aber zwischen dem Ausgangs- und dem Maximalniveau.

Eine Erklärung für die beobachteten Phänomene kann noch nicht gegeben werden. Vor allem der Mechanismus der potential- und stromstabilisierenden Funktion ist unklar. Zur Verdeutlichung seien aus den zahlreichen Versuchen, welche z.T. in den Beispielen dokumentiert sind, einige Eckwerte herausgehoben.

Tabelle 1

	Anfangs- strom (mA)	End- strom (mA)	Anfangs- widerstand (Ωcm)	Endwiderstand (Anode) (Ωcm)	End- potential (V)	
5						
	Kohlefaser Elektrode	17,6	0,4	9	10 ⁴	1,8
	erfindungsgem. Elektrode	4,4	5,4	38	4·10 ⁴	1,95
10	rußgefüllte Polyethylenelek- trode mit Metallseele*)	8,1	1,4	66	10 ⁹	2,0
	Elektrolyt: 2 g NaCl in 100 ml H ₂ O					
	Dauer des Versuches: 14 Tage bei 6 V und Raumtemperatur					
	Elektrodenoberfläche ca. 25 cm ²					
15	*) Handelsprodukt der Fa. Raychem					

Der Anfangsstrom wird im wesentlichen durch den Widerstand der Elektroden bestimmt und ist deshalb bei der Kohlefaser höher. Bei vergleichbarem Endwiderstand (möglicherweise ist bei der erfindungsgemäßen Elektrode nur die äußerste Oberfläche verändert, was durch Kontaktierungsprobleme einen höheren Widerstand vortäuscht, während der innere Widerstand auf ursprünglichem Niveau bleibt) und Endpotential zeigt aber die erfindungsgemäße Elektrode einen mehr als 10-fach höheren Strom, der sogar höher ist als der Ausgangswert. Die nur mit Leitruß gefüllte Elektrode kann ebenfalls den Strom nicht stabilisieren.

In der Praxis setzt man die Elektroden in flächiger Form, z.B. in Form von Folien oder Platten ein. Für die Trocknung von Mauern haben sich Folien, die ausgestanzt wurden (zur Erleichterung des Anputzens) bewährt. Die Folien werden durch Leiter mit großem Querschnitt z.B. durch Verschweißen kontaktiert; diese Leiter können innerhalb des Mauerwerks verlaufen, ebenso kann die Kontaktstelle im Mauerwerk (z.B. Putz) liegen; der Kontakt zwischen Spannungsgeber und Leiter muß außerhalb des Mauerwerks mit Schutz vor Feuchtigkeit Zutritt erfolgen.

Zum Betrieb der Elektroden können Gleich- und Wechselspannungen in erforderlicher Größe eingesetzt werden. Zur Mauertrocknung wendet man bevorzugterweise zwischen 4 und 48V an, wobei zur Begrenzung des Stromflusses bei Spannungen von mehr als 6 V gepulste Gleichspannung eingesetzt werden kann.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung sollen nachfolgende Beispiele dienen, auf welche die Erfindung aber nicht beschränkt ist. Alle Mengenangaben beziehen sich auf das Gewicht.

Beispiel 1

In einem Innenmischer werden 80 Teile Ethylen-Vinylacetat (20% VA) mit 9 Teilen Leitruß mit einer Oberfläche von 950 m²/g (Ketjenblack EC) und 11 Teilen Flammruß (Flammruß 101 der Degussa AG) mit einer Oberfläche von 20 m²/g und 3 Teilen Stabilisatoren und Gleitmitteln gemischt, plastifiziert und granuliert (Rezept Nr. 1). Analog wird verfahren mit TPU (Polyethertyp) (Rezept Nr. 2) und Weich-PVC (Nr. 3). Weiterhin wird die Mischung 1 in gleicher Zusammensetzung, aber anstelle des Furnaceruß mit Graphit (Nr. 4), sowie zum Vergleich ohne Furnaceruß (Nr. 5) ausgeführt. Die Granulate werden zu Platten von 2 mm Dicke gepreßt und zu Elektroden von 12,5 mm Länge und 20 mm Breite geschnitten.

Eine weitere Anode bestand aus PVC und 40% Polyanilinhydrochlorid (Nr. 6), die Kathode aus PVC, 40% Polyanilin und 8% Leitruß. Als weitere Vergleichselektrode wird ein Kohlefaserfand (Nr. 7) eingesetzt. Die Elektroden werden in einem Elektrolysegefäß in räumlich getrennten, aber elektrolytisch verbundenen Zylindern angebracht, wobei die wässrige Lösung (2g NaCl/100g H₂O) die Elektroden nur halb bedeckt, so daß die Kontaktierung der Elektroden mit eingeschweißten Metalldrähten außerhalb des Elektrolyse-Mediums erfolgen kann. Die Zylinder haben ein oben angebrachtes Ventil, so daß entstehende Gase während der Elektrolyse periodisch abgelassen werden können.

Bei Betrieb mit 6 V Gleichspannung wurden die in der nachfolgenden Tabelle enthaltenen Ergebnisse erhalten. Die nicht erfindungsgemäßen Elektroden sind deutlich unterlegen.

Tabelle 2

Nr.	Aus- gangsleit- fähigkeit (S/cm)	Strom (nach x Stunden) in mA						Potenti- al nach 336 h (V)	Beobachtungen
		0	8	72	240	336			
5	1	0,05	4,2	4,2	4,3	4,4	4,8	1,95	Kathode: gleichbleibende H ₂ -Entwicklung Anode: nach Test optisch unverändert
10	2	0,1	11,5	12,8	6,0	6,1	8,1	2,5	K: gleichbleibende, gleichmäßig verteilte H ₂ -Entwicklung A: leichte Aufrauung
15	3	0,05	4,4	4,5	6,6	5,3	5,4	1,9	K: wie Nr. 2 A: wie Nr. 1
	4	0,05	4,0	4,3	3,6	3,6	3,7	2,0	K: wie Nr. 1, später nachlassend A: leichte Aufrauung
20	5	0,03	2,4	2,5	1,6	1,0	0,9	1,5	K: stark nachlassend H ₂ -Entwicklung A: wie Nr. 1
	6	2	22	26	21	19	17	nicht ge- messen	
25	7	0,2	17,6	18,7	3,0	0,9	0,4	1,8	K: zuerst lebhaft, dann fast auf Null gehende H ₂ -Entwicklung A: starker Abbau

Beispiel 2

In einem Vergleichsversuch wurden zwei handelsübliche Elektrodenmaterialien (1: rußgefülltes PE, 2: Kohlefaserband) und eine erfindungsgemäße Elektrodenmasse (Zusammensetzung des Beispiels 1, Nr. 3, welche jedoch als Komponente Bb statt Flammruß ein Fe(II)/Fe(III)-Mischoxid (Eisenoxid-Pigment 130 M der Bayer AG) enthielt, als Anoden in wässriger Elektrolyse (6 V) (2% NaCl-Lösung geschaltet). Dabei sind die Vergleichsmaterialien 1 und 2 elektrisch nach 100 bzw. 60 h, mechanisch (Reißfestigkeit) jeweils nach etwa 60 h zerstört (Fig. 1 und 2). Die erfindungsgemäße Elektrodenmasse arbeitet jedoch auch nach 800 h noch mit nennenswerter Leistung und ist mechanisch noch nicht zerstört (Fig. 3 und 4).

Die Gewichtsänderung beträgt für

- Nr. 1 Anode - 11%/Kathode -8% (Zerstörung durch Oxidation bzw. Reduktion, Materialabtrag)
- Nr. 2 Anode +9%/Kathode +14% (Zerstörung durch Ioneneinlagerung)
- Nr. 3 Anode +1%/Kathode +4% (wesentlich geringere Gewichtsveränderungen bei 8-facher Elektrolysezeit und -leistung)

Beispiel 3

In einem Langzeittest wurden drei erfindungsgemäß zusammengesetzte Elektrodenmassen als Anode und Kathode in einer wässrigen Elektrolyse gemäß Beispiel 2 eingesetzt. Alle Elektroden enthielten Leitruf (Ketjenblack EC) als Komponente Ba in Weich-PVC. Nr. 1 und Nr. 2 enthielten als Komponente Bb Graphit, Nr. 3 das Mischoxid des Beispiels 2. Der Stromverlauf ist in Fig. 5 dargestellt (nicht auf Elektrodenfläche normiert).

Patentansprüche

1. Unter Elektrolysebedingungen stabile, insbesondere zur Trocknung von Mauerwerk geeignete Elektrode auf Basis von leitfähigen Stoffen und makromolekularen Werkstoffen als Bindemittel, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus

A. einem thermoplastischen polaren Polymer, einem thermoplastischen Polykondensat oder einem thermoplastischen Polyaddukt oder deren Gemischen besteht, die durch das Elektrolysemedium gut benetzbar und gegenüber dem an der jeweiligen Elektrode ablaufenden elektrochemischen Vorgang stabil sind, und

B. einer Mischung im Gewichtsverhältnis von 1:4 bis 4:1 aus

a) Leitruf mit einer Oberfläche von mehr als 600 m²/g und gegebenenfalls Kohlefasern mit

b) Ruß mit einer Oberfläche von weniger als 600 m²/g und/oder Graphit und/oder Übergangsmetalloxiden und/oder einem intrinsisch leitfähigen Polymer besteht.

2. Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie als Komponente A Polyvinylchlorid und/oder chloriertes Polyethylen enthält.
3. Elektrode nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Komponenten A und B in einem Gewichtsverhältnis zwischen 97:3 und 25:75 vorliegen.
- 5 4. Verwendung der Elektrode nach den Ansprüchen 1 bis 3 in Elektrolyseverfahren, insbesondere zur Entsalzung und Trocknung von Mauerwerk, zur Entfernung von Kapillarfeuchte aus Torfen oder Schlämmen, zum Korrosionsschutz, zur Bodenbewässerung, in der Elektrosynthese oder -katalyse und als Sensoren.
- 10 5. Verwendung nach Anspruch 4 zur Mauerentsalzung und -trocknung, dadurch gekennzeichnet, daß als Anode eine Elektrode nach den Ansprüchen 1 bis 3 eingesetzt wird und Spannungen von 4 bis 48 V angelegt werden.
6. Verwendung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden einen spezifischen Widerstand von weniger als $10^4 \Omega \text{ cm}$ aufweisen.
- 15 7. Verwendung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden in großflächiger Form mit dem Mauerwerk kontaktiert werden, wobei die in Form von Folien oder Bahnen vorliegenden Elektroden zur Erleichterung der Anbringung mit Ausstanzungen versehen werden.
8. Verwendung der Elektroden zur Mauerentsalzung und -trocknung nach den Ansprüchen 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannung von einem Spannungsgeber, der außerhalb der Mauer angeordnet ist, über Leiter mit großem Querschnitt aus dem gleichen Material wie die verwendeten Elektroden an die Elektroden angelegt wird.
- 20 9. Verwendung der Elektroden zur Mauerentsalzung und -trocknung nach den Ansprüchen 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine gepulste Gleichspannung angelegt wird.
10. Verwendung der Elektroden zur Mauerentsalzung und -trocknung nach den Ansprüchen 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden mit einem Putz, der besonders reich an Calciumhydroxid und/oder -carbonat ist, an das zu trocknende bzw. zu entsalzende Mauerwerk angebracht werden.
- 25

Revendications

- 30 1. Electrode stable dans des conditions d'électrolyse, convenant en particulier au séchage de maçonnerie, réalisée à partir de substances conductrices et de matériaux macromoléculaires faisant fonction de liants, caractérisée en ce qu'elle est constituée de:
 - A. un polymère thermoplastique polaire, un polycondensat thermoplastique ou un polyadditif thermoplastique, ou leurs mélanges, qui peuvent être correctement mouillés par le milieu électrolytique et sont stables par rapport au processus électrochimique se produisant sur l'électrode concernée, et
 - 35 B. un mélange d'un rapport en poids de 1:4 à 4:1 composé de:
 - a) noir de fumée conducteur avec une surface supérieure à $600 \text{ m}^2/\text{g}$ et, le cas échéant, de fibres de carbone et
 - b) noir de fumée avec une surface inférieure à $600 \text{ m}^2/\text{g}$ et/ou de graphite et/ou d'oxydes métalliques transitoires et/ou d'un polymère intrinsèquement conducteur.
- 40 2. Electrode conforme à la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle contient, comme composante A, du chlorure de polyvinyle et/ou du polyéthylène chloré.
3. Electrode conforme aux revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que les composants A et B sont présents dans un rapport en poids compris entre 97:3 et 25:75.
- 45 4. Utilisation de l'électrode conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 3, en particulier pour dessaler et sécher la maçonnerie, pour supprimer l'humidité capillaire des tourbes ou des boues, pour protéger contre la corrosion, pour irriguer les sols, dans l'électrosynthèse ou l'électrocatalyse et sous forme de capteurs.
5. Utilisation conforme à la revendication 4 pour dessaler et sécher la maçonnerie, caractérisée en ce qu'une électrode conforme aux revendications 1 à 3 est utilisée comme anode, et en ce que des tensions de 4 à 48 V sont appliquées.
- 50 6. Utilisation conforme à l'une quelconque des revendications 4 ou 5, caractérisée en ce que les électrodes possèdent une résistance spécifique inférieure à $10^4 \Omega \text{ cm}$.
7. Utilisation conforme à l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisée en ce que les électrodes de grande surface sont mises en contact avec la maçonnerie, les électrodes réalisées sous forme de feuilles ou de pistes étant pourvues de découpages matricés pour en faciliter la pose.
- 55 8. Utilisation des électrodes pour dessaler et sécher la maçonnerie conforme à l'une quelconque des revendications 4 à 7, caractérisée en ce que la tension est appliquée aux électrodes par une source de tension, qui est disposée à l'extérieur du mur, par l'intermédiaire de conducteurs de forte section réalisés dans le même matériau que celui des électrodes utilisées.
- 60 9. Utilisation des électrodes pour dessaler et sécher la maçonnerie conforme à l'une quelconque des revendications 4 à 9, caractérisée en ce qu'une tension continue pulsée est appliquée.
10. Utilisation des électrodes pour dessaler et sécher la maçonnerie conforme à l'une quelconque des revendications 4 à 9, caractérisée en ce que les électrodes sont appliquées contre la maçonnerie à sécher ou, respectivement, à dessaler au moyen d'un crépi particulièrement riche en hydroxyde et/ou carbonate de calcium.
- 65

Claims

1. Electrode which is stable under electrolysis conditions and suitable in particular for drying brickwork, based on conductive substances and macromolecular materials as the binder, characterized in that it consists of

A. a thermoplastic polar polymer, a thermoplastic polycondensate or a thermoplastic addition polymer or mixtures of these, which are easily wettable by electrolysis medium and are stable with regard to the electrochemical process proceeding at the respective electrode, and

B. a mixture in a weight ratio of 1:4 to 4:1 of

a) conductive carbon black with a surface of more than 600 m²/g, and optionally carbon fibres, with

b) carbon black with a surface of less than 600 m²/g and/or graphite and/or transition-metal oxides and/or an intrinsically conductive polymer.

2. Electrode according to claim 1, characterized in that it contains polyvinyl chloride and/or chlorinated polyethylene as component A.

3. Electrode according to claim 1 or 2, characterized in that the components A and B are present in a weight ratio between 97:3 and 25:75.

4. Use of the electrode according to claims 1 to 3 in electrolysis processes, in particular for desalting and drying brickwork, for removing capillary moisture from peats or slurries, for protection from corrosion, for soil irrigation, in electrosynthesis or electrocatalysis and as sensors.

5. Use according to claim 4 for desalting and drying brickwork, characterized in that an electrode according to claim 1 to 3 is used as the anode, and that voltages of 4 to 48 V are applied.

6. Use according to claim 4 or 5, characterized in that the electrodes have a specific resistance of less than 10⁴ Ω cm.

7. Use according to one of claims 4 to 6, characterized in that the electrodes are contacted with the brickwork in large-area form, and the electrodes in the form of films or webs are provided with punched-out regions to facilitate application.

8. Use of the electrodes for the desalting and drying of brickwork according to claims 4 to 7, characterized in that the voltage is applied to the electrodes by a voltage source, which is arranged outside the wall, via conductors with a large cross-section and of the same material as the electrodes used.

9. Use of the electrodes for desalting and drying brickwork according to claims 4 to 9, characterized in that a pulsed d.c. voltage is applied.

10. Use of the electrodes for desalting and drying brickwork according to claims 4 to 9, characterized in that the electrodes are applied to the brickwork to be dried or desalted with a plaster which is particularly rich in calcium hydroxide and/or calcium carbonate.



