



CH 682377 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 682377 A5

⑤① Int. Cl.⁵: B 23 H 7/20

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

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳① Gesuchsnummer: 3044/90

㉔② Anmeldungsdatum: 20.09.1990

㉔③ Priorität(en): 20.09.1989 JP 1-241679
04.06.1990 JP 2-144504

㉔④ Patent erteilt: 15.09.1993

㉔⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.09.1993

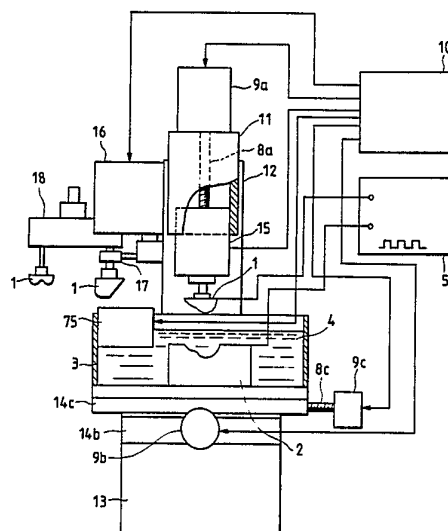
㉔⑦③ Inhaber:
Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha,
Chiyoda-ku/Tokyo (JP)

㉔⑦② Erfinder:
Ohda, Nobuaki, Higashi-ku/Nagoya-shi/Aichi (JP)
Ohizumi, Toshiro, Higashi-ku/Nagoya-shi/Aichi (JP)
Tanaka, Hidehiko, Higashi-ku/Nagoya-shi/Aichi (JP)

㉔⑦④ Vertreter:
Bovard AG, Bern 25

⑤④ Funkenerosionsmaschine.

⑤⑦ In einer Funkenerosionsmaschine mit einer numerischen Steuereinheit (10) erfasst ein Elektrodenausgestaltungssensor (75) in einem Bearbeitungsbehälter (3) die Ausgestaltung einer Bearbeitungselektrode (1) vor einem Funkenerosionsbearbeitungsvorgang. Der Funkenerosionsbearbeitungsvorgang wird ausgeführt während die Bedingungen für die Funkenerosionsbearbeitung automatisch gewählt werden. Die Bedingungen, welche für den Funkenerosionsbearbeitungsvorgang mit der Elektrode (1) ausgewählt wurden, deren Ausgestaltung erfasst wurde, sind die geeignetsten. Schwierigkeiten zur Einstellung der elektrischen Bedingungen sind mit diesem Vorgang vermeidbar.



CH 682377 A5

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Funkenerosionsmaschine, insbesondere auf die Automation einer Funkenerosionsmaschine.

5 Eine konventionelle Funkenerosionsmaschine ist, wie in Fig. 5 gezeigt wird, aufgebaut.

In Fig. 5 bezeichnet das Bezugszeichen 1 eine Funkenerosions-Bearbeitungselektrode; 2 ein zu bearbeitendes Werkstück; 3 einen Bearbeitungsbehälter und 4 ein Bearbeitungsmedium, beispielsweise isolierendes Öl, das sich im Bearbeitungsbehälter 3 befindet. Mit der Funkenerosionsmaschine werden unterschiedliche Bearbeitungsoperationen mit dem Werkstück 2 ausgeführt, welches in das Bearbeitungsmedium im Bearbeitungsbehälter 3 eintaucht. Des weiteren bezeichnet in Fig. 5, Bezugszeichen 5 einen Impulsstrom erzeugende Einheit, die einen Impulsstrom als elektrische Entladung an die Elektrode 1 und an das Werkstück 2 liefert; 8a, eine Kugelumlaufspindel, um die Hauptwelle der Funkenerosionsmaschine vertikal (in Richtung der Z-Achse) zu bewegen; 8c, eine Kugelumlaufspindel, um das Werkstück 2 nach rechts und links zu bewegen (in Richtung der X-Achse); 9a, einen Servomotor zum Antreiben der Kugelumlaufspindel; 9b, einen Servomotor zum Antreiben einer nicht dargestellten Kugelumlaufspindel, die so angeordnet ist, dass das Werkstück 1 vorwärts und rückwärts (in Richtung der Y-Achse) bewegt werden kann; 9c, einen Servomotor zum Antreiben der Kugelumlaufspindel 8c und 10, eine numerische Steuereinheit für das geeignete Steuern der Servomotoren 9a, 9b und 9c, in bezug auf ein Bearbeitungsprogramm. Des weiteren bezeichnet in Fig. 5, Bezugszeichen 11 ein Kopfteil, welches den oberen Teil der Funkenerosionsmaschine bildet; 12, ein als Rahmen ausgebildeter Ständer, in welchem das Kopfteil 11 recht abgestützt ist; 13, einen Sockel, auf welchem die Funkenerosionsmaschine aufgebaut ist; 14b, einen beweglichen Tisch, mit welchem das Werkstück 2 und der Bearbeitungsbehälter 3 vorwärts und rückwärts (entlang der Y-Achse) bewegt wird; 14c, einen beweglichen Tisch, mit welchem das Werkstück 2 und der Bearbeitungsbehälter 3 rechts und links (entlang der X-Achse) bewegt wird; 15, einen Bearbeitungskopf, der auf der Hauptwelle der Funkenerosionsmaschine befestigt ist; 16, eine Elektrodenwechseleinheit zum Auswechseln der Elektrode 1 auf der Hauptwelle; 17, einen Greiferarm, um die Elektrode während des Elektrodenwechsellvorganges zu halten, und 18, ein Magazingestell, in welchem eine Anzahl von Werkzeugen wie Elektroden 1 untergebracht sind. Die in dieser Weise aufgebauten konventionellen Funkenerosionsmaschinen arbeiten folgendermassen.

Die Elektrode 1 und das Werkstück 2 sind einander gegenüberstehend, während sie im Bearbeitungsmedium des Bearbeitungsbehälters 3 eingetaucht gehalten werden. Unter dieser Bedingung wird durch die einen Impulsstrom erzeugende Einheit 5 veranlasst, dass ein Impulsstrom zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 fliesst. Daraus resultiert eine elektrische Entladung, die sich zwischen der Elektrode 1 und dem Werkstück 2 in intermittierender Weise abspielt, wodurch das Werkstück 2 bearbeitet wird. In diesem Vorgang wird die Elektrode 1, welche durch die Kugelumlaufspindel 8a mit dem Servomotor 9a der Z-Achse verbunden ist, auf und ab bewegt, entsprechend einer Instruktion von der numerischen Steuereinheit 10. Wie weiter oben beschrieben, ist der entlang der Y-Achse bewegbare Tisch 14b durch die nicht dargestellte Kugelumlaufspindel mit dem Y-Achsen-Servomotor 9b verbunden und der Tisch 14c, der entlang der X-Achse bewegbar ist, ist durch die Kugelumlaufspindel 8c mit dem X-Achsen-Servomotor 9c verbunden. Diese beweglichen Tische 14b und 14c werden horizontal entsprechend den Instruktionssignalen, die sie von der numerischen Steuereinheit 10 erhalten, bewegt, wodurch das Werkstück horizontal positioniert oder horizontal bearbeitet wird. Dies bedeutet, dass das Werkstück 2 und die Elektrode 1 relativ zueinander bewegt werden. Dadurch kann durch geeignetes Steuern der Operationen der Servomotoren 9a, 9b und 9c eine gewünschte Struktur in das Werkstück in einer gewünschten Position durch Funkenerosionsbearbeitung eingebracht werden.

Im Bearbeitungsvorgang werden das Bearbeitungsprogramm und die Bearbeitungsbedingungen durch die Bedienungsperson bestimmt, und zwar bezüglich der Ausgestaltung der Elektroden, die verwendet werden und der Bearbeitungstiefe, die angewendet wird.

50 Die so aufgebaute konventionelle Funkenerosionsmaschine weist den Nachteil auf, dass die Elektrodenbedingungen einzeln entsprechend den Ausgestaltungen der Elektroden, die benützt werden, bestimmt werden müssen und deshalb ist es für die Bedienungsperson erforderlich, sich auf die Ausgestaltung der Elektroden, die benützt werden, zu beziehen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die beschriebenen Schwierigkeiten, welche bei einer konventionellen Funkenerosionsmaschine auftreten, zu eliminieren.

55 Ein weiteres Ziel der Erfindung ist eine Funkenerosionsmaschine mit einem Sensor, der die Elektrodenausgestaltung erfasst, auszurüsten, welcher Daten über die Bearbeitungsfläche einer Funkenerosions-Bearbeitungselektrode abgibt, die für einen Funkenerosionsbearbeitungsvorgang erforderlich sind, so dass die elektrischen Bedingungen für die Funkenerosionsbearbeitung automatisch entsprechend den so gelieferten Daten gewählt werden können.

60 Erfindungsgemäss erfolgt die Lösung der Aufgabe durch die Kennzeichnung des Anspruchs 1.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen. So sind die Ausgestaltungsinformationen in Programmdateien des numerischen Steuerprogrammes aus CAD/CAM zur Herstellung der Elektrode enthalten. Die Ausgestaltungsinformationen der Elektrode werden in der Gestalt verwendet, dass die geeignetsten Bearbeitungsbedingungen entsprechend der NC-

Daten gewählt werden. In der Funkenerosionsmaschine werden die Daten für die elektrischen Bearbeitungsbedingungen vorausgehend in die numerische Steuereinheit eingegeben. Aufgeteilt nach Bearbeitungsflächen und mit den Flächendaten, die durch die Abtastvorrichtung für die Elektrodenausgestaltung (Elektrodenausgestaltungssensor) aufgeteilt in bezug auf die Bearbeitungstiefe und die Flächendaten, die durch die Ausgestaltungsinformation für die Elektrode geliefert werden, im numerischen Steuerprogramm verglichen, so dass die geeignetsten Bearbeitungsbedingungen automatisch gewählt oder geschaltet werden, separat abhängig von der Bearbeitungstiefe, nach welchen die Funkenerosionsmaschine arbeitet.

Die Eigenschaft, das Prinzip und die Anwendung der Erfindung werden durch die nachfolgende detaillierte Beschreibung in Verbindung mit den angefügten Zeichnungen, in welchen gleiche Teile mit gleichen Bezugsziffern versehen sind, verständlich.

In der Zeichnung zeigt Fig. 1 ein erläuterndes Schema, teilweise als Blockschema, das die gesamte Anordnung eines Beispiels einer erfindungsgemässen Funkenerosionsmaschine zeigt.

Fig. 2a und 2b sind erläuternde Schemas zur Beschreibung eines Teil des Arbeitsvorganges einer Funkenerosionsmaschine, die mit der Maschine, dargestellt in Fig. 1, ausgeführt werden.

Fig. 3 zeigt ein erläuterndes Schema zur Beschreibung der Arbeitsweise des Elektrodenausgestaltungssensors, mit welcher die erfindungsgemässe Funkenerosionsmaschine ausgestattet ist.

Fig. 4 ist ein erläuterndes Schema für eine Teilbeschreibung eines anderen Beispiels einer erfindungsgemässen Funkenerosionsmaschine.

Fig. 5 ist ein erläuterndes Schema, teilweise als Blockschema, das die Gesamtanordnung einer konventionellen Funkenerosionsmaschine zeigt.

Ein Beispiel einer erfindungsgemässen Funkenerosionsmaschine wird anhand der Fig. 1 bis 3 beschrieben.

In Fig. 1 sind Teile, welche funktionell mit den bereits beschriebenen übereinstimmen, mit entsprechenden Bezugsziffern oder -zeichen versehen. Im besonderen bezeichnen die Bezugszeichen 1 bis 5 und 8a bis 18 dieselben Gegenstände oder funktionell dieselben Gegenstände wie in Fig. 5. Des weiteren bezeichnet in Fig. 1, Bezugszahl 75 einen Elektrodenausgestaltungssensor zum Ausmessen der Ausgestaltung der Bearbeitungselektrode 1.

Die Funktionsweise der so gestalteten Funkenerosionsmaschine wird nachfolgend beschrieben.

Wie in Fig. 2 dargestellt, wird die Funkenerosionsbearbeitungselektrode 1, welche mit dem Bearbeitungskopf 15 verbunden ist, gegen das Werkstück 2 bewegt, um einen Funkenerosionsbearbeitungsvorgang auszuführen. Deshalb ist es erforderlich, Flächenbereiche (oder Bearbeitungsflächen) bezüglich der Höhe (oder Bearbeitungstiefe) vom Ende der Elektrode 1 zu erfassen. Zu diesem Zweck werden der Kopf 15 und der Elektrodenausgestaltungssensor 75 relativ zueinander bewegt, so dass der Kopf 15 über den Sensor 75 zu liegen kommt, um die Flächenbereiche bezüglich der Höhe auszumessen, wie in Fig. 3 dargestellt ist. Im besonderen werden im Fall von Fig. 3 die Oberflächenbereiche entlang paralleler horizontaler Linien, die mit einem gegenseitigen Abstand von einem Millimeter angeordnet sind, gemessen. Die so ausgemessenen Oberflächenbereiche werden an die numerische Steuereinheit 10 übermittelt, wie in der folgenden Tabelle 1 unter (a) angezeigt ist, d.h. die Oberflächenbereiche mit der entsprechenden Länge werden der numerischen Steuereinheit 10 eingegeben.

Tabelle 1

(a)	b	
	Länge (mm)	Oberflächenbereich (cm ²)
0	0	E9901
1	0.2	E9901
2	0.6	E9902
3	1.2	E9903
.	.	.
.	.	.
28	48.0	E9907
29	79.0	E9908
30	103.0	E9909

Andererseits hat die numerische Steuereinheit 10 eine Funktion, automatisch Bearbeitungsbedingungen aus der Datenbank auszuwählen; d.h. es hat Pakete von Bearbeitungsbedingungen (nachfolgend bei der Verwendung als «E Pakete» bezeichnet), die einzeln entsprechend dem Material der Elektroden

1 und der Werkstücke 2 in bezug auf die Oberflächenbereiche aufgeteilt sind. In der numerischen Steuereinheit 10 werden die Oberflächenbereiche der Elektrode 1 bezüglich der Höhe, welche durch den Elektrodenausgestaltungssensor 75 geliefert werden, mit den Daten verglichen, wie in der folgenden Tabelle 2 gezeigt ist, so dass die Bearbeitungsbedingungen für die Bearbeitungstiefe wie unter (b) in

5

Tabelle 2

	Oberflächenbereich	Kupfer:Stahl	Grafit:Stahl	...
10	über 0 cm ²	E9901	E9911	.
	0.5	E9902	E9912	.
	1.0	E9903	E9913	.
15	2.0	E9904	E9914	.
	5.0	E9905	E9915	.
	10.0	E9906	E9916	.
	20.0	E9907	E9917	.
20	50.0	E9908	E9918	.
	100.0	E9909	E9919	.

Die Angabe «Kupfer:Stahl» usw. in Tabelle 2 entspricht der Angabe «Elektrodenmaterial:Werkstückmaterial».

25

Danach werden die beweglichen Tische 14b und 14c bewegt und der folgende Bearbeitungsschritt, d.h. ein Funkenerosionsbearbeitungsschritt wird ausgeführt. Obwohl nur Bearbeitungstiefenschritte gegeben sind, werden die Bearbeitungsbedingungen (genannt «E Pakete») automatisch gewählt, einzeln in bezug auf die Bearbeitungstiefe um den Funkenerosionsbearbeitungsvorgang auszuführen.

30

Ein weiteres Beispiel einer erfindungsgemässen Funkenerosionsmaschine wird anhand Fig. 4 beschrieben.

Fig. 4 ist ein erläuterndes Schema für eine Teilbeschreibung des anderen Beispiels dieser erfindungsgemässen Funkenerosionsmaschine.

35

In Fig. 4 bezeichnet Bezugszeichen 20 eine CAD/CAM und Bezugszeichen 21 eine Vorrichtung zur Bearbeitung der Elektrode. Der CAD/CAM ist mit einem numerischen Steuerprogramm ausgerüstet, welches eine Ausgestaltungsinformation zur Bearbeitung der Elektrode 1 beinhaltet. Das numerische Steuerprogramm wird an die numerische Steuereinheit 10 ausgegeben, so dass die Elektrode 1 durch die Vorrichtung 21 zur Bearbeitung der Elektrode herstellbar ist.

40

Zu dieser Zeit wird eine Information von Oberflächenbereichen, die entlang horizontaler, paralleler Linien mit einem gegenseitigen Abstand von einem Millimeter von der Elektrode 1 abgenommen und je eine dreidimensionale Form hat, wie in Fig. 3 dargestellt ist, in (a) der Tabelle 1 indiziert, entsprechend der vorhergehenden Beschreibung. Die Information über den Oberflächenbereich auf jeder Höhe, der an das CAD/CAM 20 übertragen ist, wird mit der Datenbank der numerischen Steuereinheit verglichen, so dass die geeignetsten Bearbeitungsbedingungen für die Elektrode 1 separat für jede Bearbeitungstiefe des Werkstückes 2 vorbestimmt wird, die in (b) der Tabelle indiziert sind.

45

Als Ergebnis werden im Fall der Bearbeitung, wie sie auch in Fig. 1 gezeigt ist, bei welcher eine Information über die Bearbeitungstiefe des Funkenerosionsbearbeitungsvorgangs bestimmt wird, die geeignetsten Bearbeitungsbedingungen (genannt «E Pakete») einzeln automatisch bezüglich der Bearbeitungstiefe ausgewählt, um den Funkenerosionsbearbeitungsvorgang auszuführen.

50

In den oben beschriebenen Anordnungen werden die Elektrodenflächen für die entsprechend vorgesehenen Bearbeitungstiefen benützt. Jedoch können zur Vereinfachung Teilflächen angewendet werden.

Mit der erfindungsgemässen Funkenerosionsmaschine wird der Elektrodenausgestaltungssensor in Bearbeitungsbahälter so angeordnet, dass die Ausgestaltung der Elektrode erfasst wird oder es wird eine Elektrodenausgestaltungsinformation des numerischen Steuerprogramms benützt, um automatisch die geeignetste Bearbeitungsbedingung für den Funkenerosionsbearbeitungsvorgang auszuwählen, der mit der Elektrode ausgeführt wird, deren Ausgestaltung derart erfasst wurde.

55

Deshalb ist die Funkenerosionsmaschine im Gegensatz zur konventionellen Funkenerosionsmaschine frei von störenden Vorgängen zum Einstellen der elektrischen Bedingungen. Des weiteren kann die Bearbeitungszeit stark reduziert werden, da der Funkenerosionsbearbeitungsvorgang während der automatischen Wahl der geeignetsten elektrischen Bedingungen für Bearbeitungsflächen ausgeführt wird. Des weiteren kann mit der erfindungsgemässen Funkenerosionsmaschine selbst eine unerfahrene Bedienungsperson einen Funkenerosionsbearbeitungsvorgang durchführen.

60

Indem die Beschreibung im Zusammenhang mit einer bevorzugten Ausführung der Erfindung erfolgte, wird der Fachmann verschiedene Wechsel und Modifikationen vornehmen können, ohne dass er die Er-

65

findung verlässt und es wird deshalb beabsichtigt, mit den beigefügten Ansprüchen derartige Änderungen und Modifikationen innerhalb der Erfindung abzudecken.

Patentansprüche

5

1. Funkenerosionsmaschine mit einer numerischen Steuereinheit, dadurch gekennzeichnet, dass automatisch elektrische Bedingungen auswählende Einrichtungen eine Ausgestaltungsinformation einer Elektrode (1), welche mit einer Hauptwelle (8a) einer Funkenerosionsmaschine verbunden ist, mit elektrischen Bedingungsdaten, die als Datenbasis in der besagten numerischen Steuereinheit vorgesehen sind, vergleichen, um automatisch die geeignetsten elektrischen Bedingungen eines Funkenerosionsbearbeitungsvorgangs auszuwählen.

10

2. Funkenerosionsmaschine mit einer numerischen Steuereinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mit einem Elektrodenausgestaltungsdetektor die Ausgestaltung der Elektrode (1), welche mit der Hauptwelle (8a) der Funkenerosionsmaschine verbunden ist, vor dem Funkenerosionsbearbeitungsvorgang erfassbar ist, so dass eine derart erfasste Information als zu vergleichende Ausgestaltungsinformation verwendbar ist.

15

3. Funkenerosionsmaschine mit einer numerischen Steuereinheit nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Detektoreinrichtung Oberflächenbereiche der Elektrode in Höhen von deren Ende misst.

20

4. Funkenerosionsmaschine mit einer numerischen Steuereinheit nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenbereiche entlang horizontaler paralleler Linien, die mit einem gegenseitigen Abstand von einem Millimeter angeordnet sind, messbar sind.

5. Funkenerosionsmaschine mit einer numerischen Steuereinheit nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die entsprechend gemessenen Oberflächenbereiche in die numerische Steuereinheit einlesbar sind per Gestalt, dass die Oberflächenbereiche der Elektrode in entsprechenden Höhen mit der Datenbasis vergleichbar sind und dass die die Bedingungen auswählende Einrichtung die geeignetsten elektrischen Bearbeitungsbedingungen für den Funkenerosionsbearbeitungsvorgang auswählt.

25

6. Funkenerosionsmaschine mit einer numerischen Steuereinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgestaltungsinformation der Elektrode in einer Datei eines numerisch gesteuerten Programms von CAD/CAM zur Bearbeitung der Elektrode enthalten ist.

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

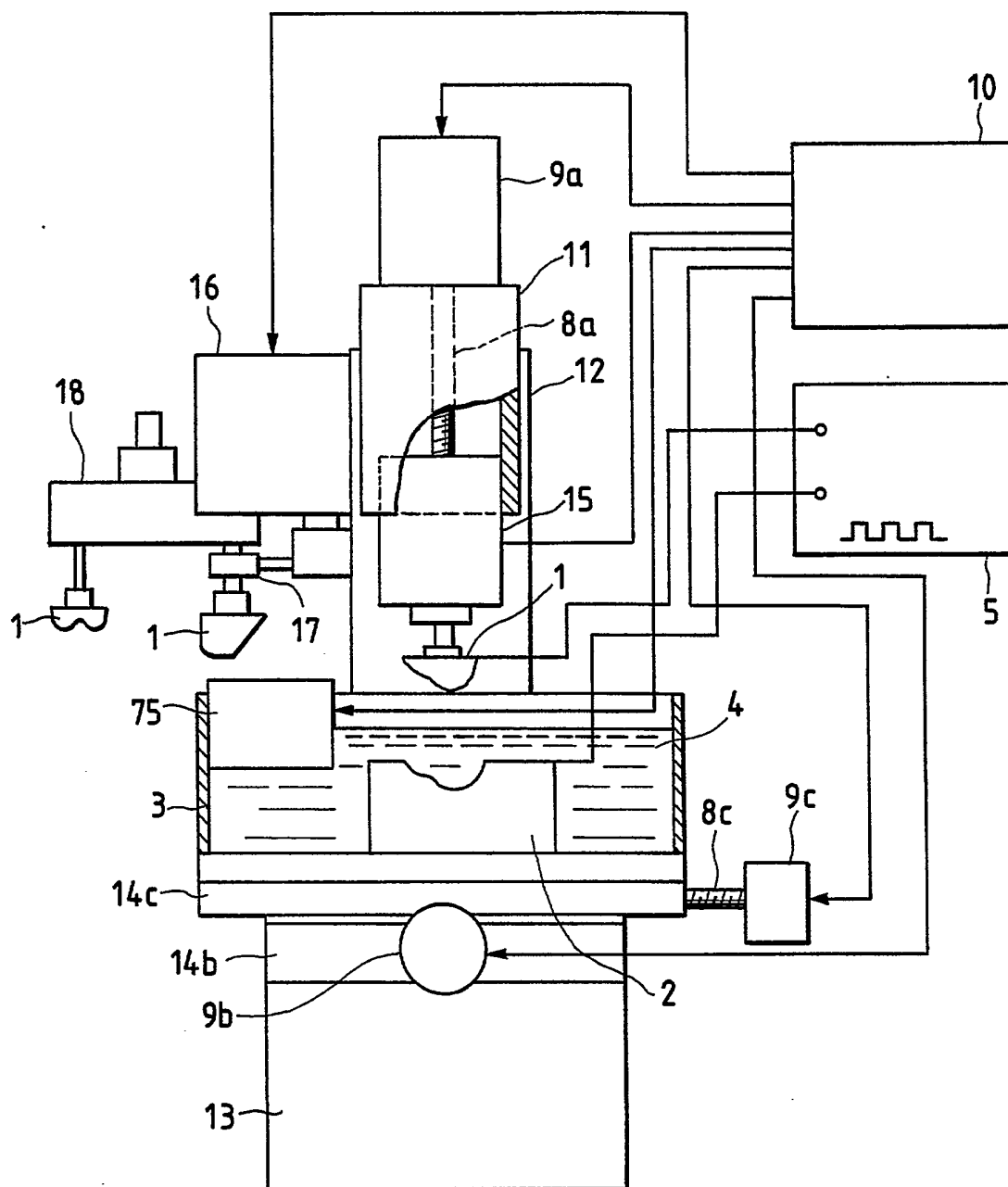


FIG. 2(a)

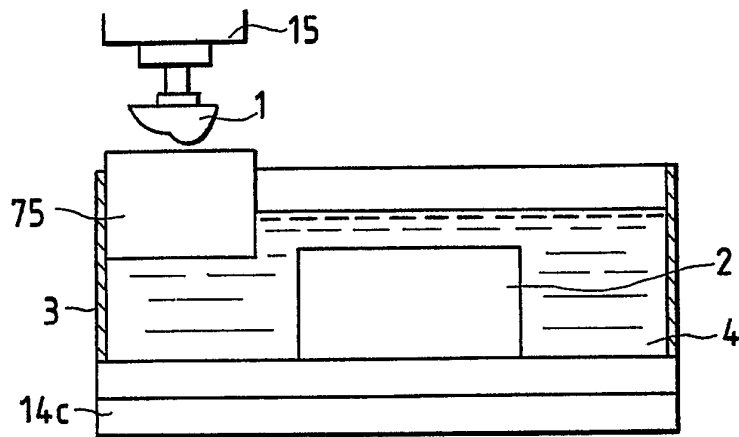


FIG. 2(b)

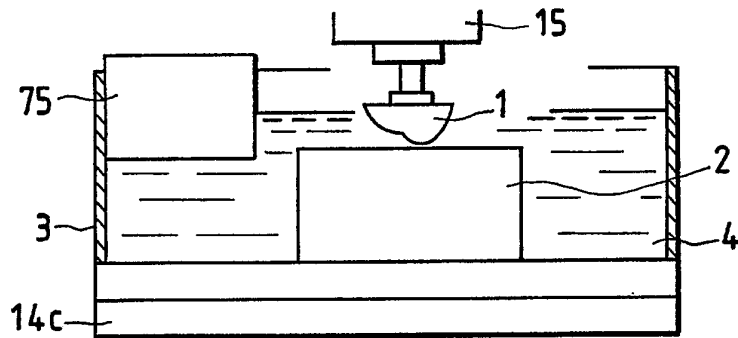


FIG. 3

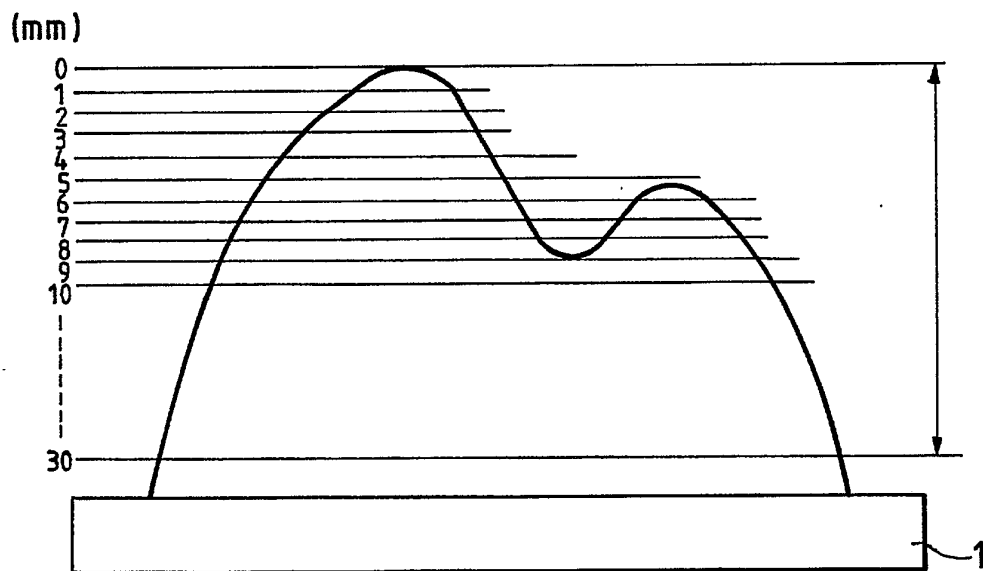


FIG. 4

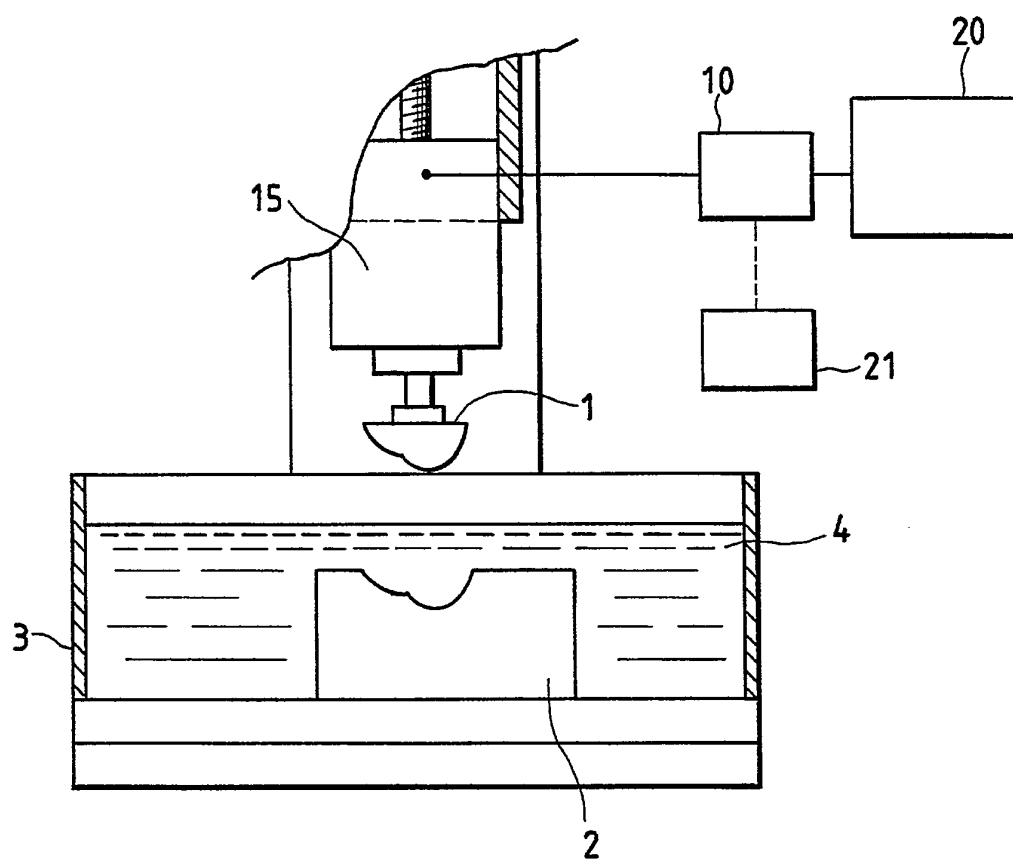


FIG. 5

