

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 416 099 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG
veröffentlicht nach Art. 158 Abs. 3
EPÜ

21 Anmeldenummer: 89900683.7

51 Int. Cl.⁵: **C25F 3/00**

22 Anmeldetag: 21.10.88

96 Internationale Anmeldenummer:
PCT/SU88/00201

87 Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 90/04664 (03.05.90 90/10)

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.03.91 Patentblatt 91/11

84 Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI SE

71 Anmelder: **BEORUSSKY POLITEKHNICHESKY**
INSTITUT
Leninsky pr., 65
Minsk, 220027(SU)

72 Erfinder: **STANISHEVSKY, Vladimir**
Kazimirovich
ul. Zakharova, 23-16
Minsk, 220034(SU)
Erfinder: **PARSHUTO, Alexandr Ernstovich**
Leninsky pr., 131-2-9
Minsk, 220114(SU)
Erfinder: **KOSOBUTSKY, Alexandr Antonovich**
ul. Rozy Ljuxemburg, 161-5
Minsk, 220060(SU)
Erfinder: **SEMENENKO, Leonid Mikhailovich**
ul. Pulikhova, 7-2-5

Minsk, 220088(SU)

Erfinder: **TIKHONOVSKY, Vladimir Nikolaevich**
pr. imeni gazety "Pravda", 22-92

Minsk, 220116(SU)

Erfinder: **KHLEBTSEVICH, Vsevolod**
Alexeevich

ul. Ya.Mavra, 44-53

Minsk, 220015(SU)

Erfinder: **VELICHKO, Leonid Stepanovich**
ul. Korolya, 6-31

Minsk, 220050(SU)

Erfinder: **SEMCHENKO, Alexei Andreevich**
Leninsky pr., 42-8

Minsk, 220005(SU)

Erfinder: **SLEPNEV, Grigory Efimovich**
ul. L.Bedy, 5-54

Minsk, 220040(SU)

74 Vertreter: **Nix, Frank Arnold, Dr.**
Kröckelbergstrasse 15
W-6200 Wiesbaden(DE)

EP 0 416 099 A1

54 **VERFAHREN ZUR ELEKTROCHEMISCHEN BEHANDLUNG VON ERZEUGNISSEN AUS LEITFÄHIGEM MATERIAL.**

57 Das Verfahren besteht darin, daß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung positiver Polung von 200 bis 400 V zugeführt und dieses in eine wäßrige Elektrolytlösung mit einer Konzentration von 2 bis 12 Masse% bei einer Temperatur von 40 bis 95 ° C eingetaucht wird.

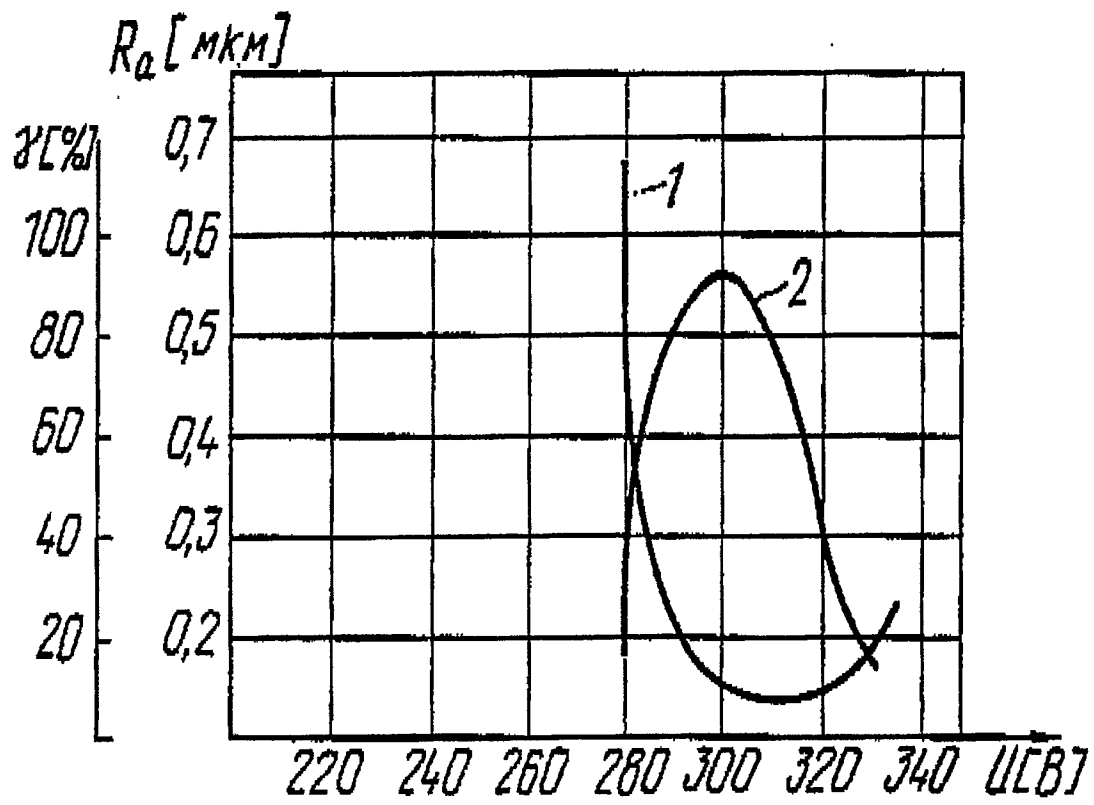


FIG. 2

VERFAHREN ZUR ELEKTROCHEMISCHEN BEARBEITUNG VON WERKSTÜCKEN AUS ELEKTRISCH LEITENDEN WERKSTOFFEN

Gebiet der Technik

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Bearbeitungsverfahren auf dem elektrochemischen und elektrophysikalischen Wege und betrifft insbesondere Verfahren zur elektrochemischen Bearbeitung von Werkstücken aus elektrisch leitenden Werkstoffen.

Zugrundeliegender Stand der Technik

Es ist ein Verfahren zum anodischen Elektropolieren von Werkstücken aus Stahl mit Gleichstrom in einem Chrom-Phosphor-Schwefelsäure-Elektrolyt bekannt (s. A. M. Jampolsky "Ätzung von Metallen", Verlag "Metallurgia" (Moskau), 1980, S. 51/, das durch Eintauchen der Werkstücke in einen Elektrolyt bei einer Spannung von 10 bis 25 V und einer Temperatur von 30 bis 70 °C durchgeführt wird, wobei der Elektrolyt folgender Zusammensetzung in Masse% hat:

Orthophosphorsäure	- 65 bis 85
Chromanhydrid	6 bis 12 und
Schwefelsäure	5 bis 15

Das Elektropolieren wird bei einer Anodenstromdichte von 50 bis 60 A/dm² und einer Haltezeit von 3 bis 15 Minuten durchgeführt.

Es ist auch ein Verfahren zum Elektropolieren von Werkstücken aus Kupfer und dessen Legierungen durch Elektrolyse in einem Elektrolyt auf der Basis einer wäßrigen Phosphorsäurelösung (Lösungsdichte $\rho = 1,60 \text{ g/cm}^3$) (A. M. Jampolsky "Ätzung von Metallen", Verlag Metallurgia /Moskau/, 1980, S. 99) und in einem Elektrolyt, welcher 385 g Kaliumpyrophosphat und 853 g Wasser enthält, bei einer Temperatur von 20 bis 50 °C innerhalb von 1,5 bis 3 Minuten bekannt. (SU, A, 177732).

Es ist ein Verfahren zum Elektropolieren von Werkstücken aus Aluminium und dessen Legierungen in einem Elektrolyt mit einer Schwefelsäurekonzentration von 20 bis 25 Masse % bei einer Temperatur von 18 bis 20 °C und einer Spannung von 6 bis 12 V bekannt (Witt C. "Galvanotechnik", 1981, V 72, H. 10, S. 1073 bis 1075).

Die genannten Verfahren beruhen auf der Verwendung hochkonzentrierter Lösungen von kostspieligen und toxischen Stoffen, zeichnen sich durch ein langwieriges Polieren aus und erfordern für deren Durchführung eine langandauernde Vorbereitung der Werkstückoberfläche für Elektropolieren, die Entetten, Ätzen, Waschen usw. einschließt. Das führt zu einer Senkung der Leistung des Verfahrens und erfordert einen zusätzlichen Energie- und Arbeitsaufwand.

Es ist ein Verfahren zur elektrochemischen Bearbeitung von Werkstücken aus elektrisch leitenden Werkstoffen bekannt, das die Bearbeitung der Werkstücke bei einer Spannung von 220 bis 230 V unter Verwendung einer 20%-igen

Wäßrigen Ammoniumchloridlösung als Elektrolyt bei einer Temperatur von 35 °C umfaßt (V. N. Duradzy "Elektronenstrahlbearbeitung von Werkstoffen", 1978, H. 5, S. 13 bis 17).

Durch dieses Verfahren kann eine Oberflächenrauigkeit von weniger als $R_a = 0,28$ bis $0,32 \text{ } \mu\text{m}$ nicht erreicht und ein Reflexionskoeffizienten von über 30 bis 40 % nicht erzielt werden. Für die Durchführung dieses Verfahrens ist außerdem die Verwendung eines Elektrolytes von einer verhältnismäßig hohen Konzentration (20 %) erforderlich, was zu einer Erhöhung der Ausgaben für die Bearbeitung der Werkstücke führt.

Offenbarung der Erfindung

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur elektrochemischen Bearbeitung von Werkstücken aus elektrisch leitenden Werkstoffen zu entwickeln, bei dem die Wahl der Bearbeitungsbedingungen und der Elektrolytkonzentration es gestattet, bei der Anwendung von schwachen, billigen

und nicht toxischen Elektrolyten die Leistung bei der Bearbeitung zu erhöhen, die Qualität beim Polieren zu verbessern sowie auf Vorbereitungsarbeitsgänge für die Oberfläche der Werkstücke zu verzichten.

Die gestellte Aufgabe wird dadurch gelöst, daß bei einem Verfahren zur elektrochemischen Bearbeitung von Werkstücken aus elektrisch leitenden Werkstoffen, welches darin besteht, daß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung positiver Polung zugeführt und dieses in eine erwärmte wäßrige Elektrolytlösung eingetaucht wird, erfindungsgemäß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 200 bis 400 V zugeführt wird, während die Temperatur der wäßrigen Elektrolytlösung, mit einer Konzentration von 2 bis 12 Masse % 40 bis 95 °C beträgt.

Zur Erhöhung der Polierqualität durch Vergrößerung des Reflexionsvermögens und zur Verminderung der Oberflächenrauigkeit von Werkstücken aus korrosionsbeständigen Chrom-Nickel-Stählen ist es zweckmäßig, daß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 240 bis 320 V zugeführt, und eine wäßrige Ammoniumsulfatlösung mit einer Konzentration von 2 bis 6 Masse% bei einer Temperatur von 40 bis 80 °C als wäßrige Elektrolytlösung verwendet wird. Beim Elektropolieren von zusammengesetzten Werkstücken aus Chrom-Nickel-Stählen ist es zweckmäßig, daß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 330 bis 380 V zugeführt und eine wäßrige Kaliumsulfatlösung mit einer Konzentration von 1 bis 10 Masse% bei einer Temperatur von 70 bis 90 °C als wäßrige Elektrolytlösung verwendet wird.

Zum Entfernen von Emaillacküberzügen von Drähten muß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 200 bis 210 V zugeführt und eine wäßrige Natriumhydroxidlösung mit einer Konzentration von 8 bis 12 Masse% bei einer Temperatur von 40 bis 50 °C als wäßrige Elektrolytlösung verwendet werden.

Beim Polieren von Werkstücken aus Buntmetallen u. z. Kupfer und deren Legierungen ist es wünschenswert, daß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 220 bis 400 V zugeführt und eine wäßrige Lösung von Kaliumaluminiumalaun mit einer Konzentration von 0,5 bis 8 Masse% bei einer Temperatur von 40 bis 90 °C als wäßrige Elektrolytlösung verwendet wird.

Zur Verminderung der Elektrolytkonzentration ist es zweckmäßig, dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 220 bis 400 V zuzuführen und eine wäßrige Lösung von disubstituiertem Ammoniumzitat mit einer Konzentration von 0,5 bis 6 Masse% unter Zusetzen von Natriumkarbonat mit einer Konzentration von 0,5 bis 3 Masse% bei einer Temperatur von 40 bis 90 °C als wäßrige Elektrolytlösung zu verwenden.

Es ist auch zweckmäßig, daß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 220 bis 400 V zugeführt und eine wäßrige Lösung von Natriumsalz der Äthylendiamintetraessigsäure mit einer Konzentration von 0,5 bis 6 Masse% bei einer Temperatur von 40 bis 90 °C als Elektrolytlösung verwendet wird.

Beim Elektropolieren von Werkstücken aus niedriggekohten Stählen ist es zweckmäßig, dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 240 bis 330 V zuzuführen und eine wäßrige Ammoniumchloridlösung mit einer Konzentration von 0,5 bis 3 Masse% bei einer Temperatur von 81 bis 95 °C als wäßrige Elektrolytlösung zu verwenden.

Zur Vergrößerung der Betriebszeit des Elektrolytes ist es notwendig, daß in den Elektrolyt zusätzlich Ammoniumthiozyanat mit einer Konzentration von 0,3 bis 3 Masse% als Zuschlagstoff eingeführt wird.

Zur Vergrößerung des Reflexionsvermögens der bearbeiteten Oberfläche und zur Verminderung der Oberflächenrauigkeit beim Elektropolieren von Werkstücken aus Aluminium ist es notwendig, dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 260 bis 400 V zuzuführen und eine wäßrige Lösung von Eisen(III)-chlorid mit einer Konzentration von 0,5 bis 3 Masse% bei einer Temperatur von 70 bis 90 °C als wäßrige Elektrolytlösung zu verwenden.

Die vorliegende Erfindung gestattet es, das zu patentierende Verfahren zur elektrochemischen Bearbeitung von Werkstücken aus elektrisch leitenden Werkstoffen zum Polieren und zur Reinigung der Werkstücke aus nichtrostenden, Werkzeug-, niedriggekohten Stählen, Kupfer und dessen Legierungen, aus Aluminium und anderen Werkstoffen zu verwenden, die Reinigung und das Polieren in einem Prozeß zu vereinigen, eine Krafteinwirkung auf das zu bearbeitende Werkstück völlig auszuschließen; es gewährleistet außerdem die Mechanisierung und Automatisierung des Bearbeitungsprozesses unter beliebigen Produktionsbedingungen und die ökologische Sauberkeit, die auf die Unschädlichkeit und eine niedrige Toxizität der einzusetzenden Elektrolyte zurückzuführen ist. Bei der Bearbeitung von Werkstücken werden eine hohe Oberflächengüte und einen hohen Oberflächenglanz, Entgraten, eine qualitätsgerechte Vorbereitung der Oberfläche für das Auftragen verschiedenartiger Überzüge, Entfernen von praktisch allen Arten der Verunreinigungen, u. z. Konservierungsfett, Rost, Sinter, Lack- und Farbüberzüge gewährleistet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Nachstehend wird die vorliegende Erfindung anhand konkreter Durchführungsbeispiele und der beige-
fügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 - ein Diagramm für die Abhängigkeit der dem zu bearbeitenden Werkstück zugeführten
Spannungsgröße und der Temperatur der wäßrigen Elektrolytlösung bei deren unterschiedlichen Konzentra-
tion voneinander gemäß der Erfindung;

Fig. 2 - Schaubilder der Abhängigkeit der Rauhigkeit und des Reflexionsvermögens der Werkstückober-
fläche nach der Bearbeitung und der dem zu bearbeitenden Werkstück zugeführten Spannung voneinander,
gemäß der Erfindung.

Beste Durchführungsvarianten der Erfindung

Das vorliegende Verfahren zur elektrochemischen Bearbeitung von Werkstücken aus elektrisch leiten-
den Werkstoffen besteht darin, daß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung positiver Polung von
200 bis 400 V zugeführt und diese in eine wäßrige Elektrolytlösung mit einer Konzentration von 2 bis 12
Masse% bei einer Temperatur von 40 bis 95 °C eingetaucht wird.

Eine solche elektrochemische Bearbeitung von Werkstücken aus elektrisch leitenden Werkstoffen
zeichnet sich dadurch aus, daß an der Oberfläche des zu bearbeitenden Werkstückes eine stabile Dampf-
Gas-Hülle gebildet wird, welche die Werkstückoberfläche vom Elektrolyt trennt und den Verlauf von
intensiven chemischen und elektrochemischen Reaktionen zwischen dem Werkstoff des als Anode dienen-
den Werkstückes und den Elektrolytdämpfen fördert. Das führt zu einer anodischen Oxydation der
Metalloberfläche des Werkstückes bei gleichzeitiger chemischer Atzung des sich bildenden Oxides. Bei
einer Gleichheit der Oxydations- und Atzungsgeschwindigkeiten entsteht ein Poliereffekt, der in einer
Erhöhung des Reflexionsvermögens und in einer Verminderung der Rauhigkeit der bearbeiteten Oberfläche
besteht. Das maximale Reflexionsvermögen wird bei der geringsten Oxidschicht erzielt, die für die
Beseitigung der ätzenden Wirkung der Elektrolytdämpfe ausreicht.

Dabei findet die Ätzung vor allem auf den Mikrounebenheiten statt, wo sich eine dünnere Oxidschicht
bildet. Infolge einer erhöhten Stärke des elektrischen Feldes im Zwischenraum Werkstück-Dampf-Gas-Hülle
- Elektrolyt findet gerade an den Oberflächenreliefkämmen eine Abrundung der Spitzen derselben statt, die
zu einer Verminderung der Oberflächenrauheit des zu bearbeitenden Werkstückes führt.

Somit sind das Reflexionsvermögen und die Rauhigkeit der bearbeiteten Oberfläche von der Größe der
angelegten Spannung, der Konzentration und der chemischen Zusammensetzung des einzusetzenden
Elektrolytes abhängig.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand konkreter Durchführungsbeispiele näher erläutert.

Beispiel 1

Es wurden flache Werkstücke mit Maßen von 20x30x2 mm bearbeitet, die aus korrosionsbeständigem
Stahl, enthaltend 0,1 % C, 18 % Cr, 10 % Ni, 1 % Ti, Rest - Fe, hergestellt worden waren. Die Dauer der
Bearbeitung der Werkstückmuster betrug 2 Minuten. Die Ursprungsoberfläche hatte eine Rauheit von R_a
= 0,65 bis 0,68 μm und ein Reflexionsvermögen von 35 bis 38 % (bezogen auf den Silberspiegel).

Die Bearbeitungsbedingungen für die Werkstückmuster wurden in folgenden Bereichen gewählt: Be-
triebsspannung 240 bis 320 V, Elektrolyttemperatur - 40 bis 80 °C, Elektrolytzusammensetzung - 2 bis
6%ige wäßrige Ammoniumsulfatlösung. Die oberen Betriebsgrenzwerte wurden ausgehend von folgenden
Erwägungen gewählt.

Die Verwendung der Ammoniumsulfatlösungen von einer höheren Konzentration führt zu einer bedeu-
tenden Verminderung der Bearbeitungsgüte. Der Grenzwert der Konzentration der Lösung, bei der ein
Poliereffekt noch zu verzeichnen ist, beträgt 6 bis 7%. Bei einer höheren Konzentration beginnt die Ätzung
von Metall zu dominieren, die zum Verschwinden des Glanzes führt. Eine Erwärmung des Elektrolytes mit
einer Konzentration von 2 bis 6 % Ammoniumsulfat auf eine Temperatur von über 80 bis 85 °C führt
ebenfalls zur Verminderung der Bearbeitungsgüte infolge der Bildung von punktförmigen Vertiefungen, die
durch eine erhöhte chemische Aktivität des Elektrolytes bei diesen Temperaturen hervorgerufen wird. Die
Verwendung einer Spannung von über 320 bis 330 V führt zur Erhöhung der Rauheit der bearbeiteten
Oberfläche infolge der Bildungen von Mikroaushöhlungen, die durch einen elektrischen Durchschlag des
Zwischenraumes Werkstück-Elektrode-Elektrolyt entstehen. Eine Erhöhung der Spannung führt außerdem
zur Vergrößerung der Aufnahmeleistung. Somit ist der Polierprozeß durch obere Grenzwerte der Bearbei-
tungsbedingungen, u. z. Spannung von 320 V Elektrolyttemperatur von 80 °C, Elektrolytkonzentration von

6%, begrenzt.

Die Wahl der unteren Grenzwerte der Bearbeitungsbedingungen wurde mit Rücksicht auf ein experimentell gewonnenes gemittelttes Diagramm für die Anhängigkeit der Größe U (Fig. 1) der Spannung und der Temperatur t des Elektrolytes voneinander bei verschiedenen Konzentrationen C des Elektrolytes vorgenommen. Dem Bestehen einer stabilen Dampf-Gas-Hülle und folglich einem normalen Verlauf des Prozesses entsprechen auf diesem Diagramm Bereiche, die rechts und oberhalb der Konzentrationslinie für das Elektrolyt liegen. Bei der Wahl eines unterhalb und links von der Kurve liegenden Arbeitspunktes, der der Konzentration C entspricht, sind ein Abreißen der Hülle und ein Übergang zum Schaltzustand der elektrolytischen Bearbeitung zu verzeichnen. Dabei tritt der Elektrolyt periodisch mit der Werkstückoberfläche in Berührung. An den Konstaktstellen findet eine übliche elektrochemische Auflösung des Metalls statt, die zu einer starken Verminderung des Reflexionsvermögens und zu einer Vergrößerung der Rauigkeit der Oberfläche führt. Da die Größe des Strombedarfes dabei die Größe des Strombedarfes bei einem stabilen Prozeß bedeutend überschreitet, werden dadurch eine starke Vergrößerung der Aufnahmeleistung und eine Senkung der Wirtschaftlichkeit der Bearbeitung hervorgerufen. Deshalb ist ein Schaltzustand beim Polieren äußerst unerwünscht. Mit Rücksicht auf die früher angegebenen oberen Grenzwerte der Bearbeitungsbedingungen beim Polieren nimmt der Arbeitsbereich auf dem Diagramm eine Zone ein, die durch die Linien AB für Spannung U , BD - für Temperatur t des Elektrolytes, DA - für Konzentration C des Elektrolytes begrenzt ist. Aus dem Diagramm ist zu ersehen, daß eine Senkung der Konzentration C des Elektrolytes zur Vergrößerung der Minimalwerte der Spannung U und der Temperatur t des Elektrolytes führt, bei welchen ein stabiler Betriebszustand möglich ist. Bei einer Konzentration C des Elektrolytes von 2 % liegen die Temperatur t und die Spannung U an den Grenzwerten nahe, was die Verwendung von niedrigen Konzentration C des Elektrolytes unzweckmäßig macht.

In der Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Bearbeitung von Werkstücken nach dem erfindungsgemäßen Verfahren angeführt. Die Schaubilder der Abhängigkeit der Rauigkeit und des Reflexionsvermögens γ von der angelegten Spannung sind in Fig. 2 wiedergegeben, wo die Kurve 1 die Änderung der Rauigkeit R_a , die Kurve 2 - die Änderung des Reflexionsvermögens γ bei der Bearbeitung der Werkstücke nach dem erfindungsgemäßen Verfahren darstellen. Wie es sich aus den Schaubildern ergibt, wird nach dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Extremum in einem Bereich der Spannungswerte von 300 bis 320 V erzielt. Dabei beträgt die Rauigkeitszahl R_a 0,16 bis 0,12 μm (Kurve 1). Ein ähnliches Bild gewinnt man auch bei der Betrachtung des zweiten wichtigsten Kennwertes, das Reflexionsvermögens γ , das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren 93 bis 95 % betragen kann, was von dem Verlauf der Kurve 2 nachgewiesen wird.

Tabelle 1

Bearbeitungsbedingungen und Ergebnisse der Bearbeitung
 von Werkstücken aus Stahl, der 0,1% C, 0,18 % Cr, 9 % Ni,
 1 % Ti, Rest - Fe enthält.

Konzentration C des Elektrolytes, %

	1			2			4				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
U	340	330	320	330	320	310	330	310	300	290	270
P/V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
t	80	85	90	75	80	85	60	65	70	80	85
$\rho C / i$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A/cm^2	0,22	0,20	0,18	0,25	0,22	0,21	0,27	0,24	0,22	0,21	0,20
$R_a / \mu m$	0,52	1,06	1,46	0,22	0,34	0,42	0,18	0,14	0,10	0,24	0,86
$\gamma / \%$	35	34	33	44	42	39	53	65	92	47	41

U - Spannung, die dem zu bearbeitenden Werkstück zugeführt
 wird

t - Elektrolyttemperatur

i - Stromdichte

R_a - Rauigkeit der bearbeiteten Oberfläche

γ - Reflexionsvermögen der bearbeiteten Oberfläche

Fortsetzung der Tabelle 1

5

10	6				7			
	12	13	14	15	16	17	18	19
	330	310	290	250	230	330	270	220

15	40	50	65	75	85	45	60	80

20	0,28	0,24	0,22	0,20	0,18	0,30	0,27	0,21

25	0,22	0,18	0,12	0,08	0,36	0,18	0,20	0,23

30	45	65	77	95	56	37	39	36

35 Beispiel 2

Es wurden zusammengesetzte Metallerzeugnisse, und zwar Werkstücke für die Herstellung von Zahnprothesen bearbeitet, die aus korrosionsbeständigen Stählen gefertigt worden waren. Dabei waren die gepreßten Protheseteile aus Stahl, der 0,12% C, 0,18% Cr, 9% Ni, < 1 %Ti., Rest - Fe enthält, und der Zwischenenteil - aus Gußstahl, der 0,2 % C, 18% Cr, 9 % Ni, 2% Si, Rest - Fe enthält, gefertigt worden.

Die ursprüngliche Oberfläche der Werkstückmuster hatte eine Rauigkeit von $R_a = 0,7$ bis $0,73 \mu m$ und ein Reflexionsvermögen von $\gamma = 36$ bis 38% , (bezogen auf den Silberspiegel). Die Bearbeitungsdauer betrug 2 Minuten. Die Bearbeitungsbedingungen für die zusammengesetzten Metallerzeugnisse wurden in folgenden Bereichen gewählt: die dem zu bearbeitenden Werkstück zugeführte Spannung - 330 bis 380 V, Elektrolyttemperatur - 70 bis $90^\circ C$; als Elektrolyt wurde eine 1 bis 10%-ige Kaliumsulfatlösung verwendet.

Die bekannte Technologie beim Polieren von zusammengesetzten Werkstücken sieht eine mechanische oder elektrolytische Bearbeitung mit verschiedenen Betriebszuständen für die Spannung, die Temperatur und die Zusammensetzung des Elektrolytes in Abhängigkeit von den Stahlsorten vor, die im Aufbau des Werkstückes verwendet werden. Die erfindungsgemäße Technologie gestattet es, die Bearbeitung eines zusammengesetzten (bimetallischen) Werkstückes unter einheitlichen technologischen Bedingungen durchzuführen, die das Reflexionsvermögen erhöhen.

Die Verwendung einer wäßrigen Kaliumsulfatlösung als Elektrolyt gestattet es, einen Poliereffekt bei der Bearbeitung von Werkstücken aus Chrom-Nickel-Silizium-Stahl zu erzielen. Die Wahl der Betriebsspannung, die in einem Bereich von 330 bis 380 V liegt, ist darauf zurückzuführen, daß bei einer Reduzierung der Spannung auf 300 bis 315 V die Stabilität der Dampf-Gas-Hülle vermindert wird, ein Abreißen der Hülle zu verzeichnen ist, der Prozeß in einen Schaltzustand übergeht, der von heftigen Stromstärkesprüngen begleitet wird. Dabei tritt eine Verschlechterung der Bearbeitungsgüte ein und steigt die Aufnahmeleistung bedeutend an. Eine Erhöhung der Spannung auf 385 bis 400 V führt zu einer Beeinträchtigung des

Reflexionsvermögens γ und der Rauigkeit R_a , weil an der Metalloberfläche Spuren des elektrischen Durchschlages des Zwischenraumes Werkstück-Elektrode-Elektrolyt entstehen.

Die Senkung der Elektrolytkonzentration auf einen Wert von unter 1% führt zu einer Verminderung der Bearbeitungsleistung, so daß es notwendig wird, infolge einer Verminderung der elektrischen Leitfähigkeit der Lösung eine höhere Spannung anzulegen. Bei einer Erhöhung der Elektrolytkonzentration auf einen Wert von über 1% dominiert die Ätzung von Metall, was zu einer starken Beeinträchtigung des Reflexionsvermögens führt.

Der Temperaturbereich, in dem das vorliegende Bearbeitungsverfahren mit optimalen Parametern durchgeführt wird, beträgt 70 bis 90 °C. Bei einer Temperatur von unter 70 °C vermindert sich die Stabilität der Dampf-Gas-Hülle, der Prozeß verläuft mit bedeutenden Strom- und Spannungsschwankungen; bei einer Temperatur von über 90 °C verschlechtert sich die Bearbeitungsgüte infolge der Erhöhung der chemischen Aktivität des Elektrolytes und der Störung des Wärmegleichgewichtes des Systems Werkstückmuster-Dampf-Gas-Hülle-Elektrolyt.

Die Ergebnisse der Bearbeitung sind in der Tabelle 2 zusammengefaßt. Wie es sich aus den Angaben der Tabelle 2 ergibt, gestattet das erfindungsgemäße Bearbeitungsverfahren es einen minimalen Wert der Oberflächenrauigkeit der Werkstückteile, die aus beiden Stahlsorten gefertigt sind, zu erzielen, der in einem Bereich von $R_a = 0,08$ bis $0,09 \mu\text{m}$ liegt, wobei das Reflexionsvermögen γ 93 bis 95% beträgt.

20

25

30

35

40

45

50

55

Tabelle 2

Bearbeitungsbedingungen und Ergebnisse der Bearbeitung
 von Zahnprothesen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren

Konzentration	0,8				1			
	1	2	3	4	5	6	7	8
/Masse%/								
Spannung,								
U/V/	390	360	330	310	390	360	330	310
Reflexionsvermögen,								
γ /%/	35	36	35,5	36	36	36	36	36
Rauhigkeit,								
$R_a/\mu\text{m}$	0,21	0,22	0,30	0,33	0,18	0,16	0,24	0,27
Reflexionsvermögen,								
γ /%/	35	36	35	35	36	36	36	36
Rauhigkeit,								
$R_a/\mu\text{m}$	0,23	0,25	0,34	0,35	0,19	0,17	0,25	0,29

Fortsetzung der Tabelle 2

	3				5			
5	9	10	11	12	13	14	15	16
10	390	360	330	310	390	360	330	310
15	54	69	63	49	65	91	81	69
20	0,15	0,11	0,15	0,17	0,13	0,09	0,08	0,1
25								
30	53	67	61	49	67	93	79	67
35	0,15	0,12	0,17	0,16	0,14	0,10	0,09	0,1
40								
45								
50								
55								

Fortsetzung der Tabelle 2

5	Konzen-	7				10			
	tration								
	/Masse%/	17	18	19	20	21	22	23	24
10	Spannung								
	U/V/	390	360	330	310	390	360	330	310
	Refle-								
15	xions-								
	vermö-								
	gen,								
20	γ /%/	57	79	85	61	36	39	41	36
	Rauhig-								
	keit,								
25	R_a /μm/	0,13	0,10	0,10	0,12	0,28	0,26	0,22	0,23
	Refle-								
30	xions-								
	vermö-								
	gen,								
35	γ /%/	61	79	75	63	36	39	43	36
	Rauhig-								
	keit,								
40	R_a /μm/	0,14	0,11	0,10	0,13	0,27	0,26	0,21	0,23
45									
50									
55									

Fortsetzung der Tabelle 2

	11			
5				
	25	26	27	28
10	390	360	330	310
15				
	35	36	35	35
20				
	0,47	0,45	0,41	0,43
25				
30				
	35	36	35	36
35				
	0,46	0,44	0,39	0,40

40 Beispiel 3

Es wurden Wicklungsdrähte aus Kupfer mit einem Durchmesser von $\varnothing = 0,4 \mu\text{m}$ und $= 1,0 \mu\text{m}$ bearbeitet, die mit Polyester- und Polyvinylazetatemaillack isoliert worden waren. Die Bearbeitung wurde zum Entfernen von Isolationslack und zur Reinigung der Drahtoberfläche durchgeführt. Die Bearbeitung wurde in folgenden Bereichen der Betriebsbedingungen vorgenommen: Betriebsspannung - 220 bis 210 V, Elektrolyttemperatur - 40 bis 50 °C, Elektrolyt - eine 8 bis 12%-ige wäßrige Natriumhydroxidlösung.

Die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens beruht auf der Verwendung eines elektrohydrodynamischen Betriebszustandes der elektrolytischen Bearbeitung.

Der vorliegende Betriebszustand zeichnet sich dadurch aus, daß keine Erwärmung des Werkstückes stattfindet, die das Löten des Kupferdrahtes erschwerte und die Durchführung von zusätzlichen Arbeitsgängen zum Entfernen des Oxids erforderte, das von einer stabilen Dampf-Gas-Hülle umgeben war. Infolge einer hohen Stärke des elektrischen Feldes und einer hohen Temperatur weist die Hülle ein chemisch aktives Medium auf, das sich mit der Oberfläche des zu bearbeitenden Werkstückes umsetzt. Eine gemeinsame Einwirkung des chemisch aktiven Mediums der Dampf-Gas-Hülle und der hohen Temperatur, die an den elektrisch durchgeschlagenen Stellen der Hülle ansteigt, führt zu einem Abbrand der Lackisolation unter gleichzeitiger Reinigung der Oberfläche von den Resten des Überzuges.

Das Verfahren wird wie folgt durchgeführt.

Der mit einem Emaillackisolation überzogene Draht wird in eine Lösung auf einer Tiefe eingetaucht, die der Länge des zu reinigenden Drahtes gleich ist. Dem nicht eingetauchten Drahtteil wird eine positive Spannung von 200 bis 210 V zugeführt. Dabei bildet sich an der unteren Stirn des eingetauchten Drahtteils, der nach dem Abschneiden abisoliert ist, eine Dampf-Gas-Hülle. Infolge einer hohen Temperatur, die in den die Hülle durchdringenden Durchschlagkanälen entsteht, findet ein Abbrennen der Isolation an der Drahtoberfläche statt. Da das Teil der Oberfläche, an dem die Isolation verkohlt ist, elektrisch leitend wird, bildet sich eine Hülle auch an diesem Oberflächenteil. Dabei werden die Reste der abgebrannten Isolation entfernt und die Drahtoberfläche gereinigt, so daß sie praktisch rein wird. Eine besonders aktive Zerstörung des Emaillacküberzuges findet an der Grenze zwischen dem bereits gereinigten Drahtteil und dem mit der Isolation überzogenen Drahtteil statt. Diese Zone eines aktiven Entfernens des Überzuges pflanzt sich von unten nach oben bis zum Spiegel der Lösung fort.

Die Wahl der Betriebsspannung, die in einem Bereich von 200 bis 210 V liegt, ist darauf zurückzuführen, daß bei einer Reduzierung der Spannung auf 188 bis 195 V die Stabilität der Dampf-Gas-Hülle vermindert wird. Das führt zur einer Instabilität des Betriebszustandes und zu einer starken Senkung der Reinigungsleistung. Eine Erhöhung der Spannung auf 220 bis 230 V und mehr vergrößert die Dicke der Dampf-Gas-Hülle und vermindert die Leistung infolge einer Verminderung des durch die Dampf-Gas-Hülle durchschlagenden Impulsstromes.

Die Verwendung einer wäßrigen Lösung NaOH als eine chemisch aktive Lösung ist darauf zurückzuführen, daß diese Lösung eine gute elektrische Leitfähigkeit aufweist, wobei keine Erwärmung der Drahtanode bei einer Spannung von 200 bis 210 V eintritt; sie hat weiter eine hohe chemische Aktivität gegenüber den Resten des Überzuges sowie einen basischen Charakter, der die Korrosion des Drahtes nach der Reinigung beseitigt. Eine Reduzierung der Konzentration der Lösung auf einen Wert von unter 8% führt zu einer Verminderung der Reinigungsleistung infolge einer geringen chemischen Aktivität der Lösung. Eine Erhöhung der Konzentration auf einen Wert von über 12% ruft eine Vergrößerung des Verbrauches hervor und führt zu einem starken Verspritzen der Lösung im Verlaufe des Prozesses, wobei die Arbeitsbedingungen verschlechtert werden und die Reinigungsgeschwindigkeit nicht höher wird. Die Verwendung eines Temperaturbereiches von 40 bis 50 °C ist dadurch bedingt, daß eine Senkung der Temperatur der Lösung auf einen Wert von unter 40 °C ein Abreißen der Dampf-Gas-Hülle sowie einen Übergang zum Schaltzustand hervorruft, während eine Erhöhung der Temperatur bis auf einen Wert von über 50 °C zu einer Vergrößerung der Dicke der Dampf-Gas-Hülle und folglich zu einer Verminderung der Reinigungsleistung führt.

Die minimale Reinigungsdauer bei der Reinigung der oben erwähnten Drähte nach dem erfindungsgemäßen Verfahren betrug: bei einem Drahtdurchmesser von 0,4 µm - 8 s, einem Drahtdurchmesser von 1,0 µm - 28 s, einem Drahtdurchmesser von 0,4 µm - 16 s, einem Drahtdurchmesser von 1,0 µm - 36 s.

Somit gestattet das erfindungsgemäße Verfahren es, beim Entfernen einer Emaillackisolation von den Wicklungsdrähten aus Kupfer die Bearbeitungsleistung um 2 bis 4-faches zu erhöhen, die Handarbeit auszuschließen, die Verwendung von teuren und toxischen chemischen Reagenzien zu vermeiden, die Arbeitsbedingungen zu verbessern.

Beispiel 4

Es wurden flache Platten mit Maßen von 20x30x1 mm, welche aus einer Legierung hergestellt worden waren, enthaltend 62% Kupfer und 38% Zink, sowie Kupferplatten bearbeitet. Die Bearbeitungsdauer betrug 60 s. Die ursprüngliche Oberfläche hatte eine Rauigkeit von $R_a = 0,55$ bis $0,6$ µm. Das Reflexionsvermögen γ relativ zu dem Silberspiegel betrug 32 bis 35%. Die Bearbeitungsbedingungen wurden in folgenden Bereichen gewählt; Betriebsspannung - 220 bis 400 V, Elektrolyttemperatur - 40 bis 90 °C, der Elektrolyt hatte folgende Zusammensetzung: 0,5 bis 8 Masse% Kaliumaluminiumalaun /oder 0,5 bis 6 Masse% disubstituiertes Ammoniumzitatrat = 0,5 bis 3 % Na_2CO_3 oder 0,5 bis 6 Masse% Natriumsalz der Äthylendi-amintetraessigsäure.

Die Wahl des unteren Grenzwertes der Spannung ist dadurch bedingt, daß bei Spannungen von unter 220 V ein Abreißen der das Werkstückmuster umgebenden Dampf-Gas-Hülle stattfindet, die eine unabdingbare Voraussetzung für den Ablauf des Polierens im elektrodynamischen Betriebszustand bildet. Dabei wird der Bearbeitungsprozeß von einer bedeutenden Vergrößerung des Strombedarfes und einer Verschlechterung des Poliereffektes begleitet, wobei eine Einstellung des Bearbeitungsprozesses unter Bildung von dünnen dunkelfarbigem Schichten (Filmen) an der Oberfläche des Werkstückmusters eintreten kann. Eine Erhöhung der Spannung auf einen Wert von über 400 V führt zu einer Beeinträchtigung des Glanzes infolge Entstehung von Spuren eines elektrischen Durchschlages im Zwischenraum Werkstückmuster-Elektrolyt an der Metalloberfläche.

Eine Senkung der Konzentration der genannten Lösungen auf einen Wert von unter 0,5 % ermöglicht es nicht, in dem gesamten Bereich der Spannungen (220 bis 400 V) einen stabilen elektrodynamischen Prozeß herbeiführen, was zu einer Verminderung der Bearbeitungsleistung führt. Eine Erhöhung der Konzentration der Elektrolyte auf einen Wert, der die oben erwähnten oberen Grenzwerte übersteigt, führt zum Dominieren der Ätzung von Metall, was in einer Verschlechterung der Qualität des Polierens zum Ausdruck kommt.

Bei einer Temperatur der Lösung von unter 40 °C ist eine Verminderung der Stabilität der Dampf-Gas-Hülle zu verzeichnen, was zu einer Verhinderung des Bearbeitungsprozesses führt. Eine Erhöhung der Temperatur auf einen Wert von über 90 °C wird von einer Verschlechterung der Bearbeitungsgüte infolge einer Erhöhung der chemischen Aktivität des Elektrolytes und von einer intensiven Wasserverdampfung begleitet, die zu einer Änderung der Lösungskonzentration führen.

Im Ergebnis der Verwendung der genannten Bearbeitungsbedingungen wurde eine Rauigkeit von $R_a = 0,55$ erzielt, wobei das Reflexionsvermögen γ bezogen auf den Silberspiegel, 95 bis 97% betrug.

Somit gestattet die Bearbeitung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren es eine hohe Qualität des Polierens zu erzielen, wobei die Bearbeitungsdauer um das 3fache und die Konzentration der Elektrolyte um ein 8 bis 10faches reduziert werden.

Beispiel 5

Es wurden flache Werkstücke mit Maßen von 20x20x1 mm aus niedriggekohltem Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,08% bearbeitet. Die Bearbeitungsdauer betrug 3 Minuten. Die ursprüngliche Oberfläche hatte eine Rauigkeit von $R_a = 1,2 \mu\text{m}$, Das Reflexionsvermögen γ betrug 33 bis 35% (bezogen auf den Silberspiegel).

Die Bearbeitungsbedingungen wurden bei der Bearbeitung der Werkstückmuster in folgenden Bereichen gewählt: Betriebsspannung - 240 bis 380 V, Elektrolyttemperatur - 81 bis 95 °C, Elektrolytzusammensetzung - 0,5 bis 8 % einer wäßrigen Ammoniumchloridlösung. Die Wahl der Grenzwerte der Bearbeitungsbedingungen beruht auf folgenden Erwägungen.

Wie die Untersuchungen zeigten, führt eine Vergrößerung der Spannung auf einen Wert von über 380 bis 390 V zu einer Erhöhung der Rauigkeit R_a infolge einer erhöhten Elektroerosion, die beim elektrischen Durchschlag im Zwischenraum Werkstückmuster-Elektrolyt entsteht. Bei einer Spannung von unter 230 bis 240 V wird die Stabilität der das Werkstückmuster umgebenden Dampf-Gas-Hülle gestört, wobei der Prozeß instabil und von größeren Sprüngen der Stromwerte begleitet wird. Dadurch wird eine starke Vergrößerung der Aufnahmeleistung unter gleichzeitiger Senkung des Reflexionsvermögens γ und einer Erhöhung der Rauigkeit R_a der Oberfläche des zu bearbeitenden Werkstückes hervorgerufen. Bei einer Temperatur von unter 75 bis 80 °C ist eine Verschlechterung der Stabilität des Prozesses zu verzeichnen, die sich bei einer Erhöhung der Spannung bis zu einem Spannungspegel von 380 bis 390 V nicht wiederherstellen läßt.

Bei einer Temperatur des Elektrolytes von über 95 °C findet eine Verschlechterung der Bearbeitungsgüte infolge einer Erhöhung der chemischen Aktivität des Elektrolytes statt.

Die Ergebnisse der durchgeführten Prüfungen sind in der Tabelle 3 zusammengefaßt.

Tabelle 3

Bearbeitungsbedingungen und Parameter der Bearbeitung
 der Werkstücke aus niedriggekohltem Stahl (bei einem
 Kohlenstoffgehalt von 0,08%) in einer Ammoniumchlorid-
 lösung

10	Parameter	Konzentra-	0,3						
	d. Elek-	tion (Masse%)	-	-	-	-	-	-	-
	lytes	Dichte bei	1,001						
15		20°C (g/cm ³)	-	-	-	-	-	-	-
	Bearbei-								
	tungsbe-	Spannung /V/	390	320	360	230			
20	dingungen	Temperatur							
		/°C/	82	82	84	85			
	Qualitäts-	Reflexions-							
25	parameter	vermögen,							
		γ/%/	34	36	35	34			
		Rauhigkeit							
30		R _a /μm	1,02	1,22	1,14	1,13			
	Parameter	Konzentra-	-	-	-	-	-	-	-
	d. Elektro-	tion, Masse%	-	5	-	-	-	-	-
35	lytes	Dichte bei							
		20°C, g/cm ³	-	1,014	-	-	-	-	-
	Bearbeitungs-	Spannung, V	390	320	260	230			
40	bedingungen	Temperatur, °C	84	82	82	85			
	Qualitäts-	Reflexions-							
45	parameter	vermögen, %	47	77	67	53			
		Rauhigkeit,							
		R _a /μm	0,68	0,42	0,40	0,51			

Fortsetzung der Tabelle 3

5								
	0,5				3			
10	1,001				1,008			
15	390	320	260	230	390	320	260	230
	82	85	85	85	84	85	83	83
20								
	37	41	38	35	49	87	83	61
25								
	1,12	1,06	1,10	1,13	1,29	0,23	0,21	0,31
30	8				8,5			
	1,018				1,019			
35	390	320	260	230	390	320	260	230
	85	83	83	85	82	82	85	85
40								
	35	37	43	35	34	34	35	34
45	1,20	1,17	1,12	1,15	1,52	1,37	1,32	1,25

Beispiel 6

50 Zur Erhöhung der Betriebszeit des Elektrolytes, der aus einem wäßrigen Ammoniumchloridlösung besteht, werden dieser als Zusatz 0,5 bis 3 Masse% Ammoniumthiozyanat zugesetzt. Wie die Prüfungen ergaben, wird dabei die Betriebszeit um ein 1,5 bis efaches verlängert. Es wurden Vergleichsprüfungen zur Bestimmung der Betriebszeit des einzusetzenden Elektrolytes durchgeführt. Die Bearbeitung einer Partie von Werkstückmustern in einer Menge von 50 Stück mit einer gesamten Bearbeitungszeit von 150 Minuten

55 ergab stabile Kennziffern der Rauigkeit R_a der Oberfläche. Bei einer Vergrößerung der Anzahl der zu bearbeitenden Werkstückmuster von 50 auf 100 Stück war eine Verschlechterung der Rauigkeit R_a zu verzeichnen. Die Prüfungen wurden in einem und demselben Elektrolytvolumen durchgeführt.

Bei einer Konzentration des auf der Basis von NH_4Cl zubereiteten Elektrolytes von 3 % und bei Spannungen von 320- 260 - 240 V erhöhte sich, z. B., die Rauigkeit R_a bis zu den Werten von 0,25- 0,23 - 0,32 μm . Beim Zusetzen von NH_4CNS in einer Menge von 1,5% war eine Erhöhung der Rauigkeit R_a bei der Bearbeitung einer Partie von Werkstückmustern in einer Anzahl von 100 Stück zu verzeichnen. Auf diese Weise wird durch die Einführung eines Zusatzes in den Elektrolyt dessen Betriebszeit um das 2fache verlängert, wobei sich der Wert des Reflexionsvermögens γ und die Rauigkeit R_a der bearbeiteten Werkstücke nicht verschlechtern. In der Tabelle 4 sind Ergebnisse der Prüfungen einer Zweikomponentenlösung angeführt, wobei man als Zusatz Ammoniumthiozyanat NH_4CNS verwendete. Bei einer Konzentration des Zusatzes von unter 0,5% beeinflusst dieser die Betriebszeit praktisch nicht. Während eine Erhöhung der Zusatzkonzentration auf einen Wert von über 3% zur Bildung eines schwarzen Filmes an der Werkstückmustersoberfläche führt. Bei anderen Verhältnissen der Komponenten NH_4Cl und NH_4CNS zueinander ergaben die Prüfungen ähnliche Ergebnisse, u. z. das Reflexionsvermögen γ und die Rauigkeit R_a verschlechtern sich nicht, während die Betriebszeit des Elektrolytes mit einem Zusatz um ein 1,5 bis 2faches verlängert wird.

Tabelle 4

Verlängerung der Betriebszeit des Elektrolytes durch die Einführung eines Zusatzes von Ammoniumthiozyanat

Elektro- lytzus- sammen- setzung	Parame- ter d. Bearbei- tung	Anzahl der zu bearbeitenden Werk- stücke				
		50	75	100	125	150
NH_4Cl -3%	R_a / μm /	0,25	0,32	0,41	0,6	0,85
	γ /%/	90	69	61	57	53
NH_4Cl -3%	R_a / μm /	0,24	0,25	0,26	0,30	0,39
NH_4CNS -1%	γ /%/	90,5	90	89	69	65

Beispiel 7

Es wurden flache Platten mit Maßen von 20x30x2 mm bearbeitet, die aus Aluminium hergestellt worden waren. Die Bearbeitungsdauer betrug 1 Minute. Die ursprüngliche Rauigkeit $R_a = 1,03 \mu\text{m}$. Das Reflexionsvermögen γ betrug 35%, bezogen auf den Silberspiegel.

Die Bearbeitungsbedingungen wurden in folgenden Bereichen gewählt: Betriebsspannung - 260 bis 400 V, Elektrolyttemperatur - 70 bis 90 °C, Elektrolytzusammensetzung - 0,5 bis 5 Masse% Eisen(III)-chlorid.

Durch die Verwendung von Eisen(III)-chlorid bei der Bearbeitung des Aluminiums in einem elektrohydrodynamischen Betriebszustand kann das Reflexionsvermögen γ der zu bearbeitenden Oberfläche vergrößert und deren Rauigkeit R_a vermindert werden. Der Grenzwert der Lösungskonzentration, bei dem das Polieren noch zu beobachten ist, beträgt 3%. Bei einer höheren Konzentration beginnt die Ätzung von Metall zu dominieren, die den Glanz verschwinden läßt. Eine Erwärmung des Elektrolytes mit einer Konzentration von 0,5 bis 3% auf eine Temperatur von über 90 °C führt ebenfalls zu einer Verschlechterung der Bearbeitungsgüte infolge der Bildung von punktförmigen Vertiefungen, die durch eine erhöhte chemische Aktivität des Elektrolytes bei diesen Temperaturen hervorgerufen werden. Bei einer Spannung von über 400 V nimmt die Rauigkeit R_a der zu bearbeitenden Oberfläche zu, weil sich beim elektrischen Durchschlag im Zwischenraum Werkstück-Elektrolyt-Mikroaushöhlungen bilden.

Die Verwendung einer Elektrolytkonzentration von unter 0,5% führt zu einer Vergrößerung der Minimal-

werte der Spannungen und der Elektrolyttemperatur, bei denen ein stabiler Prozeß durchführbar ist. Bei einer Konzentration von unter 0,5% und einer Temperatur von unter 60° C findet ein Übergang zum Schaltzustand der elektrolytischen Bearbeitung statt. Dabei tritt der Elektrolyt periodisch mit der Werkstückoberfläche in Berührung. An den Kontaktstellen vollzieht sich eine starke elektrochemische anodische Metallauflösung, die zu einer Verminderung des Reflexionsvermögens γ und zu einer Vergrößerung der Rauigkeit R_a führt.

Im Ergebnis der durchgeführten Bearbeitung wurde die Rauigkeit R_a auf 0,30 μm vermindert, während das Reflexionsvermögen γ einen Stand von 73% erreichte.

Industrielle Anwendbarkeit

Die Erfindung kann in Maschinenbautechnologien zur Fertigbearbeitung von Erzeugnissen sowie zur Vorbereitung der Werkstücke für das Auftragen von Überzügen durch Galvanisieren; Vakuum, Ionen-Plasma-Aufdampfen ihre Anwendung finden.

Ansprüche

1. Verfahren zur elektrochemischen Bearbeitung von Werkstücken aus elektrisch leitenden Werkstoffen, welches darin besteht, daß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung positiver Polung zugeführt, und dieses in eine erwärmte wäßrige Elektrolytlösung eingetaucht wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 200 bis 400 V zugeführt wird, während die Temperatur der wäßrigen Elektrolytlösung mit einer Konzentration von 2 bis 12 Masse% 40 bis 95° C beträgt.
2. Verfahren zur elektrochemischen Bearbeitung von Werkstücken aus elektrisch leitenden Werkstoffen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 240 bis 320 V zugeführt und eine wäßrige Ammoniumsulfatlösung mit einer Konzentration von 2 bis 6 Masse% bei einer Temperatur von 40 bis 80° C als wäßrige Elektrolytlösung verwendet wird.
3. Verfahren zur elektrochemischen Bearbeitung von Werkstücken aus elektrisch leitenden Werkstoffen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 330 bis 380 V zugeführt und eine wäßrige Kaliumsulfatlösung mit einer Konzentration von 1 bis 10 Masse% bei einer Temperatur von 70 bis 90° C als wäßrige Elektrolytlösung verwendet wird.
4. Verfahren zur elektrochemischen Bearbeitung von Werkstücken aus elektrisch leitenden Werkstoffen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 200 bis 210 V zugeführt und eine wäßrige Natriumhydroxidlösung mit einer Konzentration von 8 bis 12 Masse% bei einer Temperatur von 40 bis 50° C als wäßrige Elektrolytlösung verwendet wird.
5. Verfahren zur elektrochemischen Bearbeitung von Werkstücken aus elektrisch leitenden Werkstoffen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 220 bis 400 V zugeführt und eine wäßrige Kaliumaluminiumalaun mit einer Konzentration von 0,5 bis 8 Masse%, bei einer Temperatur von 40 bis 90° C als wäßrige Elektrolytlösung verwendet wird.
6. Verfahren zur elektrochemischen Bearbeitung von Werkstücken aus elektrisch leitenden Werkstoffen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 220 bis 240 V zugeführt und eine wäßrige Lösung von disubstituiertem Ammoniumzitat mit einer Konzentration von 0,5 bis 6 Masse% unter Zusetzen von Natriumkarbonat mit einer Konzentration von 0,5 bis 3 Masse% bei einer Temperatur von 40 bis 90° C als wäßrige Elektrolytlösung verwendet wird.
7. Verfahren zur elektrochemischen Bearbeitung von Werkstücken aus elektrisch leitenden Werkstoffen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 220 bis 400 V zugeführt und eine wäßrige Lösung von Natriumsalz der Äthylendiamintetraessigsäure mit einer Konzentration von 0,5 bis 6 Masse% bei einer Temperatur von 40 bis 90° C als wäßrige Elektrolytlösung verwendet wird.

- 5
8. Verfahren zur elektrochemischen Bearbeitung von Werkstücken aus elektrisch leitenden Werkstoffen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 240 bis 380 V zugeführt und eine wäßrige Ammoniumchloridlösung mit einer Konzentration von 0,5 bis 8 Masse% bei einer Temperatur von 81 bis 95 ° C als wäßrige Elektrolytlösung verwendet wird.
9. Verfahren zur elektrochemischen Bearbeitung von Werkstücken aus elektrisch leitenden Werkstoffen n nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die wäßrige Elektrolytlösung zusätzlich als Zuschlag Ammoniumthiozyanat mit einer Konzentration von 0,5 bis 3 Masse% eingeführt wird.
- 10 10. Verfahren zur elektrochemischen Bearbeitung von Werkstücken aus elektrisch leitenden Werkstoffen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem zu bearbeitenden Werkstück eine Spannung von 260 bis 400 V: zugeführt und eine wäßrige Lösung von Eisen(III)-chlorid mit einer Konzentration von 0,5 bis 3 Masse% bei einer Temperatur von 70 bis 90 ° C als wäßrige Elektrolytlösung verwendet wird.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

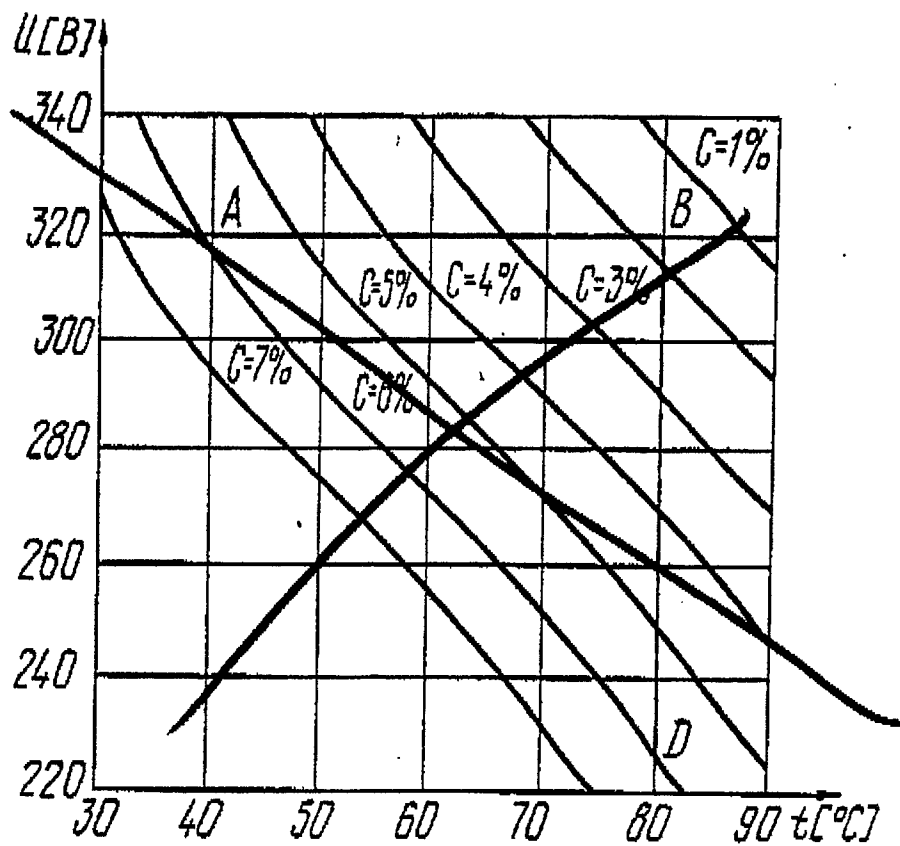


FIG. 1

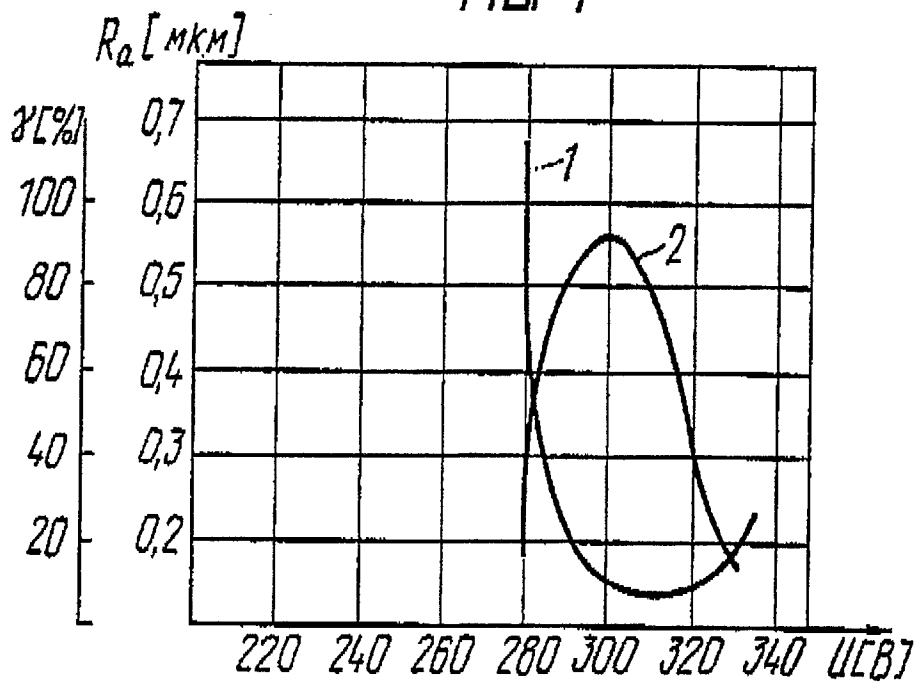


FIG. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/SU 88/00201

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁶		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int. Cl. ⁴ C 25 F 3/00		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
Int. Cl. ⁴	C 25 F 3/00	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the extent that such documents are included in the fields searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category ¹⁰	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
A	SU, A1, 1294883 (Uralsky nauchno- issledovatel'skiy institut trulnoi promyshlennosti), 7 March 1987 (07.03.87), see the abstract	1
A	-- SU, A1, 1062320 (Belorusskiy politekhnicheskiy institut), 23 December 1983 (23.12.83), see example 1	1,2,10
A	-- Ya. N. Lipkin et al. "Khimicheskaya i elektrokhimicheskaya abraletka stalnykh trub", 1982, Metallurgia, (Moscow), see page 151	1
A	-- L.I. Kadaner "Spravachnik po galvanostegii", 1976, Tekhnika, (Kiev), see pages 108, 109	1

¹⁰ Special categories of cited documents: ¹⁰ "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "A" document member of the same patent family		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
23 May 1989 (23.05.89)	12 June 1989 (12.06.89)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
ISA/SU		