



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤① Int. Cl.<sup>3</sup>: H 01 H

1/02

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



**⑫ PATENTSCHRIFT A5**

⑪

**639 510**

<p>⑳ Gesuchsnummer: 9625/77</p> <p>㉔ Anmeldungsdatum: 05.08.1977</p> <p>㉓ Priorität(en): 13.08.1976 US 714068</p> <p>㉒ Patent erteilt: 15.11.1983</p> <p>㉑ Patentschrift veröffentlicht: 15.11.1983</p>	<p>㉑ Inhaber: Square D Company, Palatine/IL (US)</p> <p>㉒ Erfinder: Frank S. Brugner, jun., Fox Point/WI (US)</p> <p>㉓ Vertreter: Patentanwälte Dr.-Ing. Hans A. Troesch und Dipl.-Ing. Jacques J. Troesch, Zürich</p>
---	--

**⑤④ Pulverförmiges Kontaktmaterial für die Verwendung zur Herstellung elektrischer Kontakte, Verfahren zur Herstellung eines Kontaktes zur Verwendung in elektrischen Schaltern.**

⑤⑦ Es wird die Herstellung eines Kontaktmaterials in Pulverform zur Verwendung in der Herstellung elektrischer Kontakte erläutert, welche durch bekannte metallurgische Verfahren erhalten werden und normalerweise ein Pressen, Sintern und Formen oder Schneiden zu gegebenen Kontaktgrößen und -Formen erlaubt. Das Material, in seinen allgemeinsten Anwendungen der Kontakt, welcher aus diesem Material hergestellt wird, besteht insbesondere aus Silber, mindestens annähernd 15 Gew.-% Kadmiumoxid sowie Lithiumoxid in einer Menge entsprechend mindestens annähernd 0,005 Gew.-% Lithium, was mindestens annähernd 0,04 Molekular-Prozent Lithiumoxid entspricht. Das Lithiumoxid wird beigelegt und als Niederschlag (durch Präzipitation) gleichmässig auf den Oberflächen der Pulverteilchen verteilt.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Pulverförmiges Kontaktmaterial für die Verwendung zur Herstellung elektrischer Kontakte von Leistungsübertragungen, welches Material im wesentlichen aus einem ersten Metall mit relativ hoher elektrischer Leitfähigkeit, einem Oxid eines zweiten Metalls in einer Menge zwischen einem noch wirksamen Minimumswert und einem maximal möglichen, durch die Löslichkeitsgrenze des zweiten Metalls im ersten Metall festgelegten Wert, um dem Material die gewünschten Qualitäten zu geben, und aus einem Oxid mit einer tiefen Elektronen-Austrittsarbeit, in einer Menge von 0,01 bis 0,078 Molekular-Prozent der totalen Kontakt-Materialmenge besteht, und dass das Metalloxid und das Oxid gleichmässig im Kontaktmaterial verteilt sind.

2. Material nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das dritte Material in einer Menge von 0,03 bis 0,05 Molekular-Prozent der totalen Kontakt-Materialmenge beige-setzt ist.

3. Material nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das dritte Material in einer Menge von 0,015 bis 0,078 Molekular-Prozent der totalen Materialmenge zugesetzt ist.

4. Material nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Metall Silber ist.

5. Material nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das dritte Material Lithiumoxid oder Bariumoxid ist.

6. Material nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das dritte Material ein Oxid des Magnesiums, Kalziums, Strontiums, Natriums, Kaliums, Rubidiums, Caesiums oder Franciums ist.

7. Material nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Metall Kadmium ist.

8. Verfahren zur Herstellung eines Materials nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man ein erstes Ausgangsmaterial, das im wesentlichen aus einem ersten Metall mit einer relativ hohen elektrischen Leitfähigkeit in Pulverform mit einer bestimmten maximalen Teilchengrösse auswählt, ein zweites Ausgangsmaterial in Pulverform mit einer vorbestimmten maximalen Teilchengrösse auswählt, dass man dieses zweite Ausgangsmaterial, welches ein zweites Metall aufweist, das unter Umgebungsbedingungen leichter oxidierbar ist als das erste Metall in einer Menge zwischen einem noch wirksamen Minimum und einem Maximum, bestimmt durch die Löslichkeit des zweiten Metalls im ersten Metall, wählt und die beiden Ausgangsmaterialien miteinander zu einer Mischung gleichmässiger Zusammensetzung der beiden Ausgangsmaterialien mischt, und dass man diese Mischung in reduzierender Atmosphäre bei einer Temperatur erhitzt, welche unter der Schmelztemperatur der Legierung des ersten und zweiten Metalls in den vorliegenden Proportionen liegt, um die zwei Metalle in Pulverform zu legieren, dass man die legierte Mischung absiebt, um eine vorbestimmte maximale Teilchengrösse zu erreichen, dass man diese abgesiebte Mischung in einer oxidierenden Atmosphäre bei einer Temperatur unter der Schmelztemperatur der Legierung der zwei Metalle in den vorliegenden Proportionen erhitzt, derart, dass unter den gewählten Bedingungen im wesentlichen das zweite Metall vollständig oxidiert wird und die Mischung in Pulverform erhalten bleibt, und dass man das oxidierte Gemisch aussiebt, um eine vorbestimmte maximale Teilchengrösse zu erhalten, und dass man ein Oxid mit tiefer Elektronen-Austrittsarbeit im wesentlichen gleichmässig während einer bestimmten Zeit zur oxidierten Mischung in einer Menge von 0,01 bis 0,078 Molekular-Prozenten der totalen Menge der drei Ausgangsmaterialien beimischt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass man das dritte Material in der Menge zwischen 0,03 bis 0,05 Molekular-Prozent zusetzt.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,

dass man das dritte Material in einer Menge von 0,015 bis 0,078 Molekular-Prozent zusetzt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Material Kadmium-oxid ist und das Erhitzen in einer reduzierten Atmosphäre erfolgt, um das Kadmiumoxid zu Kadmium zu reduzieren.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Ausgangsmaterial Silberpulver ist.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das dritte Material ein Oxid des Lithiums oder Bariums ist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das dritte Material ein Oxid des Magnesiums, Kalziums, Strontiums, Natriums, Kaliums, Rubidiums, Caesiums oder Franciums ist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Metall derart ausgewählt ist, dass es eine Versprödung ergibt.

20

Die vorliegende Erfindung betrifft ein pulverförmiges Kontaktmaterial für die Verwendung zur Herstellung elektrischer Kontakte von Leistungsübertragungen für mittlere und niedrige Leistung elektrischer Ausrüstungen sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Kontaktes zur Verwendung in elektrischen Schaltern zwecks Übertragung von Leistungsströmen.

Es gehört zum Stande der Technik, elektrische Kontakte aus leitendem Material und Zufügen eines weiteren Materials, welches den Kontakten Versprödungsqualitäten verschafft, herzustellen. Für die meisten Schaltanwendungen bei mittleren und tiefen elektrischen Wechselstromleistungen werden normalerweise Silber/Kadmiumoxid-Mischungen verwendet. Kürzlich sind derartige elektrische Kontakte besonders bezüglich Erosionsgeschwindigkeit durch Zufügen eines dritten Materials mit geringer Elektronen-Austrittsarbeit, wie z.B. Lithium, vorzugsweise in Form von Lithiumoxid, verbessert worden. Tiefe Elektronen-Austrittsarbeit aufweisende Materialien sind z.B. Alkali und alkalische Erden (Alkalimetalle) Gruppen Ia (1A) und IIa (2A) des periodischen Systems der Elemente sowie die meisten ihrer Oxide. Die Oxide werden vorzugsweise einem in Pulverzustand durchgeführten Verfahren durch Fällung oder ähnliche Techniken beigegeben, um eine gleichmässige Verteilung des dritten Materials auf der Oberfläche der Pulverteilchen sicherzustellen.

Gemäss dem Stande der Technik wird im allgemeinen gelehrt, dass das Zufügen des dritten Metalloxyds in bescheidenen, jedoch wirkungsvollsten Gewichts-Prozentmengen beigelegt werden soll, um eine maximale Verbesserung zu erhalten, da die Verbesserungswirkung, welche durch den günstigen Einfluss erwartet wird, eine direkte Abhängigkeit – so erwartet man – von der zugefügten Prozentzahl des Materials aufweist. Es gilt allgemein in Fachkreisen, dass eine Silber/Kadmiumoxid-Mischung in der Zusammensetzung Silber mit 15% Kadmiumoxid, was einer Prozentzahl in der Grösse von ungefähr 1 bis 3 Gew.-% Lithium entspricht, welches der vollständigen Mischung entweder als Lithium oder Lithiumoxid beigelegt wird, bezüglich Erosionsqualitäten maximal gute Resultate ergibt.

Das erfindungsgemäss hergestellte Material weist jedoch wesentlich bessere Erosionseigenschaften auf als das bekannte, welche es dadurch erhält, dass man eine unerwartet geringe Menge des eine niedrige Elektronen-Austrittsarbeit aufweisenden Materials mit zur Erreichung eines Maximums an Vorteilen zusetzt. Es ist anerkannt, dass der maximale Widerstand gegen Erosion dadurch erhalten werden kann,

dass man die Prozentzahl eines, eine niedrige Elektronen-Austrittsarbeit aufweisenden Materials vorsichtig bestimmt, welche wesentlich unter den Werten liegt, welche gemäss dem Stande der Technik zu erwarten gewesen wären.

In diesem Sinne zeichnet sich das erfindungsgemässe Kontaktmaterial durch den Wortlaut des Anspruchs 1 und das Verfahren zu dessen Herstellung durch denjenigen des Anspruchs 8 aus.

Die vorliegende Erfindung wird anschliessend beispielsweise erläutert.

Die beigelegte Zeichnung zeigt eine Kurve mit erosionscharakteristischen Testresultaten in linear-logarithmischen Koordinaten.

Das im Sinne der vorliegenden Erfindung hergestellte Material zur Verwendung in elektrischen Kontakten wird durch ein metallurgisches Standard- oder ein anderes technisches Verfahren hergestellt. Da es bekannt ist, dass Silber ein vorzugsweise verwendetes Metall und Kadmiumoxid ein ebensolcher hochprozentig beigegebener Zusatzstoff ist, weisen die Testmaterialien, 85 Gew.-% Silber und 15 Gew.-% Kadmiumoxid auf. Dieses Material ist zur Herstellung guter Kontakte bekannt. Es wurde mittels eines Pulververfahrens hergestellt. Während jedes Verfahren, welches dieselben Ausgangsmaterialien verwendet, verbesserte Resultate ergibt, ist die Fachwelt der Auffassung, nach einem Pulververfahren hergestelltes Material, bei welchem ein interner Oxidationsprozess angewendet wird, ergebe die grössten Verbesserungen.

Um Kontakte gemäss der vorliegenden Erfindung herzustellen, wird ein Pulver erstellt, das durch Mischen eines ersten und eines zweiten Ausgangsmaterials in gewünschten Proportionen entsteht. Das erste Ausgangsmaterial ist Silberpulver, welches durch Aussieben durch ein 40- $\mu$ -Sieb mit einem mittleren Teilchengrössendurchmesser von ungefähr 20  $\mu$  oder weniger erhalten wird. Das zweite Ausgangsmaterial ist Kadmiumoxidpulver in der Grössenordnung von 0,01 bis 2  $\mu$  Durchmesser. Die beiden Pulver werden trocken in einer Trommel gemischt und das gemischte Pulver durch ein 40- $\mu$ -Sieb gesiebt.

Das gesiebte Pulver wird in einer hochreduzierenden Atmosphäre von Wasserstoff erhitzt, um das Kadmiumoxid in Kadmium zu verwandeln. Dies geschieht durch Erhitzen in einem Ofen bei einer Temperatur zwischen 200 und 700°C, ausgebreitet in einer Schichtdecke von ungefähr 1 cm.

Die Temperatur wird unter der Schmelztemperatur derjenigen Legierung gehalten, welche entsteht, wenn bei entsprechendem Gewichtsverhältnis von Silber und Kadmium die Legierung erschmolzen würde. Das Legieren entsteht, wenn das Kadmium sich in die Silberpartikel hineinlöst oder hineindiffundiert.

Die resultierende Legierung wird mechanisch gebrochen, und durch ein 500- $\mu$ -Sieb gesiebt, um eine Legierung in Pulver- oder Teilchenform zu erhalten. Das ausgesiebte legierte Pulver wird dann in einer Oxidations-Atmosphäre bei einer Temperatur erhitzt, welche tief genug ist, um ein Schmelzen zu verhüten, und hoch genug, um eine durchgehende vollständige Oxidation zu sichern. Das Material wird dann mit einem von 100- bis 500- $\mu$ -Sieb bis zu einem Feinheitsgrad ausgesiebt, welcher erlaubt, in bekannter Weise Kontakte herzustellen.

Ein drittes Ausgangsmaterial, welches allenfalls ein weiteres Zusatzmaterial bildet, insbesondere ein Alkalioxid oder Erdmetalloxid, jedoch vorzugsweise ein Oxid des Lithiums oder Bariums, wird nach dem Sieben und der Oxidationsstufe beigelegt. Das dritte Ausgangsmaterial, welches irgendeine in eine Oxidform reduzierbare Verbindung eines Materials mit tiefer Elektronen-Austrittsarbeit sein kann, wird in einem Lösungsmittel gelöst, das mit der oxidierten Legierung gemischt wird, um einen Brei zu bilden. Die Gewichtsprozent sind so gewählt, dass das gewünschte Endresultat erreicht

wird. Der Brei wird getrocknet, um eine im Innern oxidierte Silber/Kadmiumlegierung in Pulverform mit kleinen Kristallen des Materials mit tiefer Elektronen-Austrittsarbeit, das sich auf der Oberfläche der Pulverteilchen befindet, zu erhalten. Die trockene Pulvermischung wird dann durch das Sieb entsprechender Maschengrösse gesiebt, um grössere zusammenhängende Materialteilchen zu brechen, worauf es durch Erhitzen in seine Oxide zerlegt wird. Das sich daraus ergebende Pulvermaterial stellt dann eine im Innern oxidierte Silber/Kadmiumoxidlegierung mit gleichmässig über deren Oberflächen verteilten oxidierten Teilchen dar. Dieses Material wird wiederum abgesiebt, um die gewünschte Teilchengrösse zur Herstellung von Kontakten zu erhalten.

Die Kontakte werden nach üblichen metallurgischen Verfahren hergestellt. Diese Verfahren umfassen ein Pressen des Materials zu einem Formkörper, das Sintern des Körpers sowie ein Prägen des gesinterten Körpers in die letztlich gewünschte Grösse und Form, welche für die Herstellung der Kontakte benötigt wird.

Es wurden auf diese Weise hergestellte Kontakte bezüglich Erosion, welche sich nach 250000 Schaltungen zeigten, getestet. Die Tests wurden auf einer Nema, Grösse 3, Kontaktvorrichtung mit 300 Schaltungen pro Stunde durchgeführt. Die Bedingungen zum Schliessen des Kontaktes waren 575 Volt Wechselstrom bei 750 Ampères mit Dreiphasen-Wechselstrom, 60 Hertz und eine Belastung mit einem Leistungsfaktor von 0,35. Das Öffnen wurde bei 95 Volt Wechselstrom mit 125 Ampères mit der gleichen Quelle und dem gleichen Leistungsfaktor vorgenommen. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle ersichtlich und in der Zeichnung eingetragen, wobei auf die Ordinate die Molekularprozentanteile von Lithiumoxid oder eines umgerechneten Äquivalentes in der vollständigen Mischung in logarithmischem Massstab aufgetragen sind, während die relative Erosionszahl in linearem Massstab auf der Abszissenachse erscheint.

Mate- rial	Li Gew.-%	Li <sub>2</sub> O Mol.-%	Ia, IIa (1A, 2A) Mol.-%	Relative Erosion
A	0,0003	0,0024	0,0032	1,00
B	0,0025	0,020	0,028	0,61
C	0,0050	0,040	0,041	0,57
D	0,0100	0,078	0,080	0,79
E	0,0500	0,400	0,400	1,14
F	—	0,039*	0,039	0,54

\* BaO

Die Erosionsgeschwindigkeit von Kontakten im wesentlichen ohne Lithiumoxid wurde zwecks Vergleich für den Test A als Punkt A eingetragen. Wie ersichtlich, wurde der Lithium-Gewichts-Prozent-Anteil mit 0,0003 bestimmt, was 0,0024 Molekular-Prozent Lithiumoxid entspricht, welches als Kreis in der Zeichnung eingetragen ist. Zusätzliche Verunreinigungen eines eine geringe Elektronen-Austrittsarbeit aufweisenden Materials erhöhte die totale äquivalente Molekular-Prozent-Menge auf 0,0032, welche an der Stelle «X» eingetragen ist. Die anderen Materialien enthielten Lithiumoxid, wie dies in der Tabelle ersichtlich ist. Sie wurden getestet, um den Verunreinigungsgrad anderer, eine tiefe Elektronen-Austrittsarbeit aufweisender Materialien festzulegen. Die Resultate sind in einem «Kreis» und einem «X», wie dies die Zeichnung zeigt, dargestellt. Der Test F wurde als «Dreieck» im Punkt F eingetragen, bei welchem Test Bariumoxid Verwendung fand.

Zwecks Vergleichen wurde bestimmt, dass die relative Standard-Erosionsrate für ein Material, das in einem Stan-

dardverfahren hergestellt wurde, d.h. in einem andern als einem Pulververfahren, und welches 85 Gew.-% Silber und 15 Gew.-% Kadmiumoxid enthielt, ungefähr 1,2 ist, im Vergleich zur Erosionsrate eines äquivalenten, aus Pulver hergestellten Materials, welche 1,0 ist (Punkt A).

Das Material B enthielt 0,0025 Gew.-% Lithium, was 0,02 Molekular-Prozent Lithiumoxid äquivalent ist, und eine Totalmenge von niedrigem Elektronen-Austrittsarbeit aufweisendem Material von 0,028 Äquivalent-Molekular-Prozenten. Die relative Erosionsrate dieses Materials war 61% derjenigen von Silber/Kadmiumoxidadmaterial A.

Die Materialien C, D und E wurden zugegeben und die dargestellten Resultate erhalten.

Material F enthielt 0,039 Molekular-Prozent Bariumoxid mit einer relativen Erosionsrate von ungefähr 0,54 derjenigen des Materials A.

Die Folge aus diesen Testserien und andern Prüfdaten zeigt, dass, im Gegensatz zu dem, was im Sinne des Standes der Technik zu erwarten gewesen wäre, die Menge Lithiumoxid, welche der Silber/Kadmiumoxidadmischung beigegeben werden sollte, wesentlich geringer ist als 1 bis 3 Gew.-%. Der maximale Vorteil wird dann erhalten, wenn das Molekular-Prozent-Gewicht des beigegebenen Lithiumoxids oder eines andern, eine tiefe Elektronen-Austrittsarbeit aufweisenden Materials in den Grenzen von 0,01 bis 0,1 oder vorzugsweise im Bereich von 0,015 bis 0,08, mit bestem Ergebnis bei ungefähr 0,03 bis 0,05 Molekular-Prozenten liegt.

Es zeigt sich aber, dass einige Verbesserungen resultieren, wenn mit merklichen bzw. messbaren Mengen bis zu einem Maximum von ungefähr 0,2 Molekular-Prozenten, welches ungefähr 0,03 Gew.-% Lithium entspricht, gearbeitet wird.

Die bei Verwendung von Barium erhaltenen Testdaten untermauern die Theorie, dass jedes eine tiefe Elektronen-Austrittsarbeit aufweisende Material sowohl von der Gruppe Ia, welche Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium und Cäsium erfasst, als auf der von Gruppe IIa mit Barium, Beryllium, Magnesium, Calcium, Strontium und Radium dieselben Verbesserungen ergeben würde. Aus Sicherheitsgründen eignen sich Beryllium und Radium für diesen Zweck nicht. Auch bezüglich der Materialien, welche bisher verwendet wurden, weiss man, dass mit irgendeinem leitenden Ausgangsmaterial, wie Silber oder Kupfer, und die Zugabe irgendeines Versprödungsmaterials wie Kadmiumoxid, Zinn- oder Zinkoxid, durch Zugabe von Materialien mit tiefer Elektronen-Austrittsarbeit im wesentlichen bei entsprechenden Anpassungen die gleichen Resultate erhalten würden, welche durch irgendeinen Fachmann dieses Gebietes vorgenommen werden könnten, sofern er von der vorliegenden Erfindung Kenntnis hat.

Die Zugabe des zweiten Versprödungsmetalls zum ersten gutleitenden Metall kann durch Beigabe eines noch wirksamen Minimums bis zu einem Maximalwert, welcher Wert durch die Löslichkeit des zweiten Metalls im ersten Metall bestimmt werden. In diesem Bereich kann dann das zweite Metall innen in irgendeiner Weise oxidiert werden, und ein Oxid eines dritten Materials mit niedriger Elektronen-Austrittsarbeit kann in den Prozentbereichen im Rahmen dieser Erfindung zugefügt werden.

Während die Kontakte auf irgendeine Art hergestellt werden können, zeigt es sich, dass das Pulververfahren die besten Resultate ergab und für die meisten Anwendungen, welche im Rahmen der durchgeführten Test erläutert wurden, vorzuziehen ist, insbesondere bei hochbeanspruchten Einschaltvorgängen und wenig belasteten Abschaltvorgängen. Um Kontaktmaterial auf diese Weise herzustellen, muss das Verfahren mit Mischen eines ersten Metalls und eines zweiten, zum ersten zugefügten Metalles begonnen werden, wobei die beiden Metalle sich legieren. Das zweite Metall wird in einer Menge beigegefügt, welche bis zur Grenze der Löslichkeit dieses zwei-

ten Metalls im ersten Metall geht. Die Materialmischung wird in Pulverform legiert und das Pulver in einer oxidierenden Atmosphäre zu Oxid des zweiten Metalls verarbeitet, derart, dass das zweite Metall im Innern oxidiert. Das dritte Metall oder dessen Oxid wird in irgendeiner der bekannten Arten zugefügt, beispielsweise durch Ausfällung (Prezipitation), so dass es gleichmässig im Pulver verteilt ist.

Insbesondere bei Verwendung von Silber und Kadmiumoxid ist nach bekannter Art ein Anteil Kadmium von ungefähr 13 Gew.-% in der totalen Mischung erwünscht. Es ergibt dies eine Mischung von ungefähr 10 bis 20 Gew.-% Kadmiumoxid mit dem Restprozentanteil Silber, welche beiden eine vorzugsweise Zusammensetzung für eine Beigabe eines dritten Metalloxydes bilden. Es kann für gewisse Anwendungen zweckmässig sein, die Menge von Kadmium zu erhöhen, da Kadmium bei Raumtemperatur theoretisch bis zu 40% in 60% Silber in Lösung gehen kann, welches Verhältnis bis auf 44% Kadmium bei 400°C ansteigt. Mit andern sich eignenden Metallen ist es, um während des typischen Verfahrens eine innere Oxidation des zweiten Metalls zu erhalten, nötig, dass das zweite Metall unter den Verfahrensbedingungen, welche sich ergeben oder gewählt werden, leichter oxidiert als das erste Metall.

Welche Ausgangsmetalle auch immer verwendet werden, das resultierende Material wird dann in gewünschtem Grade verdichtet und gesintert, um die gewollte Struktur zur Herstellung von Kontakten zu erhalten. Das Endkontaktmaterial wird letztlich durch entsprechendes Schneiden oder andere Techniken zu Endkontakten geformt. Der Kontakt kann dann in einer Schaltanlage in einer der bekannten Art verwendet werden.

Um die Wirkung eines Materials mit geringer Elektronen-Austrittsarbeit zu verstehen, erklärt eine Theorie, dass es einer gleichmässigen Verteilung dieses Materials auf dem fertigen elektrischen Kontakt bedarf. Wenn ein Kontakt aus Materialien ähnlicher Elektronen-Austrittsarbeit besteht, ergeben sich beim Öffnen des Kontakts an jenen Punkten, welche am meisten aus den Kontaktflächen vorstehen, Erosionserscheinungen. Wenn der Kontakt arbeitet und eine Endladung eingeleitet wird, werden von diesen vorstehenden Teilen Elektronen ausgesandt und das elektrische Feld in der Umgebung dieser Vorsprünge wird gestört. Es wächst an, was ein bezeichnendes Anwachsen der Elektronenemission zur Folge hat. Dies schafft einen speziellen und wahrscheinlichen Weg für eine Lichtbogenentladung. Jeder Lichtbogen beschädigt und rauht die Kontaktflächen im Bereiche, in dem er auftritt, auf, wobei er in diesem Bereich weit vorstehenden Materialteilchen schafft, was die Wahrscheinlichkeit zur Bildung von Überschlüssen im alten Bereich vergrössert. Dies aber erzeugt aussergewöhnliche Erosion oder aussergewöhnliches Umlagern von Kontaktmaterial in diesen begrenzten Bereichen.

Wenn das eine geringe Elektronen-Austrittsarbeit aufweisende Material gleichmässig auf der Kontaktfläche im Sinne der vorliegenden Erfindung verteilt ist, wird die Erosion erkennbar verringert, offensichtlich wegen der gleichmässigen Verteilung. Eine naheliegende Erklärung ist, dass das gleichmässig verteilte Material geringer Elektronen-Austrittsarbeit eine andere Ausgangslage zur Erzeugung einer Bogenentladung schafft, da dann Elektronen, bedingt durch dieses Material, viel leichter, d.h. bei tieferer elektrischer Feldstärke, emittieren als bei Materialien mit höherer Elektronen-Austrittsarbeit. Die Stellen, an denen sich Material geringer Elektronen-Austrittsarbeit auf dem Kontakt befinden, arbeiten im allgemeinen in gleicher Weise bezüglich Elektronenemission, wie vorstehende Teile bei gewöhnlichen Kontakten. Die am weitesten vorstehenden Teile, welche ein Material mit geringer Elektronen-Austrittsarbeit aufweisen, erzeugen die Elektronenemission, welche die Erzeugung des Bogens einleitet. Die

resultierende Entladung zerstört die ursprüngliche Form dieser Vorsprünge und rauht wegen der reduzierten Stromdichte deren Bereich bei Verkleinerung der Höhe der Vorsprünge auf. Die Entladung verschiebt auch das Material mit der niedrigen Elektronen-Austrittsarbeit auf diesem Bereich. Daher wird die nächste Entladung wahrscheinlich vom höchsten noch vorhandenen Vorsprung von niedriger Elektronen-Austrittsarbeit aufweisendem Material ausgehen. Da aber das Material geringer Elektronen-Austrittsarbeit über den ganzen Kontakt verteilt ist, werden die Kontaktflächen gleichmässig verteilte Erosionserscheinungen aufweisen.

Es sind andere Erklärungen dieses Vorganges, aufgrund dessen der Kontakt das gewünschte Verhalten zeigt, bekannt geworden. Sie scheinen zur Erklärung anderer beobachteter Phänomene beizutragen. Es scheint auch so zu sein, dass mit dem Material tieferer Elektronen-Austrittsarbeit die Stromdichte des Bogens verringert wird, was die Menge zerstörten Materials bei jedem sich bildenden Bogen ebenfalls verkleinert. Da ein Material tiefer Elektronen-Austrittsarbeit hohe Erst-Ionisationspotentiale zu haben scheint, dürfte diese Eigenschaft die festgestellten Verbesserungen erklären helfen.

Eine andere bekannte Verbesserung, welche durch die Erklärung gestützt wird, ist die Wirkung der Oxide von Alkali oder Alkalimetalle (Erdalkalien). Die Oxide weisen im Vergleich zu ihren Metallen zusätzlich zu ihrer tiefen Elektronen-Austrittsarbeit im allgemeinen hohe Erst-Ionisationspotentiale auf. Daher haben die Oxide zusätzlich zur Eigenschaft, leichter gehandhabt und verarbeitet zu werden, und tiefe Elektro-

nen-Austrittsarbeiten aufzuweisen, auch ein höheres Ionisationspotential mit den dadurch bedingten Vorteilen.

Auch können die zwei Phänomene weitere sich ergebende Erosionseigenschaften erklären, die die Oxide bei unterschiedlichen Temperaturen zerfallen, jedoch im allgemeinen im Bereich von Temperaturen, wie sie in Lichtbogen auftreten. Ein solcher Zerfall würde das Ionisationspotential und die Elektronen-Austrittsarbeit des Oxides auf diejenige des Metalles ändern. Dies würde mit unterschiedlichen Kombinationen die sich ändernden Verbesserungen erklären.

Der ganze Vorteil bezüglich Erosionseigenschaften würde also aus einem Vergleich der Elektronenarbeit des Metalls und dessen Oxid des Ionisationspotentials des Metalls und dessen Oxid, aus der Temperatur, bei welcher das Oxid in Metall und Sauerstoff zerfällt, und der Temperatur und der Dauer des entstehenden Lichtbogens bestimmt.

Im Mass, wie derartige Faktoren bestimmt werden können, ist es unter Benützung der vorliegenden Erfindung möglich, für bestimmte Anwendungsgebiete Kontakte zu konstruieren, die zu besten Resultaten führen. Dies lässt darauf schliessen, dass diese Theorien tatsächlich die durch die Verwendung von entsprechend der vorliegenden Erfindung hergestellten Kontakten erhaltenen Verbesserungen erklären können. Das Beweismaterial scheint dieser Auffassung recht zu geben, welche aber noch nicht schlüssig feststeht. Die Verbesserungen im Sinne der vorliegenden Erfindung können daher in Teilen aus Phänomenen stammen, welche nicht bekannt sind oder nicht verstanden werden.

