CH 693 703 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 693 703 A5

(51) Int. Cl.[7]: B 23 H 001/02

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

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 00109/98

(22) Anmeldungsdatum: 19.01.1998

(30) Priorität: 24.04.1997 JP 9-107829

(24) Patent erteilt: 31.12.2003

(45) Patentschrift veröffentlicht: 31.12.2003

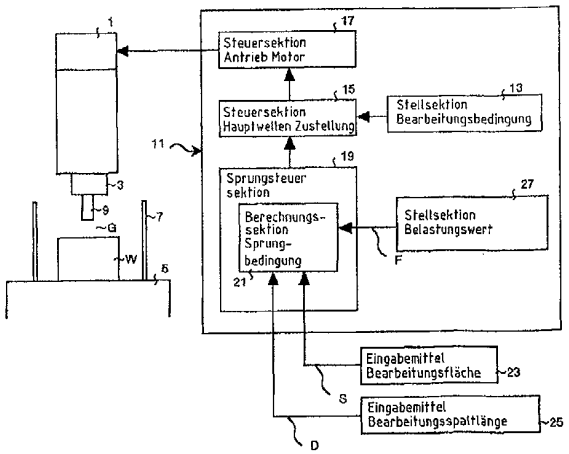
(73) Inhaber:
Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha
2–3, Marunouchi 2-chome
Chiyoda-ku/Tokyo (JP)

(72) Erfinder:
Atsushi Taneda
2–3, Marunochi 2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310 (JP)

(74) Vertreter:
Bovard AG, Patentanwälte, Optingenstrasse 16
3000 Bern 25 (CH)

(54) Funkenerosionsbearbeitungsmaschine.

(57) Eine Funkenerosionsbearbeitungsmaschine umfasst Eingabemittel (23) für eine Bearbeitungsfläche zur Eingabe einer Fläche, die durch Gegenüberstellung der Elektrode (9) und des Werkstücks (W) zu bearbeiten ist, Eingabemittel (25) für eine Bearbeitungsspaltlänge zur Eingabe einer Bearbeitungsspaltlänge durch Gegenüberstellen der Elektrode (9) und des Werkstücks (W) und Berechnungsmittel (21) für eine Sprungbedingung zur Berechnung einer Sprunggeschwindigkeit in einem Sprungvorgang zur Vergrösserung der Distanz zwischen der Elektrode (9) und dem Werkstück (W) von einem Wert, welcher eine vorbestimmte maschinenzulässige Belastung für die Funkenerosionsbearbeitungsmaschine bezeichnet, eine durch die Eingabemittel (23) eingegebene Bearbeitungsfläche und eine durch die Eingabemittel (25) eingegebene Bearbeitungsspaltlänge.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Funkenerosionsbearbeitungsmaschine zur Schmelzung und Abtragung eines Werkstücks in einer Bearbeitungsflüssigkeit durch Zuführung eines gepulsten Energiefeldes zu einem Spalt zwischen einer Elektrode und dem Werkstück, die beide in der Bearbeitungsflüssigkeit angeordnet sind.

Eine Funkenerosionsbearbeitungsmaschine schmilzt und trägt ein Werkstück in einer Bearbeitungsflüssigkeit durch Zuführung eines gepulsten Energiefeldes zwischen einer Elektrode und dem Werkstück ab, welche in der Bearbeitungsflüssigkeit angeordnet sind. Es ist eine bekannte Tatsache, dass wegen der Bearbeitung Pulver im Bearbeitungsspalt in der Erosionsbearbeitung erzeugt wird und, wenn das Pulver von der Bearbeitung nicht mit irgendeiner Methode entfernt wird, eine Isolierung und eine Repetition der elektrischen Entladung im Bearbeitungsspalt nicht in einem normalen Zustand gehalten werden kann, welches einen Entladungszustand bewirkt, in welchem die Funkenerosionsbearbeitung schlecht ausgeführt wird, sodass die Bearbeitungseffizienz gesenkt wird und der Zustand einer bearbeiteten Oberfläche verschlechtert wird.

Ein Verfahren zum Wegführen des durch die Bearbeitung entstandenen Pulvers schliesst Methoden wie Einspritzen von Bearbeitungsflüssigkeit, Ausblasen, Absaugen und so genannte Springverfahren mit ein, in welchem eine Elektrode intermittierend mit einer hohen Geschwindigkeit zu- und abgestellt wird, welches eine bekannte Methode ist, die zusätzlich zu den oben bekannten Methoden verwendet werden kann.

Im Falle der Bearbeitung eines Werkstücks, welches eine Form hat, bei welcher die Bearbeitungsflüssigkeit nicht als Einspritzen, Blasen oder Absaugen zum Wegführen des Pulvers physikalisch verwendbar ist, ist der Springvorgang der Elektrode die einzige Methode zur Wegführung des Pulvers, und aus diesem Grund wird dieser Vorgang im Allgemeinen als einer der anwendbaren Vorgänge hierfür betrachtet.

Fig. 5 ist eine Darstellung, welche ein Beispiel eines Springvorganges zeigt. In Fig. 5 bezeichnet das Zeichen J die Bewegungscharakteristik in Z-Achsenrichtung einer Elektrode (Wegcharakteristik des Springens), und das Zeichen P bezeichnet die Charakteristiken der Zeit der Funkenerosionsbearbeitung in einem Springvorgang. Es soll festgehalten werden, dass das Zeichen Pp eine Bearbeitungsperiode bezeichnet, während das Zeichen P1 eine Nichtbearbeitungsperiode (Leerlaufzeit) bezeichnet.

Sprungvorgänge schliessen eine Sprunghöhe (einen oberen Sprungwert) Jup, eine Sprungzeit Jt und eine untere Sprungzeit (Bearbeitungszeit) Jdown ein, und eine Wahl von diesen Parametern (Sprungbedingungen) ist ein extrem wichtiger Faktor für ein effizientes Wegbringen des Pulvers und verbessert die Bearbeitungsgeschwindigkeit.

Beispielsweise wächst ein oberer Sprungwert Jup auf eine genügend grosse Höhe, welche das Wegführen von Bearbeitungspulver aus einem tiefen Bearbeitungsloch erlaubt, im Fall, wo eine Bearbeitungstiefe grösser wird. Eine Sprunggeschwindigkeit Jup/Jt ist ein Faktor, welcher Wirkungen gibt über Reduktion der Zeit im Springen (Nichtbearbeitungszeit P1), welcher nichts beiträgt zur Bearbeitung, wie auch über die Effizienz der Pulverwegführung, die auf den Pumpeffekten des Springens basiert und welche auch grosse Effekte über die Bearbeitungsgeschwindigkeit gibt.

Wie oben beschrieben worden ist, werden eine Bearbeitungszeit, eine Bearbeitungsgeschwindigkeit und eine maximale Bearbeitungstiefe beeinflusst, abhängig von der Einstellung des oberen Sprungwertes, einer Sprungzeit, einer unteren Sprungzeit und einer Sprunggeschwindigkeit, wovon jeder ein Parameter für einen Sprungvorgang ist, nämlich abhängig von der Einstellung des Weges, der durch den Sprungvorgang gemacht wird, und aus diesem Grund ist der Vorgang zur Einstellung der Bedingungen für Sprungvorgänge sehr wichtig.

Im Allgemeinen wird durch Einstellen einer Sprunggeschwindigkeit und eines oberen Sprungwerts zur Erreichung des möglichen Maximums die Effizienz der Pulverwegführung höher, und aus diesem Grund werden die Bearbeitungseffizienz und die Bearbeitungsgeschwindigkeit verbessert.

Wie in Fig. 5 dargestellt ist, wird jedoch ein Bearbeitungsspalt beim Sprung erweitert, sodass ein Entladungsimpuls nicht erzeugt wird und die Bearbeitung nicht fortschreitet, da nämlich eine Leerlaufzeit P1 erzeugt wird und die Bearbeitungszeit äquivalent zu einer Bearbeitungsperiode Pp ist, in welcher kein Sprung stattfindet, sodass ein Wert der tatsächlichen Bearbeitungszeit in der gesamten Bearbeitungszeit reduziert wird, wenn der obere Sprungwert Jup höher wird, welches eine Reduktion der Bearbeitungsgeschwindigkeit zur Folge hat.

Der Sprungvorgang hat nämlich einen widersprechenden Faktor, sodass die Bearbeitungsgeschwindigkeit durch Vergrössern der Effizienz des Wegführens der Bearbeitungsflüssigkeit sowie durch Vergrössern des Wertes der unteren Sprungzeit (Zeit der Bearbeitung) Ju so viel wie möglich in der ganzen Bearbeitungszeit verbessert wird.

Eine der Methoden zur Lösung dieses Widerspruchs ist, wie in Fig. 6 dargestellt, ist, die Zeit Jt zu reduzieren, die für einen Sprung benötigt wird, indem die Sprunggeschwindigkeit V (V = Jup/Jt) so gross als möglich gemacht wird, wobei jedoch, wenn die Sprunggeschwindigkeit V heraufgesetzt wird, die Belastung auf die mechanische Struktur der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine grösser wird, welches schlechte Einflüsse bewirkt wie das Auftreten von mechanischen Vibrationen oder eine Reduktion der mechanischen Präzision. Aus diesem Grund tritt manchmal der Fall auf, bei welchem eine Sprunggeschwindigkeit nicht leicht erhöht werden kann. Insbesondere in einem Fall, wo ein Bereich, der bearbeitet werden soll, gross ist, ist es bekannt, dass ein negativer Druck in einem Bearbeitungsspalt erzeugt wird, infolge einer Verzögerung beim Absaugen einer Bearbeitungsflüssigkeit, wenn eine Elektrode hochgezogen wird, sodass die Elektrode nicht leicht gehalten werden kann.

Eine Reaktionskraft, die entsteht, wenn eine benachbarte ebene Form (Elektrode) aus einer Flüssigkeit (Bearbeitungsflüssigkeit) gezogen wird, ist durch

den Ausdruck (1) beschrieben. Darin ist F eine Bearbeitungsreaktionskraft, die durch den Sprungvorgang erzeugt wird, k: eine proportionale Konstante, S: eine Bearbeitungsfläche, V: eine Sprunggeschwindigkeit und D: ein Bearbeitungsspalt.

$$F = k \cdot S^2 \cdot (V:D^3) \quad (1)$$

Die Kraft, die nämlich in einem Bearbeitungsspalt in einer Anfangsstufe des Sprungvorganges erzeugt wird, ist proportional zum Quadrat der Bearbeitungsfläche S und ist umgekehrt proportional zur dritten Potenz des Bearbeitungsspaltes D. Aus diesem Grund wird die Bearbeitungsreaktionskraft F extrem gross bei der Bearbeitung von grossen Flächen, insbesondere in einem Vorgang der Endbearbeitung.

Allgemein wird, wenn eine grosse Fläche bearbeitet wird, und da die Bearbeitungsreaktionskraft F entsprechend dem Ausdruck (1) proportional zu der Sprunggeschwindigkeit V ist, die Sprunggeschwindigkeit V auf einen tieferen Wert gesetzt, um nicht eine Reduktion der Präzision hervorzurufen, herrührend von einer übermässig auf die Maschine wirkenden Belastung. Aus dem Ausdruck (1) wird verständlich, dass die Bearbeitungsreaktionskraft (F) proportional zum Quadrat der Fläche aus dem Ausdruck (1) wird, wenn eine zu bearbeitende Fläche verdoppelt wird, dass die Sprunggeschwindigkeit V auf einen Viertel reduziert werden muss. Aus diesem Grund wird eine benötigte Zeit zum Sprung stark erhöht, was bewirkt, dass die Bearbeitungsgeschwindigkeit reduziert wird.

Fig. 7 zeigt die Sprungvorgänge in einem Fall, wo die Sprunggeschwindigkeit reduziert worden ist. Wenn die Sprunggeschwindigkeit reduziert wird, wird ein Teil der Zeitperiode der Bearbeitung Pp in der gesamten Zeit der Bearbeitungsperiode reduziert, und auch die Bearbeitungsgeschwindigkeit wird durch den gleichen Teil reduziert.

Zur Vermeidung des oben beschriebenen Phänomens wird manchmal eine Methode zum Beschleunigen einer Sprunggeschwindigkeit eingesetzt, indem die Tatsache verwendet wird, dass ein Bearbeitungsspalt D vergrössert wird und auch die Bearbeitungsreaktionskraft F durch Springen reduziert wird.

Die Sprunggeschwindigkeit V wird nämlich geändert, sodass der Wert (V/D^3) im Ausdruck (1) konstant ist.

Mit dieser Methode führt das Verhältnis der Bearbeitungsfläche S nicht immer zu einer Vergrösserung einer Sprunggeschwindigkeit V, wie sie ist, und aus diesem Grund kann ferner eine verlangte Zeit zum Springen optimiert werden.

Fig. 8 ist eine Darstellung, welche die Vorgänge bezüglich der Methode zeigt, und eine hinaufführende Randsektion Jacc sowie eine fallende Randsektion Jred von jedem der Sprungvorgänge werden bezüglich der Bearbeitungsspaltlänge beschleunigt oder gebremst. In diesem Fall ist der Bearbeitungsspalt während des unteren Sprungwertes als Ddown angegeben.

Fig. 9 zeigt die Charakteristiken in einem Falle, wo der Bearbeitungsspalt Ddown während des unteren Sprungwertes in der gleichen Methode schmaler wird. Wenn der Bearbeitungsspalt D im Ausdruck (1) kleiner wird als Ddown, werden beschleunigte/gebremste Geschwindigkeiten in der ansteigenden Randsektion Jacc sowie in der fallenden Randsektion Jred in den Sprungvorgängen kleiner gemacht. Selbst in einem Falle, wo eine zu bearbeitende Fläche S gross ist, kann eine Belastung auf die Maschine auch durch Wechseln der beschleunigten/gebremsten Geschwindigkeiten unterdrückt werden.

Es sollte beachtet werden, dass eine Bearbeitungsgeschwindigkeit im Weg für Beschleunigung oder Abbremsung theoretisch proportional zu der dritten Potenz des Bearbeitungsspaltes D erhalten wird, jedoch kann der gleiche Effekt auch erhalten werden, durch Annäherung an andere mit Hochgeschwindigkeit berechenbare Pfade in Anbetracht einer Rechendurchführung innerhalb einer numerischen Steuereinheit.

Jedoch wird noch verlangt, eine Konstante für eine Sprunggeschwindigkeit V bezüglich einer zu bearbeitenden Fläche S zu bestimmen, sodass es erforderlich ist, eine Sprunggeschwindigkeit V bezüglich der zu bearbeitenden Fläche S neu zu fassen.

Im Allgemeinen ist diese Änderung eines der Elemente der Bearbeitungsbedingungen, sodass sie wählbar ist als eine der Bearbeitungsbedingungen. Eine Sprunggeschwindigkeit wird nämlich bezüglich des Bearbeitungsinhaltes gewählt, aber es ist nicht immer einfach, eine Bearbeitungsreaktionskraft F oder eine Belastung auf die Maschine bezüglich der Bearbeitungsfläche S genau abzuschätzen, sowie bezüglich der Bearbeitungsspaltlänge (Bearbeitungsspalt D), und eine optimale Sprunggeschwindigkeit zu wählen. Insbesondere wenn eine grosse Fläche bearbeitet werden muss, ist es nicht einfach, die Sprungbedingung zu optimieren und die Bearbeitungsgeschwindigkeit zu verbessern.

Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine benutzerfreundliche Funkenerosionsbearbeitungsmaschine zu erhalten, welche in optimaler Weise Sprungbedingungen einstellen kann und die Bearbeitungsgeschwindigkeit verbessern kann, ohne einen Benutzer dazu zu zwingen, irgendwelche Einstellvorgänge vornehmen zu müssen.

Dieses Ziel wird erfindungsgemäss durch die Merkmale des Anspruchs 1 erreicht.

In der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine gemäss der Erfindung, wenn eine Bearbeitungsfläche durch die Bearbeitungsflächeeingabemittel sowie eine Bearbeitungsspaltlänge durch die Bearbeitungsspaltlängeeingabemittel eingegeben werden, berechnen die Berechnungsmittel der Sprungbedingung eine optimale Sprunggeschwindigkeit von einem Wert, welcher eine vorbestimmte für die Maschine erlaubte Belastung für die Funkenerosionsbearbeitungsmaschine bezeichnet, eine Bearbeitungsfläche, die durch die Arbeitsflächeeingabemittel eingegeben wird, und eine Bearbeitungsspaltlänge, die durch die Bearbeitungsspaltlängeeingabemittel eingegeben wird.

In der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine gemäss der Erfindung berechnen die Berechnungsmittel für die Bearbeitungsfläche eine zu bearbeitende Fläche gemäss den Bedingungen der Funkenerosionsbearbeitung, die Berechnungsmittel für die Bearbeitungsspaltlänge berechnen eine Bearbeitungsspaltlänge gemäss den Bedingungen für die Funkenerosionsbearbeitung, und die Berechnungsmittel für

die Sprungbedingung berechnen eine optimale Sprunggeschwindigkeit von einem Wert, der eine vorbestimmte, für die Maschine erlaubte Belastung für die Funkenerosionsbearbeitungsmaschine anzeigt, eine Bearbeitungsfläche, berechnet durch die Berechnungsmittel für die Bearbeitungsfläche und einen Bearbeitungsspaltlänge, berechnet durch die Berechnungsmittel für die Bearbeitungsspaltlänge.

In der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine gemäss der obigen Erfindung berechnen die Berechnungsmittel für die Bearbeitungsfläche eine Bearbeitungsfläche bezüglich eines Verhältnisses zwischen einer vorgesehenen Geschwindigkeit der Bearbeitung und einer Entladungspulsfrequenz, die der Bearbeitung zugeordnet sind.

In der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine gemäss der obigen Erfindung berechnen die Berechnungsmittel der Bearbeitungsspaltlänge eine Bearbeitungsspaltlänge bezüglich eines Stromwertes eines Bearbeitungsstrompulses sowie einer Spannung, die an den Bearbeitungsspalt angelegt wird.

In der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine bezüglich der obigen Erfindung überwachen die Überwachungsmittel der Antriebslast eine Antriebslast für einen Stellantrieb einer Welle, und die Berechnungsmittel der Sprungbedingung korrigieren eine Sprunggeschwindigkeit bezüglich der Antriebslast, überwacht durch die Überwachungsmittel der Antriebslast.

Ausführungen dieser Erfindung werden verständlich durch die folgende Beschreibung mit Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung.

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, welches die Ausführungsform 1 der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine bezüglich der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm, welches die Ausführungsform 2 der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine gemäss der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 3 ist eine grafische Darstellung, welche eine Beziehung zwischen einem Geschwindigkeitsverlauf im Prozess, einer Entladungspulsfrequenz, die der Bearbeitung zugeteilt ist und einer Bearbeitungsfläche zeigt;

Fig. 4 ist ein Blockdiagramm, welches die Ausführungsform 3 der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine gemäss der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 5 ist eine Darstellung des Ablaufs, welche einen Sprungweg und die Zeitcharakteristik einer Funkenerosionsbearbeitung in einem Sprungvorgang im konventionellen Typ einer Funkenerosionsbearbeitungsmaschine zeigt;

Fig. 6 ist eine Darstellung eines Ablaufs, welche einen Sprungpfad bzw. die Zeitcharakteristiken der Funkenerosionsbearbeitung in einem Sprungvorgang im Falle des Ansteigens der Sprunggeschwindigkeit im konventionellen Typ der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine zeigt;

Fig. 7 ist eine Darstellung eines Vorgangs, welche einen Sprungpfad bzw. Zeitcharakteristiken einer Funkenerosionsbearbeitung in einem Sprungvorgang im Falle der Reduktion der Sprunggeschwindigkeit im konventionellen Typ der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine zeigt;

Fig. 8 ist eine Darstellung eines Vorgangs, welcher einen Sprungpfad bzw. Zeitcharakteristiken einer Funkenerosionsbearbeitung in einem Sprungvorgang, basierend auf einem System, in welchem die Sprunggeschwindigkeit bezüglich eines Bearbeitungsspaltes (wenn der Bearbeitungsspalt gross ist) geändert wird, zeigt; und

Fig. 9 ist eine Darstellung eines Vorgangs, welche einen Sprungpfad bzw. Zeitcharakteristiken einer Funkenerosionsbearbeitung in einem Sprungvorgang, basierend auf einem System, in welchem die Sprunggeschwindigkeit bezüglich eines Bearbeitungsspaltes (wenn der Bearbeitungsspalt eng ist) geändert wird, zeigt.

Eine detaillierte Beschreibung wird für Ausführungsformen der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine gemäss der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die entsprechenden Zeichnungen gemacht.

Fig. 1 zeigt die Ausführungsform 1 der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine gemäss der vorliegenden Erfindung.

Die Funkenerosionsbearbeitungsmaschine hat eine Hauptwelle 3, welche durch einen Motor 1 in Z-Achsenrichtung angetrieben ist, und einen Bearbeitungsbehälter 7, der auf einem Arbeitstisch 5 angeordnet ist, eine Elektrode 9, die an der Hauptwelle 3 befestigt ist, und eine Bearbeitungsflüssigkeit, welche sich im Bearbeitungsbehälter 7 befindet, und ein Werkstück W, das darin angeordnet ist.

Die Elektrode 9 und das Werkstück W sind in einer einander gegenüberliegenden Position mit einem Bearbeitungsspalt G in der Bearbeitungsflüssigkeit angeordnet, und das Werkstück W wird geschmolzen und abgetragen durch das Zuführen eines gepulsten Energiefeldes von einer Energiequelle, die in der Figur nicht gezeigt ist, zu einem Spalt zwischen der Elektrode 9 und dem Werkstück W.

Der Motor 1 wird durch eine numerische Steuereinheit 11 angetrieben und gesteuert. Die numerische Steuereinheit 11 umfasst einen Stellbereich 13 für die Bearbeitungsbedingung zum Einstellen der Bearbeitungsbedingungen entsprechend einem Bearbeitungsprogramm oder Ähnlichem, eine Steuersektion 15 für die Hauptwellenzustellung zur Steuerung der Z-Achse entsprechend den Bearbeitungsbedingungen, die durch die Stellsektion 13 für die Bearbeitungsbedingung eingestellt sind, eine Steuersektion 17 für den Motorantrieb zum Antreiben und Steuern des Motors 1 und eine Sprungsteuersektion 19.

Die Sprungsteuersektion 19 hat eine Berechnungssektion 21 für die Sprungbedingung, und beide haben Eingabemittel 23 einer Bearbeitungsfläche zur Eingabe einer Fläche S, der bearbeitet wird, indem die Elektrode 9 und das Werkstück W einander gegenübergestellt werden, und Eingabemittel 25 für eine Bearbeitungsspaltlänge zur Eingabe einer Bearbeitungsspaltlänge D, die mit den Berechnungsmitteln 21 für die Sprungbedingung verbunden sind.

Die Eingabemittel 23 für die Bearbeitungsfläche und die Eingabemittel 25 für die Bearbeitungsspaltlänge sind praktisch durch einen Eingabebildschirm in der numerischen Steuereinheit gegeben, und eine Bearbeitungsfläche S wie auch eine Bearbeitungsspaltlänge D werden durch einen Anwender (Operator) eingegeben, bevor die Bearbeitung gestartet wird.

Die Berechnungssektion 21 der Sprungbedingung berechnet eine Sprunggeschwindigkeit V in Sprungvorgängen zur Vergrösserung der Distanz zwischen der Elektrode 9 und dem Werkstück W entsprechend dem unten beschriebenen Ausdruck (2) von einem Wert F, der eine vorgegebene für die Maschine erlaubte Belastung für die Funkenerosionsbearbeitungsmaschine bezeichnet, voreingestellt in einer Einstellsektion 27 für den maschinenzulässigen Belastungswert, eine Bearbeitungsfläche S, eingegeben durch die Eingabemittel 23 für die Bearbeitungsfläche und eine Bearbeitungsspaltlänge D, eingegeben durch die Eingabemittel 25 für die Bearbeitungsspaltlänge, und setzt auch einen oberen Sprungwert Jup und einen unteren Sprungwert Jdown.

$$V = F \cdot D^3 / k \cdot S^2 \quad (2)$$

Darin bezeichnet k eine proportionale Konstante, und ein vorgängig durch Experimente gemessener Wert kann in die Konstante eingesetzt werden. Ein für die Maschine erlaubbarer Belastungswert F ist ein fester Wert, bestimmt entsprechend der mechanischen Struktur.

Mit dieser Eigenschaft, durch Eingabe einer Bearbeitungsfläche und einer Bearbeitungsspaltlänge D in die numerische Wertsteuereinheit 11, wird automatisch eine optimale Sprunggeschwindigkeit V berechnet und durch die Berechnungssektion 21 der Sprungbedingung in die numerische Wertsteuereinheit 11 eingegeben.

Ein Muster eines Sprungpfades, basierend auf dieser Sprunggeschwindigkeit V, wird in der numerischen Wertsteuereinheit 11 berechnet, und der Sprungvorgang wird ausgeführt.

Durch das Erhalten einer Sprunggeschwindigkeit gemäss obiger Beschreibung kann eine Sprunggeschwindigkeit bestimmt werden, welche die beste Verwendung eines für die Maschine erlaubbaren Belastungswertes F ausmacht, und eine Bearbeitungsgeschwindigkeit kann durch Herabsetzen der Leerlaufzeit auf einen minimalen Wert während des Sprunges optimiert werden.

Fig. 2 zeigt die Ausführungsform 2 der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine gemäss der vorliegenden Erfindung. Es soll festgehalten werden, dass in Fig. 2 die gleichen Bezugszeichen den gleichen Sektionen zugeteilt sind, entsprechend zu denjenigen in Fig. 1 und auf eine Beschreibung davon wird hier verzichtet.

In dieser Ausführungsform hat die numerische Wertsteuereinheit 11 Berechnungsmittel 29 für eine Bearbeitungsfläche zum Berechnen eines zu bearbeitende Fläche S durch Gegenüberstellen der Elektrode 9 und des Werkstückes W entsprechend den Funkenerosionsbearbeitungsbedingungen, und Berechnungsmittel 31 für eine Bearbeitungsspaltlänge zum Berechnen einer Bearbeitungsspaltlänge D, wodurch durch Gegenüberstellen der Elektrode 9 und des Werkstückes W entsprechend den Funkenerosionsbearbeitungsbedingungen gearbeitet wird.

Eine Verfahrensgeschwindigkeit ΔZ der Bearbeitung und eine gepulste Entladungsfrequenz fp, die der Bearbeitung beigeordnet sind, sind bekannt, um in einer proportionalen Beziehung zu sein, wie in Fig. 3 dargestellt ist. Der Entladeimpuls, der der Bearbeitung beigeordnet ist, kann durch Überwachung eines Impulses berechnet werden, der der Bearbeitung nicht beigeordnet ist, wie ein Kurzschluss, von der Anzahl von erzeugten Entladeimpulsen, wobei die Anzahl davon zu subtrahieren ist. Eine Funktion zur Klassifizierung von Entladeimpulsen in Klassen, abhängig von einem Beiordnungsgrad zur Bearbeitung und zu deren Überwachung, ist vorgesehen, in den meisten Fällen in einer Impulssteuersektion eines vorgängigen Typs von Funkenerosionsbearbeitungsmaschinen, und die Anzahl von Entladeimpulsen, die der Bearbeitung beigeordnet sind, kann gezählt werden durch die Anwendung der Funktion.

Eine Beziehung von einem Verhältnis zwischen der Prozessgeschwindigkeit ΔZ der Bearbeitung und einer gepulsten Entladefrequenz fp, die der Bearbeitung mit einer Bearbeitungsfläche S in gewissen Funkenerosionsbearbeitungsbedingungen beigeordnet ist, ist bekannt, um in einer proportionalen Beziehung zu sein, sodass eine Bearbeitungsfläche S durch vorgängiges Messen in Experimenten berechnet werden kann. In einem Fall nämlich, wo eine zu bearbeitende Fläche S klein ist, wird die Prozessgeschwindigkeit Z der Bearbeitung höher, wie durch das Zeichen Ls in Fig. 3 in Beziehung mit der gepulsten Entladungsfrequenz fp in Fig. 3 dargestellt ist, die der Bearbeitung beigeordnet sind. Umgekehrt wird in einem Fall, wo eine zu bearbeitende Fläche gross ist, die Prozessgeschwindigkeit tiefer, wie durch die Zeichen Lm und L1 angegeben ist.

Mit dieser Eigenschaft berechnen die Berechnungsmittel für den Bearbeitungsbereich eine Bearbeitungsfläche S bezüglich des Verhältnisses zwischen der Prozessgeschwindigkeit ΔZ der Bearbeitung und der gepulsten Entladefrequenz fp, die der Bearbeitung beigeordnet ist, mit Bezug auf die Angaben, dargestellt in Fig. 3.

Erforderliche Bedingungen zum Bestimmen einer Bearbeitungsspaltlänge D sind solche Bearbeitungsbedingungen wie ein Stromwert eines Bearbeitungsstromimpulses und einer Spaltspannung. Eine Bearbeitungsspaltlänge wird nämlich grösser, wenn die Energie des Stromimpulses grösser ist oder eine Spannung, die an den Bearbeitungsspalt angelegt ist, höher ist. Sowohl der Stromimpuls und die Spaltspannung sind wählbare Parameter, die als gewöhnliche Bearbeitungsbedingungen zu setzen sind. Eine Spaltlänge kann nämlich durch Bestimmung der Bearbeitungsbedingungen bestimmt sein, sodass es möglich wird, automatisch eine Bearbeitungsspaltlänge festzulegen, indem Daten für Bearbeitungsbedingungen verwendet werden, selbst wenn der Benutzer keine Anstrengungen unternimmt, darin die Spaltlänge einzugeben.

Mit dieser Eigenschaft berechnen die Berechnungsmittel 31 für Bearbeitungsspaltlängen eine Bearbeitungsspaltlänge D entsprechend einem Stromwert eines Bearbeitungsstromimpulses sowie einer Spannung, die an einem Bearbeitungsspalt angelegt ist.

Die Berechnungssektion 21 für die Sprungbedingung berechnet eine Sprunggeschwindigkeit V in Sprungvorgängen zur Vergrösserung der Distanz zwischen der Elektrode 9 und dem Werkstück W entsprechend dem Ausdruck (2), wie in einem Fall im Ausführungsbeispiel 1, von einem Wert F, der eine

maschinenerlaubbare Belastung für die Funkenerosionsbearbeitungsmaschine anzeigt, voreingegeben in eine Stellsektion 27 für einen maschinenerlaubbaren Belastungswert, eine Bearbeitungsfläche S, berechnet durch die Berechnungsmittel 29 der Bearbeitungsfläche und eine Bearbeitungslänge D, berechnet durch die Berechnungsmittel 31 der Bearbeitungsspaltlänge, und legt auch einen oberen Sprungwert Jup und einen unteren Sprungwert Jdown fest.

Mit diesen Vorgängen kann eine Sprunggeschwindigkeit, für die beste Anwendung eines maschinenerlaubbaren Belastungswertes festgelegt werden, und eine Bearbeitungsgeschwindigkeit kann auf einen minimalen Wert optimiert werden durch Unterdrückung der Leerlaufzeit während des Aufsprunges, und zusätzlich ist es nicht erforderlich, eine Bearbeitungsfläche S wie auch eine Bearbeitungsspaltlänge D einzugeben, sodass ein Anwender die Zeit und Aufwendung, die die Eingabe dieser Daten erfordert, weglassen kann.

Die Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform 3 der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine gemäss der vorliegenden Erfindung. Es soll festgehalten werden, dass in Fig. 4 die gleichen Bezugszeichen für die gleichen Sektionen angegeben sind, entsprechend denjenigen in Fig. 1, und eine Beschreibung davon wird hier weggelassen.

In dieser Ausführungsform ist ein Stellantrieb zum Antrieb einer Welle in der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine angeordnet, nämlich eine Überwachungssektion 33 der Antriebslast zur Überwachung einer Antriebslast des Motors 1. Die Berechnungssektion 21 für die Sprungbedingung gibt eine Antriebslast ein, überwacht durch die Überwachungssektion 33 für die Antriebslast, und korrigiert eine berechnete Sprunggeschwindigkeit V. Die Korrektur kann ausgeführt werden durch Addieren oder Subtrahieren einer Proportionalitätskonstanten k im Berechnungsausdruck (2) der Sprunggeschwindigkeit, sodass eine Differenz zwischen der Antriebslast (aktueller Lastwert) F', überwacht durch die Überwachungssektion 33 der Antriebslast, und dem maschinenerlaubbaren Belastungswert F Null wird.

Mit dieser Eigenschaft kann der aktuelle Lastwert zur Steuerung zurückgeführt werden, sodass es möglich ist, eine Sprunggeschwindigkeit V zu jeder Zeit auf den höchsten Wert ansteigen zu lassen und die Bearbeitungseffizienz zu maximieren sowie die Bearbeitungsgeschwindigkeit innerhalb eines maschinenerlaubbaren Lastwertes zu halten.

Dementsprechend kann eine Sprunggeschwindigkeit V optimal bezüglich einer Abweichung in einer Bearbeitungsfläche S, berechnet durch die Berechnungsmittel 29 der Bearbeitungsfläche zur Berechnung einer Bearbeitungsfläche S, einer Abweichung in einer Bearbeitungsspaltlänge D, berechnet durch die Berechnungsmittel 31 für die Bearbeitungsspaltlänge, bestimmt werden zur Veränderung einer proportionalen Sprunggeschwindigkeitskonstanten k vom optimalen Wert, selbst wenn irgendein Fehler, sei dies in der Berechnung der Sprunggeschwindigkeit, geschehen wird.

Es soll festgehalten werden, dass die Ausführungsform 3 durch Kombination mit der Ausführungsform 1 ausgeführt werden kann.

Wie der obigen Beschreibung entnehmbar ist, wird mit der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine gemäss der Erfindung, nur wenn ein Bearbeitungsfläche durch die Bearbeitungsflächeeingabemittel sowie eine Bearbeitungsspaltlänge durch die Bearbeitungsspaltlängeeingabemittel eingegeben werden, durch die Berechnungsmittel der Sprungbedingung eine Sprunggeschwindigkeit von einem Wert, welcher eine vorbestimmte für die Maschine erlaubte Belastung für die Funkenerosionsbearbeitungsmaschine bezeichnet, eine Bearbeitungsfläche, die durch die Arbeitsflächeeingabemittel eingegeben wird, und eine Bearbeitungsspaltlänge, die durch die Bearbeitungsspaltlängeeingabemittel eingegeben werden, berechnet, sodass eine optimale Sprunggeschwindigkeit für eine für die Maschine erlaubte Belastung gesetzt werden kann, welches es ermöglicht, die Bearbeitungseffizienz zu verbessern und die Bearbeitungsgeschwindigkeit zu vergrössern.

Mit der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine gemäss einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung berechnen die Berechnungsmittel für die Bearbeitungsfläche eine zu bearbeitende Fläche gemäss der Bedingungen der Funktionsbearbeitung, die Berechnungsmittel für die Bearbeitungsspaltlänge berechnen eine Bearbeitungsspaltlänge gemäss den Bedingungen für die Funkenerosionsbearbeitung, und die Berechnungsmittel für die Sprungbedingung berechnen eine Sprunggeschwindigkeit von einem Wert, der eine vorbestimmte, für die Maschine erlaubte Belastung für die Funkenerosionsbearbeitungsmaschine anzeigt, eine Bearbeitungsfläche, berechnet durch die Berechnungsmittel für die Bearbeitungsfläche, und eine Bearbeitungsspaltlänge, berechnet durch die Berechnungsmittel für die Bearbeitungsspaltlänge, sodass, selbst wenn ein Anwender keine Daten eingibt, eine optimale Sprunggeschwindigkeit automatisch gesetzt werden kann, welches es ermöglicht, die Bearbeitungseffizienz zu verbessern sowie die Bearbeitungsgeschwindigkeit zu erhöhen.

Mit der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine gemäss einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung berechnen die Berechnungsmittel für die Bearbeitungsfläche eine Bearbeitungsfläche bezüglich eines Verhältnisses zwischen einer Prozessgeschwindigkeit der Bearbeitung und einer Entladungsimpulsfrequenz, die der Bearbeitung beigemessen sind, sodass eine Bearbeitungsfläche genau und automatisch berechnet werden kann, und selbst wenn ein Anwender die Daten nicht eingibt, kann automatisch eine optimale Sprunggeschwindigkeit eingestellt werden, welches es ermöglicht, die Bearbeitungseffizienz zu verbessern sowie die Bearbeitungsgeschwindigkeit zu vergrössern.

Mit der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine gemäss einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung berechnen Berechnungsmittel für die Bearbeitungsspaltlänge eine Bearbeitungsspaltlänge entsprechend zu einem Stromwert eines Bearbeitungsstromimpulses sowie einer Spannung, die an den Bearbeitungsspalt angelegt ist, sodass eine Bearbeitungsspaltlänge genau und automatisch berechnet werden kann, und selbst wenn ein Benutzer die Daten nicht eingibt, kann automatisch eine optimale Sprunggeschwindigkeit eingesetzt werden, welches

es möglich macht, die Bearbeitungseffizienz zu verbessern sowie die Bearbeitungsgeschwindigkeit zu vergrössern.

Mit der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine gemäss einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung überwachen die Überwachungsmittel für die Antriebslast eine Antriebslast für einen Stellantrieb einer angetriebenen Welle, und die Berechnungsmittel für die Sprungbedingung korrigieren eine Sprunggeschwindigkeit gemäss der Antriebslast, überwacht durch die Überwachungsmittel der Antriebslast, sodass jede Abweichung, welche in einem Prozess zur Berechnung einer optimalen Sprunggeschwindigkeit von einer Bearbeitungsfläche und einer Bearbeitungsspaltlänge auftreten kann, reduziert werden kann und die Sprunggeschwindigkeit mit höherer Präzision optimiert werden kann, welches ermöglicht, die Bearbeitungseffizienz zu verbessern sowie die Bearbeitungsgeschwindigkeit zu erhöhen.

Diese Anmeldung basiert auf der japanischen Patentanmeldung Nr. Hei 9-107829, eingereicht beim Japanischen Patentamt am 24. April 1997, wodurch dessen gesamter Inhalt durch entsprechende Referenz hierin mit einbezogen ist.

Patentansprüche

1. Funkenerosionsbearbeitungsmaschine zur Schmelzung und Abtragung eines Werkstücks in einer Bearbeitungsflüssigkeit durch Zuführung eines gepulsten Energiefeldes zu einem Spalt zwischen einer Elektrode (9) und dem Werkstück, die beide in der Bearbeitungsflüssigkeit angeordnet sind; wobei diese Funkenerosionsbearbeitungsmaschine umfasst:

2. eine Eingabesektion (23) für eine Bearbeitungsfläche zur Eingabe einer Fläche, die durch einander Gegenüberstellen der genannten Elektrode (9) und des genannten Werkstücks zu bearbeiten ist;
eine Eingabesektion (25) für eine Bearbeitungsspaltlänge zur Eingabe einer Bearbeitungsspaltlänge zur Bearbeitung durch einander Gegenüberstellen der genannten Elektrode (9) und des genannten Werkstücks; und
eine Berechnungssektion (21) für eine Sprungbedingung zur Berechnung einer Sprunggeschwindigkeit in einem Sprungvorgang zur Vergrösserung einer Distanz zwischen der genannten Elektrode (9) und dem genannten Werkstück anhand einer vorbestimmten maschinenzulässigen Belastung für die Funkenerosionsbearbeitungsmaschine, einer durch die genannte Eingabesektion (23) eingegebenen Bearbeitungsfläche und eine durch die genannte Eingabesektion (25) eingegebene Bearbeitungsspaltlänge.

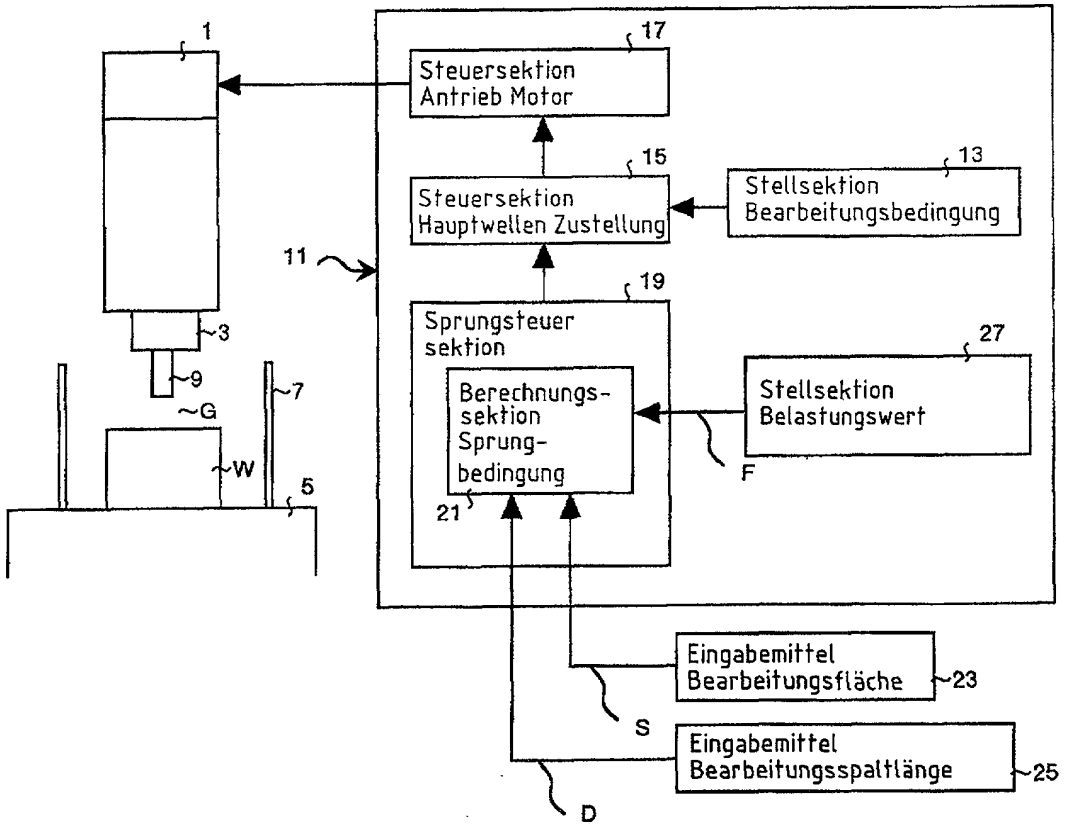
2. Funkenerosionsbearbeitungsmaschine zur Schmelzung und Abtragung eines Werkstückes in einer Bearbeitungsflüssigkeit durch Zuführen eines gepulsten Energiefeldes zu einem Spalt zwischen einer Elektrode (9) und dem Werkstück, welche beide in der Bearbeitungsflüssigkeit angeordnet sind, wobei die genannte Funkenerosionsbearbeitungsmaschine umfasst:
eine Berechnungssektion (29) für eine Bearbeitungsfläche zur Berechnung einer Fläche, die durch einander Gegenüberstellen der genannten Elektrode (9) und des genannten Werkstücks entsprechend den Funkenerosionsbearbeitungsbedingungen zu bearbeiten ist;
eine Berechnungssektion (31) für eine Bearbeitungsspaltlänge zur Berechnung eines Bearbeitungsspalts zur Bearbeitung durch einander Gegenüberstellen der genannten Elektrode (9) und des genannten Werkstücks entsprechend den Funkenerosionsbearbeitungsbedingungen; und
eine Berechnungssektion (21) für eine Sprungbedingung zur Berechnung einer Sprunggeschwindigkeit in einem Sprungvorgang zur Vergrösserung der Distanz zwischen der genannten Elektrode (9) und dem genannten Werkstück anhand einer vorbestimmten maschinenzulässigen Belastung für die Funkenerosionsbearbeitungsmaschine, einer durch die genannte Berechnungssektion (29) für die Bearbeitungsfläche berechneten Arbeitsfläche und einer durch die genannte Berechnungssektion (31) für die Bearbeitungsspaltlänge berechneten Bearbeitungsspaltlänge.

3. Funkenerosionsbearbeitungsmaschine nach Anspruch 2, worin die genannte Berechnungssektion (29) für die Bearbeitungsfläche eine Bearbeitungsfläche berechnet, entsprechend zu einem Verhältnis zwischen einer Prozessgeschwindigkeit beim Bearbeiten und einer Entladungsimpulsfrequenz, die der Bearbeitung zugeordnet ist.

4. Funkenerosionsbearbeitungsmaschine nach Anspruch 2 oder 3, worin die genannte Berechnungssektion (31) für die Bearbeitungsspaltlänge eine Bearbeitungsspaltlänge berechnet, entsprechend zu einem Stromwert eines Bearbeitungsstromimpulses wie auch zu einer Spannung, angelegt in dem Bearbeitungsspalt.

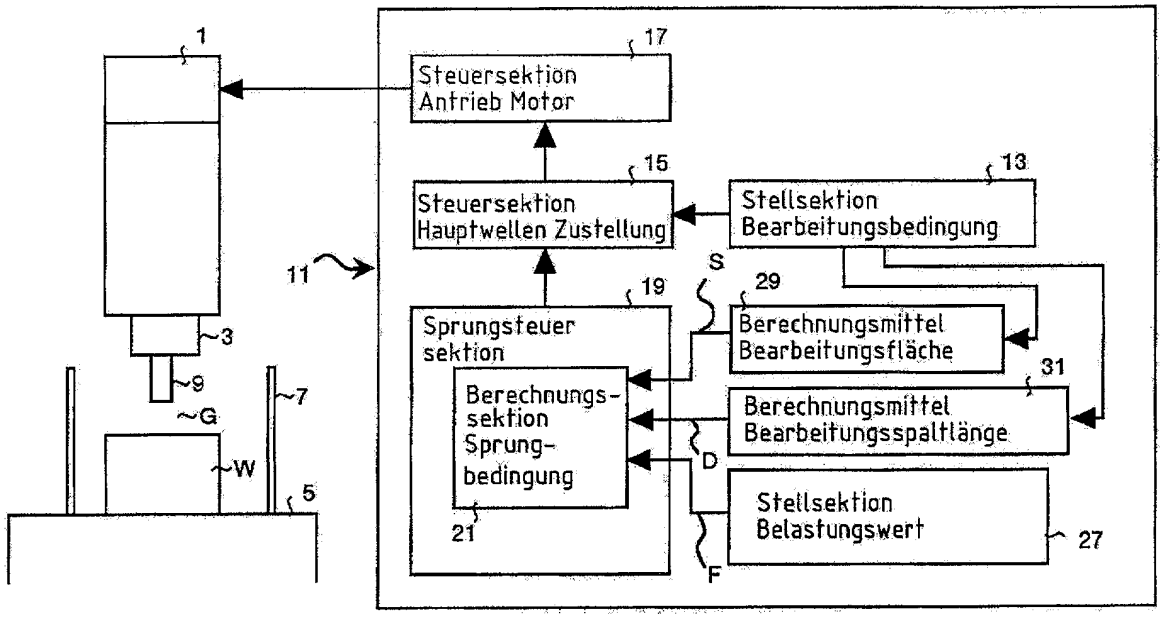
5. Funkenerosionsbearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, umfassend einen Antriebslastüberwacher (33) zur Überwachung einer Antriebslast für einen wellenantreibenden Stellantrieb in der Funkenerosionsbearbeitungsmaschine, worin die Antriebslast, überwacht durch den genannten Antriebslastüberwacher (33) in die genannte Berechnungssektion (21) für die Sprungbedingung eingegeben wird, um die Sprunggeschwindigkeit, berechnet durch die genannte Berechnungssektion (21) für die Sprungbedingung, zu korrigieren.

FIG.1



CH 693 703 A5

FIG.2



CH 693 703 A5

FIG.3

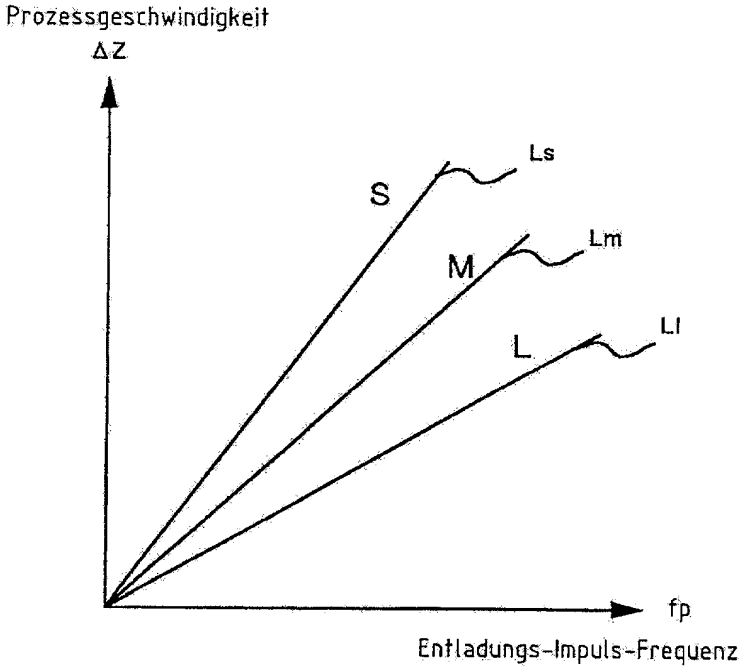
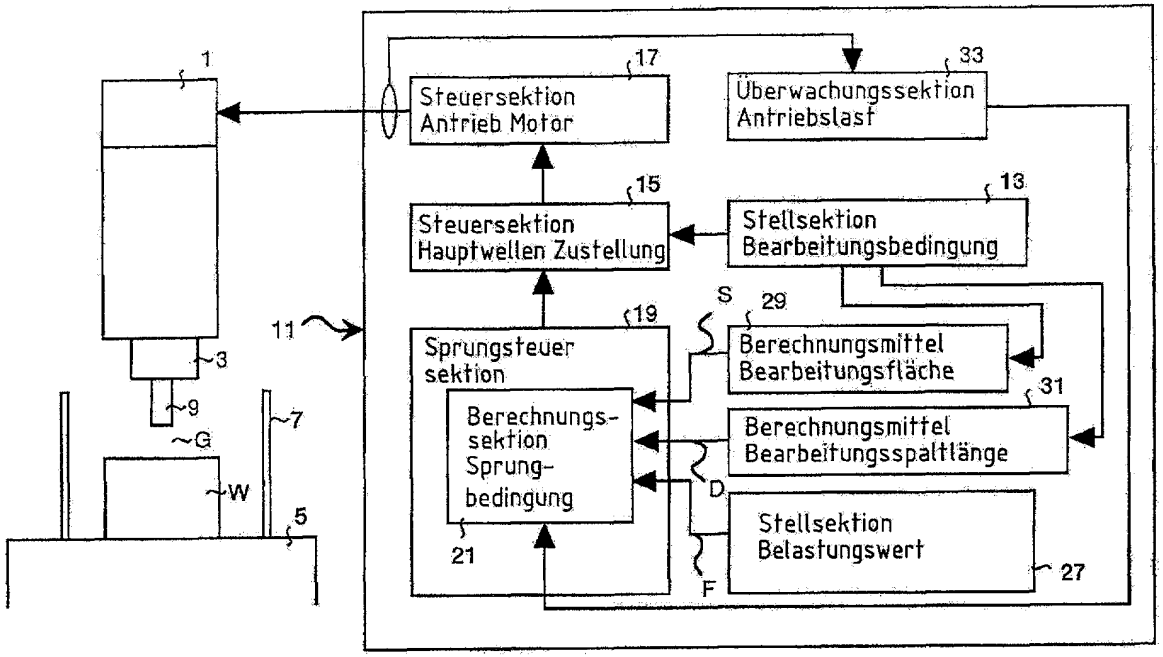
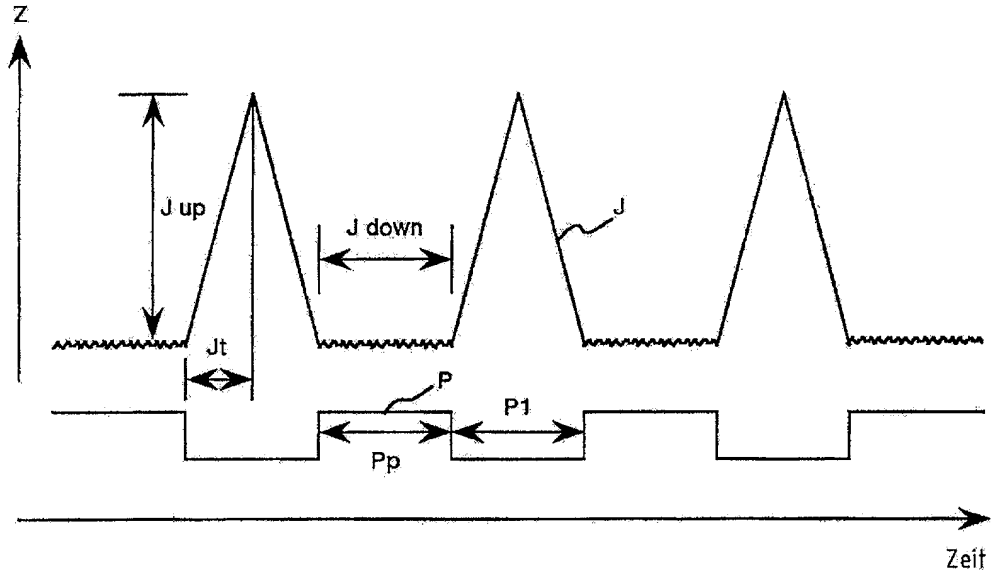

Prozessgeschwindigkeit
ΔZ
S
Ls
M
Lm
L
Ll
fp
Entladungs-Impuls-Frequenz

FIG.4



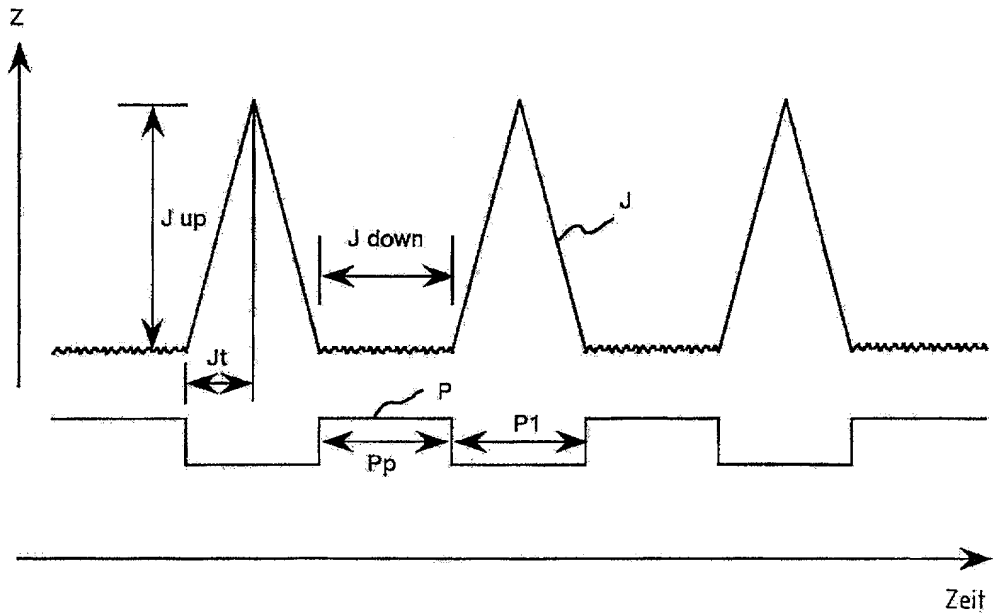
CH 693 703 A5

FIG.5



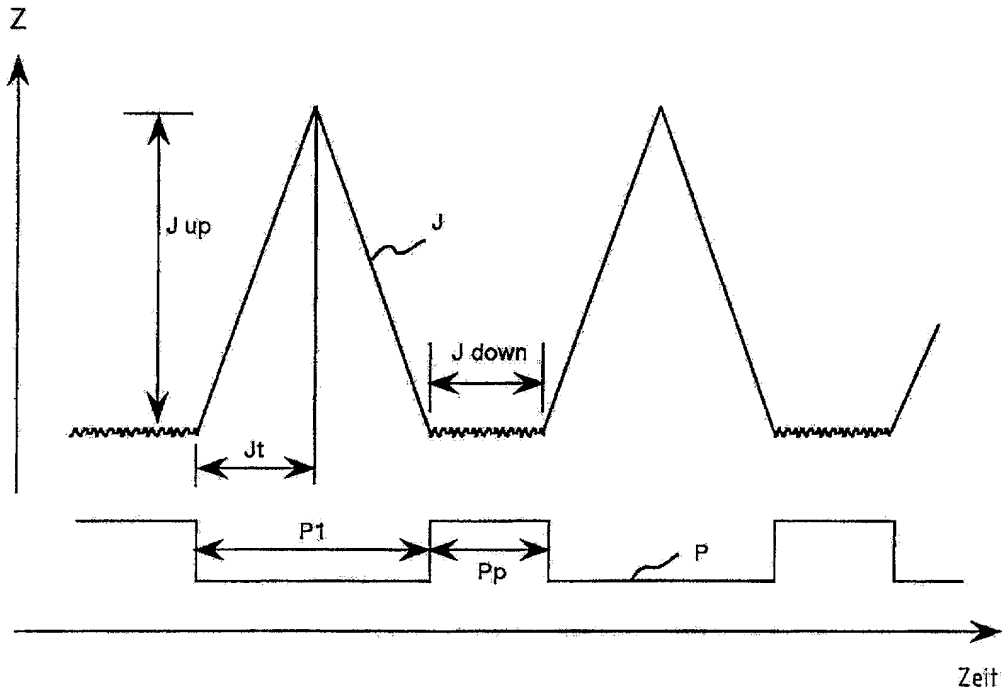
CH 693 703 A5

FIG.6



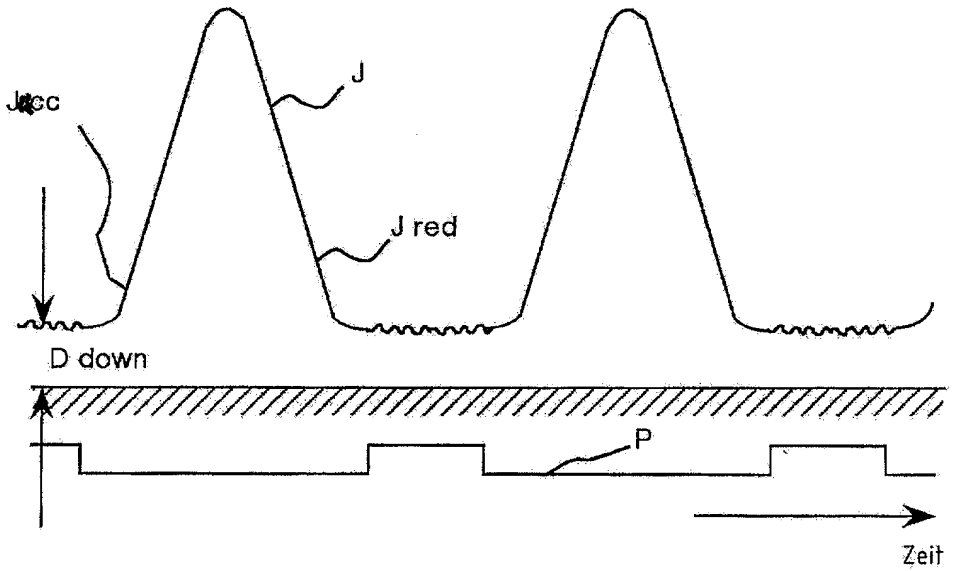
CH 693 703 A5

FIG.7



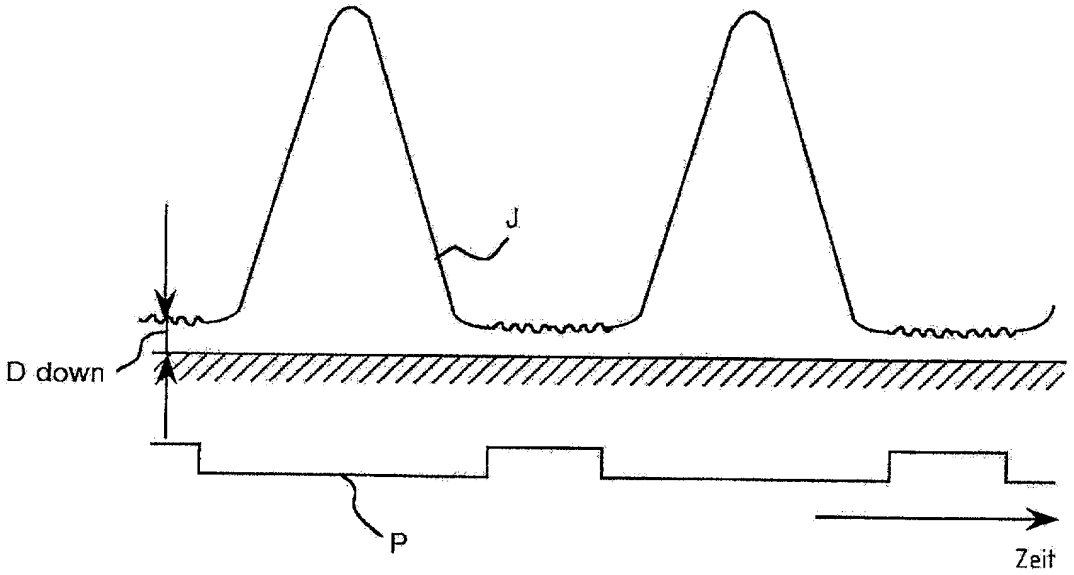
CH 693 703 A5

FIG.8



CH 693 703 A5

FIG.9



CH 693 703 A5