



**Erfnungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 4327/82

(22) Anmeldungsdatum: 28.11.1980

(24) Patent erteilt: 31.07.1987

(45) Patentschrift veröffentlicht: 31.07.1987

(73) Inhaber:  
Vsesojuzny Elektrotekhnichesky Institut imeni  
V.I. Lenina, Moskau (SU)  
Nauchno-Proizvodstvennoe Obiedinenie  
"Tulachermet", Tula (SU)

(72) Erfinder:  
Belkin, German Sergeevich,  
Zheleznodorozhny/Moskovsk. ob. (SU)  
Voskresensky, Stal Nikolaevich, Moskau (SU)  
Kiselev, Viktor Yakovlevich, Moskau (SU)  
Lukatskaya, Ida Abramovna, Moskau (SU)  
Rodionov, Valery Viktorovich, Tula (SU)  
Skurikhin, Mikhail Nikolaevich, Tula (SU)  
Frolova, Irina Borisovna, Tula (SU)  
Chervonenkis, Rauza Akhmetovna, Moskau (SU)  
Zuev, Vyacheslav Sergeevich, Tula (SU)  
Rabinovich, Efim Mikhailovich, Tula (SU)  
Korneev, Lev Ivanovich, Tula (SU)  
Volkova, Tatyana Petrovna, Tula (SU)  
Goryaev, German Alexeevich, Tula (SU)

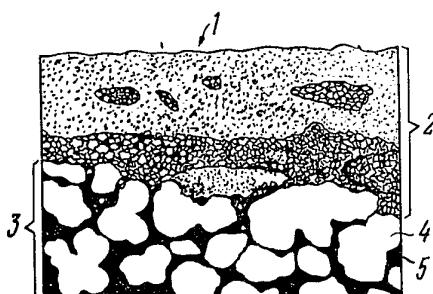
(74) Vertreter:  
E. Blum & Co., Zürich

(86) Internationale Anmeldung: PCT/SU 80/00187  
(Ru)

(87) Internationale Veröffentlichung: WO 82/01960  
(Ru) 10.06.1982

(54) **Verfahren zur Vorbehandlung der Kontakte und Elektroden elektrischer Vakuumgeräte.**

(57) Das Verfahren zur Vorbehandlung der Kontakte und Elektroden elektrischer Vakuumgeräte besteht in der Einwirkung auf die Oberfläche der Kontakte und Elektroden mit einem konzentrierten Wärmestrom von  $10^4$  -  $10^6$  W/cm<sup>2</sup> unter Vakuum oder in Inertgasatmosphäre innerhalb von 21 - 100 ms und in der anschliessenden Abkühlung der Oberfläche der Kontakte und Elektroden bei einer Geschwindigkeit der Temperatursenkung von  $10^4$  -  $10^6$  K/s.



### PATENTANSPRUCH

Verfahren zur Vorbehandlung der Kontakte und der Elektroden elektrischer Vakuumgeräte durch Einwirkung auf die Oberfläche der Kontakte und der Elektroden mit einem Wärmestrom von  $10^4$ – $10^6$  W/cm<sup>2</sup> unter Vakuum oder in Inertgasatmosphäre und anschliessende Abkühlung der Oberfläche der Kontakte und der Elektroden, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche der Kontakte und der Elektroden der Einwirkung des genannten Wärmestromes innerhalb von 21–100 ms unterzogen und mit einer Geschwindigkeit der Temperatursenkung von  $10^4$ – $10^6$  K/s abgekühlt wird.

### Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Hochspannungsschaltapparaturen und betrifft insbesondere Verfahren zur Vorbehandlung der Kontakte und Elektroden elektrischer Vakuumgeräte.

### Stand der Technik

Die elektrischen Vakuumgeräte, zu denen Vakuum-Lichtbogenlöschkammern und Vakumentladern gehören, erfordern für ihren zuverlässigen Betrieb eine spezielle Vorbehandlung von Kontakten und Elektroden. In Abhängigkeit von den anzuwendenden Verfahren zur Vorbehandlung der Kontakte und der Elektroden kann nicht nur die Betriebszuverlässigkeit, sondern auch die elektrische Festigkeit eines elektrischen Vakuumgerätes erhöht werden.

Es sind Verfahren zur Vorbehandlung von Kontakten und Elektroden bekannt, welche darin bestehen, dass die Kontakte und die Elektroden durch die Zündung einer zwischen diesen entstandenen Wechselstromentladung in Inertgas- oder Wasserstoffatmosphäre entgast werden, (SU-Urheberschein Nr. 588 573, Klasse HOIH 33/66, in Informationsblatt «Entdeckungen, Erfindungen, Geschmacksmuster und Warenzeichen», Nr. 2 1978; JP-Anmeldung Nr. 50-39 827, Klasse HOIH 33/66).

Durch eine solche Entgasung werden Oberflächenverunreinigungen und Gasbeimengungen entfernt; dabei bleibt die Struktur des Kontaktes oder der Elektrode unverändert, was für eine Erhöhung der elektrischen Festigkeit und der Betriebszuverlässigkeit eines elektrischen Vakuumgerätes nicht ausreichend ist.

Es sind Verfahren zur Vorbehandlung von Kontakten bekannt, welche darin bestehen, dass die Elektroden einer Wärmebehandlung in einem Elektrofen in Wasserstoffatmosphäre oder unter Vakuum (JP-Anmeldung Nr. 51-3073, Klasse HOIH 33/66) sowie auch einer Einwirkung mit Elektronenstrahlen (JP-Anmeldung Nr. 51-36468, Klasse HOIH 33/66) unterzogen werden.

Durch eine solche Vorbehandlung wird ein Kontakt hergestellt, bei dem der Gehalt an einer leichtschmelzenden Komponente (Kupfer) in der Oberflächenschicht geringer ist, als in allen anderen Abschnitten des Kontaktes. Durch solche Verfahren kann die elektrische Festigkeit eines elektrischen Vakuumgerätes erhöht werden, dabei wird jedoch der Übergangswiderstand der Kontakte um ein mehrfaches vergrössert, was zu einer Einschätzung des Nennstromes einer Vakuum-Lichtbogenlöschkammer führt. Die Durchführung dieser Verfahren ist ausserdem nur bei einem grösseren Siedetemperaturunterschied der Kontaktkomponenten (z.B. im Werkstoff Wolfram-Kupfer) möglich.

Es ist ein Verfahren zur Behandlung von Kontakten bekannt, bei dem zwecks Erhöhung der elektrischen Festigkeit einer Vakuum-Lichtbogenlöschkammer der Lichtbogen initiiert und der Strom beim übersteigen seiner Nenngrösse

abgeschaltet wird. (JP-Anmeldung Nr. 51-8176, Klasse HOIH 33/66.)

Durch die Verwendung des genannten Verfahrens werden nur Oberflächenfehler der Kontakte beseitigt. Das reicht jedoch für die Sicherung einer hohen elektrischen Festigkeit und folglich einer hohen Betriebsspannung eines elektrischen Vakuumgerätes nicht aus.

Es ist ein Verfahren zur Vorbehandlung der Kontakte und der Elektroden elektrischer Vakuumgeräte durch einen Starkstromlichtbogen von einer geringen Dauer bekannt.

(SU-Urheberschein Nr. 756510, Klasse HOIH 33/68 in Informationsblatt «Entdeckungen, Erfindungen, Geschmacksmuster und Warenzeichen» Nr. 30 1980.) Das Verfahren besteht darin, dass zwischen den Elektroden oder den auseinandergesetzten Kontakten eines elektrischen Vakuumgerätes durch einen Impulsstrom von 10–100 kA mit einer Dauer von 0,5–20 ms ein Lichtbogen erregt wird, wobei der Abstand zwischen den Elektroden oder den Kontakten 5 bis 100 mm beträgt. Bei einem solchen Verfahren wird auf die Oberfläche der Kontakte und der Elektroden mit einem konzentrierten Wärmestrom von  $10^4$ – $10^6$  W/cm<sup>2</sup> unter Vakuum oder in einer Inertgasatmosphäre innerhalb von 0,5–20 ms mit anschliessender Abkühlung der Oberfläche der Kontakte und der Elektroden eingewirkt.

Dabei werden die Kontakte und Elektroden durch die Entfernung der chemisorbierten Gase von deren Oberfläche bei einer minimalen Erosion derselben, d.h. ohne Einschmelzen und Änderung der Struktur der Oberflächenschicht der Elektroden und Kontakte entgast. Das genannte Verfahren ist gerade aus diesem Grunde nicht genügend wirksam für die Erhöhung der elektrischen Festigkeit und der Betriebszuverlässigkeit eines elektrischen Vakuumgerätes.

### Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Verfahren zur Vorbehandlung der Kontakte und der Elektroden elektrischer Vakuumgeräte die Bedingungen, unter welchen die Oberfläche der Kontakte und der Elektroden der Einwirkung mit einem Wärmestrom unterzogen und anschliessend abgekühlt wird, derart zu ändern, dass sich dabei auf der Oberfläche der Kontakte und der Elektroden eine Schicht mit einer fein dispersen Struktur vom Typ «Pseudoeutektikum» bildet, was es gestattet, die elektrische Festigkeit und die Betriebszuverlässigkeit der elektrischen Vakuumgeräte zu erhöhen.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass ein Verfahren zur Vorbehandlung der Kontakte und der Elektroden elektrischer Vakuumgeräte vorgeschlagen wird, bei dem auf die Oberfläche der Kontakte und der Elektroden mit einem Wärmestrom von  $10^4$ – $10^6$  W/cm<sup>2</sup> unter Vakuum oder in einer Inertgasatmosphäre eingewirkt und die Oberfläche der Kontakte und der Elektroden anschliessend abgekühlt wird, wobei erfahrungsgemäss mit dem genannten Wärmestrom innerhalb von 21–100 ms eingewirkt wird, und die Abkühlung der Oberfläche der Kontakte und Elektroden bei einer Geschwindigkeit der Temperatursenkung von  $10^4$ – $10^6$  K/s durchgeführt wird.

Durch die Einwirkung auf die Oberfläche des Kontaktes oder der Elektrode mit einem konzentrierten Wärmestrom wird eine Schicht des geschmolzenen Metalls mit einer Stärke von 0,1–3 mm gebildet, die sich während der Abkühlung unter Bildung einer abgeschmolzenen Metallschicht kristallisiert. Die unteren Grenzen der Werte des konzentrierten Wärmestromes und dessen Einwirkzeit entsprechen den Bedingungen, unter welchen die abgeschmolzene Schicht mit einer Stärke von 0,1 mm auf der Oberfläche der Kontakte und der Elektroden gebildet wird. Die oberen Grenzen der Werte des

konzentrierten Wärmestromes und dessen Einwirkzeit entsprechenden Bedingungen, unter welchen eine maximal mögliche Stärke der abgeschmolzenen Schicht, die 3 mm beträgt, gebildet wird. Die Verwendung von grösseren Werten des konzentrierten Wärmestromes und der Einwirkzeit desselben ist unzweckmässig, weil die Energieverluste für die Verdampfung des Werkstoffes des Kontaktes oder der Elektrode unzulässig gross werden. Ausserdem beginnt die sich bildende Schicht des geschmolzenen Metalls mit einer Stärke von über 3 mm über die Grenzen der Kontakte und der Elektroden hinaus intensiv zu spritzen, und es entstehen auf deren Oberfläche grosse Unebenheiten.

Die Geschwindigkeit der Temperatursenkung ist während der Abkühlung der Oberfläche der Kontakte und der Elektroden von der Temperaturführung bei der Erwärmung der genannten Oberfläche abhängig und wird in Grenzen von  $10^4\text{--}10^6\text{ K/s}$  derart vorgegeben, dass die Kristallisationszeit der Schicht des geschmolzenen Metalls weniger als 10 ms beträgt. Bei einer solchen Zeit der Kristallisation bilden sich infolge der Diffusion Einschlüsse mit einer Grösse bis zu  $\sqrt{DT} \approx 3\text{ }\mu\text{m}$  (D-Diffusionskoeffizient, der  $10^{-5}\text{ cm}^2/\text{s}$  beträgt, t-Diffusionszeit), und es entsteht eine fein disperse Struktur vom Typ «Pseudoeutektikum».

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Im folgenden werden die der vorliegenden Beschreibung beigefügten Zeichnungen erläutert. Es zeigen

Fig. 1 die Struktur eines Kontaktes aus dem Werkstoff Chrom-Kupfer (Chrom 64 Gew.%, Kupfer 36 Gew.%), der nach dem erfundungsgemässen Verfahren vorbehandelt worden ist;

Fig. 2 die Struktur eines Kontaktes aus demselben Werkstoff, der nach dem Verfahren gemäss dem SU-Urheberschein Nr. 756510 vorbehandelt worden ist.

Gemäss Fig. 1 ist die Struktur eines Kontaktes 1 durch die Struktur der abgeschmolzenen Oberflächenschicht 2 und die Ausgangsstruktur 3 des Kontaktes 1 vertreten. Die Ausgangsstruktur 3 des Kontaktes 1 besteht aus zwei Phasen, und zwar aus einer auf der Basis von Chrom 4 hergestellten Phase und einer auf der Basis von Kupfer 5 hergestellten Phase.

Die Struktur des in Fig. 1 dargestellten Kontaktes wird nach dem erfundungsgemässen Verfahren hergestellt, bei dem auf die Oberfläche des Kontaktes mit einem konzentrierten Wärmestrom von  $1 \cdot 10^5\text{ W/cm}^2$  innerhalb von 40 ms unter einem Vakuum von  $10^{-3}\text{ Pa}$  unter Bildung einer geschmolzenen Oberflächenschicht eingewirkt, und die geschmolzene Schicht bei einer Geschwindigkeit der Temperatursenkung von  $1 \cdot 10^4\text{ K/s}$  unter Bildung der abgeschmolzenen Oberflächenschicht 2 mit einer gleichmässigen Stärke (die Schichtstärke beträgt 120–130  $\mu\text{m}$ ) anschliessend abgekühl wird. Diese Schicht weist eine fein disperse Struktur auf; sie ist porenfrei, hat eine erhöhte Härte, Festigkeit und einen geringen Gehalt an Gasbeimengungen. Nach der beschriebenen Vorbehandlung des Kontaktes nimmt die elektrische Festigkeit eines elektrischen Vakuumgerätes um das 1,5-fache zu; dadurch wird es möglich, die Abmessungen und die Masse dieses Gerätes zu vermindern und seine Betriebszuverlässigkeit zu erhöhen.

Gemäss Fig. 2 ist die Struktur des Kontaktes 1 durch die Struktur von einzelnen, geringe Abmessungen aufweisenden, abgeschmolzenen Abschnitte 6 der Oberfläche des Kontaktes 1 sowie durch die Ausgangsstruktur 3 des Kontaktes 1 vertreten, die aus den oben erwähnten Phasen 4 und 5 besteht.

Die Struktur des Kontaktes, die in Fig. 2 wiedergegeben ist, wurde nach dem bekannten Verfahren (SU-Urheberschein

Nr. 756510) hergestellt, bei dem die Oberfläche des Kontaktes der Einwirkung mit einem konzentrierten Wärmestrom von  $1 \cdot 10^5\text{ W/cm}^2$  unter einem Vakuum von  $10^{-3}\text{ Pa}$  innerhalb von 10 ms unterzogen (es findet dabei kein Einschmelzen der Kontaktoboberfläche statt) und die Kontaktoboberfläche anschliessend abgekühlt wird. Eine solche Vorbehandlung des Kontaktes gestattet es, die chemosorbierten Gase von der Kontaktoboberfläche zu entfernen, ohne dass sich dabei eine Schicht des geschmolzenen Metalls bildet und die Ausgangsstruktur des Kontaktes wesentlich ändert. Auf der Oberfläche des Kontaktes bilden sich nur einzelne abgeschmolzene Abschnitte 6 von geringen Abmessungen, welche die Härte und die Festigkeit des Kontaktes und folglich auch die elektrische Festigkeit und die Betriebszuverlässigkeit eines elektrischen Vakuumgerätes nicht beeinflussen.

Alle obigen Ausführungen über die Struktur der Kontakte und die in Fig. 1 und Fig. 2 veranschaulichten Strukturen beziehen sich gleichermassen auch auf die Elektroden, deren Struktur ähnlich der Struktur der Kontakte ist.

#### Bester Weg zur Ausführung der Erfindung

Als Quellen für die genannten konzentrierten Wärmeströme können gemäss der vorliegenden Erfindung Anlagen zur Erzeugung eines leistungsstarken Lichtbogens, und zwar Plasmatrone, Laser, Elektronenstrahlranlagen usw. verwendet werden. Eine genügend einfache und wirksame Quelle stellt unter den Bedingungen der Industrieproduktion die Anlage zur Erzeugung eines leistungsstarken Lichtbogens unter Vakuum dar.

Die Abkühlung der Kontakt- und Elektrodenoberfläche wird bei dem erfundungsgemässen Verfahren, wie oben dargelegt, mit einer Geschwindigkeit der Temperatursenkung von  $10^4\text{--}10^6\text{ K/s}$  durchgeführt, wobei die Abkühlung durch die Wärmeleitfähigkeit des Kontakt- und Elektrodenwerkstoffes verwirklicht wird.

Das vorliegende Verfahren gestattet es, die Vorbehandlung der Kontakte und Elektroden vorzunehmen, die in Pulvermetallurgie- und in Giessverfahren hergestellt worden sind.

Zu einem besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung werden folgende konkrete Beispiele ihrer Durchführung angeführt.

#### Beispiel 1

Nach einem Pulvermetallurgie-Verfahren wird ein Chrom-Kupfer-Werkstück (Chrom 64 Gew.%, Kupfer 36 Gew.%) hergestellt, aus welchem Kontakte gedreht werden. Dann wird eine Vakuum-Lichtbogenlöschkammer zusammengebaut. Die Kontakte der Kammer werden mit einem konzentrierten Wärmestrom von  $1 \cdot 10^4\text{ W/cm}^2$  unter einem Vakuum von  $10^{-3}\text{ Pa}$  innerhalb von 40 ms behandelt. Der konzentrierte Wärmestrom der genannten Leistung wird durch die Erregung eines Lichtbogens zwischen den Kontakten mittels eines Stromes von 30 kA, hergestellt. Durch die oben beschriebene Behandlung findet ein Einschmelzen der Oberfläche der Kontakte statt. Dann wird die Oberfläche der Kontakte (der Schicht des geschmolzenen Metalls) bei einer Geschwindigkeit der Temperatursenkung von  $1 \cdot 10^4\text{ K/s}$  unter Bildung einer abgeschmolzenen Oberflächenschicht des Metalls abgekühlt.

Nach der durchgeföhrten Vorbehandlung der Kontakte nach dem oben beschriebenen Verfahren wird die Vakuum-Lichtbogenlöschkammer auf die elektrische Festigkeit geprüft. Die Prüfergebnisse für die Kammer sind in der Tabelle angeführt.

#### Beispiel 2

Nach einem Pulvermetallurgie-Verfahren wird ein

Chrom-Kupfer-Werkstück (Chrom 64 Gew.%, Kupfer 36 Gew.%) hergestellt, aus welchem Kontakte gedreht werden. Dann wird die Oberfläche der Kontakte mit Plasma, das durch eine Grösse des konzentrierten Wärmestromes von  $3,5 \cdot 10^5 \text{ W/cm}^2$  gekennzeichnet ist, in Inertgasatmosphäre (Argon) innerhalb von 27 ms behandelt. Der konzentrierte Wärmestrom der genannten Grösse wird mittels eines Lichtbogenplasmaträns mit einer Leistung von 100 kW hergestellt, wobei der Abstand der Düsenöffnung des Plasmaträns und der Kontaktobерfläche voneinander 60 mm beträgt. Dann wird die Oberfläche der Kontakte bei einer Geschwindigkeit der Temperatursenkung von  $1 \cdot 10^5 \text{ K/s}$  abgekühlt.

Nachdem die Kontakte auf die oben beschriebene Weise vorbehandelt worden sind, wird die Vakuum-Lichtbogenlöschkammer zusammengebaut und auf die elektrische Festigkeit geprüft. Die Prüfungsergebnisse für die Kammer sind in der Tabelle angeführt.

### Beispiel 3

Nach einem Pulvermetallurgie-Verfahren wird auf der Basis von Eisen (Kupfer 26 Gew.%, Antimon 4 Gew.%, Eisen-Rest) ein Werkstück hergestellt, aus welchem Elektroden gedreht werden. Dann wird auf die Elektrodenoberfläche mit einem konzentrierten Wärmestrom von  $1 \cdot 10^6 \text{ W/cm}^2$  in Inertgasatmosphäre (Argon) innerhalb von 21 ms eingewirkt. Dieser konzentrierte Wärmestrom wird durch die Erregung eines Lichtbogens zwischen den Kontakten mittels eines Stromes von 45 kA hergestellt. Dann wird die Abkühlung der Elektrodenoberfläche bei einer Geschwindigkeit der Temperatursenkung von  $5 \cdot 10^5 \text{ K/s}$  durchgeführt.

Nachdem die Elektroden auf die oben beschriebene Weise vorbehandelt worden sind, wird ein Vakuumentlader zusammengebaut und auf die elektrische Festigkeit geprüft. Die Prüfungsergebnisse sind in der Tabelle angeführt.

### Beispiel 4

In einem Giess-Verfahren wird auf der Basis von Chrom und Kupfer (Chrom 50 Gew.%; Kupfer 50 Gew.%) ein Werkstück hergestellt, aus welchem Kontakte gedreht werden. Dann wird auf die Oberfläche der Kontakte mit einem konzentrierten Wärmestrom von  $7 \cdot 10^5 \text{ W/cm}^2$  in Inertgasatmosphäre (Argon) innerhalb von 100 ms eingewirkt. Der konzentrierte Wärmestrom der genannten Leitung wird durch die Erregung eines Lichtbogens zwischen den Kontakten mittels eines Stromes von 48 kA hergestellt. Dann wird die Ober-

fläche der Kontakte bei einer Geschwindigkeit der Temperatursenkung von  $1 \cdot 10^6 \text{ K/s}$  abgekühlt.

Nachdem die Kontakte auf die oben beschriebene Weise vorbehandelt worden sind, wird eine Vakuum-Lichtbogenlöschkammer zusammengebaut und auf die elektrische Festigkeit geprüft. Die Prüfergebnisse sind in der Tabelle angeführt.

Nachstehend werden in der Tabelle die Vergleichsergebnisse der Prüfungen der elektrischen Vakuumgeräte auf die elektrische Festigkeit angeführt, bei denen die Kontakte und die Elektroden gemäss dem vorliegenden Verfahren (Beispiele 1 bis 4) und nach dem bekannten Verfahren (SU-Urheberschein Nr. 756510) vorbehandelt worden sind. Nach dem erwähnten bekannten Verfahren wird auf die Oberfläche der Kontakte oder der Elektroden unter einem Vakuum von  $10^{-3} \text{ Pa}$  innerhalb von 10 ms mit einem konzentrierten Wärmestrom von  $1 \cdot 10^5 \text{ W/cm}^2$  eingewirkt, der durch die Erregung eines Lichtbogens mittels eines Stromes von 15 kA hergestellt wird.

20 Die elektrische Festigkeit wurde durch die Messung der Spannung des ersten Durchschlages bei einem Abstand der Kontakten oder der Elektroden voneinander von 1,5 mm ermittelt.

25

Tabelle

Verfahren zur Vorbehandlung der Kontakte und der Elektroden	Spannung des ersten Durchschlages in kV, effektiv		
	mittlere	maximale	minimale
nach dem bekannten Verfahren	26,2	38	23
nach Beispiel 1	37,6	41	33
nach Beispiel 2	37,5	41,5	33,5
nach Beispiel 3	37,7	41	33
nach Beispiel 4	38	42	34

40 Wie es aus der Tabelle zu ersehen ist, gestattet es das erfundungsgemässen Verfahren im Vergleich zu dem bekannten Verfahren die elektrische Festigkeit eines elektrischen Vakuums um 50% zu erhöhen, und folglich auch die Betriebszuverlässigkeit des genannten Gerätes zu steigern.

45

### Gewerbliche Anwendbarkeit

Die Erfindung kann auf dem Gebiet des Elektrogerätebaues ihre Anwendung finden.

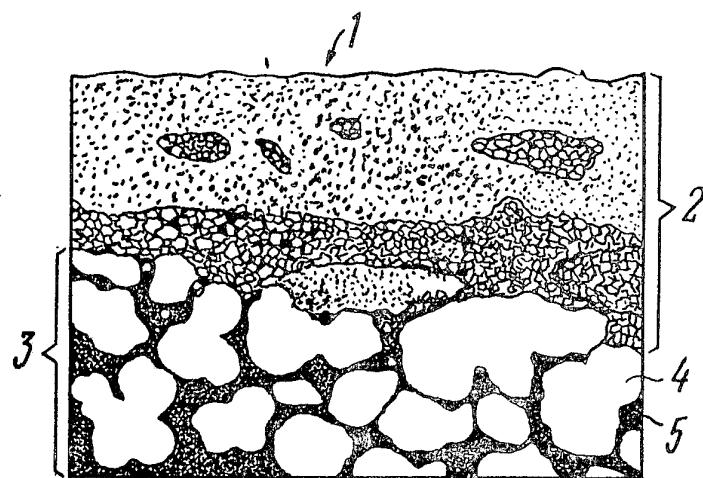


FIG.1

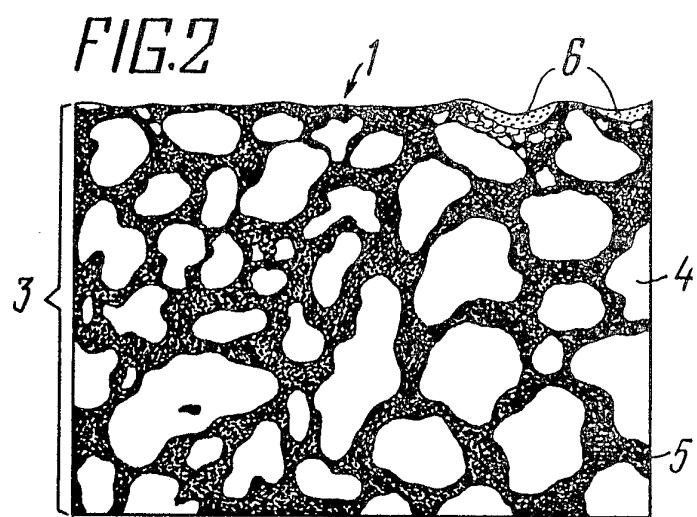


FIG.2