



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 663 922 A5

⑤ Int. Cl.4: B 23 H 1/06

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

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 3370/84

㉓ Anmeldungsdatum: 11.07.1984

㉕ Priorität(en): 11.07.1983 JP 58-125715

㉗ Patent erteilt: 29.01.1988

㉙ Patentschrift  
veröffentlicht: 29.01.1988

㉚ Inhaber:  
Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha,  
Chiyoda-ku/Tokyo (JP)

㉛ Erfinder:  
Ito, Haruhiko, Nagoya-shi/Aichi (JP)  
Shibata, Yoshio, Nagoya-shi/Aichi (JP)  
Banzai, Masato, Nagoya-shi/Aichi (JP)

㉜ Vertreter:  
Bovard AG, Bern 25

⑤④ **Elektrode für Drahtschneide-Funkenerosion.**

⑤⑦ Die Drahtelektrode für Drahtschneide-Funkenerosion weist einen aus einem amorphen, reinen Metall oder einer amorphen Legierung hergestellten Kern und eine dünne, kristalline Oberflächenschicht auf. Der Draht kann auf seiner Oberfläche mit einer Schicht eines Materials mit hoher elektrischer Leitfähigkeit beschichtet werden.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Drahtelektrode für Drahtschneide-Funkenerosion, gekennzeichnet durch einen Draht, welcher einen aus einem amorphen, reinen Metall oder einer amorphen Legierung bestehenden Kern und eine dünne, kristalline Oberfläche um den Kern umfasst.

2. Drahtelektrode nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Draht in einen dünnen Draht gezogen ist.

3. Drahtelektrode nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern aus einem amorphen, reinen Metall besteht, und das Metall aus der Gruppe ausgewählt ist, welche Eisen, Aluminium, Magnesium, Kupfer, Kobalt und Niobium enthält.

4. Drahtelektrode nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern aus einer amorphen Legierung besteht, und die amorphe Legierung mindestens zwei der Metalle Eisen, Aluminium, Magnesium, Kupfer, Kobalt und Niobium enthält.

5. Drahtelektrode nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern aus einer amorphen Legierung besteht, und die amorphe Legierung hauptsächlich aus Eisen zusammengesetzt ist.

6. Drahtelektrode nach Patentanspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung eine Fe-Si-B-Legierung umfasst.

7. Drahtelektrode nach Patentanspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass 70–75% Fe, 10% Si und 15–20% B vorhanden sind.

8. Drahtelektrode nach Patentanspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung eine Fe-P-C-Legierung umfasst.

9. Drahtelektrode nach Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass 72–77,5% Fe, 12,5% P und 10% C vorhanden sind.

10. Drahtelektrode nach Patentanspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung weiter 0–5,5% Cr enthält.

11. Drahtelektrode nach Patentanspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung eine Fe-Co-Si-B-Legierung umfasst.

12. Drahtelektrode nach Patentanspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass 71% Fe, 4% Co, 10% Si und 15% B vorhanden sind.

13. Drahtelektrode nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern aus einer amorphen Legierung besteht, und die Legierung im wesentlichen aus Kupfer zusammengesetzt ist.

14. Drahtelektrode nach Patentanspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung eine Cu-Zr-Legierung umfasst.

15. Drahtelektrode nach Patentanspruch 14, gekennzeichnet durch 60% Cu und 40% Zr.

16. Drahtelektrode nach Patentanspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung eine Cu-Sn-P-Legierung umfasst.

17. Drahtelektrode nach Patentanspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass 70–80% Cu, 10–20% Sn und 0–10% P vorhanden sind.

18. Drahtelektrode nach Patentanspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung eine Cu-Zn-Ag-Legierung umfasst.

19. Drahtelektrode nach Patentanspruch 18, gekennzeichnet durch 65–70% Cu, 20–25% Zn und 5–15% Ag.

20. Drahtelektrode nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern aus einer amorphen Legierung besteht, und die Legierung hauptsächlich aus Kobalt zusammengesetzt ist.

21. Drahtelektrode nach Patentanspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung eine Co-Nb-B-Legierung umfasst.

22. Drahtelektrode nach Patentanspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung eine Co-Fe-Si-B-Legierung umfasst.

23. Drahtelektrode nach Patentanspruch 22, gekennzeichnet durch 67,5% Co, 5% Fe, 12,5% Si und 15% B.

24. Drahtelektrode nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der amorphe Kern durch sehr schnelles Abschrecken aus seinem geschmolzenen Zustand hergestellt wird.

25. Drahtelektrode nach Patentanspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern mit einem Betrag im Bereich von  $10^5$ – $10^6$  °C/sec. sehr schnell abgeschreckt wird.

26. Drahtelektrode nach Patentanspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass der amorphe Kern durch ein Spinnverfahren zur Bildung eines amorphen Drahtes in einem Wasserstrahl hergestellt wird.

27. Drahtelektrode nach Patentanspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass der amorphe Kern durch ein Spinnverfahren zur Bildung eines amorphen Drahtes in einer rotierenden Flüssigkeitsschicht hergestellt wird.

28. Drahtelektrode nach Patentanspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass der amorphe Kern durch ein Spinnverfahren zur Bildung eines amorphen, mit Glas beschichteten Drahtes hergestellt wird.

29. Drahtelektrode nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Draht auf seiner Oberfläche mit einem Metall beschichtet ist, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, welche Zink, Magnesium, Zinn, Blei, Aluminium, Kadmium und Legierungen davon umfasst.

30. Drahtelektrode nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie weiter eine Schicht aus einem Material mit einer hohen elektrischen Leitfähigkeit auf der Oberfläche des Drahtes umfasst.

31. Drahtelektrode nach Patentanspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass das Material mit einer hohen elektrischen Leitfähigkeit Kupfer oder Silber ist.

## BESCHREIBUNG

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Drahtelektrode zur Verwendung in einem Drahtschneide-Funkenerosionsverfahren.

Drahtelektroden für Drahtschneide-Funkenerosion liegen im allgemeinen in der Form eines Drahtes aus Kupfer, Messing, Wolfram oder ähnlichem vor und weisen einen Durchmesser in einem Bereich von 0,05–0,3 mm auf.

In Fig. 1 der beiliegenden Zeichnung ist dargestellt, wie Funkenerosion mit einer solchen Drahtelektrode durchgeführt wird. Die Drahtelektrode 1 ist gespannt und mit konstanter Geschwindigkeit in der Richtung des Pfeiles A zugeführt, währenddem sie in einer dem Werkstück 2 gegenüberstehenden Lage gehalten wird. Alsdann wird eine Bearbeitungslösung 3 in einer Richtung koaxial mit der Drahtelektrode 1 zugeführt, währenddem eine gepulste Spannung zwischen der Drahtelektrode 1 und dem Werkstück 2 eingepreßt wird. Eine elektrische Entladung wird nun wiederholt durch das Medium der Bearbeitungslösung 3 über einer schmalen Lücke zwischen der Drahtelektrode 1 und dem Werkstück 2 erzeugt, um einen erwünschten Materialbetrag des Werkstückes 2 zu schmelzen und wegzustreuen durch Wärmeenergie, die durch die elektrische Entladung erzeugt wird. Ein nicht dargestellter, mit dem Werkstück 2 gekoppelter XY-Kreuztisch wird numerisch gesteuert, um die gewünschte Re-

lativbewegung zwischen der Drahtelektrode 1 und dem Werkstück 2 zu erzielen, währenddem der Elektroden-Werkstück-Spalt jederzeit konstant gehalten und eine kontinuierliche elektrische Entladung sichergestellt wird.

Durch Wiederholung der elektrischen Entladung und Steuerung des XY-Kreuztisches in der oben beschriebenen Art kann eine Rille 4 kontinuierlich in das Werkstück 2 geschnitten werden, um das Werkstück 2 auf die gewünschte Kontur zu bearbeiten. Eine solche Funkenerosion wurde zum Ausstanzen und Schneiden von beispielsweise Prägestempeln verwendet.

Die Geschwindigkeit der Drahtschneidbearbeitung ist abhängig vom Grad der auf die Drahtelektrode 1 ausgeübten Spannung, wie in Fig. 2 gezeigt, wobei auf der Abszisse die Spannung T (g) und auf der Ordinate die Schneidgeschwindigkeit F (mm/min.) aufgetragen ist. In Fig. 2 ist eine charakteristische Kurve gezeigt, welche fortschreitend ansteigt, was bedeutet, dass die Schneidgeschwindigkeit mit steigender Spannung ansteigt. Es wurde bestätigt, dass wenn die Spannung erhöht wird, die Drahtelektrode 1 kleineren Vibrationen ausgesetzt ist, und der Elektroden-Werkstück-Spalt gleichförmiger gesteuert werden kann für stabilere Wiederholungen der elektrischen Entladungen, welche eine höhere Schneidgeschwindigkeit zur Folge haben.

Drahtelektroden aus beispielsweise Kupfer, Messing oder Stahl mit herkömmlicher kristalliner Struktur weisen eine Begrenzung der Zugfestigkeit auf, wobei es nicht möglich ist, eine höhere Geschwindigkeit durch eine Erhöhung in der Zugfestigkeit zu erzielen.

Wenn eine konventionelle Drahtelektrode 1 aus Kupfer, Messing oder Stahl während der Bearbeitung aufwärts oder abwärts in bezug auf das Werkstück, wie in Fig. 3 gezeigt, geführt wird, werden Teile der Drahtelektrode 1 oft gestreut und auf einem oberen oder unteren Ende einer in das Werkstück 2 geschnittenen Rille 4 abgelagert. Das abgelagerte Material 5 setzt sich hauptsächlich aus Kupfer oder Stahl zusammen, wobei festgestellt wurde, dass das Material hinter der Drahtelektrode 1 abgelagert wird, wenn sie in das Werkstück 2, wie in den Fig. 3A, 3B, 4A und 4B dargestellt, schneidet. Die Ablagerung 5 auf der bearbeiteten Oberfläche führt dazu, die Masshaltigkeit der geschnittenen Rille 4 zu beeinträchtigen. Eine solche abgelagerte Schicht 5 weist eine Dicke im Bereich von etwa 10–100 Mikron in Gebieten auf, wo eine hohe Bearbeitungsenergie angewandt wird. Wenn die Bearbeitungsenergie erhöht wird, so wird die geschnittene Rille 4 manchmal mit dem abgelagerten Material gefüllt, wie in der Fig. 4 dargestellt.

Dieses unerwünschte Phänomen hat verschiedene Unzulänglichkeiten zur Folge. Das bearbeitete Werkstück kann nicht von der Drahtelektrode entfernt werden. Während der Bearbeitung tritt die koaxial mit der Drahtelektrode 1 ausgestossene Bearbeitungsflüssigkeit 3 nicht in den Elektroden-Werkstück-Spalt ein, was eine gasförmige elektrische Entladung zur Folge hat, welche die Schneidgeschwindigkeit erniedrigt und die Gefahr in sich birgt, dass die Drahtelektrode 1 bricht. Die hauptsächlich aus Kupfer, Eisen oder ähnlichem bestehende Ablagerung 5 kann nur mit einer gefährlichen Chemikalie, wie z. B. rauchender Salpetersäure, entfernt werden, ein Vorgehen, welches lästig, zeitraubend und unsicher ist.

Aus diesen Gründen ist die Verwendung von konventionellen Drahtelektroden mit Schwierigkeiten verbunden und unbefriedigend.

Die vorliegende Erfindung wurde unter dem Gesichtspunkt obiger Nachteile herkömmlicher Elektroden gemacht.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Drahtelektrode mit hoher Zugfestigkeit zu schaffen welche keinen merklichen Betrag ihres Materials auf einem Werk-

stück ablagert, und mit welcher ein Werkstück bei erhöhter Geschwindigkeit und mit hoher Genauigkeit bearbeitet werden kann. Dies wird erfindungsgemäss erzielt durch einen Draht, der aus einem amorphen Metall oder einer amorphen Legierung hergestellt wird. Obschon ein amorphes Metall im allgemeinen eine niedrige elektrische Leitfähigkeit aufweist, kann der Draht nur an seiner Oberfläche kristallisiert sein, um die erniedrigte Leitfähigkeit zu kompensieren, wobei vermieden wird, dass die Zugfestigkeit des amorphen Metalldrahtes wesentlich reduziert wird. Wenn der amorphe Metalldraht nur aus einem Material auf Kupfer- oder Eisenbasis hergestellt ist, können Teile davon weggestreut und auf dem Werkstück während dem Bearbeitungsverfahren abgelagert werden. Durch Beschichtung seiner Oberfläche mit Zink, Magnesium, Zinn, Blei, Aluminium, Kadmium oder Legierungen davon wird der Drahtelektrode eine hohe Zugfestigkeit verliehen, wobei keine beträchtlichen Ablagerungen des Materials auf dem Werkstück erfolgen, und die Bearbeitung des Werkstückes mit erhöhter Geschwindigkeit und einer hohen Genauigkeit vorgenommen werden kann.

Es wurde ein dünner, amorpher Draht durch Abschrecken eines reinen Metalles oder einer Legierung in geschmolzenem Zustand durch ein Verfahren mit sehr schnellem Abschrecken, wie z. B. ein Spinnverfahren, hergestellt, um einen dünnen, amorphen Draht in einer rotierenden Flüssigkeitsschicht zu erzeugen. Die Abschreckgeschwindigkeit des Metalles oder der Legierung liegt vorzugsweise im Bereich von  $10^5 - 10^6$  °C/sec. Der erzeugte dünne, amorphe Draht kann direkt als Drahtelektrode verwendet werden oder weiter in eine Drahtelektrode gezogen werden. Es wurde gefunden, dass die resultierende Drahtelektrode eine Zugfestigkeit aufweist, die viel höher als diejenige herkömmlicher Drahtelektroden ist.

Im folgenden werden anhand der beiliegenden Zeichnung Ausführungsbeispiele der Erfindung sowie deren Verwendung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1A und 1B die schematische Darstellung der Drahtschneide-Funkenerosion unter Verwendung einer konventionellen Drahtelektrode,

Fig. 2 ein Diagramm, welches die Beziehung zwischen Drahtelektrodenspannung und Schneidgeschwindigkeit zeigt,

Fig. 3A, 3B, 4A und 4B die Art und Weise, wie das Material konventioneller Drahtelektroden auf den Oberflächen der zu bearbeitenden Werkstücke abgelagert wird,

Fig. 5A und 5B schematische Darstellungen einer Spinnvorrichtung, welche eine rotierende Flüssigkeitsschicht verwendet, um eine Drahtelektrode zu erzeugen,

Fig. 6A und 6B zeigen schematische Darstellungen anderer Spinnvorrichtungen zur Erzeugung einer mit Glas geschichteten Drahtelektrode.

Fig. 7 ein Diagramm, welches die Spannungs/Dehnungs-Beziehungen eines amorphen Drahtes und eines Klavierdrahtes zeigt und

Fig. 8 und 9 Querschnitte von Drahtelektroden.

Die Fig. 5A und 5B zeigen schematisch eine Spinnvorrichtung zur Bildung eines amorphen Drahtes in einer rotierenden Flüssigkeitsschicht, wobei die Spinnvorrichtung im wesentlichen aus einem Heizofen, einer Ausstossvorrichtung zum Ausstossen von geschmolzenem Metall und einer Kühleinheit zur Kühlung einer rotierenden Trommel besteht. Die rotierende Trommel weist einen Innendurchmesser von 600 mm auf und bildet, wenn sie rotiert wird, eine einheitliche rotierende Wasserschicht an einer inneren Peripherie. Das geschmolzene Metall wird in derselben Weise ausgestossen wie ein amorphes Band gebildet wird, wird aber durch eine Düse mit einem kreisförmigen Querschnitt ausgestos-

sen. Mit dem Spinnverfahren wird kontinuierlich ein amorpher Draht geformt, welcher in Kühlwasser in der Trommel gespeichert wird, wobei der so fabrizierte amorphe Draht einen Durchmesser im Bereich von 100–200 Mikron für ein auf Eisen basierendes Metall aufweist.

Andere sehr schnelle Abschreckverfahren umfassen ein Spinnverfahren zur Bildung eines amorphen Drahtes in einem Wasserstrahl und ein Spinnverfahren zur Bildung eines mit Glas beschichteten, amorphen Drahtes, wie in den Fig. 6A und 6B gezeigt.

Amorphe Metalldrähte weisen im allgemeinen eine Zugfestigkeit auf, die 1,5- bis 3mal diejenige der Drähte aus kristallinem Metall betragen. Als Beispiel sind in Fig. 5 die Spannungs/Dehnungs-Kurven eines amorphen Metalldrahtes ( $\text{Fe}_{75}\text{Si}_{10}\text{B}_{15}$ ) (Kurve A) und eines konventionellen Klavierdrahtes (Kurve B) dargestellt.

Im allgemeinen weist ein metallisches Material, welches in eine amorphe Struktur umgewandelt wurde, einen erhöhten elektrischen Widerstand auf, wobei diese Tendenz speziell gross ist bei Übergangsmetallen. Diese Metalle werden deshalb nicht zur Verwendung als Drahtelektroden für Drahtschneide-Funkenerosion bevorzugt. Ein amorpher metallischer Draht mit einer dünnen kristallinen Oberflächenschicht kann die guten mechanischen Charakteristiken (erhöhte Zugfestigkeit), die durch den amorphen Aufbau erzielt werden, aufrecht erhalten, wobei die elektrische Leitfähigkeit des Drahtes erhöht wird.

Drahtelektroden können auch aus Kupfer oder einer Legierung auf Kupferbasis hergestellt werden. Wenn eine amorphe Drahtelektrode aus einem Metall auf Kupferbasis hergestellt wird, so wird ein Teil der Drahtelektrode zerstreut und auf einer bearbeiteten Oberfläche eines Werkstückes infolge der elektrischen Entladung abgelagert. Dies trifft auch für Drahtelektroden auf Stahlbasis zu, wobei die Tendenz grösser ist, wenn die Drahtoberfläche eine dünne kristalline Schicht ist.

Um zu verhindern, dass das Elektrodenmaterial gestreut und abgelagert wird, wird eine amorphe Drahtelektrode 6 (Fig. 8) auf ihrer Oberfläche mit einer Schicht 7 aus einem Metall mit einem niedrigen Schmelzpunkt, welches leicht verdampft werden kann, wie Zink, Magnesium, Zinn, Blei, Aluminium, Kadmium oder Legierungen davon, beschichtet. Die so hergestellte Drahtelektrode erzeugt im wesentlichen keine Ablagerungen auf dem Werkstück.

Die durch sehr schnelle Abschreckung von geschmolzenem Metall hergestellte amorph-metallische Drahtelektrode weist eine Zugfestigkeit auf, welche 1,5- bis 3mal höher ist als diejenige konventioneller kristallin-metallischer Drahtelektroden. Da die auf die amorph-metallische Drahtelektrode ausgeübte Spannung bei gegenwärtigen Bearbeitungsoperationen erhöht werden kann, kann die Bearbeitungsgeschwindigkeit erhöht und die Bearbeitungsgenauigkeit verbessert werden.

Um die inhärente niedrige elektrische Leitfähigkeit eines amorphen Metallmaterials zu erhöhen, wird die Oberfläche des amorphen Metalldrahtes durch eine Hochfrequenz-Heizvorrichtung erhitzt, um eine dünne Schicht auf der Oberfläche auszukristallisieren und dabei die gewünschte elektrische Leitfähigkeit zu erreichen. Die so erhaltene Drahtelektrode ist zweischichtig mit einem amorphen Drahtkern 6 und einer dünnen Oberflächenschicht 8, wie in Fig. 8 dargestellt. Die so erzeugte Drahtelektrode weist sowohl die erwünschte hohe Zugfestigkeit als auch die gewünschte hohe elektrische Leitfähigkeit auf. Die Oberfläche des amorphen Metalldrahtes kann auch durch ein Hochtemperaturbad, einen Laser oder einen Gasbrenner erhitzt werden.

Wenn die amorphe Metalldrahtelektrode hauptsächlich aus Kupfer hergestellt ist, so werden Teile der Drahtelektrode während der Bearbeitung auf dem Werkstück abgelagert. Um eine solche Ablagerung zu verhindern, kann die Oberfläche der Drahtelektrode mit einem Metall wie Zink, Magnesium, Zinn, Blei, Aluminium, Kadmium oder Legierungen derselben beschichtet werden. Die oberflächenbeschichtete Drahtelektrode erzeugt keine Ablagerung auf einem Werkstück, wobei das Werkstück mit erhöhter Bearbeitungsgenauigkeit und mit höherer Geschwindigkeit bearbeitet werden kann.

Die nachfolgende Tabelle zeigt einen Vergleich verschiedener Charakteristiken einer konventionellen Drahtelektrode aus Messing, welche mit einer Zink-Beschichtung von etwa 10 Mikron Dicke versehen ist, einer Drahtelektrode aus Messing und einer Drahtelektrode aus Kupfer, wobei die Charakteristiken beim Bearbeiten eines Werkstückes aus Stahl erhalten und als Prozentsatz in bezug auf Messing angegeben werden. Die Tabelle zeigt klar, dass die Zinkbeschichtung die unerwünschte Materialablagerung reduziert und die Bearbeitungsgeschwindigkeit erhöht. Der Vorteil der Beschichtung bleibt derselbe, wenn der Elektrodenkern ein amorpher Metalldraht ist.

Tabelle

Drahtelektrodenmaterial	Durchmesserdicke (mm)	Beschichtungs (Mikron)	Ablagerung	Zugfähigkeit	Bearbeitungsgeschwindigkeit
Messing	0,2	–	100	100	100
Kupfer	0,2	–	700	50	80
Zinkbeschichtetes Messing	0,2	10	5–8	75	180

60

Die amorphe Drahtelektrode gemäss der vorliegenden Erfindung mit einem Kern aus einem amorphen Metall und einer dünnen, kristallinen Oberflächenschicht kann aus irgendeinem Metall hergestellt werden, welches in einem amorphen Zustand vorliegt. Da die Drahtelektrode eine gute Leitfähigkeit aufweisen sollte, kann die amorphe Drahtelektrode

mit einem elektrisch leitenden Material beschichtet werden.

65

Metalle und Legierungen, welche verwendet werden können, um amorphe Drähte gemäss der Erfindung herzustellen, umfassen:

- 1. Reines Metall oder Legierungen aus reinem Metall;
- 2. Eisen, Aluminium, Magnesium, Kupfer, Kobalt, Niobium und Legierungen derselben;
- 3. Legierungen auf Eisenbasis (Legierungen, die hauptsächlich aus Eisen zusammengesetzt sind), Legierungen auf Kupferbasis (Legierungen, die hauptsächlich aus Kupfer zusammengesetzt sind) und Legierungen auf Kobaltbasis (Legierungen, die hauptsächlich aus Kobalt zusammengesetzt sind);

- 5 4. Fe-Si-B-Legierung  
Fe-P-C-Legierung (Fe-P-C-Cr-Legierung) und  
Fe-Co-Si-B-Legierung;
- 5 Cu-Zr-Legierung  
Cu-Sn-P-Legierung und  
Cu-Zn-Ag-Legierung;
- 10 Co-Nb-B-Legierung und  
Co-Fe-Si-B-Legierung;

5. Fe = 70-75%,	Si = 10%,	B = 15-20%,
Fe = 72-75%,	P = 12,5%,	C = 10% (Cr = 0-5,5%) und
Fe = 71%,	Co = 4%.	Si = 10%, B = 15%;
Cu = 60%,	Zr = 40%,	
Cu = 65-70%,	Zn = 20-25%,	Ag = 5-15% und
Cu = 70-80%,	Sn = 10-20%,	P = 0-10%;
Co = 67,5%,	Fe = 5%,	Si = 12,5%, B = 15%

Da die Drahtelektrode eine gute Leitfähigkeit aufweisen sollte, kann die amorphe Drahtelektrode mit einem elektrisch leitenden Material beschichtet werden.

Fig. 9 zeigt eine solche mehrschichtige amorphe Drahtelektrode mit einer amorphen Drahtelektrode 6, einer Schicht 8 eines elektrisch leitenden Materials, mit welchem die amorphe Drahtelektrode 6 beschichtet wurde, und einer Schicht 7 eines Metalles wie Zink, Magnesium, Blei, Aluminium, Cadmium oder Legierungen derselben, die auf die Schicht 8 aufgetragen wurde, um zu verhindern, dass Elektrodenmaterial gestreut und auf einem Werkstück abgelagert wird. Mit der mehrschichtigen, amorphen Drahtelektrode können Werkstücke mit einer erhöhten Bearbeitungsgenauigkeit und -geschwindigkeit bearbeitet werden.

Andere Vorteile der amorphen Drahtelektrode als die höhere Zugfestigkeit sind die folgenden:

Durch Zufügen eines passiven Filmelementes wie Cr, kann die Beständigkeit gegen Korrosion erhöht werden. Wenn eine Drahtelektrode aus einer amorphen Metallegierung ohne Oberflächenbeschichtung hergestellt ist, kann die fabrizierte Drahtelektrode in einem einfachen Verfahren ver-

packt werden. Gegenwärtig werden Drahtelektroden aus Messing hergestellt und vakuumverpackt. Die amorphen Drahtelektroden gemäss der Erfindung können jedoch leichter verpackt werden.

Im allgemeinen weisen amorphe Drahtelektroden ohne darauf gebildetem passivem Film eine Oberfläche auf, die chemisch hochaktiv ist. Durch Beschichtung einer solchen Elektrodenoberfläche mit Zn oder ähnlichem bildet sich eine starke und stabile Bindung zwischen der Elektrodenoberfläche und der Beschichtung, wobei die Oberfläche des Drahtes chemisch inaktiv und eine Vakuumverpackung unnötig wird.

Die Vorteile beim Herstellungsprozess sind die folgenden: Drahtelektroden können hergestellt werden, indem einfach geschmolzenes Metall ausgestossen und sehr schnell abgeschreckt wird. Es ist nicht notwendig, das konventionelle Drahtziehverfahren zu wiederholen, um einen dünnen Draht zu bilden. Entsprechend kann der Herstellungsprozess vereinfacht und die für die Herstellung einer Drahtelektrode notwendige Zeit gekürzt werden.

FIG. 1A

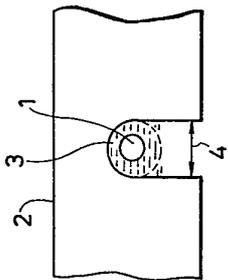


FIG. 1B

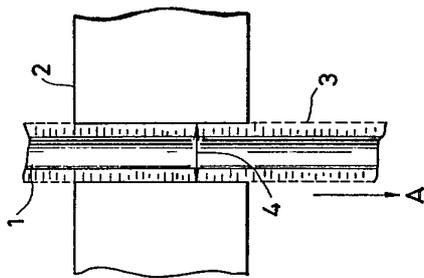


FIG. 3A

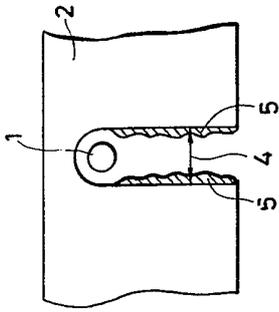


FIG. 3B

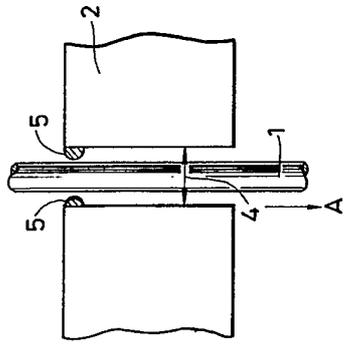


FIG. 4A

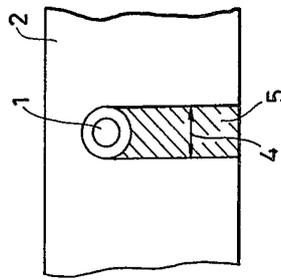


FIG. 4B

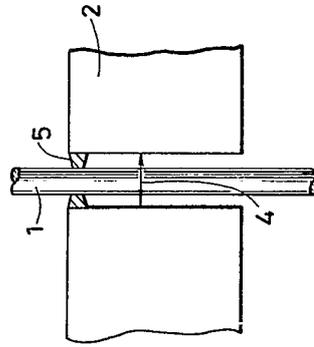


FIG. 2

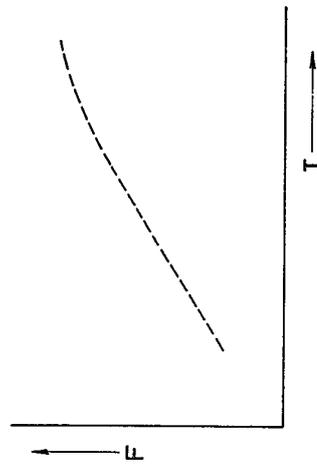


FIG. 5A

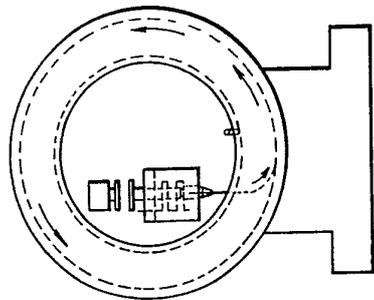


FIG. 5B

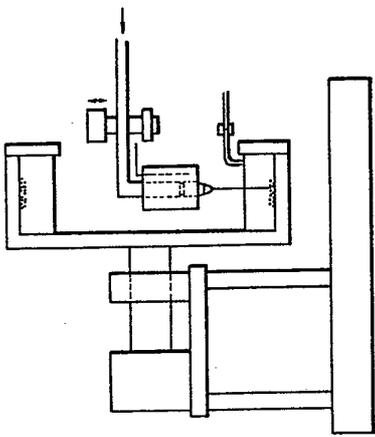


FIG. 6A

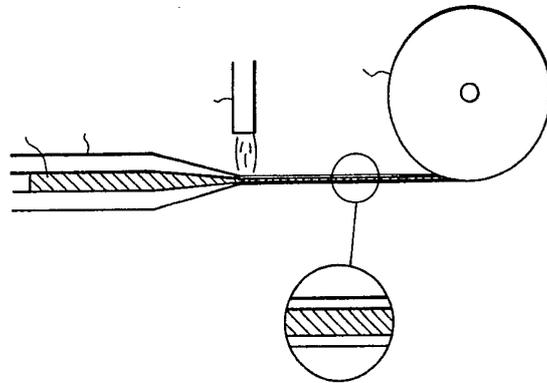


FIG. 6B

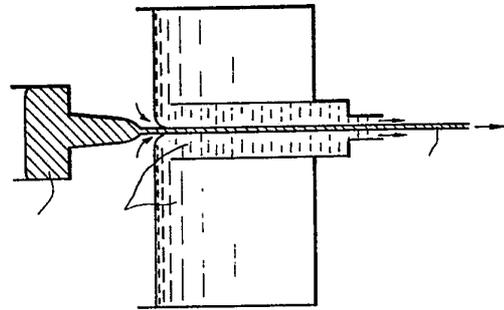


FIG. 7

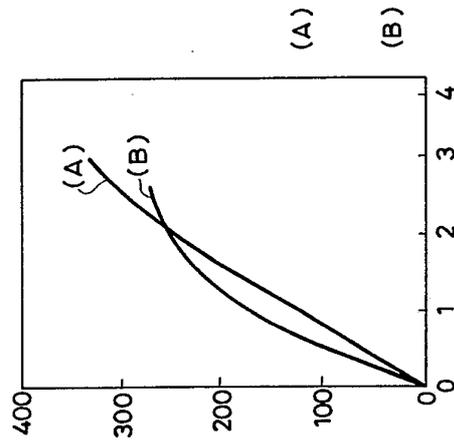


FIG. 8

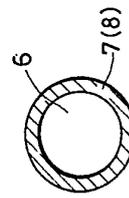


FIG. 9

