



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 680 420 A5

(51) Int. Cl.⁵: B 23 H 1/06
C 22 C 27/04

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

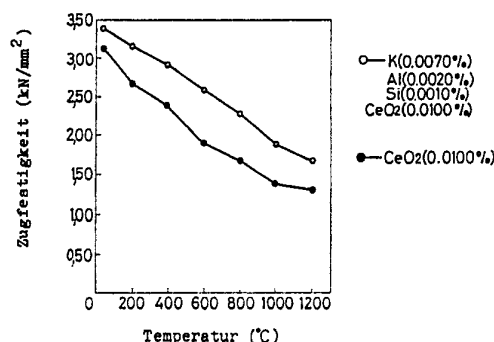
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer:	3787/89	(73) Inhaber:	Sumitomo Electric Industries, Ltd, Chuo-ku/Osaka (JP) Tokyo Tungsten Co., Ltd, Tokyo (JP)
(22) Anmeldungsdatum:	18.10.1989	(72) Erfinder:	Shigeo, Ezaki, Konohana-ku/Osaka (JP) Hiroyuki, Seto, Katsushika-ku/Tokyo (JP) Hiroshi, Hasegawa, Katsushika-ku/Tokyo (JP)
(30) Priorität(en):	18.10.1988 JP 63-262451 19.10.1988 JP 63-263515	(74) Vertreter:	Hepp Ryffel AG, Zürich
(24) Patent erteilt:	31.08.1992		
(45) Patentschrift veröffentlicht:	31.08.1992		

(54) Elektrodendraht für das elektrische Funkenerodieren.

(57) Als Material für den Elektrodendraht ist eine Wolframlegierung verwendet. Die Wolframlegierung enthält wenigstens einen Stoff aus der Gruppe, die aus Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu und Oxiden dieser Elemente besteht. Dank der Verwendung dieser Wolframlegierung als Material für den Elektrodendraht kann die Bearbeitungsgeschwindigkeit erhöht werden, die Genauigkeit der bearbeiteten Oberfläche verbessert werden, die Zahl der Drahtbrüche reduziert werden und die Zugfestigkeit erhöht werden. Die gleichen Effekte können erzielt werden durch Verwendung einer Molybdänlegierung, welche wenigstens ein Oxid aus der Gruppe enthält, die aus den Oxiden von Al, Si und K besteht.



Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Elektrodendraht für das elektrische Funkenerodieren.

Das elektrische Funkenerodieren mit Draht ist ein unentbehrliches Verfahren für die Präzisionsbearbeitung von Formen. In diesem Verfahren wird ein mit einer vorgeschriebenen Kraft gezogener Draht in einer Richtung bewegt, die ein Werkstück schneidet, wobei eine Funkenentladung zum Werkstück aufrechterhalten wird, und gleichzeitig wird das Werkstück entsprechend der gewünschten zu bearbeitenden Gestalt bewegt.

Es ist üblich, als Elektrodendraht für das elektrische Funkenerodieren, im nachstehenden Schneiddraht genannt, einen Messingdraht zu verwenden.

Für den Schneiddraht sind die folgenden Eigenschaften wünschbar:

- (1) Ermöglichung einer erhöhten Bearbeitungsgeschwindigkeit,
- (2) keine Erzeugung von haftendem Material,
- (3) hohe Bearbeitungsgenauigkeit,
- (4) genaue Geradheit; wenn der Draht genau gerade ist, wird er nicht verdreht und verbogen, so dass die Bearbeitungsgenauigkeit nicht beeinträchtigt wird und die Zahl der Brüche des Schneiddrahtes reduziert werden kann,
- (5) möglichst genau kreisrunde Querschnittsform, was ebenfalls zur Verbesserung der Bearbeitungsgenauigkeit beiträgt,
- (6) hohe Zugfestigkeit, um einen Bruch des Schneiddrahtes zu vermeiden,
- (7) Leitfähigkeit.

Die beiden nachstehend beschriebenen Metalle können die erwünschten Eigenschaften besitzen.

Eines der Metalle ist Wolfram. Die Zugfestigkeit von reinem Wolfram ist etwa das Dreifache der Zugfestigkeit von Messing. Daher kann, wenn reines Wolfram als Material für den Schneiddraht verwendet wird, der Durchmesser des Schneiddrahtes reduziert werden. Deshalb ist bei Verwendung eines Schneiddrahtes aus reinem Wolfram eine genauere Bearbeitung möglich.

Das andere Metall ist Molybdän. Die Zugfestigkeit von reinem Molybdän beträgt etwa das 1,6fache der Zugfestigkeit von Messing. Auch bei Verwendung von reinem Molybdän als Material für den Schneiddraht kann daher der Durchmesser des Schneiddrahtes reduziert werden und damit eine genauere Bearbeitung erreicht werden.

Schneiddrähte aus reinem Wolfram oder aus reinem Molybdän haben jedoch die folgenden Nachteile. Zunächst haben sie unbefriedigende Funkenentladungseigenschaften, die Funken werden nicht sehr befriedigend erzeugt, so dass die Bearbeitungsgeschwindigkeit niedrig ist und die Genauigkeit der bearbeiteten Oberfläche des Werkstückes schlecht ist. Ausserdem wird die Zahl der Brüche des Schneiddrahtes erhöht.

Der zweite Nachteil besteht darin, dass Schneiddrähte aus reinem Wolfram oder aus reinem Molybdän bei erhöhter Temperatur eine geringere Zugfestigkeit aufweisen, so dass in den Drähten bei erhöhter Temperatur Dehnungen und Verformungen auftreten. Dadurch wird die Genauigkeit der bearbeiteten Oberfläche des Werkstückes beeinträchtigt.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Schneiddraht zur Verfügung zu stellen, der eine Erhöhung der Bearbeitungsgeschwindigkeit und der Genauigkeit der bearbeiteten Oberfläche des Werkstückes ermöglicht und eine höhere Zugfestigkeit aufweist. Gleichzeitig soll die Zahl der Brüche des Schneiddrahtes verringert sein und soll der Schneiddraht auch bei erhöhter Temperatur eine ausreichende Zugfestigkeit besitzen.

Der erfindungsgemässe Schneiddraht besteht aus einer Legierung.

In einer ersten Ausführungsform der Erfindung ist als Material für den Schneiddraht eine Wolframlegierung verwendet, welche wenigstens einen Stoff aus der Stoffgruppe enthält, die aus Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu (nachstehend als seltene Erdmetalle bezeichnet) und Oxiden dieser Elemente besteht.

In einer zweiten Ausführungsform der Erfindung ist als Material für den Schneiddraht eine Molybdänlegierung verwendet, welche wenigstens ein Oxid aus der Gruppe enthält, die aus Al-Oxid, Si-Oxid und K-Oxid besteht.

In der ersten Ausführungsform besitzt die Wolframlegierung, welche wenigstens eines der genannten seltenen Erdmetalle und/oder Oxide derselben enthält, eine Eigenschaft, die als Emissionseffekt bezeichnet werden kann (erleichterte Emission von Elektronen). Der Strom fliesst leichter durch den aus der Wolframlegierung bestehenden Schneiddraht, wodurch die Entladungsleistung erhöht ist. Bei Verwendung des aus der angegebenen Wolframlegierung bestehenden Schneiddrahtes tritt daher eine gute Funkenerzeugung auf. Daher können die Bearbeitungsgeschwindigkeit und die Genauigkeit der bearbeiteten Oberfläche des Werkstückes erhöht werden, und die Zahl der Brüche des Schneiddrahtes kann verringert werden.

Die Zugfestigkeit der Wolframlegierung, welche wenigstens eines der genannten seltenen Erdmetalle und/oder Oxide derselben enthält, ist bei erhöhter Temperatur höher als die Zugfestigkeit von reinem Wolfram. Auch wenn der Schneiddraht beim elektrischen Funkenerodieren auf eine hohe Temperatur er-

hitzt wird, sind daher die im Draht auftretenden Dehnungen gering. Dadurch kann die Genauigkeit der bearbeiteten Oberfläche des Werkstücks verbessert werden.

Da die Zugfestigkeit der Wolframlegierung höher ist als die Zugfestigkeit von reinem Wolfram, kann bei Verwendung der genannten Wolframlegierung ein Schneiddraht mit einem kleineren Aussendurchmesser hergestellt werden. Dadurch wird die Bearbeitung von kleineren Werkstücken möglich.

In der zweiten Ausführungsform der Erfindung wird als Material für den Schneiddraht eine Molybdänlegierung verwendet. Dadurch, dass die Molybdänlegierung wenigstens ein Oxid aus der Gruppe enthält, die aus Al-Oxid, Si-Oxid und K-Oxid besteht, besitzt sie eine Eigenschaft, die als Emissionseffekt bezeichnet werden kann (erleichterte Emission von Elektronen). Der Strom fließt leichter durch den aus der Molybdänlegierung bestehenden Schneiddraht, wodurch die Entladungsleistung erhöht wird. Bei Verwendung des aus der angegebenen Molybdänlegierung bestehenden Schneiddrahtes tritt daher eine Funkenerzeugung auf. Daher können die Bearbeitungsgeschwindigkeit und die Genauigkeit der bearbeiteten Oberfläche erhöht werden, und die Zahl der Brüche des Schneiddrahtes kann verringert werden.

In der Molybdänlegierung, die wenigstens eines der Oxide von Al, Si und K enthält, sind die feinen Teilchen der Oxide gleichförmig im Molybdän verteilt, wodurch die Rekristallisationstemperatur der Molybdänlegierung höher ist und entsprechend die Zugfestigkeit der Molybdänlegierung bei hoher Temperatur verbessert ist. Auch wenn der Schneiddraht beim elektrischen Funkenerodieren auf eine hohe Temperatur erhitzt wird, sind daher die im Draht auftretenden Dehnungen gering. Dadurch kann die Genauigkeit der bearbeiteten Oberfläche des Werkstücks verbessert werden.

Zudem ist die Zugfestigkeit der angegebenen Molybdänlegierung höher als die Zugfestigkeit von reinem Molybdän. Daher kann bei Verwendung der genannten Molybdänlegierung ein Schneiddraht mit einem kleineren Aussendurchmesser hergestellt werden. Dadurch wird die Bearbeitung von kleineren Werkstücken möglich.

Nachstehend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 in einer graphischen Darstellung Resultate von Zugfestigkeitsversuchen für Ausführungsform 1,

Fig. 2 in einer graphischen Darstellung Resultate von Zugfestigkeitsversuchen für Ausführungsform 3 und

Fig. 3 in einer graphischen Darstellung Resultate von Zugfestigkeitsversuchen an der Probe Nr. 8 der Ausführungsform 4 und an der Probe Nr. 25 der Ausführungsform 5.

Ausführungsform 1

Drähte aus Wolframlegierungen mit 0,001, 0,01, 0,1, 1,0 und 1,5 Gew.-% CeO_2 wurden nachstehend beschrieben hergestellt.

CeO_2 -Pulver (mit einem mittleren Korndurchmesser von 0,5 bis 1,0 μm) wurde mit im Handel erhältlichem Wolframpulver (mit einem mittleren Korndurchmesser von 3 bis 5 μm), Reinheit 99,99%, gemischt, um ein Legierungspulver zu bilden.

Das Legierungspulver wurde in eine Form gegeben und mit einem Druck von etwa 30 kN/cm^2 gepresst, um einen prismatischen geformten Pulverkörper zu bilden.

Der geformte Pulverkörper wurde in einer Wasserstoffatmosphäre bei etwa 1200°C kurzzeitig gesintert.

Der kurzzeitig gesinterte geformte Pulverkörper wurde in der Wasserstoffatmosphäre bei etwa 3000°C einer direkten Leitungs-Sinterung unterworfen, um einen Barren zu bilden.

Der Barren wurde wiederholt gewalzt, wärmebehandelt, gewalzt und gezogen, wärmebehandelt und gezogen, um einen Draht aus Wolframlegierung mit einem Durchmesser von 50 μm zu erzeugen, an welchem eine elektrolytische Behandlung durchgeführt wurde (wobei der Graphit entfernt wurde).

Mit den in dieser Weise hergestellten Schneiddrähten aus Wolframlegierung wurden die nachstehenden Versuche und Messungen durchgeführt.

(1) Zugversuch bei verschiedenen Temperaturen (Tabelle 1). Die Zuggeschwindigkeit war 0,1 mm/min.

(2) Messungen der Bearbeitungsgeschwindigkeit beim elektrischen Funkenerodieren sowie der Oberflächenrauigkeit des Werkstücks und der Zahl der Brüche des Drahtes (Tabelle 2).

Die Messungen (2) wurden unter Verwendung einer im Handel erhältlichen Drahterodiermaschine durchgeführt. Die Erodierbedingungen sind in der Tabelle 3 angegeben.

Zu Vergleichszwecken wurden die Versuche und Messungen (1) und (2) auch mit einem im Handel erhältlichen Schneiddraht aus Wolfram durchgeführt.

Die Resultate sind in den Tabellen 1 und 2 aufgeführt. Die Resultate der Zugversuche sind überdies in Fig. 1 dargestellt.

Tabelle 1

5	Gew.-% CeO ₂ in W	Prüf- temperatur (°C)	Zugfestigkeit (kN/mm ²)						Bemerkungen	
			20	200	400	600	800	1000		1200
	0 (reines Wolfram)		3,0	2,6	2,2	1,8	1,5	1,0	0,8	Vergleich
	0,001		3,1	2,6	2,2	1,9	1,7	1,3	1,0	Erfindung
10	0,01		3,2	2,7	2,4	1,9	1,7	1,4	1,3	Erfindung
	0,1		3,2	2,9	2,6	2,2	1,9	1,6	1,4	Erfindung
	1,0		3,4	3,1	2,7	2,3	2,1	1,7	1,5	Erfindung
15	1,5		3,4	3,1	2,8	2,5	2,1	1,7	1,5	Erfindung

Tabelle 2

	Gew.-% CeO ₂ in W	Bearbeitungs- geschwindigkeit (mm ² /min)	Oberflächen- rauigkeit Rmax (µm)	Zahl der Draht- brüche	Bemerkungen
20	0 (reines Wolfram)	0,17	3,8	6	Vergleich
	0,001	0,19	3,0	1	Erfindung
25	0,01	0,20	2,5	0	Erfindung
	0,1	0,25	1,7	0	Erfindung
	1,0	0,26	1,6	0	Erfindung
30	1,5	0,26	1,6	5	Erfindung

Tabelle 3

35	1. Verwendete Bearbeitungsmaschine: Sodic Corp. AP150 (Bearbeitung in Öl)													
	2. Drahtgrösse: 50 µm Ø x 2000 mm													
40	3. Werkstück: SKD-11 10 mm dick (abgeschrecktes Material), geradliniger Schnitt													
	4. Bearbeitungsbedingungen: Obere und untere Düse Druck je 0,6 bar.													
	Ein	Aus	1 P	HP2	MA	SV	V	SF	C	T	WS	Aus- gesetzt	Bearbeitungs- spannung (V)	Bearbeitungs- strom (A)
	0	20	2	0	59	1	4	8	0	1	4	45	60-70	0.02

45 Wie aus der Tabelle 1 zu ersehen ist, nimmt die Zugfestigkeit bei allen Temperaturen zu, wenn CeO₂ im Wolfram enthalten ist, und zwar mit zunehmendem CeO₂-Gehalt steigend.

Aus der Tabelle 2 ist zu ersehen, dass bei dem CeO₂ enthaltendem Wolfram die Bearbeitungs-
geschwindigkeit höher ist und die Oberflächenrauigkeit des Werkstücks kleiner ist, und zwar mit steigen-
dem CeO₂-Gehalt zunehmend. Insbesondere bei einem CeO₂-Gehalt von mehr als 0,1 Gew.-% sind die
50 Bearbeitungsgeschwindigkeit merklich höher und die Oberflächenrauigkeit merklich geringer.

Die Zahl der Brüche nimmt beträchtlich zu, sobald der CeO₂-Gehalt ausserhalb des Bereiches von
0,001 bis 1,0 Gew.-% liegt. Der Grund hierfür ist darin zu sehen, dass bei einem Gehalt von weniger als
0,001 Gew.-% der Emissionseffekt noch kaum eintritt und die Entladungsleistung noch wenig verbessert
ist, während bei Gehalten von mehr als 1,0 Gew.-% der Schneiddraht spröde wird.

55

Ausführungsform 2

60 Drähte aus Wolframlegierungen mit insgesamt 0,001, 0,01, 0,1, und 1,5 Gew.-% La₂O₃, Y₂O₃, und
CeO₂ wurden nach dem gleichen Verfahren wie unter Ausführungsform 1 beschrieben hergestellt. Die
Zugversuche (Tabelle 4) bei verschiedenen Temperaturen und die Messungen der Bearbeitungs-
geschwindigkeit beim elektrischen Funkenerodieren, der Oberflächenrauigkeit des Werkstücks und der
Zahl der Drahtbrüche (Tabelle 5) wurden unter den gleichen Bedingungen wie unter Ausführungsform 1
angegeben durchgeführt.

65 Zu Vergleichszwecken wurden die Versuche und Messungen auch mit einem im Handel erhältlichen
Schneiddraht aus reinem Wolfram durchgeführt.

Die Resultate sind in den Tabellen 4 und 5 aufgeführt. Die Tabelle 6 zeigt die Gehalte an La_2O_3 , Y_2O_3 und CeO_2 .

Tabelle 4

	Gew.-% La_2O_3 , Y_2O_3 & CeO_2 in W	Prüf- temperatur (°C)	Zugfestigkeit (kN/mm ²)							Bemerkungen
			20	200	400	600	800	1000	1200	
5										
10	0 (reines Wolfram)		3,0	2,6	2,2	1,8	1,5	1,0	0,8	Vergleich
	0,001		3,1	2,6	2,2	1,9	1,6	1,05	1,0	Erfindung
	0,01		3,1	2,8	2,45	1,95	1,65	1,4	1,3	Erfindung
	0,1		3,2	3,0	2,6	2,25	1,95	1,6	1,4	Erfindung
15	1,0		3,3	3,1	2,7	2,3	2,1	1,7	1,5	Erfindung
	1,5		3,4	3,1	2,8	2,5	2,15	1,75	1,55	Erfindung

Tabelle 5

	Gew.-% La_2O_3 , Y_2O_3 & CeO_2 in W	Bearbeitungs- geschwindigkeit (mm ² /min)	Oberflächen- rauigkeit Rmax (µm)	Zahl der Draht- brüche	Bemerkungen
25	0 (reines Wolfram)	0,17	3,5	5	Vergleich
	0,001	0,20	3,1	1	Erfindung
	0,01	0,21	2,4	0	Erfindung
30	0,1	0,26	1,8	0	Erfindung
	1,0	0,26	1,8	0	Erfindung
	1,5	0,26	1,8	5	Erfindung

Tabelle 6

	Gew.-% La_2O_3 , Y_2O_3 & CeO_2 in W	La_2O_3 (Gew.-%)	Y_2O_3 (Gew.-%)	CeO_2 (Gew.-%)
40	0	0	0	0
	0,001	0	0,001	0
	0,01	0,005	0,0025	0,0025
	0,1	0,025	0,05	0,025
45	1,0	0,25	0,25	0,5
	1,5	1,0	0,25	0,25

Wie aus der Tabelle 4 zu ersehen ist, nimmt die Zugfestigkeit bei allen Temperaturen zu, wenn La_2O_3 , Y_2O_3 und CeO_2 im Wolfram enthalten sind, und zwar mit zunehmendem Gesamtgehalt an La_2O_3 , Y_2O_3 und CeO_2 steigend.

Aus der Tabelle 5 ist zu ersehen, dass bei dem La_2O_3 , Y_2O_3 und CeO_2 enthaltenden Wolfram die Bearbeitungsgeschwindigkeit beim elektrischen Funkenerodieren höher ist und die Oberflächenrauigkeit des Werkstücks kleiner ist, und zwar mit zunehmendem Gesamtgehalt an La_2O_3 , Y_2O_3 und CeO_2 zunehmend. Insbesondere bei einem Gesamtgehalt von wenigstens 0,1 Gew.-% sind die Bearbeitungsgeschwindigkeit merklich höher und die Oberflächenrauigkeit merklich geringer.

Die Zahl der Drahtbrüche nimmt beträchtlich zu, sobald der Gesamtgehalt an La_2O_3 , Y_2O_3 und CeO_2 im Wolfram ausserhalb des Bereiches von 0,001 bis 1,0 Gew.-% liegt.

Gleiche Resultate wie in den Tabellen 4 und 5 dargestellt werden auch erhalten, wenn andere Kombinationen für die Versuche verwendet werden.

Wenn die eines oder mehrere der im vorstehenden genannten seltenen Erdmetalle und Oxide derselben enthaltende Wolframlegierung ausserdem noch wenigstens eines der Elemente K, Si und Al und/oder wenigstens ein Oxid dieser Elemente (im nachstehenden zweite enthaltene Stoffe genannt) enthält, dann verteilen sich diese Stoffe gleichförmig in der Wolframlegierung. Dadurch wird die Zugfestigkeit des Schneidrahtes erhöht. Dies wird unter Ausführungsform 3 beschrieben.

Ausführungsform 3

Ein Schneiddraht aus einer Wolframlegierung mit 0,01 Gew.-% CeO_2 , 0,007 Gew.-% K, 0,002 Gew.-% Al und 0,001 Gew.-% Si wurde wie nachstehend beschrieben erstellt.

5 APW (Ammoniumparawolframat) wurde mit Wasserstoff zu blauem Oxid $\text{WO}_{2,72}$ reduziert.

Das blaue Oxid wurde mit einer gemischten Lösung von K_2O und SiO_2 , Aluminiumchloridlösung und Cerchloridlösung versetzt, und dann wurde das Material in der Lösung getrocknet. Das Produkt «OHKASIL» von der Tokyo Ohka Kogyo Co., Ltd. wurde als die gemischte Lösung von K_2O und SiO_2 verwendet. «OHKASIL» ist ein Markenname für Kaliumsilikat.

10 Dann wurde mit Wasserstoff reduziert, um Wolframpulver mit den zugesetzten Stoffen zu erhalten.

Mit dem Pulver wurde ein Schneiddraht aus Wolframlegierung mit einem Durchmesser von 50 μm in der gleichen Weise wie unter Ausführungsform 1 beschrieben hergestellt und einer elektrolytischen Behandlung unterworfen.

15 Die Zugversuche bei verschiedenen Temperaturen (Tabelle 7) und die Messungen der Bearbeitungsgeschwindigkeit beim elektrischen Funkenerodieren, der Oberflächenrauigkeit des Werkstücks und der Zahl der Drahtbrüche (Tabelle 8) wurden mit dem in dieser Weise hergestellten Schneiddraht unter den gleichen Bedingungen wie unter Ausführungsform 1 angegeben durchgeführt. Die Resultate sind in den Tabellen 7 und 8 aufgeführt. Die Resultate der Zugversuche sind ausserdem in Fig. 2 dargestellt.

20 Tabelle 7

Prüftemperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Zugfestigkeit (kN/mm^2)							Bemerkungen
	20	200	400	600	800	1000	1200	
W mit K, Al, Si, & CeO_2	3,4	3,2	2,9	2,6	2,3	1,9	1,7	Erfindung

25

Tabelle 8

	Bearbeitungs- geschwindigkeit (mm^2/min)	Oberflächen- rauigkeit R_{max} (μm)	Zahl der Draht- brüche	Bemerkungen
W mit K, Al, Si & CeO_2	0,20	2,5	0	Erfindung

30

35 Aus den Tabellen 7 und 1 ist ersichtlich, dass die Zugfestigkeit des Schneiddrahtes, der 0,01 Gew.-% CeO_2 und dazu K, Al und Si enthält, etwa um einen Faktor 1,3 höher ist als die Zugfestigkeit des Schneiddrahtes, der lediglich 0,01 Gew.-% CeO_2 enthält.

40 Andererseits zeigen die Tabellen 8 und 2, dass die Bearbeitungsgeschwindigkeit beim elektrischen Funkenerodieren, die Oberflächenrauigkeit des Werkstücks und die Zahl der Drahtbrüche bei dem Schneiddraht, der lediglich 0,01 Gew.-% CeO_2 enthält, und bei dem Schneiddraht, der zusätzlich zu 0,01 Gew.-% CeO_2 noch K, Al und Si enthält, gleich sind.

45 Der Gesamtgehalt an K, Si, Al und deren Oxiden sollte vorzugsweise im Bereich von 0,001 bis 0,1 Gew.-% liegen. Bei einem Gehalt von weniger als 0,001 Gew.-% ist die Zugfestigkeit kaum höher als diejenige von Wolfram mit lediglich mit CeO_2 . Andererseits wird bei einem Gehalt von mehr als 0,1 Gew.-% der Schneiddraht spröde, so dass bei der Herstellung des Schneiddrahtes Risse (Sprünge) und Brüche auftreten können, welche die Produktionsausbeute reduzieren.

Ausführungsform 4

50

Drahte aus Molybdänlegierungen mit den in der Tabelle 9 angegebenen Zusammensetzungen wurden wie nachstehend beschrieben hergestellt. Die Angabe ppm bezieht sich immer auf das Gewichtsverhältnis. Das Verfahren ist ein in der Pulvermetallurgie übliches Verfahren.

55 MoO_3 -Pulver mit einer Reinheit von 99,999% wurde mit Wasserstoff zu MoO_2 -Pulver reduziert.

Eine K und Si enthaltende gemischte Lösung («OHKASIL») und eine Aluminiumchloridlösung wurden zu dem MoO_2 -Pulver hinzugefügt, das Wasser wurde unter Rühren der Lösung verdampft, und das Material wurde getrocknet. Das Produkt «OHKASIL» von der Tokyo Ohka Kogyo Co., Ltd. wurde als die gemischte Lösung von K_2O und SiO_2 verwendet. «OHKASIL» ist ein Markenname für Kaliumsilikat.

60 Das mit den Zusatzstoffen versetzte MoO_2 -Pulver wurde mit Wasserstoff zu Mo-Pulver reduziert.

Der mittlere Korndurchmesser betrug 3 bis 5 μm .

Danach wurde das mit den Zusatzstoffen versetzte Mo-Pulver in einer Form gepresst, um einen prismatischen geformten Pulverkörper zu bilden. Der Druck beim Pressen war etwa 30 kN/cm^2 .

Der geformte Pulverkörper wurde in einer Wasserstoffatmosphäre bei 1000 $^{\circ}\text{C}$ kurzzeitig gesintert.

65 Der kurzzeitig gesinterte geformte Pulverkörper wurde in der Wasserstoffatmosphäre bei 2200 $^{\circ}\text{C}$ einer direkten Leitungs-Sinterung unterworfen, um einen Barren zu bilden.

Der Barren wurde gewalzt, wärmebehandelt und gewalzt und gezogen. Ziehen und Wärmebehandlungen wurden wiederholt, um schliesslich Drähte aus Molybdänlegierung mit einem Durchmesser von 70 µm herzustellen, die einer elektrolytischen Behandlung unterworfen wurden, in welcher das Graphit entfernt wurde.

5 Mit den in dieser Weise hergestellten Schneiddrähten aus Molybdänlegierung wurden die nachstehenden Versuche und Messungen durchgeführt.

(1) Zugversuch bei verschiedenen Temperaturen (Tabelle 11). Die Zuggeschwindigkeit war 0,1 mm/min.

10 (2) Messungen der Bearbeitungsgeschwindigkeit beim elektrischen Funkenerodieren sowie der Oberflächenrauigkeit des Werkstücks und der Zahl der Brüche des Drahtes (Tabelle 12).

Die Messungen (2) wurden unter Verwendung einer im Handel erhältlichen Drahterodier-Maschine durchgeführt. Die Erodierbedingungen sind in der Tabelle 10 angegeben.

15 Die Resultate sind in den Tabelle 11 und 12 aufgeführt. Zu Vergleichszwecken wurden die Versuche und Messungen (1) und (2) auch mit einem im Handel erhältlichen Schneiddraht aus reinem Molybdän durchgeführt. Wie in der Tabelle 9 angegeben, enthält das reine Molybdän (Probe Nr. 1) nur sehr wenig Al, K und Si in Form von unvermeidlichen Verunreinigungen.

Tabelle 9

Probe Nr.	Al (ppm)	K (ppm)	Si (ppm)	Gesamtmenge (ppm)	Bemerkungen
1	1	6	5	12	Vergleich (reines Mo)
2	25	15	15	55	Erfindung
3	1	100	4	105	Erfindung
4	1	5	100	106	Erfindung
5	2	105	5	112	Erfindung
6	110	5	5	120	Erfindung
7	220	100	250	570	Erfindung
8	1	5	850	856	Erfindung
9	900	6	5	911	Erfindung
10	1	1000	5	1006	Erfindung
11	155	20	870	1045	Erfindung
12	370	390	350	1110	Erfindung
13	1	1350	5	1356	Erfindung
14	1350	5	6	1361	Erfindung
15	1	5	1380	1386	Erfindung
16	560	410	420	1390	Erfindung
17	950	400	200	1550	Erfindung

Tabelle 10

1. Verwendete Bearbeitungsmaschine: Sodic. Corp. AP150 (Bearbeitung in Öl)														
2. Drahtgrösse: 70 µm Ø × 2000 mm														
3. Werkstück: SKD-11 10 mm dick (abgeschrecktes Material), geradliniger Schnitt														
4. Bearbeitungsbedingungen: Obere und untere Düse Druck je 0,6 bar.														
Ein	Aus	1 P	HP2	MA	SV	V	SF	C	T (V)	WS (Kerbe)	Ausgesetzt	Bearbeitungsspannung (V)	Bearbeitungsstrom (A)	
1	1	0	60	99	10	0	8	0	6	4	51	150 ± 10	0,1	

Tabelle 11

Probe Nr.	Prüf-temperatur (°C)	Zugfestigkeit (kN/mm ²)							Bemerkungen
		20	200	400	600	800	1000	1200	
5	1	1,70	1,00	0,85	0,75	0,55	0,50	0,40	Vergleich (reines Mo)
	2	1,70	1,00	0,85	0,76	0,57	0,51	0,42	Erfindung
	3	1,85	1,45	0,95	0,87	0,60	0,54	0,45	Erfindung
10	4	1,85	1,45	0,95	0,87	0,61	0,54	0,45	Erfindung
	5	1,90	1,50	1,00	0,90	0,60	0,55	0,45	Erfindung
	6	1,90	1,50	0,95	0,90	0,60	0,55	0,45	Erfindung
15	7	1,90	1,60	1,15	0,95	0,66	0,60	0,50	Erfindung
	8	1,95	1,63	1,19	0,98	0,69	0,65	0,55	Erfindung
	9	1,95	1,63	1,20	1,00	0,70	0,65	0,55	Erfindung
	10	2,00	1,65	1,20	1,03	0,70	0,67	0,58	Erfindung
20	11	2,00	1,65	1,25	1,05	0,72	0,67	0,58	Erfindung
	12	2,10	1,65	1,35	1,05	0,75	0,69	0,60	Erfindung
	13	2,10	1,70	1,40	1,07	0,77	0,69	0,65	Erfindung
	14	2,10	1,70	1,40	1,07	0,77	0,70	0,65	Erfindung
25	15	2,10	1,70	1,40	1,05	0,76	0,70	0,65	Erfindung
	16	2,10	1,70	1,40	1,05	0,75	0,70	0,65	Erfindung
	17	2,20	1,70	1,40	1,10	0,80	0,70	0,65	Erfindung

30

Tabelle 12

	Probe Nr.	Bearbeitungs- geschwindigkeit (mm ² /min)	Oberflächen- rauigkeit Rmax (µm)	Zahl der Draht- brüche	Bemerkungen
35	1	0,10	3,5	10	Vergleich (reines Mo)
	2	0,10	3,4	8	Erfindung
	3	0,13	3,0	0	Erfindung
40	4	0,13	3,0	0	Erfindung
	5	0,13	3,0	0	Erfindung
	6	0,13	3,0	0	Erfindung
	7	0,14	2,0	0	Erfindung
45	8	0,13	1,6	0	Erfindung
	9	0,14	1,5	0	Erfindung
	10	0,15	1,3	0	Erfindung
50	11	0,15	1,2	0	Erfindung
	12	0,18	1,2	0	Erfindung
	13	0,19	1,0	0	Erfindung
	14	0,19	1,1	0	Erfindung
55	15	0,20	1,0	1	Erfindung
	16	0,20	1,0	1	Erfindung
	17	0,20	1,0	10	Erfindung

60 Wie aus den Tabellen 9 und 11 zu ersehen ist, nimmt die Zugfestigkeit bei allen Temperaturen zu, wenn Oxide von einem oder mehreren der Elemente aus der Gruppe bestehend aus Al, Si und K (im nachstehenden erste Gruppe genannt) im Molybdän enthalten sind, und zwar mit zunehmendem Gesamtgehalt der Oxide steigend.

65 Die Proben Nr. 6, Nr. 9 und Nr. 14 zeigen, dass die Zugfestigkeit bei allen Temperaturen mit steigendem Al-Gehalt zunimmt, wenn nur das Oxid von Al im Molybdän enthalten ist.

Die Proben Nr. 3, Nr. 5, Nr. 10 und Nr. 13 zeigen, dass die Zugfestigkeit bei allen Temperaturen mit steigendem K-Gehalt zunimmt, wenn nur das Oxid von K im Molybdän enthalten ist.

Die Proben Nr. 4, Nr. 8 und Nr. 15 zeigen, dass die Zugfestigkeit bei allen Temperaturen mit steigendem Si-Gehalt zunimmt, wenn nur das Oxid von Si im Molybdän enthalten ist.

5 Aus den Tabellen 9 und 12 ist zu ersehen, dass bei dem wenigstens ein Oxid der Elemente der ersten Gruppe enthaltenden Molybdän die Bearbeitungsgeschwindigkeit beim elektrischen Funkenerodieren höher ist und die Oberflächenrauigkeit des Werkstücks kleiner ist, und zwar mit steigendem Gehalt an Oxiden zunehmend.

10 Die Zahl der Brüche des Drahtes nimmt beträchtlich zu, sobald der Gesamtgehalt an Oxiden ausserhalb des Bereiches von 100 ppm bis 1400 ppm Gewicht liegt. Der Grund hierfür ist darin zu sehen, dass bei einem Gehalt von weniger als 100 ppm die Entladungsleistung nur wenig verbessert ist, da der Emissionseffekt noch kaum auftritt, während bei einem Gehalt von mehr als 1400 ppm der Schneiddraht spröde wird.

15 Die Proben Nr. 6, Nr. 9 und Nr. 14 zeigen, dass die Bearbeitungsgeschwindigkeit beim elektrischen Funkenerodieren mit steigendem Al-Gehalt zunehmend grösser wird und die Oberflächenrauigkeit des Werkstücks mit steigendem Al-Gehalt zunehmend kleiner wird, wenn nur das Oxid von Al im Molybdän enthalten ist.

20 Die Proben Nr. 3, Nr. 5, Nr. 10 und Nr. 13 zeigen, dass die Bearbeitungsgeschwindigkeit mit steigendem K-Gehalt zunehmend grösser wird und die Oberflächenrauigkeit des Werkstücks mit steigendem K-Gehalt zunehmend kleiner wird, wenn nur das Oxid von K im Molybdän enthalten ist.

Die Proben Nr. 4, Nr. 8 und Nr. 15 zeigen, dass die Bearbeitungsgeschwindigkeit mit steigendem Si-Gehalt zunehmend grösser wird und die Oberflächenrauigkeit mit steigendem Si-Gehalt zunehmend kleiner wird, wenn nur das Oxid von Si im Molybdän enthalten ist.

25 Wenn die wenigstens ein Oxid eines Elementes aus der Gruppe bestehend aus Al, Si und K enthaltende Molybdänlegierung ausserdem noch wenigstens eines der Elemente Fe, Ni und Cr enthält, dann sind die Entladungsleistung und die Zugfestigkeit bei erhöhter Temperatur höher als bei einer Molybdänlegierung, die lediglich ein oder mehrere Oxide von Al, Si und K enthält. Der Grund hierfür ist möglicherweise der, dass Fe, Ni und Cr leichter ionisiert werden können. Dies wird unter Ausführungsform 5 beschrieben.

30 Ausführungsform 5

Drähte aus Molybdänlegierungen mit den in der Tabelle 13 angegebenen Zusammensetzungen wurden wie nachstehend beschrieben hergestellt.

35 Lösungen von Fe, Ni und Cr mit Salpetersäuregruppen wurden zu dem mit Zusatzstoffen versetzten Mo-Pulver hinzugefügt, das wie unter Ausführungsform 4 beschrieben hergestellt worden war.

Danach wurde das Wasser verdampft, und das Material wurde getrocknet und in einer Wasserstoffatmosphäre reduziert, um das mit wenigstens einem der Elemente Fe, Ni und Cr versetzte Pulver zu bilden.

40 Danach wurde das so erhaltende Pulver in einer Form gepresst, um einen geformten prismatischen Pulverkörper zu bilden. Der Druck beim Pressen war etwa 30 kN/cm².

Der geformte Pulverkörper wurde in einer Wasserstoffatmosphäre bei etwa 1000°C kurzzeitig gesintert.

45 Der kurzzeitig gesinterte geformte Pulverkörper wurde in der Wasserstoffatmosphäre bei etwa 2200°C einer direkten Leitungs-Sinterung unterworfen, um einen Barren zu bilden.

Der Barren wurde gewalzt, wärmebehandelt und wieder gewalzt und dann wiederholt gezogen und wärmebehandelt, um Drähte aus Molybdänlegierung mit einem Durchmesser von 70 µm herzustellen, die einer elektrolytischen Behandlung unterworfen wurden, in welcher das Graphit entfernt wurde.

50 Zugversuche bei verschiedenen Temperaturen (Tabelle 14) und Messungen der Bearbeitungsgeschwindigkeit beim elektrischen Funkenerodieren, der Oberflächenrauigkeit des Werkstücks und der Zahl der Brüche des Drahtes (Tabelle 15) wurden unter den gleichen Bedingungen wie in Ausführungsform 4 beschrieben durchgeführt.

Die Resultate sind in den Tabellen 14 und 15 aufgeführt.

55

60

65

Tabelle 13

	Probe Nr.	Al (ppm)	K (ppm)	Si (ppm)	Fe (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	Gesamtmenge (Fe+Ni+Cr) (ppm)	Bemerkungen
5	18	220	100	250	1	1	1	3	Vergleich
	19	220	100	250	10	1	1	12	Erfindung
	20	210	110	250	1	1	12	14	Erfindung
	21	220	105	250	1	15	1	17	Erfindung
10	22	220	100	240	100	1	1	102	Erfindung
	23	220	100	250	1	1	100	102	Erfindung
	24	220	105	240	1	110	1	112	Erfindung
	25	220	105	230	100	150	50	300	Erfindung
15	26	220	100	250	400	1	1	402	Erfindung
	27	215	100	240	1	450	1	452	Erfindung
	28	220	105	250	1	1	450	452	Erfindung
20	29	220	100	250	300	200	100	600	Erfindung
	30	560	400	430	200	200	100	500	Erfindung

Tabelle 14

	Probe Nr.	Prüf- temperatur (°C)	Zugfestigkeit (kN/mm ²)							Bemerkungen
			20	200	400	600	800	1000	1200	
30	18		1,90	1,60	1,20	1,00	0,66	0,60	0,50	Vergleich (reines Mo)
	19		1,90	1,60	1,15	0,96	0,67	0,61	0,52	Erfindung
	20		1,90	1,60	1,16	0,96	0,67	0,62	0,52	Erfindung
	21		1,90	1,60	1,15	0,95	0,67	0,61	0,52	Erfindung
35	22		2,00	1,65	1,27	1,05	0,73	0,65	0,57	Erfindung
	23		2,00	1,65	1,28	1,05	0,73	0,65	0,57	Erfindung
	24		2,00	1,65	1,26	1,06	0,74	0,65	0,57	Erfindung
	25		2,20	1,70	1,40	1,10	0,80	0,70	0,65	Erfindung
40	26		2,20	1,70	1,40	1,10	0,80	0,70	0,65	Erfindung
	27		2,20	1,70	1,40	1,11	0,82	0,71	0,66	Erfindung
	28		2,20	1,70	1,40	1,12	0,82	0,72	0,66	Erfindung
45	29		2,10	1,65	1,35	1,05	0,75	0,70	0,60	Erfindung
	30		2,30	1,80	1,50	1,20	0,85	0,75	0,70	Erfindung

50

55

60

65

Tabelle 15

	Probe Nr.	Bearbeitungs- geschwindigkeit (mm ² /min)	Oberflächen- rauigkeit Rmax (µm)	Zahl der Draht- brüche	Bemerkungen
5	18	0,14	2,0	0	Vergleich (reines Mo)
	19	0,14	2,0	0	Erfindung
	20	0,14	2,1	0	Erfindung
10	21	0,14	2,1	0	Erfindung
	22	0,16	1,5	0	Erfindung
	23	0,16	1,4	0	Erfindung
	24	0,17	1,4	0	Erfindung
15	25	0,20	1,0	0	Erfindung
	26	0,21	0,9	0	Erfindung
	27	0,21	0,9	1	Erfindung
20	28	0,21	0,9	1	Erfindung
	29	0,22	0,8	6	Erfindung
	30	0,23	0,8	1	Erfindung

25 Interessant ist ein Vergleich der Probe Nr. 25 in Tabelle 14 mit der Probe Nr. 8 in Tabelle 11.
 Gemäss Tabelle 9 beträgt in der Probe Nr. 8 der Gesamtgehalt an Al, K und Si 856 ppm Gewicht.
 Gemäss Tabelle 13 beträgt in der Probe Nr. 25 der Gesamtgehalt an Al, K, Si, Fe, Ni und Cr 855 ppm
 Gewicht.

30 Ein Vergleich der Tabellen 14 und 11 zeigt, dass die Zugfestigkeit der Probe Nr. 25 bei allen Temperatu-
 ren höher ist als die Zugfestigkeit der Probe Nr. 8.

Die Zugfestigkeit wird also weiter erhöht, wenn zusätzlich zu dem wenigstens einen Oxid der Elemente
 der ersten Gruppe noch Fe, Ni und Cr zugesetzt werden.

Die Resultate der Zugversuche mit den Proben Nr. 8 und Nr. 25 sind auch in Fig. 3 dargestellt.

35 Wenn wir die Probe Nr. 25 in Tabelle 15 mit der Probe Nr. 8 in Tabelle 12 vergleichen, stellen wir fest,
 dass bei der Probe Nr. 25 die Bearbeitungsgeschwindigkeit höher ist und die Oberflächenrauigkeit klei-
 ner ist als bei der Probe Nr. 8.

Die Bearbeitungsgeschwindigkeit wird also weiter erhöht und die Oberflächenrauigkeit wird weiter
 verringert, wenn zusätzlich zu dem wenigstens einen Oxid der Elemente der ersten Gruppe noch Fe, Ni
 und Cr zugesetzt werden.

40 Die Tabelle 14 zeigt ferner folgendes.

Wenn, wie in den Proben Nr. 19, Nr. 22 und Nr. 26, von den Elementen Fe, Ni und Cr nur Fe vorhan-
 den ist, dann nimmt die Zugfestigkeit bei allen Temperaturen mit steigendem Fe-Gehalt zu.

45 Wenn, wie in den Proben Nr. 21, Nr. 24 und Nr. 27, von den Elementen Fe, Ni und Cr nur Ni vorhan-
 den ist, dann nimmt die Zugfestigkeit bei allen Temperaturen mit steigendem Ni-Gehalt zu.

Wenn, wie in den Proben Nr. 20, Nr. 23 und Nr. 28, von den Elementen Fe, Ni und Cr nur Cr vorhan-
 den ist, dann nimmt die Zugfestigkeit bei allen Temperaturen mit steigendem Cr-Gehalt zu.

Die Tabelle 15 zeigt folgendes.

50 Wenn, wie in den Proben Nr. 19, Nr. 22 und Nr. 26, von den Elementen Fe, Ni und Cr nur Fe vorhan-
 den ist, dann nimmt mit steigendem Fe-Gehalt die Bearbeitungsgeschwindigkeit zu und die Oberflächen-
 rauigkeit des Werkstücks ab.

Wenn, wie in den Proben Nr. 21, Nr. 24 und Nr. 27, von den Elementen Fe, Ni und Cr nur Ni vorhan-
 den ist, dann nimmt mit steigendem Ni-Gehalt die Bearbeitungsgeschwindigkeit zu und die Oberflächen-
 rauigkeit des Werkstücks ab.

55 Wenn, wie in den Proben Nr. 20, Nr. 23 und Nr. 28, von den Elementen Fe, Ni und Cr nur Cr vorhan-
 den ist, dann nimmt mit steigendem Cr-Gehalt die Bearbeitungsgeschwindigkeit zu und die Oberflächen-
 rauigkeit des Werkstücks ab.

60 Ein Vergleich der Probe Nr. 24 mit der Probe Nr. 25 zeigt, dass die Bearbeitungsgeschwindigkeit
 merklich erhöht ist und die Oberflächenrauigkeit merklich verringert ist, wenn der Gesamtgehalt an Fe,
 Ni und Cr über 300 ppm liegt.

65 Der Gesamtgehalt an Fe, Ni und Cr kann vorzugsweise im Bereich von 10 bis 500 ppm Gewicht liegen.
 Wenn der Gehalt unter 10 ppm liegt, sind Fe, Ni und Cr nur wenig ionisiert, so dass die Verbesserung der
 Entladungsleistung und der Zugfestigkeit bei hoher Temperatur gering ist. Andererseits führt ein Gehalt
 von mehr als 500 ppm zu keiner weiteren Verbesserung der Entladungsleistung und der Zugfestigkeit
 bei hoher Temperatur mit weiter steigendem Gehalt.

Patentansprüche

1. Elektroden Draht für das elektrische Funkenerodieren, dadurch gekennzeichnet, dass er aus einer Wolframlegierung besteht, welche wenigstens einen Stoff aus der Stoffgruppe enthält, die aus Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu und Oxiden dieser Elemente besteht.
2. Elektroden Draht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des bzw. der genannten in der Wolframlegierung enthaltenen Stoffe wenigstens 0,001 Gew.-% beträgt.
3. Elektroden Draht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des bzw. der genannten in der Wolframlegierung enthaltenen Stoffe 0,001 bis 1 Gew.-% beträgt.
4. Elektroden Draht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des bzw. der genannten in der Wolframlegierung enthaltenen Stoffe 0,1 bis 1,0 Gew.-% beträgt..
5. Elektroden Draht nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Wolframlegierung ferner wenigstens einen Stoff aus der Stoffgruppe enthält, die aus K, Si, Al und Oxiden dieser Elemente besteht.
6. Elektroden Draht nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des bzw. der genannten ferner in der Wolframlegierung enthaltenen Stoffe 0,001 bis 0,1 Gew.-% beträgt.
7. Elektroden Draht für das elektrische Funkenerodieren, dadurch gekennzeichnet, dass er aus einer Molybdänlegierung besteht, welche wenigstens ein Oxid aus der Gruppe enthält, die aus Al-Oxid, Si-Oxid und K-Oxid besteht.
8. Elektroden Draht nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des bzw. der in der Molybdänlegierung enthaltenen Oxide aus der Gruppe, die aus Al-Oxid, Si-Oxid und K-Oxid besteht, wenigstens 100 ppm Gewicht beträgt.
9. Elektroden Draht nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des bzw. der in der Molybdänlegierung enthaltenen Oxide aus der Gruppe, die aus Al-Oxid, Si-Oxid und K-Oxid besteht, 100 bis 1400 ppm Gewicht beträgt.
10. Elektroden Draht nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Molybdänlegierung ferner wenigstens einen Stoff aus der Stoffgruppe enthält, die aus Fe, Ni und Cr besteht.
11. Elektroden Draht nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des bzw. der genannten ferner in der Molybdänlegierung enthaltenen Stoffe wenigstens 300 ppm Gewicht beträgt.
12. Elektroden Draht nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des bzw. der genannten ferner in der Molybdänlegierung enthaltenen Stoffe 10 bis 500 ppm Gewicht beträgt.
13. Elektroden Draht nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des bzw. der genannten ferner in der Molybdänlegierung enthaltenen Stoffe 300 bis 500 ppm Gewicht beträgt.

FIG.1

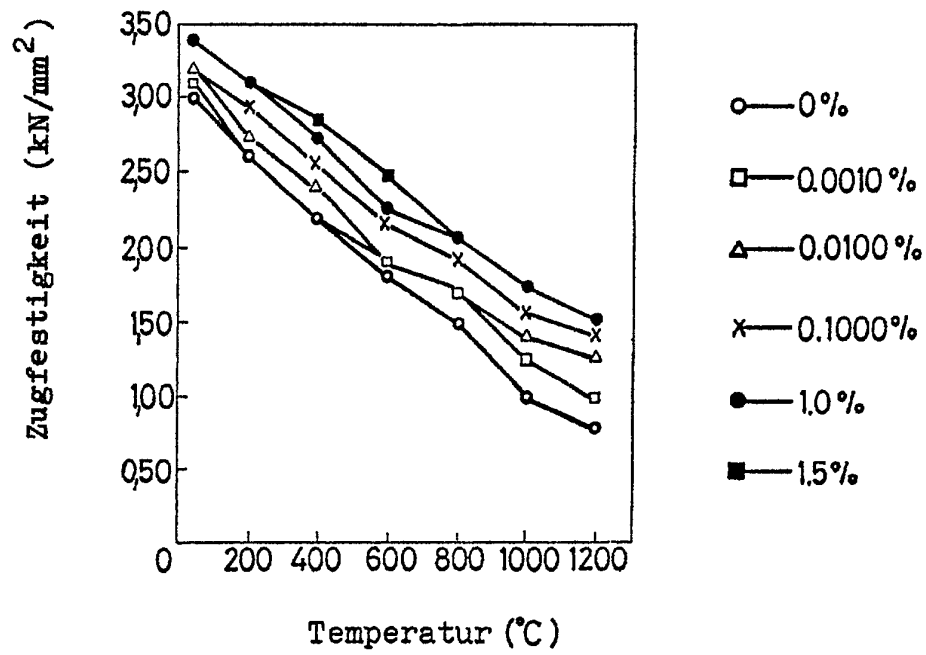


FIG.2

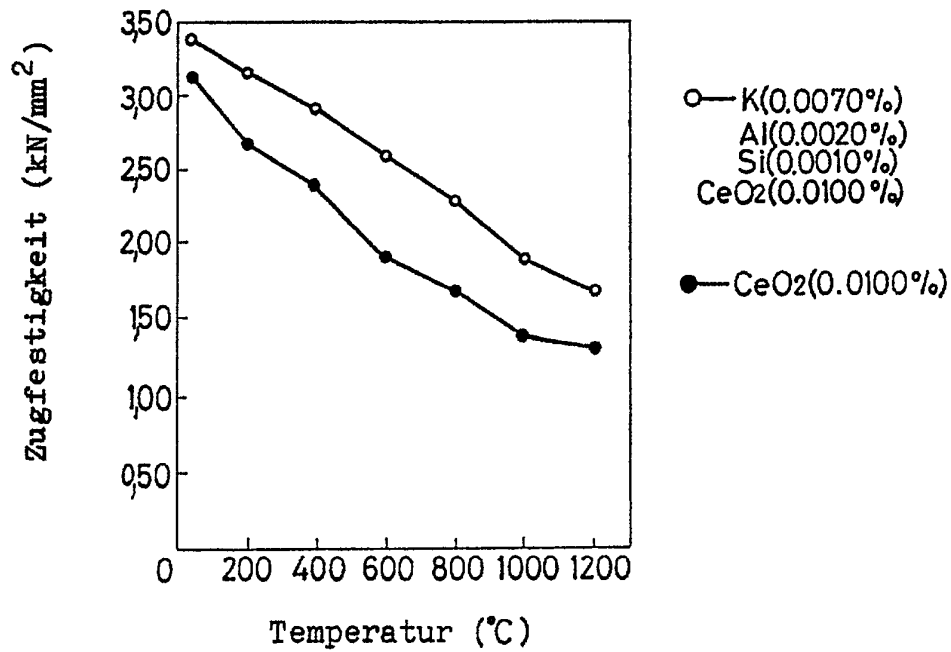


FIG.3

