



(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2009 053 493 A1 2010.05.20

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2009 053 493.8

(22) Anmeldetag: 16.11.2009

(43) Offenlegungstag: 20.05.2010

(51) Int Cl.⁸: B29C 45/76 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

2008-293235 17.11.2008 JP
2009-160181 06.07.2009 JP

(74) Vertreter:

WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und
Rechtsanwälte, 81541 München

(71) Anmelder:

FANUC LTD, Yamanashi, JP

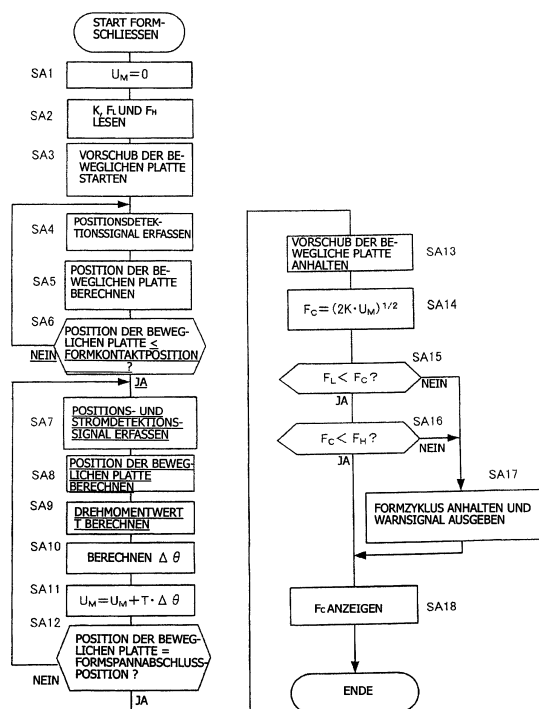
(72) Erfinder:

Uchiyama, Tatsuhiro, Yamanashi, JP; Saitou,
Osamu, Yamanashi, JP; Komiya, Shingo,
Yamanashi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Steuerungseinrichtung einer Spritzgießmaschine, die dazu ausgebildet ist, eine Abweichung einer Spannkraft oder eine Fehlfunktion in einem Formspannmechanismus zu erkennen

(57) Zusammenfassung: In einem Formöffnungsprozess zum Spritzgießen wird die Energie, die der Motor zum Antreiben eines Formspannmechanismus erzeugt, bis eine bewegliche Platte die Formspannabschlussposition nach dem Erreichen der Formkontaktposition erreicht, bestimmt. Die Spannkraft wird auf Basis der erhaltenen Energie und der Elastizitätskonstante des Formspannmechanismus berechnet. Wenn die berechnete Spannkraft außerhalb eines voreingestellten Bereichs liegt, wird eine Abweichung der Formspannung identifiziert, ein Warnsignal ausgegeben und der Formzyklus angehalten.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Steuerungseinrichtung einer Spritzgießmaschine, die dazu ausgebildet ist, eine Abweichung einer Spannkraft oder eine Fehlfunktion in einem Formspannmechanismus durch Berechnen der Energie eines Motors zum Antreiben des Formspannmechanismus während eines Formschließ- oder Formöffnungsprozesses zu erkennen.

Beschreibung der verwandten Technik

[0002] Eine Spritzgießmaschine ist mit einer Formspanneinrichtung zum Öffnen und Schließen einer Form und zum Erzeugen einer Spannkraft ausgerüstet. Ein Formspannmechanismus der Formspanneinrichtung besteht aus einem Gelenkmechanismus, Verbindungsstangen, einem Formspann-Servomotor, einem Getriebemechanismus, einer Kugelspindel etc. Der Getriebemechanismus ist aus einem Zahnriemen, Riemenscheiben etc. aufgebaut, die dazu dienen, die Rotationsbewegung des Servomotors in eine lineare Bewegung zu wandeln. Der Formspannmechanismus ist einer großen Kraft ausgesetzt, da er insbesondere die Spannkraft erzeugt. Da die Last durch kontinuierliches Formen wiederholt aufgebracht wird, kann ferner eine längere Betriebszeit in mechanischer Ermüdung resultieren, was den Verschleiß einer Buchse des Gelenkmechanismus des Formspannmechanismus, Bruch der Verbindungsstangen, Reißen des Zahnriemens etc. verursacht.

[0003] Wenn Verschleiß der Buchse oder Bruch der Verbindungsstangen auftritt, kann die vorgegebene Spannkraft nicht erzeugt werden, so dass die hergestellten Formteile mit Fehlern wie Grat behaftet sein können. Wenn ferner der Zahnriemen während einer Formspannoperation reißt, beginnt ein unvorhergesehener Einspritzprozess selbst dann, wenn die Spannoperation noch nicht abgeschlossen ist. Wenn der Zahnriemen ferner während eines Formöffnungsprozesses reißt, beginnt ein die Formteile entfernender Roboter bei nicht vollständig geöffneter Form zu arbeiten, wodurch seine Hand unvermeidlich mit dem Werkzeug kollidiert.

[0004] Bei einer Fehlfunktion des Formspannmechanismus ist es erforderlich, die Formoperation sofort abzubrechen und eine Warnung auszugeben, um die Herstellung defekter Formteile oder das Auftreten eines Folgeproblems wie eine Fehlfunktion des Roboters zu verhindern. Techniken zum Erkennen einer Fehlfunktion des Formspannmechanismus werden in den folgenden Dokumenten offenbart.

[0005] Gemäß den in den japanischen Offenlegungsschriften Nr. 4-52062 (Patentdokument 1) und 1-306061 (Patentdokument 2) offenbarten Spannkraft-Steuerungsverfahren für eine Spritzgießmaschine ist ein Spannkraftsensor am Formspannmechanismus angebracht, und die Spannkraft der Spritzgießmaschine wird bestimmt, indem die Dehnung der Verbindungsstangen vom Sensor direkt gemessen wird. Wenn die erhaltene Spannkraft einen Toleranzgrenzwert überschreitet, wird eine Warnung ausgegeben oder die Maschine angehalten.

[0006] Gemäß eines Spannkraft-Steuerungsverfahrens für eine Spritzgießmaschine, das in der japanischen Offenlegungsschrift Nr. 2003-251670 (Patentdokument 3) offenbart wird, wird ein Zielwert eines an einen Servomotor gelieferten Steuerstroms im Voraus als Reaktion auf einen Formspannzustand eingestellt und der Wert des Ansteuerstroms nach dem Start des Formspannens bestimmt. Wenn der bestimmte Stromwert den Zielwert erreicht, setzt die Steuerung ein, um den dann herrschenden Formspannzustand aufrechtzuerhalten.

[0007] Gemäß einer in der japanischen Offenlegungsschrift Nr. 4-86208 (Patentdokument 4) offenbarten Technik erfolgt die Formspannung durch einen Drehmoment-Grenzbefehl eines Formspannservomotors, der sich aus einer Formschutzendposition geändert hat, und einer innerhalb einer bestimmten Zeit nach Erkennen der Änderungszeit erreichten Kreuzkopfposition. Eine Abweichung der Formspannung wird auf der Basis erkannt, ob die bestimmte Position innerhalb eines Bereichs entsprechend einer voreingestellten Toleranz der Spannkraft liegt.

[0008] Wenn gemäß einer in der japanischen Offenlegungsschrift Nr. 2-147222 (Patentdokument 5) offenbarten Technik die Rotationsposition eines Servomotors bei einer Positionsabweichung, Drehzahlabweichung etc. des Servomotors einen eingestellten Referenzwert überschreitet und den Toleranzbereich verlässt, wird eine Abweichung der Formspannung erkannt.

[0009] Wenn zum Erkennen einer Fehlfunktion einer Formspanneinrichtung wie im Fall der Patentdokumente 1 und 2 ein Spannkraftsensor verwendet wird, macht die Verwendung eines zusätzlichen Sensors und Verstärkers die Konstruktion der Maschine kompliziert und bringt höhere Kosten mit sich. Im Fall der Patentdokumente 3 und 4 dagegen gibt es ein derartiges Problem nicht, da kein Spannkraftsensor verwendet wird. Für einen Benutzer ist es jedoch schwierig, einen Zielwert oder eine Toleranz korrekt einzustellen, die mit einem erfassten Wert zu vergleichen sind, wie den Ansteuerstrom eines Servomotors zum Erkennen einer Fehlfunktion der Formspanneinrichtung, der Kreuzkopfposition, oder der Position oder Drehzahlabweichung des Servomotors, die

sich nicht auf einfache Weise der Spannkraft direkt zuordnen lassen.

[0010] In manchen Fällen kann eine Abweichung der Spannkraft durch einen Fehler des Bedieners beim Einstellen der hinteren Platte sowie durch eine Fehlfunktion des Formspannmechanismus verursacht werden. Um die vorgegebene Spannkraft mit Hilfe des Gelenkmechanismus zu erzeugen, sollte die Position der hinteren Platte nach Maßgabe der Spannkraft eingestellt werden. Wenn ein Bediener die hintere Platte versehentlich an eine Stelle nahe einer festen Platte bewegt, nimmt die Strecke, um die sich eine bewegliche Platte nach dem Formkontakt in einem Formspannprozess bis zur Dehnung des Gelenkmechanismus bewegt, zu, so dass eine übermäßige Spannkraft erzeugt wird. Bei einer übermäßigen Spannkraft unterliegen der Gelenkmechanismus und die Verbindungsstangen einer übermäßigen Last, wodurch die Lebensdauer der Formspanneinrichtung verkürzt werden kann.

[0011] Selbst wenn das Ausmaß einer Fehleinstellung der Position der hinteren Platte zu klein ist, um die Lebensdauer der Formspanneinrichtung nachteilig zu beeinflussen, kann eine unkorrekte Spannkraft aufgrund einer solchen Fehleinstellung in der Herstellung fehlerhafter Formteile resultieren. Wenn die Spannkraft ferner einen korrekten Wert überschreitet, tritt Entgasen des geschlossenen Formensatzes auf, so dass die Formteile einige Fehler wie Brandstellen aufweisen. Wenn die Spannkraft dagegen niedriger als der korrekte Wert ist, wird dagegen Grat erzeugt. Um die Qualität der Formteile einzuhalten, ist deshalb eine Überwachung erforderlich, um festzustellen, ob die Spannkraft innerhalb eines zulässigen Bereichs liegt.

Zusammenfassung der Erfindung

[0012] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung einer Steuerungseinrichtung einer Spritzgießmaschine, die dazu ausgebildet ist, eine Abweichung einer Spannkraft oder eine Fehlfunktion in einem Formspannmechanismus zu erkennen, indem die Energie eines Motors zum Antreiben des Formspannmechanismus während eines Formschließ- oder Formöffnungsprozesses berechnet wird.

[0013] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Steuerungseinrichtung einer Spritzgießmaschine, die dazu ausgebildet ist, eine Abweichung einer Spannkraft oder eine Fehlfunktion in einem Formspannmechanismus zu erkennen, wobei die Spritzgießmaschine eine hintere Platte, eine bewegliche Platte, den zwischen den Platten angeordneten Formspannmechanismus und einen Motor zum Antreiben des Formspannmechanismus aufweist, um die bewegliche Platte zu bewegen, wodurch eine Form geöffnet

und geschlossen wird, enthält.

[0014] Bei einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist die Steuerungseinrichtung auf: ein Mittel zum Bestimmen der Energie, die der Motor erzeugt hat, bis die bewegliche Platte eine Position erreicht, in der das Formspannen abgeschlossen ist, nachdem sie in einem Formschließprozess in einer Formkontaktposition angekommen ist; ein Spannkraft-Berechnungsmittel zum Berechnen der Spannkraft auf Basis der vom Energie-Bestimmungsmittel bestimmten Energie und der Elastizitätskonstante des Formspannmechanismus; ein Überwachungsbereich-Einstellmittel zum Einstellen eines Überwachungsbereichs der Spannkraft, die vom Spannkraft-Berechnungsmittel berechnet worden ist; und ein Mittel zum Anhalten des Formzyklus, wenn die vom Spannkraft-Berechnungsmittel berechnete Spannkraft außerhalb des vom Überwachungsbereich-Einstellmittel eingestellten Überwachungsbereichs liegt.

[0015] Bei einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist die Steuerungseinrichtung auf: ein Mittel zum Bestimmen der Energie, die der Motor erzeugt hat, bis die bewegliche Platte in einem Formöffnungsprozess nach Beginn der Formöffnung eine Formkontaktposition erreicht; ein Spannkraft-Berechnungsmittel zum Berechnen der Spannkraft nach Maßgabe der vom Energie-Bestimmungsmittel erhaltenen Energie und der Elastizitätskonstante des Formspannmechanismus; ein Überwachungsbereich-Einstellmittel zum Einstellen eines Überwachungsbereichs der Spannkraft, die vom Spannkraft-Berechnungsmittel berechnet worden ist; und ein Mittel zum Anhalten des Formzyklus, wenn die vom Spannkraft-Berechnungsmittel berechnete Spannkraft außerhalb des vom Überwachungsbereich-Einstellmittel eingestellten Überwachungsbereichs liegt.

[0016] Die Energie kann durch Integrieren des Produktes aus Drehmoment und Rotationswinkel des Motors erhalten werden.

[0017] Die Elastizitätskonstante des Formspannmechanismus kann auf Basis der Energie erhalten werden, die der Motor erzeugt hat, während sich die bewegliche Platte in einem Formschließprozess um eine vorgegebene Strecke von der Formkontaktposition in die Formspannabschlussposition bewegt, und einer gemessenen Spannkraft, die von einem am Formspannmechanismus angebrachten Spannkraftsensor gemessen wird.

[0018] Die Elastizitätskonstante des Formspannmechanismus kann auf Basis der Energie erhalten werden, die der Motor erzeugt hat, während sich die bewegliche Platte nach Beginn der Formöffnung um eine vorgegebene Strecke in einem Formöffnungs-

prozess bis hin zur Formkontaktposition bewegt.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0019] Ein oberer Grenzwert der Spannkraft zur Bestimmung einer Abweichung der Spannkraft, die einem Einstellfehler der Position der hinteren Platte zuschreibbar ist, kann im Überwachungsbereich-Einstellmittel eingestellt werden, und die Steuerungseinrichtung kann ferner ein Bestimmungsmittel aufweisen, das die Abweichung der Spannkraft, die dem Einstellfehler der Position der hinteren Platte zuschreibbar ist, identifiziert, wenn die vom Spannkraft-Berechnungsmittel berechnete Spannkraft den im Überwachungsbereich-Einstellmittel eingestellten oberen Grenzwert überschreitet.

[0020] Ein oberer und ein unterer Grenzwert der Spannkraft zur Bestimmung einer Abweichung des Formspannmechanismus können im Überwachungsbereich-Einstellmittel eingestellt werden, und die Steuerungseinrichtung kann ferner ein Bestimmungsmittel aufweisen, das die Abweichung des Formspannmechanismus identifiziert, wenn die vom Spannkraft-Berechnungsmittel berechnete Spannkraft nicht zwischen dem im Überwachungsbereich-Einstellmittel eingestellten oberen und unteren Grenzwert liegt.

[0021] Ein oberer und ein unterer Grenzwert der Spannkraft zur Bestimmung der Einhaltung der Qualität der Formteile können im Überwachungsbereich-Einstellmittel eingestellt werden, und die Steuerungseinrichtung kann ferner ein Mittel zum Einstellen der Spannkraft auf Basis des Abweichungsbetrags der Spannkraft vom im Überwachungsbereich-Einstellmittel eingestellten oberen oder unteren Wert der vom Spannkraft-Berechnungsmittel berechneten Spannkraft aufweisen, bevor der Formzyklus fortgesetzt wird, wenn die berechnete Spannkraft nicht zwischen dem oberen und unteren Grenzwert liegt.

[0022] Die auf diese Weise aufgebaute Steuerungseinrichtung der Spritzgießmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung kann eine Abweichung der Spannkraft oder eine Fehlfunktion des Formspannmechanismus durch Berechnen der Energie des Motors zum Antreiben des Formspannmechanismus während des Formschließ- oder Formöffnungsprozesses erkennen.

[0023] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann ferner eine kostengünstige Steuerungseinrichtung einer Spritzgießmaschine bereitgestellt werden, die eine Abweichung der Spannkraft oder eine Fehlfunktion der Formspanneinrichtung auf einfache Weise ohne einen Spannkraftsensor zu verwenden erkennen kann.

[0024] Die obigen und andere Aufgaben und Merkmale der vorliegenden Erfindung erschließen sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen; es zeigen:

[0025] [Fig. 1](#) eine schematische Ansicht einer in einer Spritzgießmaschine verwendeten Formspanneinrichtung zusammen mit einem Blockdiagramm einer Steuerungseinrichtung zum Steuern der Spritzgießmaschine;

[0026] [Fig. 2](#) Beispiele einer eingestellten Spannkraft, eines oberen Grenzwertes der Spannkraft und eines unteren Grenzwertes der Spannkraft, die auf einem Bildschirm eines mit einer Schnittstellenschaltung der Steuerungseinrichtung von [Fig. 1](#) verbundenen Eingabegeräts angezeigt werden;

[0027] [Fig. 3](#) ein Flussdiagramm eines Verarbeitungsalgorithmus, bei dem die Spannkraft in einer Formspann-Abschlussposition in einem Formschließprozess erhalten und eine Warnung bei einer Fehlfunktion des Formspannmechanismus erfolgt, um eine Formoperation anzuhalten, wenn die erhaltene Spannkraft außerhalb eines voreingestellten Bereichs liegt;

[0028] [Fig. 4A](#) ein erstes Beispiel, in dem die bei der Verarbeitung von [Fig. 3](#) berechnete Spannkraft zusammen mit dem voreingestellten oberen und unteren Grenzwert der Spannkraft auf einem Bildschirm der Anzeige des Eingabegeräts angezeigt werden;

[0029] [Fig. 4B](#) ein zweites Beispiel, in dem die bei der Verarbeitung von [Fig. 3](#) berechnete Spannkraft zusammen mit dem voreingestellten oberen und unteren Grenzwert der Spannkraft auf dem Anzeigebildschirm angezeigt werden;

[0030] [Fig. 5A](#) ein Flussdiagramm eines Verarbeitungsalgorithmus, bei dem die Spannkraft in einem Formöffnungsprozess erhalten und eine Warnung bezüglich einer Abweichung der Spannkraft ausgegeben wird, wenn die erhaltene Spannkraft außerhalb eines voreingestellten Bereichs liegt, und der Antrieb eines Formspann-Servomotors angehalten wird, so dass der Rückzug einer beweglichen Platte stoppt;

[0031] [Fig. 5B](#) die Fortsetzung des Flussdiagramms von [Fig. 5A](#);

[0032] [Fig. 6](#) eine Ansicht (Diagramm), die zeigt, wie ein Spannkraftsensor an der in [Fig. 1](#) dargestellten Formspanneinrichtung angebracht ist;

[0033] [Fig. 7](#) ein Flussdiagramm eines Verarbeitungs-

tungsalgorithmus zum Erhalten der Elastizitätskonstante im Formschließprozess durch Verwenden des Formspannsensors von [Fig. 6](#);

[0034] [Fig. 8](#) ein Flussdiagramm eines Verarbeitungsalgorithmus zum Erhalten der Elastizitätskonstante im Formöffnungsprozess durch Verwenden des Formspannsensors von [Fig. 6](#);

[0035] [Fig. 9](#) ein Flussdiagramm eines Algorithmus, der eine Verarbeitung enthält, bei der die Spannkraft in der Formspann-Abschlussposition im Formschließprozess erhalten und auf Basis der erhaltenen Spannkraft bestimmt wird, ob eine übermäßige Spannkraft erzeugt wird oder nicht;

[0036] [Fig. 10](#) ein Flussdiagramm eines Verarbeitungsalgorithmus, bei dem die Spannkraft in der Formspann-Abschlussposition im Formschließprozess in einem Formzyklus erhalten wird, wobei bestimmt wird, ob die Spannkraft am Ende des Formzyklus im korrekten Bereich liegt und eingestellt wird, wenn sie nicht im korrekten Bereich liegt;

[0037] [Fig. 11A](#) ein Flussdiagramm eines Algorithmus, der eine Verarbeitung enthält, bei der die Spannkraft im Formöffnungsprozess erhalten und auf Basis der Größe der erhaltenen Spannkraft bestimmt wird, ob eine übermäßige Spannkraft erzeugt wird oder nicht;

[0038] [Fig. 11B](#) die Fortsetzung des Flussdiagramms von [Fig. 11A](#);

[0039] [Fig. 12A](#) ein Flussdiagramm eines Verarbeitungsalgorithmus, bei dem die Spannkraft im Formöffnungsprozess in einem Formzyklus erhalten wird, wobei bestimmt wird, ob die erhaltene Spannkraft innerhalb des korrekten Bereichs liegt und die Spannkraft eingestellt wird, wenn sie nicht im korrekten Bereich liegt;

[0040] [Fig. 12B](#) die Fortsetzung des Flussdiagramms von [Fig. 12A](#);

[0041] [Fig. 13A](#) ein erstes Beispiel eines Anzeigebildschirms, der die berechnete Spannkraft, den oberen und unteren Grenzwert der Spannkraft für die Toleranz der mechanischen Festigkeit sowie den oberen und unteren Grenzwert zur Einhaltung der Qualität anzeigt;

[0042] [Fig. 13B](#) ein zweites Beispiel des Anzeigebildschirms, der die berechnete Spannkraft, den oberen und unteren Grenzwert der Spannkraft für die Toleranz der mechanischen Festigkeit sowie den oberen und unteren Grenzwert zur Einhaltung der Qualität anzeigt.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0043] [Fig. 1](#) ist eine schematische Ansicht einer in einer Spritzgießmaschine verwendeten Formspanneinrichtung **100**. Die Formspanneinrichtung **100** besteht aus einem Formspannmechanismus, einem Auswurf-Antriebsmechanismus (nicht dargestellt) und einem Formdickeneinstellmechanismus. Der Formspannmechanismus, der eine Form öffnet und schließt, kann die Form mit einer starken Kraft spannen, damit sie sich nicht durch den Druck eines Harzes beim Einspritzen öffnet. Eine feste Platte **1** und eine hintere Platte **2** sind miteinander durch vier Verbindungsstangen **4**, die den Formspannmechanismus bilden, gekoppelt. Eine bewegliche Platte **3** ist zwischen der festen Platte **1** und der hinteren Platte **2** zur von den Verbindungsstangen **4** geführten Bewegung angeordnet. Ferner ist eine feste Form **5a** an der festen Platte **1** angebaut, während eine bewegliche Form **5b** an der beweglichen Platte **3** so angebaut ist, dass sie zur festen Form **5a** weist.

[0044] Ein den Formspannmechanismus bildender Gelenkmechanismus **6** ist zwischen der hinteren Platte **2** und der beweglichen Platte **3** angeordnet. Eine an einem Kreuzkopf **6a** des Gelenkmechanismus **6** angebrachte Mutter steht in Eingriff mit einer Kugelspindel **7**, die drehbar und axial unbeweglich an der hinteren Platte **2** angebracht ist. Wenn ein Formspann-Servomotor **8** die Kugelspindel **7** über einen Getriebemechanismus **10** antreibt, wird die bewegliche Platte **3** zur oder von der festen Platte **1** weg bewegt, um die Formen **5a** und **5b** zu öffnen oder zu schließen, wodurch die gelenkartige Formspanneinrichtung gebildet wird. Eine Formschließoperation besteht darin, die bewegliche Platte **3** zur festen Platte **1** (im Vorschub) zu bewegen, während bei einer Formöffnungsoperation die bewegliche Platte **3** zur oder von der festen Platte **1** weg bewegt (zurückgezogen) wird.

[0045] Der Formspann-Servomotor **8** ist mit einem Positions-/Drehzahlsensor **11** ausgestattet, um seine Rotationsposition (Rotationswinkel) und Drehzahl zu bestimmen. Die Position des Kreuzkopfes **6a**, d. h. der Zustand des Gelenkmechanismus **6**, und die Position der beweglichen Platte **3** (bewegliche Form **5b**) können auf Basis eines Ausgangssignals vom Positions-/Drehzahlsensor **11** erfasst werden. So kann z. B. die Beziehung zwischen den jeweiligen Positionen des Kreuzkopfes **6a** des Gelenkmechanismus **6** und der beweglichen Platte **3** aus einem mathematischen Ausdruck oder einer Näherungsgleichung auf Basis der Struktur und Größe der Gelenkglieder erhalten werden. Bei einem alternativen Verfahren wird die Beziehung zwischen den jeweiligen Positionen des Kreuzkopfes **6a** und der beweglichen Platte **3** grafisch dargestellt und im Voraus gespeichert.

[0046] Ferner besteht das Spannkraft-Einstellmittel aus einem Getriebemechanismus (nicht dargestellt), der Verbindungsstangenmutter **9** und Zahnräder enthält, sowie einen Formdicken-Einstellmotor **14** usw. Ein Endabschnitt jeder Zugstange **4** an der Seite der hinteren Platte **2** hat ein Gewinde oder ist mit einer Schraube versehen. Die hintere Platte **2** kann entlang der Verbindungsstangen **4** vor oder zurück bewegt werden, indem jede mit der Schraube in Eingriff stehende Verbindungsstangenmutter **9** durch den Formdicken-Einstellmotor **14** über den Getriebemechanismus gedreht wird.

[0047] Das Bezugszeichen **20** kennzeichnet eine Steuerungseinrichtung zum Steuern der Spritzgießmaschine. **Fig. 1** zeigt ein Blockdiagramm, in dem nur die wichtigen Teile der Steuerungseinrichtung dargestellt sind. Eine Achsensteuerschaltung **22** zum Steuern von Position, Drehzahl und Strom (Drehmoment) des Servomotors, eine Eingabe-/Ausgabeschaltung **24**, ein Speicher **26** und eine Schnittstellenschaltung **28** eines Eingabegeräts **29** mit Anzeige sind durch einen Bus **30** mit einem Prozessor (CPU) **21** zum Steuern der gesamten Spritzgießmaschine verbunden.

[0048] Die Achsensteuerschaltung **22** besteht aus einem Prozessor, einem Speicher, einer Schnittstelle usw. Positions- und Drehzahl-Rückführsignale vom am Formspann-Servomotor **8** angebrachten Positions-/Drehzahlsensor **11** werden zur Achsensteuerschaltung **22** rückgekoppelt. Ferner wird ein Stromrückführsignal vom Stromsensor **12** zum Erfassen des Ansteuerstroms des Formspann-Servomotors **8** zur Achsensteuerschaltung **22** rückgekoppelt. Der Formspann-Servomotor **8** ist ferner über einen Servoverstärker **23** mit der Achsensteuerschaltung **22** verbunden.

[0049] Ferner ist der Formdicken-Einstellmotor **14** mit der Eingabe-/Ausgabeschaltung **24** über einen Inverter **25** verbunden. Das Eingabegerät **29** mit Anzeige ist mit der Schnittstellenschaltung **28** verbunden. Das Eingabegerät **29** mit Anzeige umfasst eine Flüssigkristallanzeige mit Sensorbildschirm, eine Tastatur usw. und dient zum Einstellen verschiedener Befehle, Parameter etc. Die verschiedenen Befehle und Parameter können auch durch Anzeigen verschiedener Schnittstellenbilder auf den Anzeigebildschirm der Sensorbildschirmanzeige des Eingabegeräts **29** eingestellt werden.

[0050] **Fig. 2** zeigt ein Beispiel eines Schnittstellenbildes. Eine eingestellte Spannkraft F_S , ein oberer Grenzwert F_H der Spannkraft und ein unterer Grenzwert F_L der Spannkraft sind in dem in **Fig. 2** dargestellten Schnittstellenbild eingegeben worden. Um zu bestimmen, ob die bei der Herstellung eines Formteils tatsächlich erzeugte Spannkraft innerhalb eines Spannkraft-Überwachungsbereichs einer Spannkraft

liegt oder nicht, die für die Einstellungs-Spannkraft voreingestellt worden ist, wird der Spannkraft-Überwachungsbereich durch Eingeben des oberen und unteren Grenzwertes F_H und F_L der Spannkraft im Bildbeispiel von **Fig. 2** eingestellt. Der Überwachungsbereich kann alternativ auf Basis der Einstellungs-Spannkraft F_S eingestellt werden. Gemäß dem Einstellungs-Bildbeispiel von **Fig. 2** braucht der Bediener der Spritzgießmaschine nur die Einstellungs-Spannkraft F_S sowie den oberen und unteren Grenzwert F_H und F_L der Spannkraft einzugeben, aber keine Überwachungswerte wie den Stromwert und die Position des Formspann-Servomotors.

[0051] Ein Programm zum Steuern der Spritzgießmaschine ist im Speicher **26** der Steuerungseinrichtung **20** gespeichert. Ein Programm, das auf Basis eines Flussdiagramms erstellt wird, das einen Verarbeitungsalgorithmus zum Erkennen einer Fehlfunktion der Formspanneinrichtung zeigt, ist ebenfalls im Speicher **26** gespeichert. Der Prozessor **21** steuert die Spritzgießmaschine auf Basis dieser Programme. Für eine Formspannoperation gibt der Prozessor **21** einen Bewegungsbefehl auf Basis der Programme an die Achsensteuerschaltung **22** aus. Ein in der Achsensteuerschaltung **22** integrierter Prozessor (nicht dargestellt) führt die Positions-, Drehzahl- und Stromsteuerung auf Basis der Positions- und Drehzahl-Rückführsignale vom Positions-/Drehzahlsensor **11** und der Stromrückführsignale vom Stromsensor **12** aus und steuert die Ansteuerung des Formspann-Servomotors **8** über den Servoverstärker **23**.

[0052] Wenn der Formspann-Servomotor **8** mit Spannung versorgt wird, wird die Kugelspindel **7** durch den Getriebemechanismus **10** gedreht, und der Kreuzkopf **6a** des Gelenkmechanismus **6**, dessen Mutter mit der Spindel **7** in Eingriff steht, bewegt sich entlang der Spindel **7**. Dadurch wird der Gelenkmechanismus **6** angetrieben, um die bewegliche Platte **3** vor- oder zurückzufahren. Wenn die bewegliche Platte **3** vorgeschoben wird, bewegt sich auch die bewegliche Form **5a** vorwärts. Bei anhaltender Vorschubbewegung der beweglichen Platte **3** kontaktiert die bewegliche Form **5b** die feste Form **5a**. Wenn die bewegliche Platte **3** in diesem Zustand (oder in der Formkontaktposition) weiter vorwärts bewegt wird, verlängern sich die Glieder des Gelenkmechanismus **6**. Wenn die bewegliche Platte **3** eine vorgegebene Formspann-Abschlussposition erreicht hat, wird der Formspann-Servomotor **8** in dieser Position positioniert, wodurch eine vorgegebene Spannkraft erzeugt wird.

[0053] Da die feste Platte **1** und die hintere Platte **2** durch die Verbindungsstangen **4** miteinander gekoppelt sind, berühren sich die feste und die bewegliche Form **5a** und **5b**. Wenn die bewegliche Platte **3** und die bewegliche Form **5b** in diesem Zustand weiter vorwärts bewegt werden, dehnen sich die Verbindungsstangen **4**.

dungsstangen **4**, wodurch eine entsprechende Spannkraft auf Basis der Reaktionskraft der Dehnung der Verbindungsstangen **4** erhalten wird.

[0054] Der Formspannmechanismus mit der oben beschriebenen Konstruktion kann die vorgegebene Spannkraft im Fall einer Fehlfunktion nicht erzeugen, d. h. dann, wenn ein den Übertragungsmechanismus **10** bildender Zahnriemen reißt oder die Verbindungsstangen **4** brechen.

[0055] Die Fehlfunktion des Formspannmechanismus kann deshalb durch Überwachen der Spannkraft erkannt werden. Nachfolgend wird ein Verfahren zum Messen der Spannkraft beschrieben, ohne dass ein Sensor direkt an dem Abschnitt angebracht ist, in dem sich der Verzug der Formspanneinrichtung konzentriert.

[0056] Die Verbindungsstangen **4** werden mit einer Zugkraft als Reaktion auf die Spannkraft während des Formspannens beaufschlagt und dehnen sich, wenn auch geringfügig, proportional zur Zugkraft. Dabei können die Verbindungsstangen **4** als Speicher für die elastische Energie betrachtet werden, da sie beim Dehnen elastisch verformt werden. Es sei angenommen, dass die resultierende Elastizitätskonstante aller vier Verbindungsstangen **4** der anhand von [Fig. 1](#) beschriebenen Formspanneinrichtung **100**, die Spannkraft und die Dehnung dieser Verbindungsstangen k , F bzw. x sind. Wenn die Dehnung der Verbindungsstangen x (dazu entsprechende Zugkraft) und die Spannkraft F ist, kann der folgende relationale Ausdruck (1) aufgestellt werden:

$$F = k \cdot x; \quad (1)$$

[0057] Wenn die dann in den vier Verbindungsstangen **4** gespeicherte elastische Energie u_E ist, kann der folgende relationale Ausdruck (2) aufgestellt werden:

$$u_E = k \cdot x^2 / 2 = F^2 / (2k); \quad (2)$$

[0058] Übrigens sollte sich die gesamte Energie U_M , die vom Formspann-Servomotor **8** zum Erzeugen der Spannkraft F erzeugt wird, idealerweise in den vier Verbindungsstangen **4** ansammeln. Tatsächlich sammelt sich die Energie U_M jedoch auch als elastische Energie, die dem Verzug zuzuschreiben ist, im Gelenkmechanismus **6** und dgl. der Spannformeinrichtung **100** an sowie in den Verbindungsstangen **4**. Deshalb muss die resultierende Elastizitätskonstante k mit der Elastizitätskonstante der Gesamtstruktur einschließlich des Gelenkmechanismus **6** ersetzt werden.

[0059] Dementsprechend wird die Elastizitätskonstante des gesamten Formspannmechanismus, in dem sich die dem Verzug der vier Verbindungsstan-

gen **4** und des Gelenkmechanismus **6** der Formspanneinrichtung **100** zuzuschreibende Energie ansammelt, mit K (im Folgenden als Elastizitätskonstante K des Formspannmechanismus bezeichnet) angegeben. Wenn die im gesamten Formspannmechanismus der Formspanneinrichtung **100** angesammelte Energie U_E ist und " K " in Ausdruck (2) für " k " eingesetzt wird, ergibt sich Ausdruck (3) wie folgt:

$$U_E = F^2 / (2K); \quad (3)$$

[0060] Hier kann die in der Formspanneinrichtung **100** angesammelte elastische Energie U_E als gleich der Energie U_M betrachtet werden, die für den Formspann-Servomotor **8** zum Erzeugen der Spannkraft F erzeugt wird. Damit kann der folgende Ausdruck (4) aufgestellt werden:

$$U_M = U_E; \quad (4)$$

wobei ein reibungsbedingter Energieverlust und ein Wärmeenergieverlust als vernachlässigbar klein betrachtet werden können.

[0061] Die vom Formspann-Servomotor **8** erzeugte Energie U_M kann übrigens mit dem folgenden Ausdruck (5) angegeben werden:

$$U_M = \Sigma(T \cdot \Delta\theta); \quad (5)$$

wobei T und θ das Drehmoment bzw. der Rotationswinkel des Formspann-Servomotors **8** bezeichnen. Das Symbol Δ repräsentiert eine Differenz und $\Delta\theta$ repräsentiert die Differenz zwischen den in der vorigen und in der aktuellen arithmetischen Operation erhaltenen Rotationswinkeln. Das Symbol Σ steht für die Integration. Der Ausdruck (5) gibt also an, wie die Energie U_M durch Integrieren des Produktes aus Rotationswinkel und Drehmoment des Formspann-Servomotors **8** mit dem Rotationswinkel erhalten wird. Wie anhand von [Fig. 1](#) beschrieben kann der Rotationswinkel θ des Formspann-Servomotors **8** mittels des Positions-/Drehzahlsensors **11** erfasst werden. Ferner kann das Drehmoment T des Formspann-Servomotors **8** auf Basis des Produktes aus seiner Drehmomentkonstante und dem Ansteuerstrom erhalten werden. Der Ansteuerstrom kann aus dem Stromrückführsignal vom Stromsensor **12** erhalten werden.

[0062] Der folgende Ausdruck (6) kann aus den oben beschriebenen Ausdrücken (3), (4) und (5) erhalten werden:

$$F = (2K \cdot U_M^{1/2} = \{2K \Sigma(T \cdot \Delta\theta)\}^{1/2}) \quad (6)$$

Ausdruck (6) gibt an, dass die Spannkraft F durch Messen des Drehmoments T und des Rotationswinkels θ des Formspann-Servomotors **8** erhalten werden kann. Daraus ist zu ersehen, dass die Spannkraft ohne einen Sensor, wie einen Dehnungssensor, an

den Verbindungsstangen **4** anzubringen, gemessen werden kann.

[0063] Nachstehend folgt eine Beschreibung eines Verfahrens zum Bestimmen der Elastizitätskonstante des Formspannmechanismus. Ausdruck (7) kann durch Umwandeln des obigen Ausdrucks (6) wie folgt erhalten werden:

$$K = F^2/2U_M = F^2/\{2\Sigma(T\cdot\Delta\theta)\}; \quad (7)$$

[0064] Die Spannkraft F wird bestimmt, indem der Verzug der Verbindungsstangen **4** mittels eines in [Fig. 6](#) dargestellten Spannkraftsensors **13** tatsächlich gemessen wird. Die Energie U_M ist die Energie, die vom Formspann-Servomotor **8** erzeugt wird, wenn sich die bewegliche Platte **3** in einem Formschließprozess des Formspannmechanismus von der Formkontaktposition in die Formspann-Abschlussposition bewegt. Somit sind sowohl die Energie U_M als auch die Spannkraft F messbare physikalische Größen, so dass die Elastizitätskonstante K des Formspannmechanismus bestimmt werden kann. Alternativ kann bei der vorliegenden Erfindung die Elastizitätskonstante K des Formspannmechanismus mittels des Spannkraftsensors im Voraus berechnet und im Speicher **26** der Steuerungseinrichtung **20** zum Zeitpunkt der Auslieferung ab Werk gespeichert werden.

[0065] Obwohl oben das Verfahren zum Bestimmen der Spannkraft im Formschließprozess (d. h. der Prozess zum Erzeugen der Spannkraft) beschrieben worden ist, kann die Spannkraft auch in einem Formöffnungsprozess (d. h. der Prozess zum Abbau der Spannkraft) durch dasselbe Verfahren erhalten werden. In diesem Fall wird die im Formspannmechanismus angesammelte elastische Energie während der Formöffnungsoperation an den Formspann-Servomotor **8** übertragen und die Funktion des Formspann-Servomotors **8**, der als Generator arbeitet, genutzt. Im Formöffnungsprozess wird deshalb im Gegensatz zum Formschließprozess die Energie U_M , die bei der Bewegung der beweglichen Platte **3** bis zum Erreichen der Formkontaktposition nach Beginn des Formöffnungsprozesses erzeugt wird, durch Anwendung des Ausdrucks (5) erhalten. Ferner wird die Spannkraft F nach Ausdruck (6) mit der auf diese Weise erhaltenen Energie U_M berechnet.

[0066] Nunmehr sei auf das Flussdiagramm von [Fig. 3](#) verwiesen, in dem ein Verarbeitungsalgorithmus beschrieben wird, durch den die Spannkraft in der Formspannabschlussposition im Formschließprozess erhalten und eine Warnung bei einer Fehlfunktion des Formspannmechanismus zum Anhalten der Formoperation erfolgt, wenn die erhaltene Spannkraft außerhalb eines vorgegebenen Bereichs liegt. In diesem Fall ist die Richtung, in der sich die bewegliche Platte **3** aus der Position (Referenzpositi-

on) der Oberfläche der festen Platte **1**, an der die feste Form **5a** angebaut ist, zur hinteren Platte **2** bewegt, als die Richtung definiert, in der die Position der beweglichen Platte **3** zunimmt. Ein Vorschub der beweglichen Platte **3** wird hier als die Bewegung der beweglichen Platte **3** zur festen Platte **1** und ein Rückzug der beweglichen Platte **3** als die Bewegung der beweglichen Platte **3** von der festen Platte **1** weg definiert. Ferner wird davon ausgegangen, dass Positionsinformationen, einschließlich der Formkontaktposition und der Formspannabschlussposition sowie der Formöffnungs-Abschlussposition der beweglichen Platte **3** im Voraus eingestellt worden sind. Die einzelnen Schritte der Prozedur werden nunmehr der Reihe nach beschrieben.

[0067] Schritt SA1: Der Wert der vom Formspann-Servomotor **8** erzeugten Energie U_M wird initialisiert ($U_M = 0$).

[0068] Schritt SA2: Die Elastizitätskonstante K sowie der obere und untere Grenzwert F_H und F_L der Spannkraft werden gelesen.

[0069] Schritt SA3: Der Formspann-Servomotor **8** wird angesteuert, um den Vorschub der beweglichen Platte **3** zu starten oder um die bewegliche Platte **3** zur festen Platte **1** zu bewegen.

[0070] Schritt SA4: Ein Positionsdetektionssignal wird von dem am Formspann-Servomotor **8** angebrachten Positions-/Drehzahlsensor **11** erfasst. Genaue gesagt wird die Anzahl der Impulse, die in jeder Steuerperiode vom Positions-/Drehzahlsensor **11** erhalten werden, erfasst.

[0071] Schritt SA5: Die Position der beweglichen Platte **3** wird auf Basis des in Schritt SA4 erhaltenen Positionsdetektionssignals berechnet. Die Bestimmung der Position der beweglichen Platte **3** unter Verwendung eines geeigneten Transformationsausdrucks aus einem Positionsdetektionssignal, das die Rotationsposition des Formspann-Servomotors **8** angibt, ist eine bekannte Technik.

[0072] Schritt SA6: Es wird bestimmt, ob die erhaltene Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition nicht überschreitet. Wenn die Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition nicht überschreitet, geht die Prozedur zu Schritt SA7 weiter. Wenn die Position der beweglichen Platte **3** dagegen die Formkontaktposition überschreitet, geht die Prozedur zu Schritt SA4 zurück.

[0073] Schritt SA7: Ein Positionsdetektionssignal wird auf die gleiche Weise wie in Schritt SA4 erfasst. Ferner wird ein Stromdetektionssignal vom Stromsensor **12** erfasst, um den Ansteuerstrom des Formspann-Servomotors **8** zu bestimmen.

[0074] Schritt SA8: Die Position der beweglichen Platte **3** wird auf Basis des in Schritt SA7 erhaltenen Positionsdetektionssignals berechnet.

[0075] Schritt SA9: Der Drehmomentwert T des Formspann-Servomotors **8** wird auf Basis des in Schritt SA7 erfassten Stromdetektionssignals und der Drehmomentkonstante des Formspann-Servomotors **8** (inhärenter Wert des Servomotors **8**) berechnet.

[0076] Schritt SA10: Die Differenz $\Delta\theta$ des Rotationswinkels des Formspann-Servomotors **8** wird auf Basis der Differenz zwischen dem in Schritt SA7 in der aktuellen Steuerperiode erfassten Positionsdetektionssignals (Anzahl der vom Positions-/Drehzahlsensor **11** abgegebenen Impulse) und dem in Schritt SA7 in der vorigen Steuerperiode erfassten Positionsdetektionssignals (Anzahl der vom Positions-/Drehzahlsensor **11** abgegebenen Impulse) bestimmt.

[0077] Schritt SA11: Die vom Formspann-Servomotor **8** erzeugte Energiemenge wird auf Basis des Ausdrucks $U_M = U_M + T \cdot \Delta\theta$ berechnet. Dieser Ausdruck gibt an, dass die erzeugte Energiemenge U_M durch Addieren des Produktes $T \cdot \Delta\theta$ (vom Formspann-Servomotor **8** in der aktuellen Steuerperiode erzeugte Energiemenge) aus dem in Schritt SA9 bestimmten Drehmomentwert T und der in Schritt SA10 erhaltenen Differenz $\Delta\theta$ des Rotationswinkels des Formspann-Servomotors **8** zur zuvor bestimmten Energiemenge U_M aktualisiert wird. Mit anderen Worten, in diesem Schritt wird der Ausdruck (5), $U_M = \Sigma(T \cdot \Delta\theta)$, berechnet.

[0078] Schritt SA12: Es wird bestimmt, ob die Formspannabschlussposition von der beweglichen Platte **3** erreicht worden ist oder nicht. Wenn die Formspannabschlussposition nicht erreicht worden ist, geht die Prozedur zu Schritt SA7 zurück. Wenn diese Position erreicht worden ist, geht die Prozedur zu Schritt SA13 weiter.

[0079] Schritt SA13: Die Ansteuerung des Formspann-Servomotors **8** wird beendet, wodurch der Vorschub der beweglichen Platte **3** anhält.

[0080] Schritt SA14: Die Spannkraft F_C wird mit Ausdruck (6) auf Basis der Elastizitätskonstante K des Formspannmechanismus, die in Schritt SA2 gelesen wurde, und der Energiemenge U_M des Formspann-Servomotors **8** berechnet, die durch Integration in Schritt SA11 erhalten wurde.

[0081] Schritt SA15: Es wird bestimmt, ob die berechnete Spannkraft F_C , die in Schritt SA14 bestimmt wurde, größer ist als der in Schritt SA2 gelesene untere Grenzwert F_L der Spannkraft oder nicht. Wenn die Spannkraft F_C größer ist als der untere Grenzwert

F_L der Spannkraft, geht die Prozedur zu Schritt SA16 weiter. Wenn nicht, geht die Prozedur zu Schritt SA17 weiter.

[0082] Schritt SA16: Es wird bestimmt, ob die berechnete Spannkraft F_C , die in Schritt SA14 bestimmt wurde, kleiner ist als der in Schritt SA2 gelesene obere Grenzwert F_H der Spannkraft oder nicht. Wenn die Spannkraft F_C kleiner ist als der obere Grenzwert F_H , geht die Prozedur zu Schritt SA18 weiter. Wenn nicht, geht die Prozedur zu Schritt SA17 weiter.

[0083] Schritt SA17: Als Ergebnis der Bestimmung in den Schritten SA15 und SA16 wird gefolgert, dass die Spannkraft F_C abweicht, worauf der Einspritzgießprozess der Einspritzgießmaschine angehalten und ein Warnsignal ausgegeben wird. Somit kann die Abweichung der Spannkraft im Formschißprozess erkannt werden, so dass die Einspritzgießmaschine angehalten werden kann, bevor ein Einspritzprozess gestartet wird.

[0084] Schritt SA18: Die in Schritt SA14 berechnete Spannkraft F_C wird auf der Anzeige des Eingabeegeräts **29** angezeigt, womit die Verarbeitung beendet ist. Wenn in Schritt SA17 das Warnsignal ausgegeben wird, wird eine Warnung angezeigt.

[0085] Die [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) zeigen Bildbeispiele, die auf der Anzeige des Eingabeegeräts **29** angezeigt werden.

[0086] Im Bildbeispiel von [Fig. 4A](#) wird angezeigt, wenn die berechnete Spannkraft F_C größer als der untere Grenzwert F_L der Spannkraft und kleiner als der obere Grenzwert F_H der Spannkraft ist. Durch Beobachten dieses Bildes kann sich ein Bediener der Spritzgießmaschine vergewissern, dass das Formspannen des Spritzgießzyklus normal ausgeführt wird.

[0087] Dagegen zeigt das Bildbeispiel von [Fig. 4B](#) die Anzeige, wenn in Schritt SA15 bestimmt wird, dass die berechnete Spannkraft F_C nicht größer ist als der untere Grenzwert F_L der Spannkraft, oder wenn in Schritt SA16 bestimmt wird, dass die berechnete Spannkraft F_C nicht kleiner ist als der obere Grenzwert F_H der Spannkraft. Auf Basis der Ausgabe des Warnsignals in Schritt SA17 wird eine Warnung des Inhalts, dass die berechnete Spannkraft F_C abweichend ist, wie in [Fig. 4B](#) dargestellt, angezeigt.

[0088] Dann wird bei der Ausführung der Formöffnungsoperation die im Formspannmechanismus angesammelte elastische Energie an den Formspann-Servomotor **8** übertragen, um ihn in Rotation zu versetzen. Die Spannkraft wird somit erhalten, indem die Funktion des Formspann-Servomotors **8** als Generator genutzt wird. Wenn die erhaltene Spannkraft außerhalb des voreingestellten Bereichs liegt,

wird eine Warnung des Inhalts, dass die Spannkraft abweichend ist, ausgegeben und die Ansteuerung des Formspann-Servomotors **8** wird beendet und somit der Rückzug der beweglichen Platte angehalten. Ein Algorithmus für diese Verarbeitung wird anhand der Flussdiagramme der [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) beschrieben.

[0089] Schritt SB1: Der Wert der vom Formspann-Servomotor **8** erzeugten Energie U_M wird initialisiert ($U_M = 0$).

[0090] Schritt SB2: Die Elastizitätskonstante K sowie der obere und untere Grenzwert F_H und F_L der Spannkraft werden gelesen.

[0091] Schritt SB3: Der Formspann-Servomotor **8** wird angesteuert, um den Rückzug der beweglichen Platte **3** zu starten, oder um die bewegliche Platte **3** zur hinteren Platte **2** zu bewegen.

[0092] Schritt SB4: Ein Positionsdetektionssignal wird von dem am Formspann-Servomotor **8** angebrachten Positions-/Drehzahlsensor **11** erfasst. Genauer gesagt wird die Anzahl der Impulse, die in jeder Steuerperiode vom Positions-/Drehzahlsensor **11** erhalten werden, erfasst. Ferner wird ein Stromdetektionssignal vom Stromsensor **12** erfasst, um den erzeugten Strom des als Generator dienenden Formspann-Servomotors **8** zu bestimmen.

[0093] Schritt SB5: Der Drehmomentwert T des Formspann-Servomotors **8** wird auf Basis der Drehmomentkonstante des Formspann-Servomotors **8** und des in Schritt SB4 erfassten Stromdetektionssignals berechnet.

[0094] Schritt SB6: Die Differenz $\Delta\theta$ des Rotationswinkels des Formspann-Servomotors **8** wird auf Basis der Differenz zwischen dem in Schritt SB4 erfassten Positionsdetektionssignal (Anzahl der vom Positions-/Drehzahlsensor **11** abgegebenen Impulse) in der aktuellen Steuerperiode und dem in Schritt SB4 in der vorigen Steuerperiode erfassten Positionsdetektionssignal (Anzahl der vom Positions-/Drehzahlsensor **11** abgegebenen Impulse) bestimmt.

[0095] Schritt SB7: Die vom Formspann-Servomotor **8** erzeugte Energiemenge wird mit dem Ausdruck $U_M = U_M + T \cdot \Delta\theta$ berechnet. Dieser Ausdruck gibt an, dass die erzeugte Energiemenge durch Addieren des Produktes $T \cdot \Delta\theta$ (vom Formspann-Servomotor **8** in der aktuellen Steuerperiode erzeugte Energiemenge) aus dem in Schritt SB5 bestimmten Drehmomentwert T und der in Schritt SB6 erhaltenen Differenz $\Delta\theta$ des Rotationswinkels des Formspann-Servomotors **8** zur zuvor bestimmten Energiemenge U_M aktualisiert wird. Mit anderen Worten, in diesem Schritt wird der Ausdruck (5), $U_M = \Sigma(T \cdot \Delta\theta)$, berechnet.

[0096] Schritt SB8: Die Position der beweglichen Platte **3** wird auf Basis des in Schritt SB4 erhaltenen Positionsdetektionssignals berechnet. Die Bestimmung der Position der beweglichen Platte **3** aus einem Positionsdetektionssignal ist eine bekannte Technik.

[0097] Schritt SB9: Es wird bestimmt, ob die Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition nicht überschreitet. Wenn die Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition nicht überschreitet, geht die Prozedur zu Schritt SB4 zurück. Wenn die Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition überschreitet, geht die Prozedur zu Schritt SB10 weiter.

[0098] Schritt SB10: Die Spannkraft F_C wird mit Ausdruck (6) auf Basis der Elastizitätskonstante K des Formspannmechanismus, die in Schritt SB2 gelesen wurde, und der Energiemenge U_M des Formspann-Servomotors **8** berechnet, die durch Integration in Schritt SB7 erhalten wurde.

[0099] Schritt SB11: Es wird bestimmt, ob die berechnete Spannkraft F_C , die in Schritt SB10 bestimmt wurde, größer ist als der in Schritt SB2 gelesene untere Grenzwert F_L der Spannkraft oder nicht. Wenn die Spannkraft F_C größer ist als der untere Grenzwert F_L der Spannkraft, geht die Prozedur zu Schritt SB12 weiter. Wenn nicht, geht die Prozedur zu Schritt SB16 weiter.

[0100] Schritt SB12: Es wird bestimmt, ob die berechnete Spannkraft F_C , die in Schritt SB10 bestimmt wurde, kleiner ist als der in Schritt SB2 gelesene obere Grenzwert F_H der Spannkraft oder nicht. Wenn die berechnete Spannkraft F_C kleiner ist als der obere Grenzwert F_H , geht die Prozedur zu Schritt SB13 weiter. Wenn nicht, geht die Prozedur zu Schritt SB16 weiter.

[0101] Schritt SB13: Ein Positionsdetektionssignal wird von dem am Formspann-Servomotor **8** angebrachten Positions-/Drehzahlsensor **11** erfasst. Genauer gesagt wird die Anzahl der Impulse, die in jeder Steuerperiode vom Positions-/Drehzahlsensor **11** erhalten werden, erfasst.

[0102] Schritt SB14: Die Position der beweglichen Platte **3** wird auf Basis des in Schritt SB13 erhaltenen Positionsdetektionssignals berechnet.

[0103] Schritt SB15: Es wird bestimmt, ob die Formöffnungsabschlussposition von der beweglichen Platte **3** erreicht worden ist oder nicht. Wenn die Formöffnungsabschlussposition nicht erreicht worden ist, geht die Prozedur zu Schritt SB13 zurück. Wenn diese Position erreicht worden ist, geht die Prozedur zu Schritt SBA17 weiter.

[0104] Schritt SB16: Als Ergebnis der Bestimmung in den Schritten SB11 und SB12 wird gefolgert, dass die berechnete Spannkraft F_C abweicht, worauf der Einspritzgießprozess der Einspritzgießmaschine angehalten und das Warnsignal ausgegeben wird. Somit wird der Formzyklus vor Abschluss der Formöffnung angehalten, so dass ein die Formteile entfernender Roboter daran gehindert werden kann, bei geschlossener Form zu arbeiten und mit der Form zu kollidieren.

[0105] Schritt SB17: Die in Schritt SB10 berechnete Spannkraft F_C wird auf der Anzeige des Eingabegeräts **29** angezeigt. Wenn in Schritt SB16 das Warnsignal ausgegeben wird, wird eine Warnung angezeigt. Die [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) zeigen, wie die Werte auf dem Anzeigegerät **29** angezeigt werden.

[0106] Bei jedem Formzyklus kann zusätzlich zur Überwachung der Spannkraft im Formschließprozess von [Fig. 3](#) die Überwachung der Spannkraft im Formöffnungsprozess der [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) ausgeführt werden.

[0107] Schritt SB18: Die Ansteuerung des Formspann-Servomotors **8** wird beendet, wodurch der Rückzug der beweglichen Platte **3** anhält.

[0108] Im Folgenden wird die Berechnung der Elastizitätskonstante K des Formspannmechanismus beschrieben. [Fig. 6](#) ist eine Ansicht (Diagramm), die darstellt, wie der Spannkraftsensor **13** an der in [Fig. 1](#) dargestellten Formspanneinrichtung **100** angebracht ist. Der Spannkraftsensor **13** ist an mindestens einer der den Formspannmechanismus bildenden vier Verbindungsstangen **4** angebracht. Der Spannkraftsensor **13** ist ein Sensor, der den Verzug (Dehnung in der Hauptachse) der Verbindungsstangen **4** misst. Ein Detektionssignal vom Sensor **13** wird über einen A/D-Wandler **27** als Schnittstelle in die Steuerungseinrichtung **20** eingegeben. Es kann z. B. ein Dehnungsmesser als Spannkraftsensor **13** verwendet werden.

[0109] Die Verbindungsstangen **4** werden mit einer Zugkraft entsprechend der Spannkraft während des Formspannens beaufschlagt und dehnen sich, wenn auch geringfügig, durch elastische Verformung proportional zur Zugkraft. Deshalb kann die Spannkraft F , die tatsächlich auf die Formen **5a** und **5b** aufgebracht wird, durch Messen der Dehnung der Verbindungsstangen **4** mittels des Spannkraftsensors **13** bestimmt werden. Ferner kann die Elastizitätskonstante K durch Verwenden des Ausdrucks (7) berechnet werden.

[0110] [Fig. 7](#) ist ein Flussdiagramm, das einen Verarbeitungsalgorithmus zur Bestimmung der Elastizitätskonstante K im Formschließprozess zeigt. Die erhaltene Elastizitätskonstante K wird in Schritt SC15

im Speicher **26** der Steuerungseinheit **20** gespeichert. Die einzelnen Schritte der Prozedur werden nunmehr der Reihe nach beschrieben.

[0111] Schritt SC1: Der Wert der vom Formspann-Servomotor **8** erzeugten Energie U_M wird initialisiert ($U_M = 0$).

[0112] Schritt SC2: Der Formspann-Servomotor **8** wird angesteuert, um den Vorschub der beweglichen Platte **3** zu starten, oder um die bewegliche Platte **3** zur festen Platte **1** zu bewegen.

[0113] Schritt SC3: Ein Positionsdetektionssignal wird von dem am Formspann-Servomotor **8** angebrachten Positions-/Drehzahlsensor **11** erfasst. Genauer gesagt wird die Anzahl der Impulse, die in jeder Steuerperiode vom Positions-/Drehzahlsensor **11** erhalten werden, erfasst.

[0114] Schritt SC4: Die Position der beweglichen Platte **3** wird auf Basis des in Schritt SC3 erhaltenen Positionsdetektionssignals berechnet. Die Bestimmung der Position der beweglichen Platte **3** unter Verwendung eines geeigneten Transformationsausdrucks aus einem Positionsdetektionssignal, das die Rotationsposition des Formspann-Servomotors **8** angibt, ist eine bekannte Technik.

[0115] Schritt SC5: Es wird bestimmt, ob die erhaltene Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition nicht überschreitet. Wenn die Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition nicht überschreitet, geht die Prozedur zu Schritt SC6 weiter. Wenn die Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition dagegen überschreitet, geht die Prozedur zu Schritt SC3 zurück.

[0116] Schritt SC6: Ein Positionsdetektionssignals wird auf die gleiche Weise wie in Schritt SC3 erfasst. Ferner wird ein Stromdetektionssignal vom Stromsensor **12** erfasst, um den Ansteuerstrom des Formspann-Servomotors **8** zu bestimmen.

[0117] Schritt SC7: Der Drehmomentwert T des Formspann-Servomotors **8** wird auf Basis des in Schritt SC6 erfassten Stromdetektionssignals und der Drehmomentkonstante des Formspann-Servomotors **8** (inhärenter Wert des Servomotors **8**) berechnet.

[0118] Schritt SC8: Die Differenz $\Delta\theta$ des Rotationswinkels des Formspann-Servomotors **8** wird auf Basis der Differenz zwischen dem in Schritt SC6 erfassten Positionsdetektionssignal (Anzahl der vom Positions-/Drehzahlsensor **11** abgegebenen Impulse) in der aktuellen Steuerperiode und dem in Schritt SC6 in der vorigen Steuerperiode erfassten Positionsdetektionssignal (Anzahl der vom Positions-/Drehzahlsensor **11** abgegebenen Impulse) bestimmt.

[0119] Schritt SC9: Die vom Formspann-Servomotor **8** erzeugte Energiemenge wird mit dem Ausdruck $U_M = U_M + T \cdot \Delta\theta$ berechnet. Dieser Ausdruck gibt an, dass die erzeugte Energiemenge U_M durch Addieren des Produktes $T \cdot \Delta\theta$ (vom Formspann-Servomotor **8** in der aktuellen Steuerperiode erzeugte Energiemenge) aus dem in Schritt SC7 bestimmten Drehmomentwert T und der in Schritt SC8 erhaltenen Differenz $\Delta\theta$ des Rotationswinkels des Formspann-Servomotors **8** zur zuvor bestimmten Energiemenge U_M aktualisiert wird. Mit anderen Worten, in diesem Schritt wird der Ausdruck (5), $U_M = \Sigma(T \cdot \Delta\theta)$, berechnet.

[0120] Schritt SC10: Die Position der beweglichen Platte **3** wird auf Basis des in Schritt SC6 erhaltenen Positionsdetektionssignals berechnet.

[0121] Schritt SC11: Es wird bestimmt, ob die Formspannabschlussposition von der beweglichen Platte **3** erreicht worden ist oder nicht. Wenn die Formspannabschlussposition nicht erreicht worden ist, geht die Prozedur zu Schritt SC6 zurück. Wenn diese Position erreicht worden ist, geht die Prozedur zu Schritt SC12 weiter.

[0122] Schritt SC12: Die Ansteuerung des Formspann-Servomotors **8** wird beendet, wodurch der Vorschub der beweglichen Platte **3** angehalten wird.

[0123] Schritt SC13: Die Spannkraft F wird mittels des Spannkraftsensors **13** bestimmt (siehe [Fig. 6](#)).

[0124] Schritt SC14: Die Elastizitätskonstante K wird unter Verwendung des Ausdrucks (7) auf Basis der in Schritt SC9 berechneten Energiemenge U_M und der in Schritt SC13 bestimmten Spannkraft F berechnet.

[0125] Schritt SC15: Die erhaltene Elastizitätskonstante K wird im Speicher **26** der Steuerungseinrichtung **20** gespeichert.

[0126] [Fig. 8](#) ist ein Flussdiagramm, das einen Verarbeitungsalgorithmus zur Bestimmung der Elastizitätskonstante K im Formöffnungsprozess zeigt.

[0127] Schritt SD1: Die Spannkraft F wird mittels des Spannkraftsensors **13** bestimmt (siehe [Fig. 6](#)).

[0128] Schritt SD2: Der Wert der vom Formspann-Servomotor **8** erzeugten Energie U_M wird initialisiert ($U_M = 0$).

[0129] Schritt SD3: Der Formspann-Servomotor **8** wird angesteuert, um den Rückzug der beweglichen Platte **3** zu starten, oder um die bewegliche Platte **3** zur hinteren Platte **2** zu bewegen.

[0130] Schritt SD4: Ein Positionsdetektionssignal

wird von dem am Formspann-Servomotor **8** angebrachten Positions-/Drehzahlsensor **11** erfasst. Genauer gesagt wird die Anzahl der Impulse, die in jeder Steuerperiode vom Positions-/Drehzahlsensor **11** erhalten werden, erfasst. Ferner wird ein Stromdetektionssignal vom Stromsensor **12** erfasst, um den vom Formspann-Servomotor **8**, der als Generator dient, erzeugten Strom zu bestimmen.

[0131] Schritt SD5: Der Drehmomentwert T des Formspann-Servomotors **8** wird auf Basis der Drehmomentkonstante des Formspann-Servomotors **8** und des in Schritt SD4 erfassten Stromdetektionssignals berechnet.

[0132] Schritt SD6: Die Differenz $\Delta\theta$ des Rotationswinkels des Formspann-Servomotors **8** wird auf Basis der Differenz zwischen dem in Schritt SD4 erfassten Positionsdetektionssignal (Anzahl der vom Positions-/Drehzahlsensor **11** abgegebenen Impulse) in der aktuellen Steuerperiode und dem in Schritt SD4 in der vorigen Steuerperiode erfassten Positionsdetektionssignal (Anzahl der vom Positions-/Drehzahlsensor **11** abgegebenen Impulse) bestimmt.

[0133] Schritt SD7: Die vom Formspann-Servomotor **8** erzeugte Energiemenge wird mit dem Ausdruck $U_M = U_M + T \cdot \Delta\theta$ berechnet. Dieser Ausdruck gibt an, dass die erzeugte Energiemenge U_M durch Addieren des Produktes $T \cdot \Delta\theta$ (vom Formspann-Servomotor **8** in der aktuellen Steuerperiode erzeugte Energiemenge) aus dem in Schritt SD5 bestimmten Drehmomentwert T und der in Schritt SD6 erhaltenen Differenz $\Delta\theta$ des Rotationswinkels des Formspann-Servomotors **8** zur zuvor bestimmten Energiemenge U_M aktualisiert wird. Mit anderen Worten, in diesem Schritt wird der Ausdruck (5), $U_M = \Sigma(T \cdot \Delta\theta)$, berechnet.

[0134] Schritt SD8: Die Position der beweglichen Platte **3** wird auf Basis des in Schritt SD4 erhaltenen Positionsdetektionssignals eines relationalen Ausdrucks oder einer Umrechnungstabelle berechnet. Es ist eine bekannte Technik, die Position der beweglichen Platte **3** aus einem Positionsdetektionssignal zu erhalten.

[0135] Schritt SD9: Es wird bestimmt, ob die Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition überschritten hat oder nicht. Wenn die Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition nicht überschritten hat, geht die Prozedur zu Schritt SD4 zurück. Wenn die Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition überschritten hat, geht die Prozedur zu Schritt SD10 weiter.

[0136] Schritt SD10: Die Elastizitätskonstante K wird unter Verwendung des Ausdrucks (7) auf Basis der in Schritt SD7 berechneten Energiemenge U_M und der in Schritt SD1 bestimmten Spannkraft F be-

rechnet.

[0137] Schritt SD11: Die in Schritt SD10 erhaltene Elastizitätskonstante K wird im Speicher **26** der Steuerungseinrichtung **20** gespeichert.

[0138] Schritt SD12: Ein Positionsdetektionssignal wird von dem am Formspann-Servomotor **8** angebrachten Positions-/Drehzahlsensor **11** erfasst. Genauer gesagt wird die Anzahl der Impulse, die in jeder Steuerperiode vom Positions-/Drehzahlsensor **11** erhalten werden, erfasst.

[0139] Schritt SD13: Die Position der beweglichen Platte **3** wird auf Basis des in Schritt SD12 erhaltenen Positionsdetektionssignals berechnet.

[0140] Schritt SD14: Es wird bestimmt, ob die Formöffnungsabschlussposition von der beweglichen Platte **3** erreicht worden ist oder nicht. Wenn die Formöffnungsabschlussposition nicht erreicht worden ist, geht die Prozedur zu Schritt SD12 zurück. Wenn diese Position erreicht worden ist, geht die Prozedur zu Schritt SD15 weiter.

[0141] Schritt SD15: Die Ansteuerung des Formspann-Servomotors **8** wird beendet, wodurch der Rückzug der beweglichen Platte **3** angehalten wird.

[0142] Wenn ein Linearmotor anstelle des oben genannten Rotations-Servomotors als der Formspann-Servomotor verwendet wird, wird die Energiemenge U_M unter Verwendung von Ausdruck (8) wie folgt erhalten:

$$U_M = \Sigma(F \cdot \Delta X); \quad (8)$$

[0143] In Ausdruck (8) wird der Schub F des Linearmotors für das Drehmoment T in Ausdruck (5) eingesetzt, und die Differenz ΔX der Bewegungsstrecke des Linearmotors wird für die Differenz $\Delta \theta$ des Rotationswinkels eingesetzt. Somit kann eine Fehlfunktion des Formspannmechanismus in diesem Fall auf die gleiche Weise erkannt werden wie im Fall der Verwendung eines Servomotors des Rotationstyps.

[0144] Nunmehr sei auf das Flussdiagramm von [Fig. 9](#) verwiesen, das einen Algorithmus mit Verarbeitung beschreibt, bei dem die Spannkraft in einem Formschließprozess in der Formspannabschlussposition erhalten und auf Basis der erhaltenen Spannkraft bestimmt wird, ob eine übermäßige Spannkraft erzeugt wird oder nicht. Die einzelnen Schritte der Prozedur werden nunmehr der Reihe nach beschrieben.

[0145] Schritt SE1: Der Wert der vom Formspann-Servomotor **8** erzeugten Energie U_M wird initialisiert ($U_M = 0$).

[0146] Schritt SE2: Die Elastizitätskonstante K sowie der obere und untere Grenzwert F_D und F_L der Spannkraft für die Toleranz der mechanischen Festigkeit werden gelesen. Der obere Grenzwert F_D der Spannkraft für die Toleranz der mechanischen Festigkeit wird auf Basis der mechanischen Festigkeit des Formspannmechanismus eingestellt.

[0147] Schritt SE3: Der Formspann-Servomotor **8** wird angesteuert, um den Vorschub der beweglichen Platte **3** zu starten oder um die bewegliche Platte **3** zur festen Platte **1** zu bewegen.

[0148] Schritt SE4: Ein Positionsdetektionssignal wird von dem am Formspann-Servomotor **8** angebrachten Positions-/Drehzahlsensor **11** erfasst. Genauer gesagt wird die Anzahl der Impulse, die in jeder Steuerperiode vom Positions-/Drehzahlsensor **11** erhalten werden, erfasst.

[0149] Schritt SE5: Die Position der beweglichen Platte **3** wird auf Basis des in Schritt SE4 erhaltenen Positionsdetektionssignals berechnet. Die Bestimmung der Position der beweglichen Platte **3** unter Verwendung eines geeigneten Transformationsausdrucks aus einem Positionsdetektionssignal, das die Rotationsposition des Formspann-Servomotors **8** angibt, ist eine bekannte Technik.

[0150] Schritt SE6: Es wird bestimmt, ob die erhaltene Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition nicht überschreitet. Wenn die Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition nicht überschreitet, geht die Prozedur zu Schritt SE7 weiter. Wenn die Position der beweglichen Platte **3** dagegen die Formkontaktposition überschreitet, geht die Prozedur zu Schritt SE4 zurück.

[0151] Schritt SE7: Ein Positionsdetektionssignal wird auf die gleiche Weise wie in Schritt SE4 erfasst. Ferner wird ein Stromdetektionssignal vom Stromsensor **12** erfasst, um den Ansteuerstrom des Formspann-Servomotors **8** zu bestimmen.

[0152] Schritt SE8: Die Position der beweglichen Platte **3** wird auf Basis des in Schritt SE7 erhaltenen Positionsdetektionssignals berechnet.

[0153] Schritt SE9: Der Drehmomentwert T des Formspann-Servomotors **8** wird auf Basis des in Schritt SE7 erfassten Stromdetektionssignals und der Drehmomentkonstante des Formspann-Servomotors **8** (inhärenter Wert des Servomotors **8**) berechnet.

[0154] Schritt SE10: Die Differenz $\Delta \theta$ des Rotationswinkels des Formspann-Servomotors **8** wird auf Basis der Differenz zwischen dem in Schritt SE7 in der aktuellen Steuerperiode erfassten Positionsdetektionssignals (Anzahl der vom Positions-/Dreh-

zahlsensor **11** abgegebenen Impulse) und dem in Schritt SE7 in der vorigen Steuerperiode erfassten Positionsdetektionssignals (Anzahl der vom Positions-/Drehzahlsensor **11** abgegebenen Impulse) bestimmt.

[0155] Schritt SE11: Die vom Formspann-Servomotor **8** erzeugte Energiemenge wird auf Basis des Ausdrucks $U_M = U_M + T \cdot \Delta\theta$ berechnet. Dieser Ausdruck gibt an, dass die erzeugte Energiemenge U_M durch Addieren des Produktes $T \cdot \Delta\theta$ (vom Formspann-Servomotor **8** in der aktuellen Steuerperiode erzeugte Energiemenge) aus dem in Schritt SE9 bestimmten Drehmomentwert T und der in Schritt SE10 erhaltenen Differenz $\Delta\theta$ des Rotationswinkels des Formspann-Servomotors **8** zur zuvor bestimmten Energiemenge U_M aktualisiert wird. Mit anderen Worten, in diesem Schritt wird der Ausdruck (5), $U_M = \Sigma(T \cdot \Delta\theta)$, berechnet.

[0156] Schritt SE12: Es wird bestimmt, ob die Formspannabschlussposition von der beweglichen Platte **3** erreicht worden ist oder nicht. Wenn die Formspannabschlussposition nicht erreicht worden ist, geht die Prozedur zu Schritt SE7 zurück. Wenn diese Position erreicht worden ist, geht die Prozedur zu Schritt SE13 weiter.

[0157] Schritt SE13: Die Ansteuerung des Formspann-Servomotors **8** wird beendet, wodurch der Vorschub der beweglichen Platte **3** anhält.

[0158] Schritt SE14: Die Spannkraft F_C wird mit Ausdruck (6) auf Basis der Elastizitätskonstante K des Formspannmechanismus, die in Schritt SE2 gelesen wurde, und der Energiemenge U_M des Formspann-Servomotors **8** berechnet, die durch Integration in Schritt SE11 erhalten wurde.

[0159] Schritt SE15: Es wird bestimmt, ob die berechnete Spannkraft F_C , die in Schritt SE14 bestimmt wurde, größer ist als der in Schritt SE2 gelesene untere Grenzwert F_L der Spannkraft oder nicht. Wenn die Spannkraft F_C größer ist als der untere Grenzwert F_L der Spannkraft, geht die Prozedur zu Schritt SE17 weiter. Wenn nicht, geht die Prozedur zu Schritt SE16 weiter.

[0160] Schritt SE16: Als Ergebnis der Bestimmung in Schritt SE15 wird gefolgert, dass der Formspannmechanismus eine Fehlfunktion hat, worauf der Einspritzgießprozess der Einspritzgießmaschine angehalten und ein Warnsignal, das die Fehlfunktion des Formspannmechanismus angibt, ausgegeben wird.

[0161] Schritt SE17: Es wird bestimmt, ob die berechnete Spannkraft F_C , die in Schritt SE14 bestimmt wurde, kleiner ist als der obere Grenzwert F_D der Spannkraft für die Toleranz der mechanischen Festigkeit oder nicht. Wenn die Spannkraft F_C kleiner ist

als der obere Grenzwert F_D , geht die Prozedur zu Schritt SE19 weiter. Wenn nicht, geht die Prozedur zu Schritt SE18 weiter.

[0162] Schritt SE18: Der Formzyklus wird angehalten, da anzunehmen ist, dass eine übermäßige Spannkraft durch einen Bedienungsfehler erzeugt wird; dann wird ein Signal "Übermäßige Spannkraft erzeugt" ausgegeben.

[0163] Schritt SE19: Die in Schritt SE14 berechnete Spannkraft F_C wird auf der Anzeige des Eingabegeräts **29** angezeigt, womit die Verarbeitung beendet ist. Wenn die Prozedur von Schritt SE16, in dem das Warnsignal ausgegeben wird, mit Schritt SE19 fortfährt, wird eine Warnung angezeigt. Wenn die Prozedur dagegen von Schritt SE18 zu Schritt SE19 weitergeht, wird eine abweichende Spannkraft angezeigt, die die Erzeugung einer übermäßigen Spannkraft meldet, wodurch ein Bediener auf einen möglichen schwerwiegenden Einfluss auf die Lebensdauer des Formspannmechanismus aufmerksam gemacht wird.

[0164] Bei dieser Ausführungsform kann die Spritzgießmaschine vor dem Start des Einspritzprozesses angehalten werden, indem die Abweichung der Spannkraft im Formschießprozess erkannt wird.

[0165] Nunmehr sei auf das Flussdiagramm von [Fig. 10](#) verwiesen, das einen Verarbeitungsalgorithmus beschreibt, bei dem die Spannkraft in der Formspannabschlussposition in einem Formschießprozess in einem Formzyklus erhalten und bestimmt wird, ob die Spannkraft am Ende des Formzyklus innerhalb eines korrekten Bereichs liegt oder nicht, und die Spannkraft wird korrigiert, wenn sie nicht innerhalb des korrekten Bereichs liegt.

[0166] In diesem Fall ist die Richtung, in der sich die bewegliche Platte **3** aus der Position (Referenzposition) der Oberfläche der festen Platte **1**, an der die feste Form **5a** angebaut ist, zur hinteren Platte **2** bewegt, als die Richtung definiert, in der die Position der beweglichen Platte **3** zunimmt. Der Vorschub der beweglichen Platte **3** wird als die Bewegung der beweglichen Platte **3** zur festen Platte **1** und ein Rückzug der beweglichen Platte **3** als die Bewegung der beweglichen Platte **3** von der festen Platte **1** weg definiert. Ferner wird davon ausgegangen, dass Positionsinformationen, einschließlich der Formkontaktposition und der Formspann- sowie der Formöffnungsabschlussposition der beweglichen Platte **3** im Voraus eingestellt worden sind. Die einzelnen Schritte der Prozedur werden nunmehr der Reihe nach beschrieben.

[0167] Schritt SF1: Der Wert der vom Formspann-Servomotor **8** erzeugten Energie U_M wird initialisiert ($U_M = 0$).

[0168] Schritt SF2: Die Elastizitätskonstante K sowie der obere und untere Grenzwert F_{QH} und F_{QL} der Spannkraft zur Einhaltung der Qualität werden gelesen.

[0169] Schritt SF3: Der Formspann-Servomotor **8** wird angesteuert, um den Vorschub der beweglichen Platte **3** zu starten oder um die bewegliche Platte **3** zur festen Platte **1** zu bewegen.

[0170] Schritt SF4: Ein Positionsdetektionssignal wird von dem am Formspann-Servomotor **8** angebrachten Positions-/Drehzahlsensor **11** erfasst. Genauer gesagt wird die Anzahl der Impulse, die in jeder Steuerperiode vom Positions-/Drehzahlsensor **11** erhalten werden, erfasst.

[0171] Schritt SF5: Die Position der beweglichen Platte **3** wird auf Basis des in Schritt SF4 erhaltenen Positionsdetektionssignals berechnet. Die Bestimmung der Position der beweglichen Platte **3** unter Verwendung eines geeigneten Transformationsausdrucks aus einem Positionsdetektionssignal, das die Rotationsposition des Formspann-Servomotors **8** angibt, ist eine bekannte Technik.

[0172] Schritt SF6: Es wird bestimmt, ob die erhaltene Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition nicht überschreitet. Wenn die Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition nicht überschreitet, geht die Prozedur zu Schritt SF7 weiter. Wenn die Position der beweglichen Platte **3** dagegen die Formkontaktposition überschreitet, geht die Prozedur zu Schritt SF4 zurück.

[0173] Schritt SF7: Ein Positionsdetektionssignal wird auf die gleiche Weise wie in Schritt SF4 erfasst. Ferner wird ein Stromdetektionssignal vom Stromsensor **12** erfasst, um den Ansteuerstrom des Formspann-Servomotors **8** zu bestimmen.

[0174] Schritt SF8: Die Position der beweglichen Platte **3** wird auf Basis des in Schritt SF7 erhaltenen Positionsdetektionssignals berechnet. Es ist eine bekannte Technik, die Position der beweglichen Platte **3** aus einem Positionsdetektionssignal zu bestimmen.

[0175] Schritt SF9: Der Drehmomentwert T des Formspann-Servomotors **8** wird auf Basis des in Schritt SF7 erfassten Stromdetektionssignals und der Drehmomentkonstante des Formspann-Servomotors **8** (inhärenter Wert des Servomotors **8**) berechnet.

[0176] Schritt SF10: Die Differenz $\Delta\theta$ des Rotationswinkels des Formspann-Servomotors **8** wird auf Basis der Differenz zwischen dem in Schritt SF7 in der aktuellen Steuerperiode erfassten Positionsdetektionssignals (Anzahl der vom Positions-/Drehzahlsensor **11** abgegebenen Impulse) und dem in Schritt SF7

in der vorigen Steuerperiode erfassten Positionsdetektionssignals (Anzahl der vom Positions-/Drehzahlsensor **11** abgegebenen Impulse) bestimmt.

[0177] Schritt SF11: Die vom Formspann-Servomotor **8** erzeugte Energiemenge wird auf Basis des Ausdrucks $U_M = U_M + T \cdot \Delta\theta$ berechnet. Dieser Ausdruck gibt an, dass die erzeugte Energiemenge U_M durch Addieren des Produktes $T \cdot \Delta\theta$ (vom Formspann-Servomotor **8** in der aktuellen Steuerperiode erzeugte Energiemenge) aus dem in Schritt SF9 bestimmten Drehmomentwert T und der in Schritt SF10 erhaltenen Differenz $\Delta\theta$ des Rotationswinkels des Formspann-Servomotors **8** zur zuvor bestimmten Energiemenge U_M aktualisiert wird. Mit anderen Worten, in diesem Schritt wird der Ausdruck (5), $U_M = \Sigma(T \cdot \Delta\theta)$, berechnet.

[0178] Schritt SF12: Es wird bestimmt, ob die Formspannabschlussposition von der beweglichen Platte **3** erreicht worden ist oder nicht. Wenn die Formspannabschlussposition nicht erreicht worden ist, geht die Prozedur zu Schritt SF7 zurück. Wenn diese Position erreicht worden ist, geht die Prozedur zu Schritt SF13 weiter.

[0179] Schritt SF13: Die Ansteuerung des Formspann-Servomotors **8** wird beendet, wodurch der Vorschub der beweglichen Platte **3** anhält.

[0180] Schritt SF14: Die Spannkraft F_C wird mit Ausdruck (6) auf Basis der Elastizitätskonstante K des Formspannmechanismus, die in Schritt SF2 gelesen wurde, und der Energiemenge U_M des Formspann-Servomotors **8** berechnet, die durch Integration in Schritt SF11 erhalten wurde.

[0181] Schritt SF15: Der Einspritzprozess, der Dosierprozess, der Kühlprozess und der Formöffnungsprozess werden ausgeführt, wodurch ein Formzyklus beendet ist.

[0182] Schritt SF16: Es wird bestimmt, ob die berechnete Spannkraft F_C , die in Schritt SF14 bestimmt wurde, größer ist als der in Schritt SF2 gelesene untere Grenzwert F_{QL} der Spannkraft zur Einhaltung der Qualität oder nicht. Wenn die Spannkraft F_C größer ist als der untere Grenzwert F_{QL} , geht die Prozedur zu Schritt SF18 weiter. Wenn nicht, geht die Prozedur zu Schritt SF17 weiter.

[0183] Schritt SF17: Eine Korrekturverarbeitung zum Erhöhen der Spannkraft wird ausgeführt. Im Einzelnen wird der Formdickeneinstellmotor **14** in Rotation versetzt, um die hintere Platte **2** vorwärts zu bewegen, um die Spannkraft nach Maßgabe der Differenz zwischen der eingestellten Spannkraft F_S und der berechneten Spannkraft F_C zu korrigieren. Die eingestellte Spannkraft F_S wird in Schritt SF2 gelesen. Zur Korrektur der Spannkraft wird ein herkömm-

liches Verfahren angewendet. Die Anzeige kann so konfiguriert sein, dass sie die berechnete Spannkraft F_C , die Größe $(F_C - F_S)$ der zu korrigierenden Spannkraft und die negative Abweichung $(F_C < F_{QL})$ der berechneten Spannkraft F_C im Vergleich zum unteren Grenzwert F_{QL} der Spannkraft zur Einhaltung der Qualität etc. anzeigt.

[0184] Schritt SF18: Es wird bestimmt, ob die berechnete Spannkraft F_C , die in Schritt SF14 bestimmt wurde, kleiner ist als der obere Grenzwert F_{QH} der Spannkraft zur Einhaltung der Qualität oder nicht. Wenn die Spannkraft F_C kleiner ist als der obere Grenzwert F_{QH} , geht die Prozedur zu Schritt SF20 weiter. Wenn nicht, geht die Prozedur zu Schritt SF19 weiter.

[0185] Schritt SF19: Eine Korrekturverarbeitung zum Verringern der Spannkraft wird ausgeführt. Im Einzelnen wird der Formdickeneinstellmotor **14** in Rotation versetzt, um die hintere Platte **2** zurückzuziehen, um die Spannkraft nach Maßgabe der Differenz zwischen der berechneten Spannkraft F_C und der eingestellten Spannkraft F_S zu korrigieren. Die eingestellte Spannkraft F_S wird in Schritt SF2 gelesen. Die Anzeige kann so konfiguriert sein, dass sie die berechnete Spannkraft F_C , die Größe $(F_C - F_S)$ der zu korrigierenden Spannkraft und die positive Abweichung $(F_C > F_{QH})$ der berechneten Spannkraft F_C im Vergleich zum oberen Grenzwert F_{QH} der Spannkraft zur Einhaltung der Qualität etc. anzeigt.

[0186] Schritt SF20: Die in Schritt SF14 berechnete Spannkraft F_C wird auf der Anzeige des Eingabegegeräts **29** angezeigt.

[0187] Schritt SF21: Es wird bestimmt, ob eine vorgegebene Anzahl Formzyklen ausgeführt worden ist oder nicht. Wenn die vorgegebene Anzahl Formzyklen noch nicht ausgeführt worden ist, geht die Prozedur zu Schritt SF1 zurück. Wenn die vorgegebene Anzahl erreicht worden ist, wird diese Verarbeitung beendet.

[0188] Bei der Verarbeitung auf Basis dieses Flussdiagramms wird die Spannkraft innerhalb des vorgegebenen Bereichs gehalten, so dass eine wiederholte Erzeugung fehlerhafter Formteile aufgrund einer abweichenden Spannkraft verhindert werden kann.

[0189] Nunmehr sei auf die Flussdiagramme der [Fig. 11A](#) und [Fig. 11B](#) verwiesen, die einen Algorithmus mit Verarbeitung beschreiben, bei dem die Spannkraft im Formöffnungsprozess und auf Basis der Größe der erhaltenen Spannkraft bestimmt wird, ob eine übermäßige Spannkraft erzeugt wird oder nicht. Die einzelnen Schritte der Prozedur werden nunmehr der Reihe nach beschrieben.

[0190] Schritt SG1: Der Wert der vom Form-

spann-Servomotor **8** erzeugten Energie U_M wird initialisiert ($U_M = 0$).

[0191] Schritt SG2: Die Elastizitätskonstante K sowie der obere und untere Grenzwert F_H und F_L der Spannkraft für die Toleranz der mechanischen Festigkeit werden gelesen.

[0192] Schritt SG3: Der Formspann-Servomotor **8** wird angesteuert, um den Rückzug der beweglichen Platte **3** zu starten oder um die bewegliche Platte **3** zur hinteren Platte **2** zu bewegen.

[0193] Schritt SG4: Ein Positionsdetektionssignal wird von dem am Formspann-Servomotor **8** angebrachten Positions-/Drehzahlsensor **11** erfasst. Genauer gesagt wird die Anzahl der Impulse, die in jeder Steuerperiode vom Positions-/Drehzahlsensor **11** erhalten werden, erfasst. Ferner wird ein Stromdetektionssignal vom Stromsensor **12** erfasst, um den vom Formspann-Servomotor **8**, der als Generator dient, erzeugten Strom zu bestimmen.

[0194] Schritt SG5: Der Drehmomentwert T des Formspann-Servomotors **8** wird auf Basis der Drehmomentkonstante und des in Schritt SG4 erfassten Stromdetektionssignals des Formspann-Servomotors **8** berechnet.

[0195] Schritt SG6: Die Differenz $\Delta\theta$ des Rotationswinkels des Formspann-Servomotors **8** wird auf Basis der Differenz zwischen dem in Schritt SG7 in der aktuellen Steuerperiode erfassten Positionsdetektionssignals (Anzahl der vom Positions-/Drehzahlsensor **11** abgegebenen Impulse) und dem in Schritt SG7 in der vorigen Steuerperiode erfassten Positionsdetektionssignals (Anzahl der vom Positions-/Drehzahlsensor **11** abgegebenen Impulse) bestimmt.

[0196] Schritt SG7: Die vom Formspann-Servomotor **8** erzeugte Energiemenge wird auf Basis des Ausdrucks $U_M = U_M + T \cdot \Delta\theta$ berechnet. Dieser Ausdruck gibt an, dass die erzeugte Energiemenge U_M durch Addieren des Produktes $T \cdot \Delta\theta$ (vom Formspann-Servomotor **8** in der aktuellen Steuerperiode erzeugte Energiemenge) aus dem in Schritt SG9 bestimmten Drehmomentwert T und der in Schritt SG10 erhaltenen Differenz $\Delta\theta$ des Rotationswinkels des Formspann-Servomotors **8** zur zuvor bestimmten Energiemenge U_M aktualisiert wird. Mit anderen Worten, in diesem Schritt wird der Ausdruck (5), $U_M = \Sigma(T \cdot \Delta\theta)$, berechnet.

[0197] Schritt SG8: Die Position der beweglichen Platte **3** wird auf Basis des in Schritt SG4 erhaltenen Positionsdetektionssignals berechnet. Es ist eine bekannte Technik, die Position der beweglichen Platte **3** aus einem Positionsdetektionssignal zu bestimmen.

[0198] Schritt SG9: Es wird bestimmt, ob die Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition nicht überschreitet. Wenn die Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition nicht überschreitet, geht die Prozedur zu Schritt SG4 zurück. Wenn die Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition überschreitet, geht die Prozedur zu Schritt SG10 weiter.

[0199] Schritt SG10: Die Spannkraft F_C wird mit Ausdruck (6) auf Basis der Elastizitätskonstante K des Formspannmechanismus, die in Schritt SG2 gelesen wurde, und der Energiemenge U_M des Formspann-Servomotors **8** berechnet, die durch Integration in Schritt SG7 erhalten wurde.

[0200] Schritt SG11: Es wird bestimmt, ob die berechnete Spannkraft F_C , die in Schritt SG10 bestimmt wurde, größer ist als der in Schritt SG2 gelesene untere Grenzwert F_L der Spannkraft oder nicht. Wenn die Spannkraft F_C größer ist als der untere Grenzwert F_L der Spannkraft, geht die Prozedur zu Schritt SG12 weiter. Wenn nicht, geht die Prozedur zu Schritt SG16 weiter.

[0201] Schritt SG12: Es wird bestimmt, ob die berechnete Spannkraft F_C , die in Schritt SG10 bestimmt wurde, kleiner ist als der in Schritt SG2 gelesene obere Grenzwert F_D der Spannkraft für die Toleranz der mechanischen Festigkeit oder nicht. Wenn die Spannkraft F_C kleiner ist als der obere Grenzwert F_D , geht die Prozedur zu Schritt SG13 weiter. Wenn nicht, geht die Prozedur zu Schritt SG17 weiter.

[0202] Schritt SG13: Ein Positionsdetektionssignal wird von dem am Formspann-Servomotor **8** angebrachten Positions-/Drehzahlsensor **11** erfasst. Genauer gesagt wird die Anzahl der Impulse, die in jeder Steuerperiode vom Positions-/Drehzahlsensor **11** erhalten werden, erfasst.

[0203] Schritt SG14: Die Position der beweglichen Platte **3** wird auf Basis des in Schritt SG13 erhaltenen Positionsdetektionssignals berechnet.

[0204] Schritt SG15: Es wird bestimmt, ob die Formöffnungsabschlussposition von der beweglichen Platte **3** erreicht worden ist oder nicht. Wenn die Formöffnungsabschlussposition nicht erreicht worden ist, geht die Prozedur zu Schritt SG13 zurück. Wenn diese Position erreicht worden ist, geht die Prozedur zu Schritt SG18 weiter.

[0205] Schritt SG16: Als Ergebnis der Bestimmung in Schritt SG11 wird gefolgert, dass die berechnete Spannkraft F_C abweicht, worauf der Einspritzgießprozess der Einspritzgießmaschine angehalten, ein Warnsignal ausgegeben wird und die Prozedur zu Schritt SG18 weitergeht. Somit wird der Formzyklus vor dem Abschluss der Formöffnung angehalten, so

dass der die Formteile entfernende Roboter daran gehindert werden kann, bei geschlossener Form zu arbeiten und mit der Form zu kollidieren.

[0206] Schritt SG17: Da die berechnete Spannkraft F_C in Schritt SG12 als übermäßig bestimmt wird, wird ein Signal "Übermäßige Spannkraft" ausgegeben und die Prozedur geht zu Schritt SG18 weiter.

[0207] Schritt SG18: Die in Schritt SG10 berechnete Spannkraft F_C wird auf der Anzeige des Eingabegeräts **29** angezeigt. Wenn in Schritt SG16 ein Warnsignal ausgegeben wird, wird eine Warnung angezeigt. Auf der Anzeige des Eingabegeräts **29** wird das in [Fig. 4A](#) oder [Fig. 4B](#) dargestellte Bild angezeigt. In jedem Formzyklus kann außer der in [Fig. 9](#) dargestellten Überwachung der Spannkraft im Formschließprozess auch die Überwachung der Spannkraft im Formöffnungsprozess erfolgen, wie in den [Fig. 11A](#) und [Fig. 11B](#) dargestellt ist.

[0208] Schritt SG19: Die Ansteuerung des Formspann-Servomotors **8** wird beendet, wodurch der Rückzug der beweglichen Platte **3** angehalten wird.

[0209] Nunmehr sei auf die Flussdiagramme der [Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#) verwiesen, die einen Verarbeitungsalgorithmus beschreiben, bei dem die Spannkraft im Formöffnungsprozess in einem Formzyklus erhalten und bestimmt wird, ob die erhaltene Spannkraft innerhalb des korrekten Bereichs liegt oder nicht, und korrigiert wird, wenn sie nicht im korrekten Bereich liegt.

[0210] Schritt SH1: Der Wert der vom Formspann-Servomotor **8** erzeugten Energie U_M wird initialisiert ($U_M = 0$).

[0211] Schritt SH2: Die Elastizitätskonstante K sowie der obere und untere Grenzwert F_{QH} und F_{QL} zur Einhaltung der Qualität werden gelesen.

[0212] Schritt SH3: Der Formspann-Servomotor **8** wird angesteuert, um den Rückzug der beweglichen Platte **3** zu starten oder um die bewegliche Platte **3** zur hinteren Platte **2** zu bewegen.

[0213] Schritt SH4: Ein Positionsdetektionssignal wird von dem am Formspann-Servomotor **8** angebrachten Positions-/Drehzahlsensor **11** erfasst. Genauer gesagt wird die Anzahl der Impulse, die in jeder Steuerperiode vom Positions-/Drehzahlsensor **11** erhalten werden, erfasst. Ferner wird ein Stromdetektionssignal vom Stromsensor **12** erfasst, um den vom Formspann-Servomotor **8**, der als Generator dient, erzeugten Strom zu bestimmen.

[0214] Schritt SH5: Der Drehmomentwert T des Formspann-Servomotors **8** wird auf Basis der Drehmomentkonstante und des in Schritt SH4 erfassten

Stromdetektionssignals berechnet.

[0215] Schritt SH6: Die Differenz $\Delta\theta$ des Rotationswinkels des Formspann-Servomotors **8** wird auf Basis der Differenz zwischen dem in Schritt SH4 in der aktuellen Steuerperiode erfassten Positionsdetektionssignals (Anzahl der vom Positions-/Drehzahlsensor **11** abgegebenen Impulse) und dem in Schritt SH4 in der vorigen Steuerperiode erfassten Positionsdetektionssignals (Anzahl der vom Positions-/Drehzahlsensor **11** abgegebenen Impulse) bestimmt.

[0216] Schritt SH7: Die vom Formspann-Servomotor **8** erzeugte Energiemenge wird auf Basis des Ausdrucks $U_M = U_M + T \cdot \Delta\theta$ berechnet. Dieser Ausdruck gibt an, dass die erzeugte Energiemenge U_M durch Addieren des Produktes $T \cdot \Delta\theta$ (vom Formspann-Servomotor **8** in der aktuellen Steuerperiode erzeugte Energiemenge) aus dem in Schritt SH5 bestimmten Drehmomentwert T und der in Schritt SH6 erhaltenen Differenz $\Delta\theta$ des Rotationswinkels des Formspann-Servomotors **8** zur zuvor bestimmten Energiemenge U_M aktualisiert wird. Mit anderen Worten, in diesem Schritt wird der Ausdruck (5), $U_M = \Sigma(T \cdot \Delta\theta)$, berechnet.

[0217] Schritt SH8: Die Position der beweglichen Platte **3** wird auf Basis des in Schritt SH4 erhaltenen Positionsdetektionssignals berechnet. Es ist eine bekannte Technik, die Position der beweglichen Platte **3** aus einem Positionsdetektionssignal zu bestimmen.

[0218] Schritt SH9: Es wird bestimmt, ob die Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition nicht überschreitet. Wenn die Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition nicht überschreitet, geht die Prozedur zu Schritt SH4 zurück. Wenn die Position der beweglichen Platte **3** die Formkontaktposition überschreitet, geht die Prozedur zu Schritt SH10 weiter.

[0219] Schritt SH10: Die Spannkraft F_C wird mit Ausdruck (6) auf Basis der Elastizitätskonstante K des Formspannmechanismus, die in Schritt SH2 gelesen wurde, und der Energiemenge U_M des Formspann-Servomotors **8** berechnet, die durch Integration in Schritt SH7 erhalten wurde.

[0220] Schritt SH11: Es wird bestimmt, ob die berechnete Spannkraft F_C , die in Schritt SH10 bestimmt wurde, größer ist als der in Schritt SH2 gelesene untere Grenzwert F_{QL} der Spannkraft zur Einhaltung der Qualität oder nicht. Wenn die Spannkraft F_C größer ist als der untere Grenzwert F_{QL} der Spannkraft zur Einhaltung der Qualität, geht die Prozedur zu Schritt SH13 weiter. Wenn nicht, geht die Prozedur zu Schritt SH12 weiter.

[0221] Schritt SH12: Ein Betrag, um den die Spannkraft erhöht wird, wird berechnet und gespeichert.

Genauer gesagt ist dieser Betrag die Differenz zwischen der eingestellten Spannkraft F_S und der berechneten Spannkraft F_C .

[0222] Schritt SH13: Es wird bestimmt, ob die berechnete Spannkraft F_C , die in Schritt SH10 bestimmt wurde, kleiner ist als der in Schritt SH2 gelesene obere Grenzwert F_{QH} der Spannkraft zur Einhaltung der Qualität oder nicht. Wenn die Spannkraft F_C kleiner ist als der obere Grenzwert F_{QH} , geht die Prozedur zu Schritt SH15 weiter. Wenn nicht, geht die Prozedur zu Schritt SH14 weiter.

[0223] Schritt SH14: Ein Betrag, um den die Spannkraft verringert wird, wird berechnet und gespeichert. Genauer gesagt ist dieser Betrag die Differenz zwischen der berechneten Spannkraft F_C und der eingestellten Spannkraft F_S .

[0224] Schritt SH15: Die in Schritt SH14 berechnete Spannkraft F_C wird auf der Anzeige angezeigt.

[0225] Schritt SH16: Ein Positionsdetektionssignal wird von dem am Formspann-Servomotor **8** angebrachten Positions-/Drehzahlsensor **11** erfasst. Genauer gesagt wird die Anzahl der Impulse, die in jeder Steuerperiode vom Positions-/Drehzahlsensor **11** erhalten werden, erfasst.

[0226] Schritt SH17: Die Position der beweglichen Platte **3** wird auf Basis des in Schritt SH16 erhaltenen Positionsdetektionssignals berechnet. Es ist eine bekannte Technik, die Position der beweglichen Platte **3** aus einem Positionsdetektionssignal zu bestimmen.

[0227] Schritt SH18: Es wird bestimmt, ob die Formöffnungsabschlussposition von der beweglichen Platte **3** erreicht worden ist oder nicht. Wenn die Formöffnungsabschlussposition nicht erreicht worden ist, geht die Prozedur zu Schritt SH16 zurück. Wenn diese Position erreicht worden ist, geht die Prozedur zu Schritt SH19 weiter.

[0228] Schritt SH19: Die Ansteuerung des Formspann-Servomotors **8** wird beendet, wodurch der Rückzug der beweglichen Platte **3** angehalten wird.

[0229] Schritt SH20: Es wird bestimmt, ob Daten über den Betrag vorliegen, um den die Spannkraft erhöht oder verringert wird, oder nicht. Wenn solche Daten vorliegen, geht die Prozedur zu Schritt SH21 weiter. Wenn nicht, wird die Verarbeitung beendet.

[0230] Schritt SH21: Die Korrekturverarbeitung der Spannkraft wird ausgeführt und beendet. Der Korrekturbetrag ist der in Schritt SH12 oder SH14 berechnete und gespeicherte Betrag. Im Einzelnen wird der Formdickeneinstellmotor **14** in Rotation versetzt, um die hintere Platte vorzuschieben oder zurückzuziehen, um die Spannkraft nach Maßgabe der Differenz

$(F_C - F_S)$ zwischen der eingestellten Spannkraft F_S und der berechneten Spannkraft F_C zu korrigieren. Wenn ein Befehl für kontinuierliche Formzyklen ausgegeben wird, wird der nächste Formzyklus kontinuierlich nach Ausführung der Spannkraftkorrektur ausgeführt.

[0231] Die [Fig. 13A](#) und [Fig. 13B](#) zeigen Anzeigebildschirmbeispiele, die die berechnete Spannkraft, den oberen und unteren Grenzwert der Spannkraft für die Toleranz der mechanischen Festigkeit und den oberen und unteren Grenzwert der Spannkraft zur Einhaltung der Qualität anzeigen. Ein in [Fig. 13A](#) dargestelltes Bildschirmbeispiel V4 wird angezeigt, wenn die berechnete Spannkraft F_C größer ist als der obere Grenzwert F_D der Spannkraft für die Toleranz der mechanischen Festigkeit. Ein in [Fig. 13B](#) dargestelltes Bildschirmbeispiel V5 wird angezeigt, wenn die berechnete Spannkraft F_C durch den unteren und oberen Grenzwert der Spannkraft zur Einhaltung der Qualität gesteuert wird.

[0232] Der "untere Grenzwert F_L ", der "untere Grenzwert F_{QL} zur Einhaltung der Qualität", der "obere Grenzwert F_{QH} zur Einhaltung der Qualität", der "obere Grenzwert F_H " und der "obere Grenzwert F_D der Spannkraft für die Toleranz der mechanischen Festigkeit", die im Überwachungsbereich-Einstellmittel eingestellt werden, sind Werte mit in der angegebenen Reihenfolge ansteigender Größe.

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 4-52062 [0005]
- JP 1-306061 [0005]
- JP 2003-251670 [0006]
- JP 4-86208 [0007]
- JP 2-147222 [0008]

Patentansprüche

1. Steuerungseinrichtung einer Spritzgießmaschine, die dazu ausgebildet ist, eine Abweichung einer Spannkraft oder eine Fehlfunktion in einem Formspannmechanismus zu erkennen, wobei die Spritzgießmaschine eine hintere Platte, eine bewegliche Platte, den zwischen den Platten angeordneten Formspannmechanismus und einen Motor zum Antreiben des Formspannmechanismus aufweist, um die bewegliche Platte zu bewegen, wodurch eine Form geöffnet und geschlossen wird, und wobei die Steuerungseinrichtung umfasst ein Mittel zum Bestimmen der Energie, die der Motor erzeugt hat, bis die bewegliche Platte eine Position erreicht, in der das Spannen abgeschlossen ist, nachdem sie in einem Formschließprozess in einer Formkontaktposition angekommen ist; ein Spannkraft-Berechnungsmittel zum Berechnen der Spannkraft auf Basis der vom Energie-Bestimmungsmittel bestimmten Energie und der Elastizitätskonstante des Formspannmechanismus; ein Überwachungsbereich-Einstellmittel zum Einstellen eines Überwachungsbereichs der Spannkraft, die vom Spannkraft-Berechnungsmittel berechnet worden ist; und ein Mittel zum Anhalten des Formzyklus, wenn die vom Spannkraft-Berechnungsmittel berechnete Spannkraft außerhalb des vom Überwachungsbereich-Einstellmittel eingestellten Überwachungsbereichs liegt.

2. Steuerungseinrichtung einer Spritzgießmaschine, die dazu ausgebildet ist, eine Abweichung einer Spannkraft oder eine Fehlfunktion in einem Formspannmechanismus zu erkennen, wobei die Spritzgießmaschine eine hintere Platte, eine bewegliche Platte, den zwischen den Platten angeordneten Formspannmechanismus und einen Motor zum Antreiben des Formspannmechanismus enthält, um die bewegliche Platte zu bewegen, wodurch eine Form geöffnet und geschlossen wird, und wobei die Steuerungseinrichtung umfasst ein Mittel zum Bestimmen der Energie, die der Motor erzeugt hat, bis die bewegliche Platte in einem Formöffnungsprozess nach Beginn der Formöffnung eine Formkontaktposition erreicht; ein Spannkraft-Berechnungsmittel zum Berechnen der Spannkraft nach Maßgabe der vom Energie-Bestimmungsmittel erhaltenen Energie und der Elastizitätskonstante des Formspannmechanismus; ein Überwachungsbereich-Einstellmittel zum Einstellen eines Überwachungsbereichs der Spannkraft, die vom Spannkraft-Berechnungsmittel berechnet worden ist; und ein Mittel zum Anhalten des Formzyklus, wenn die vom Spannkraft-Berechnungsmittel berechnete Spannkraft außerhalb des vom Überwachungsbereich-Einstellmittel eingestellten Überwachungsbereichs liegt.

3. Steuerungseinrichtung einer Spritzgießmaschine nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Energie durch Integrieren des Produktes aus Drehmoment und Rotationswinkel des Motors erhalten wird.

4. Steuerungseinrichtung einer Spritzgießmaschine nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Elastizitätskonstante des Formspannmechanismus auf Basis der Energie erhalten wird, die der Motor erzeugt hat, während sich die bewegliche Platte in einem Formschließprozess um eine vorgegebene Strecke von der Formkontaktposition in die Formschließposition bewegt, und einer gemessenen Spannkraft, die von einem am Formspannmechanismus angebrachten Spannkraftsensor gemessen wird.

5. Steuerungseinrichtung einer Spritzgießmaschine nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Elastizitätskonstante des Formspannmechanismus auf Basis der Energie erhalten wird, die der Motor erzeugt hat, während sich die bewegliche Platte um eine vorgegebene Strecke in einem Formöffnungsprozess von der Formkontaktposition bis hin zu der Formschließposition bewegt.

6. Steuerungseinrichtung einer Spritzgießmaschine nach Anspruch 1 oder 2, bei der ein oberer Grenzwert der Spannkraft zur Bestimmung einer Abweichung der Spannkraft, die einem Einstellfehler der Position der hinteren Platte zuschreibbar ist, im Überwachungsbereich-Einstellmittel eingestellt wird, und bei der die Steuerungseinrichtung ferner ein Bestimmungsmittel aufweist, das die Abweichung der Spannkraft, die einem Einstellfehler der Position der hinteren Platte zuschreibbar ist, identifiziert, wenn die vom Spannkraft-Berechnungsmittel berechnete Spannkraft den im Überwachungsbereich-Einstellmittel eingestellten oberen Grenzwert überschreitet.

7. Steuerungseinrichtung einer Spritzgießmaschine nach Anspruch 1 oder 2, bei der ein oberer und ein unterer Grenzwert der Spannkraft zur Bestimmung einer Abweichung des Formspannmechanismus im Überwachungsbereich-Einstellmittel eingestellt werden, und bei der die Steuerungseinrichtung ferner ein Bestimmungsmittel aufweist, das die Abweichung des Formspannmechanismus identifiziert, wenn die vom Spannkraft-Berechnungsmittel berechnete Spannkraft nicht zwischen dem im Überwachungsbereich-Einstellmittel eingestellten oberen und unteren Grenzwert liegt.

8. Steuerungseinrichtung einer Spritzgießmaschine nach Anspruch 1 oder 2, bei der ein oberer und ein unterer Grenzwert der Spannkraft zur Bestimmung der Einhaltung der Qualität der spritzgegossenen Artikel im Überwachungsbereich-Einstellmittel eingestellt werden, und bei der die Steuerungseinrichtung ferner ein Mittel zum Einstellen der Spannkraft auf Basis des Abweichungsbetrags der

Spannkraft vom im Überwachungsbereich-Einstellmittel eingestellten oberen oder unteren Wert der vom Spannkraft-Berechnungsmittel berechneten Spannkraft enthält, bevor der Formzyklus fortgesetzt wird, wenn die berechnete Spannkraft nicht zwischen dem oberen und unteren Grenzwert liegt.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

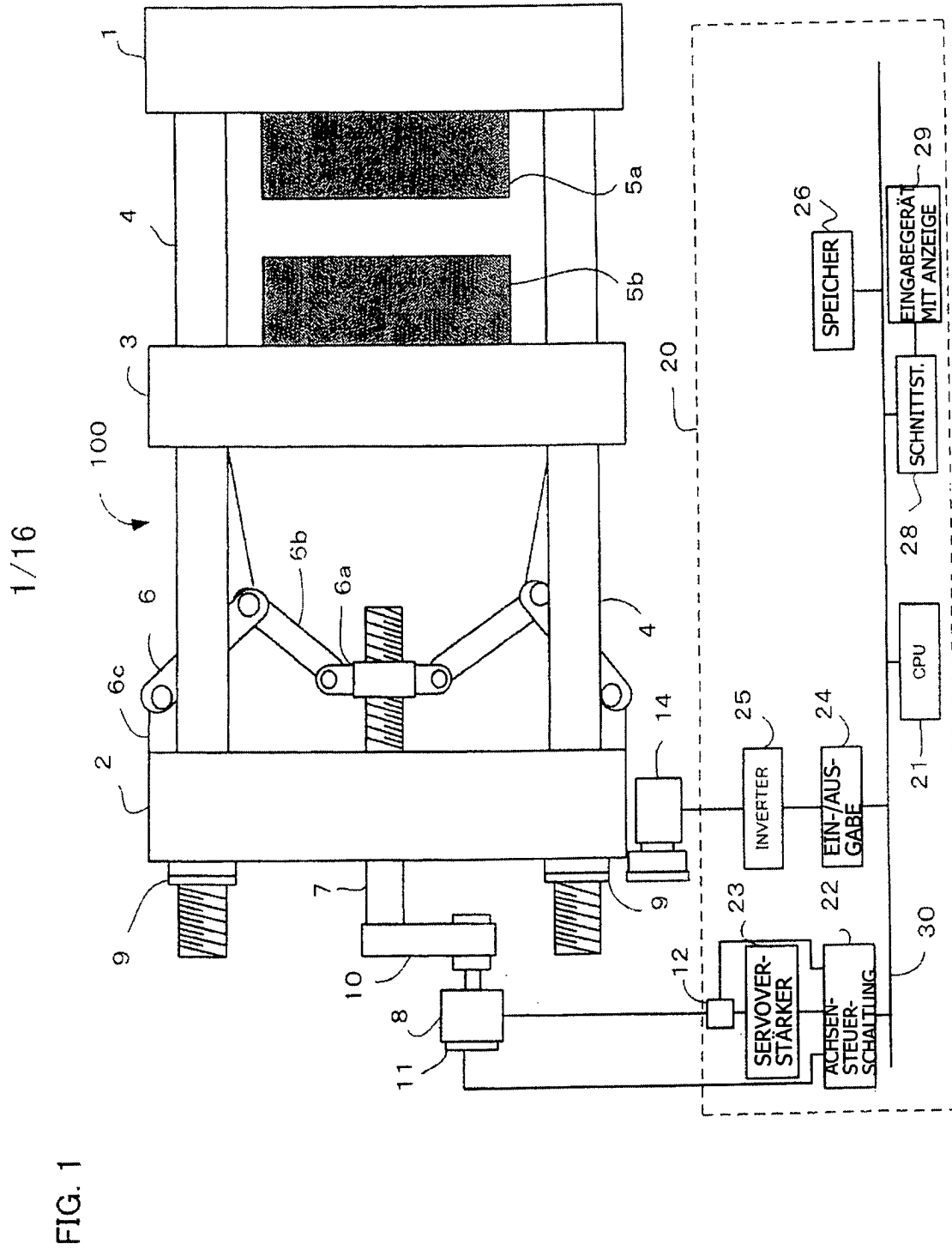


FIG. 2

V1

OBERER GRENZWERT F_H DER SPANNKRAFT	1200	kN
EINSTELLUNGS- SPANNKRAFT F_S	1050	kN
UNTERER GRENZWERT F_L DER SPANNKRAFT	980	kN

FIG. 3

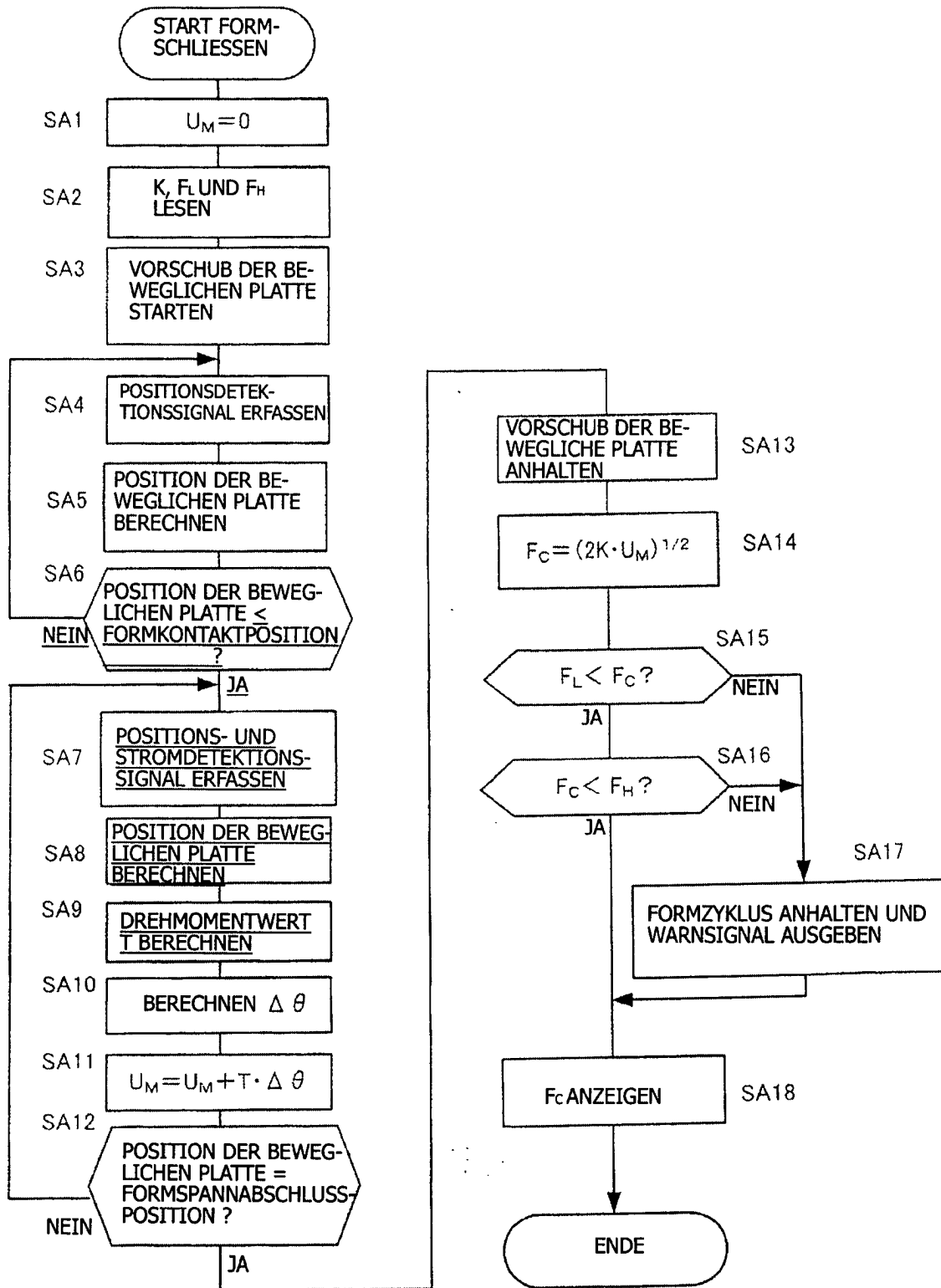


FIG. 4A

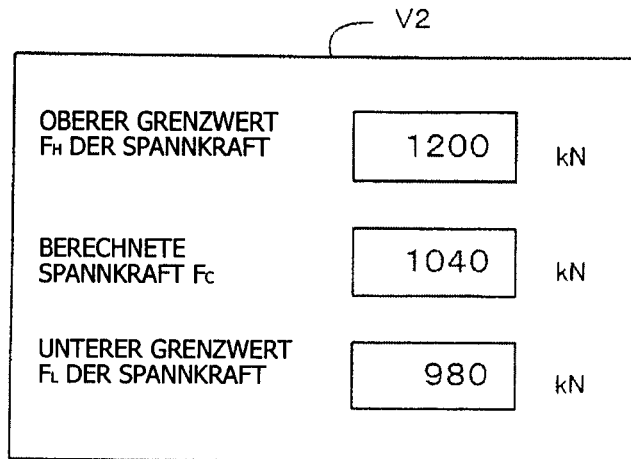


FIG. 4B

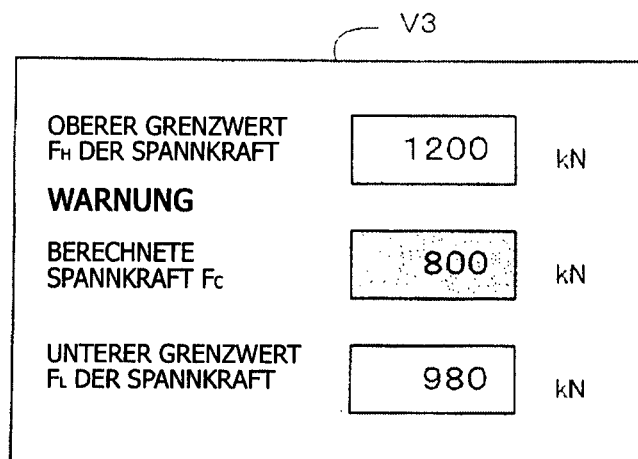


FIG. 5A

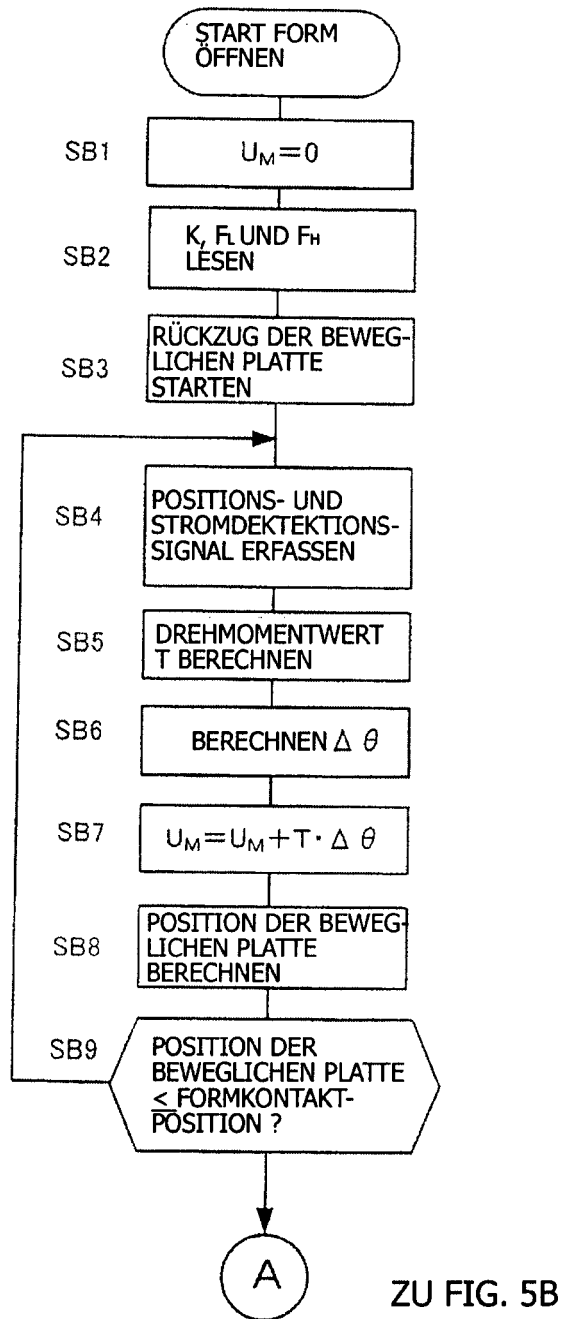


FIG. 5B

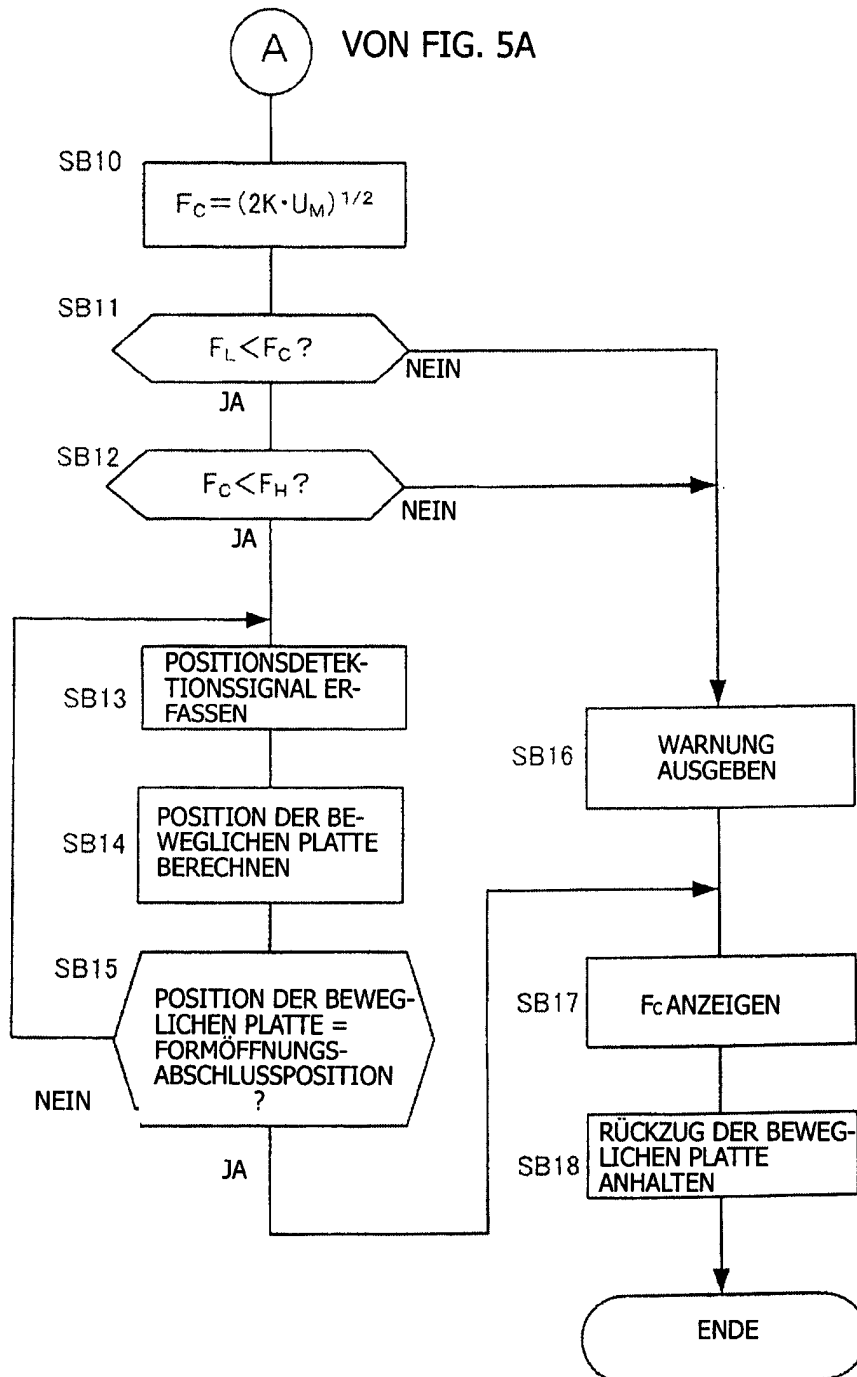


FIG. 6

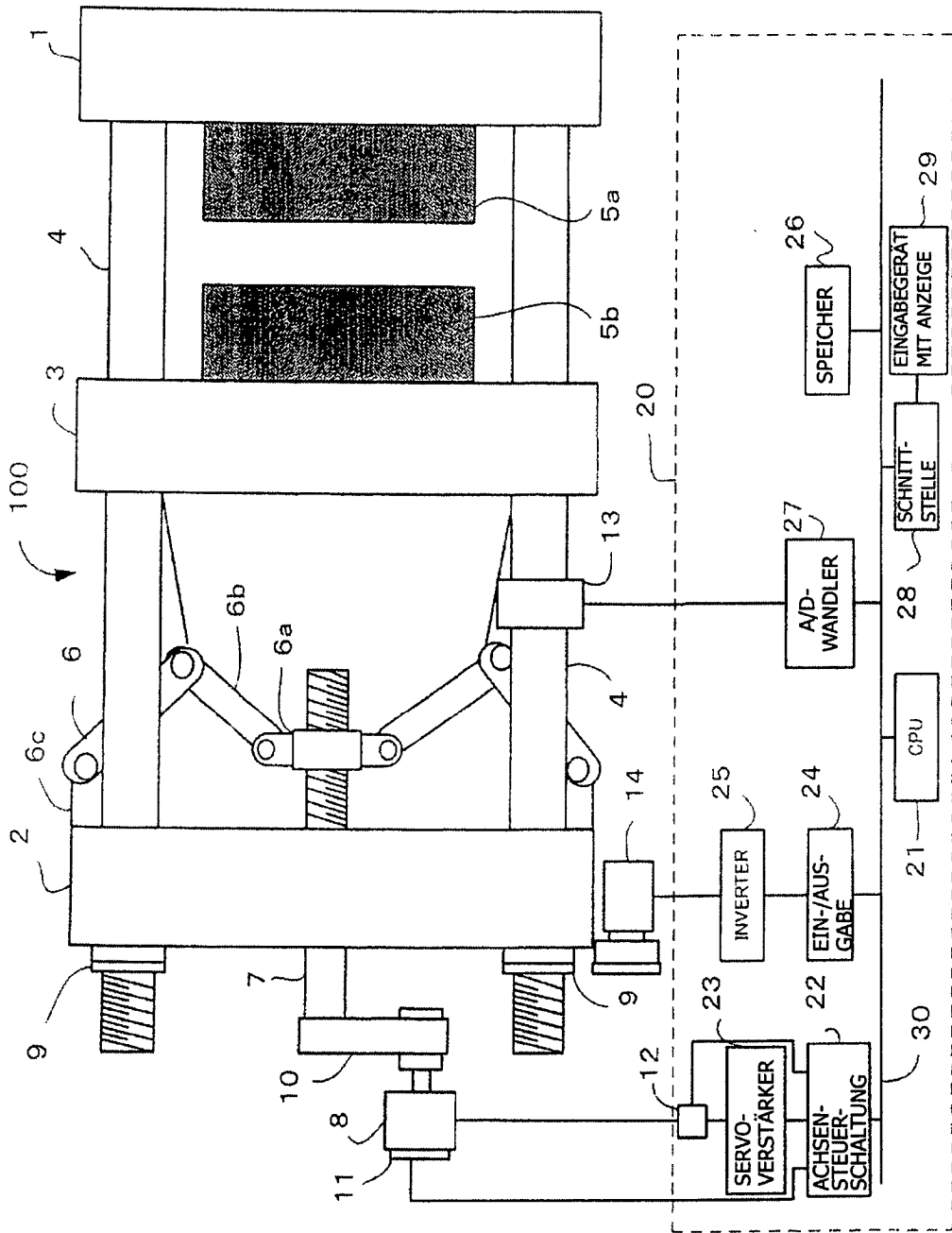


FIG. 7

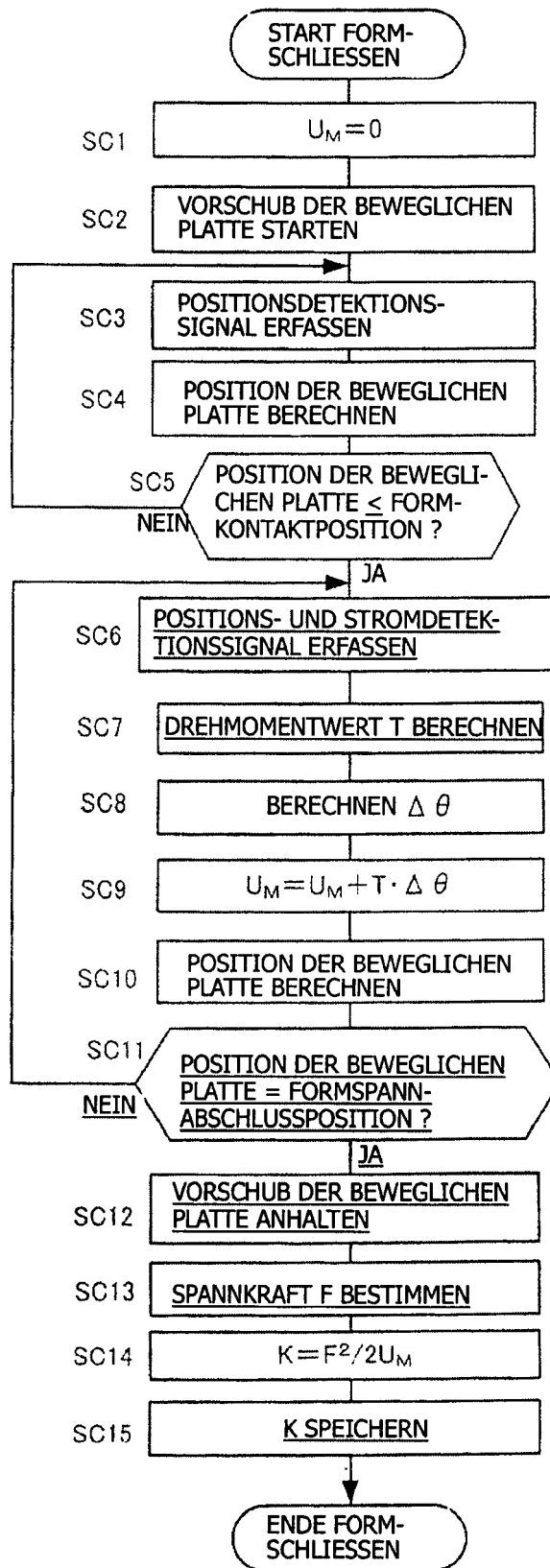


FIG. 8

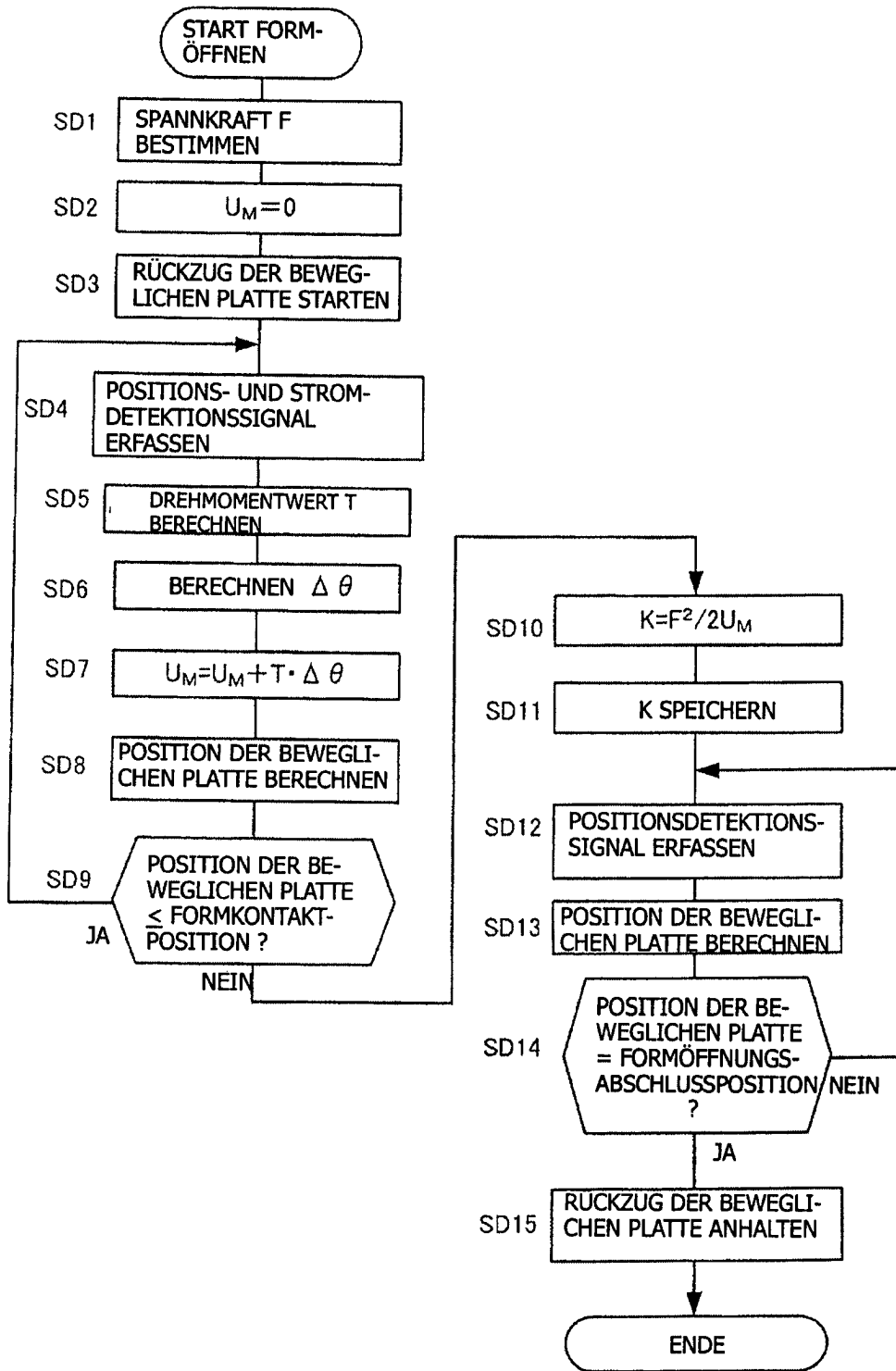


FIG. 9

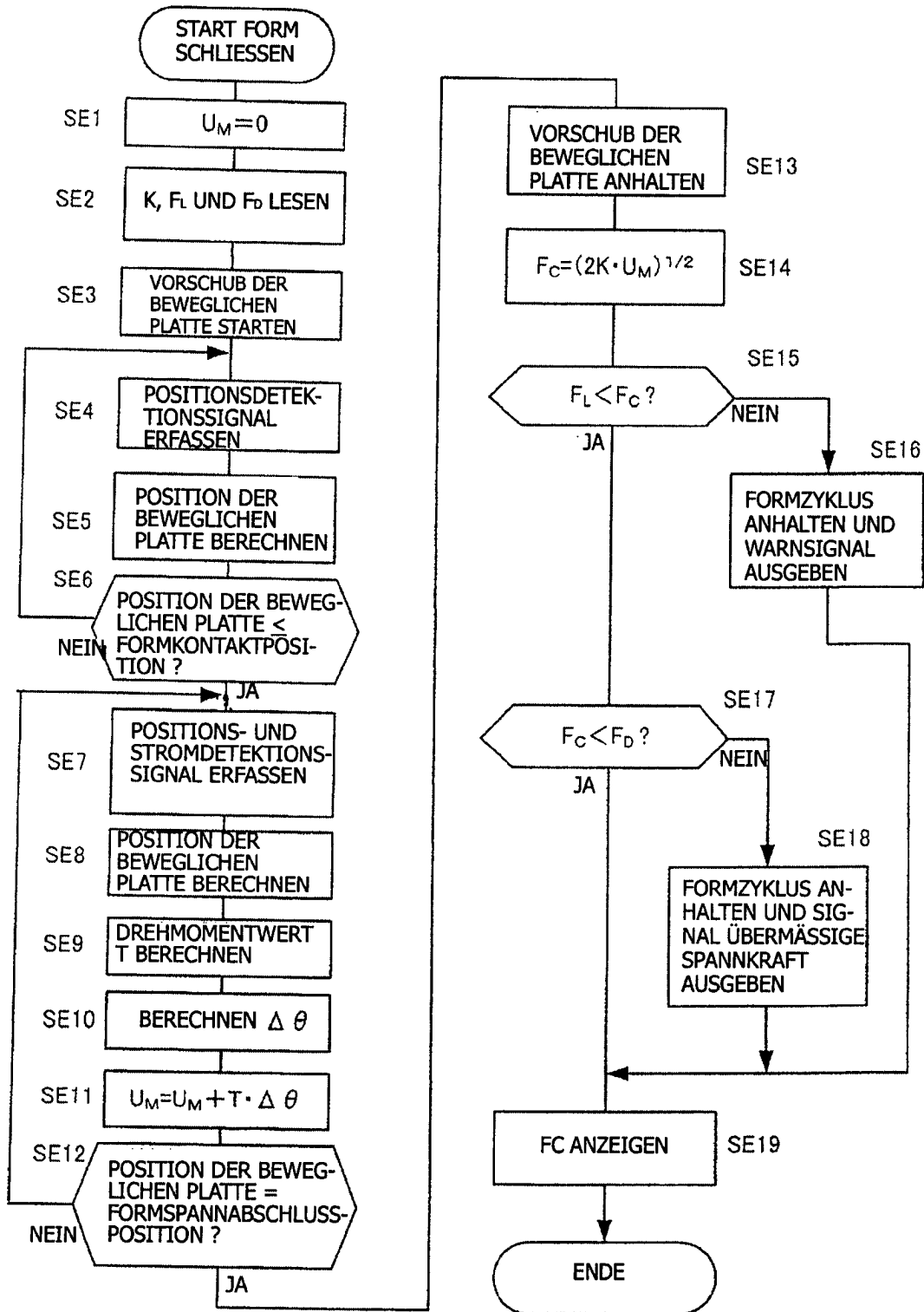


FIG. 10

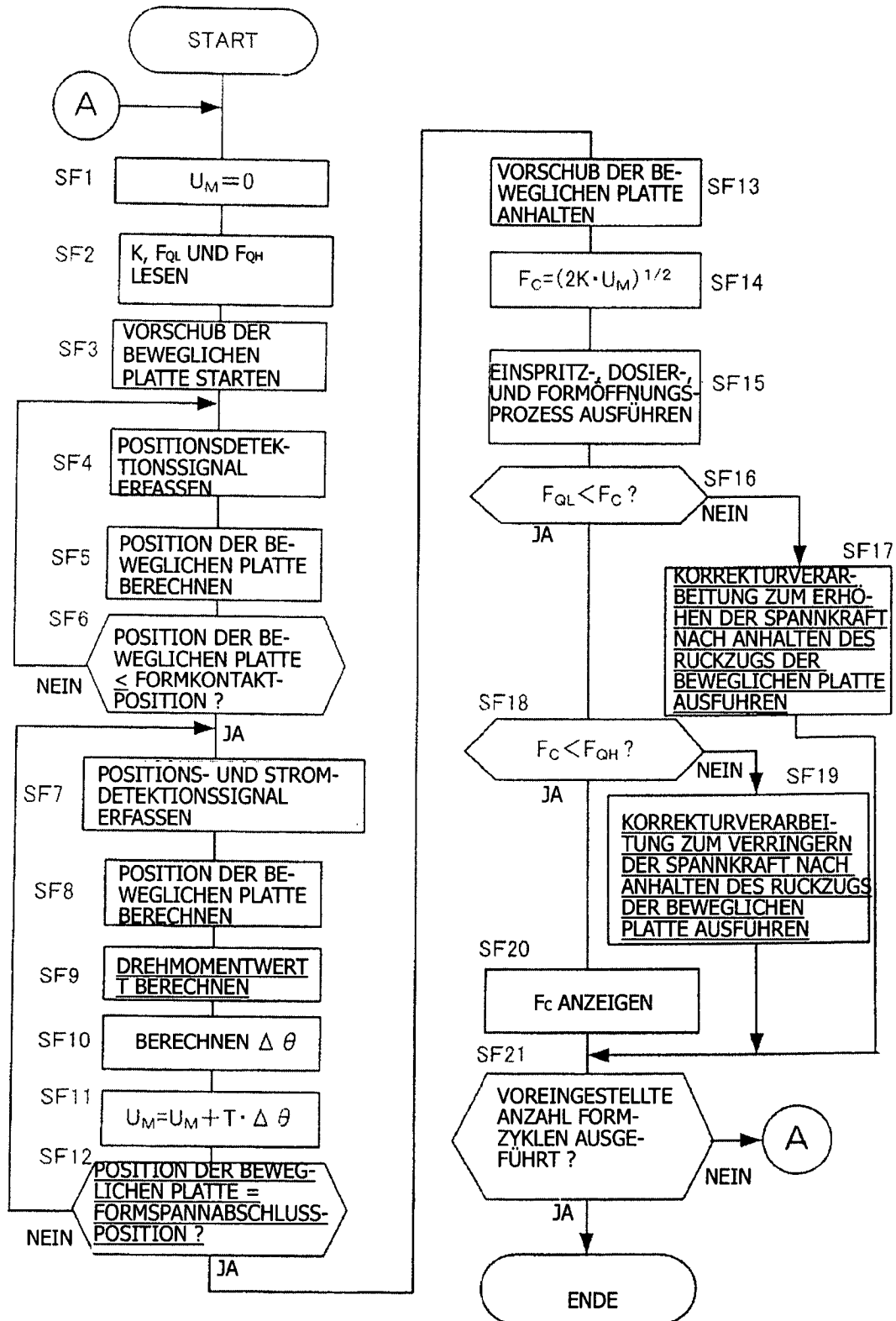


FIG. 11A

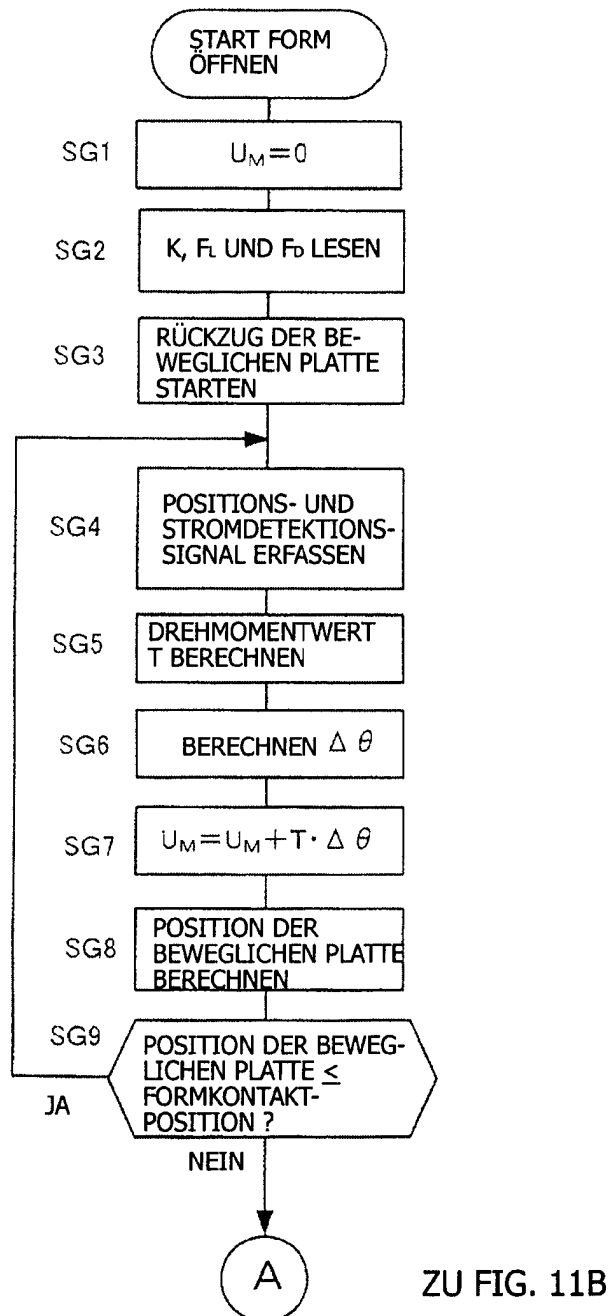


FIG. 11B

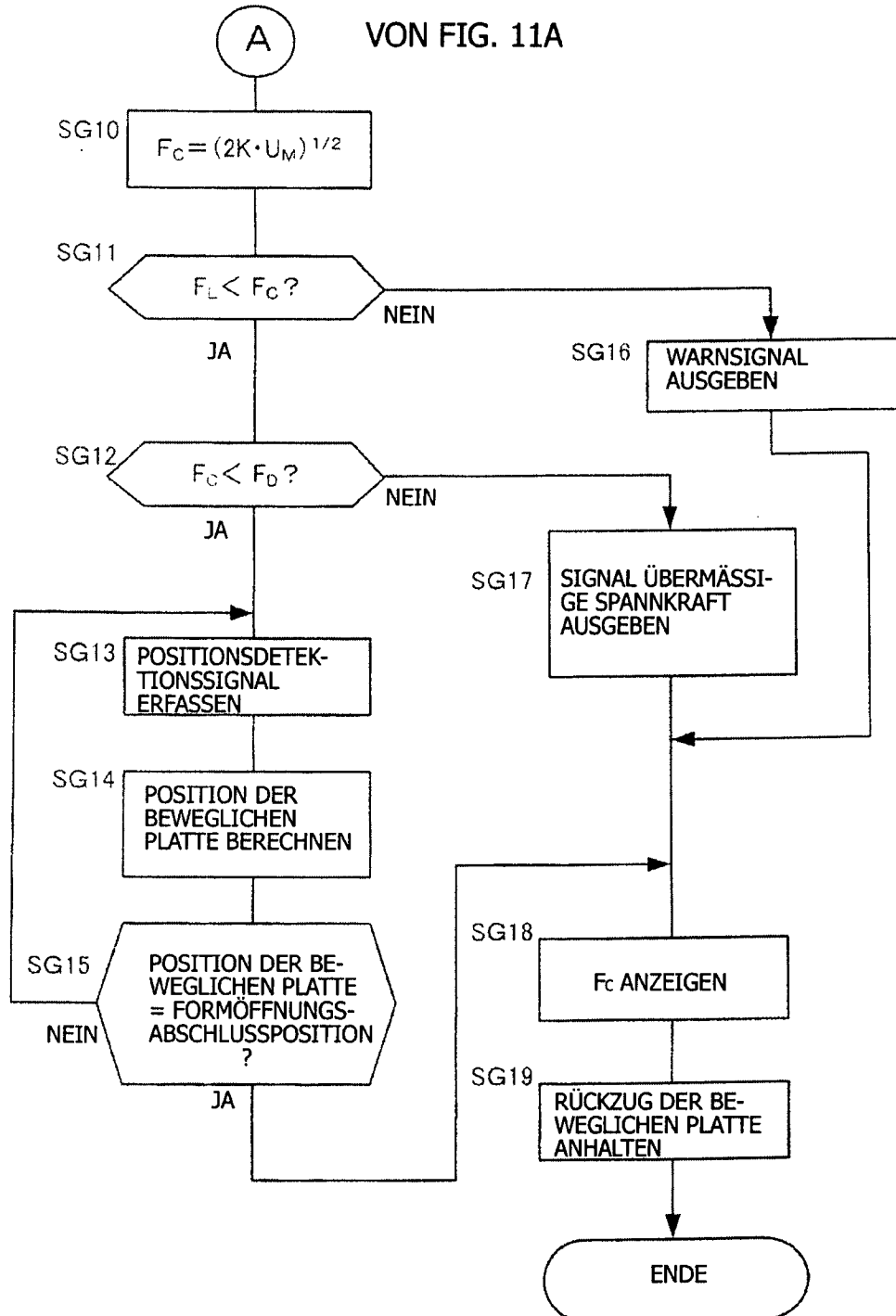


FIG. 12A

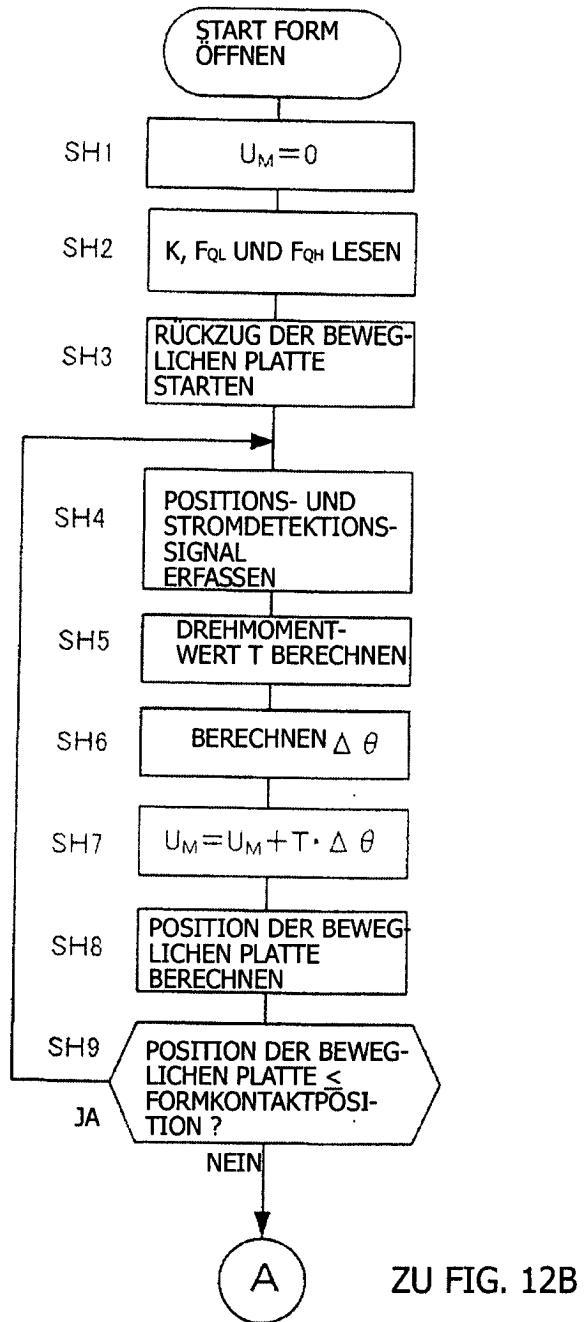


FIG. 12B

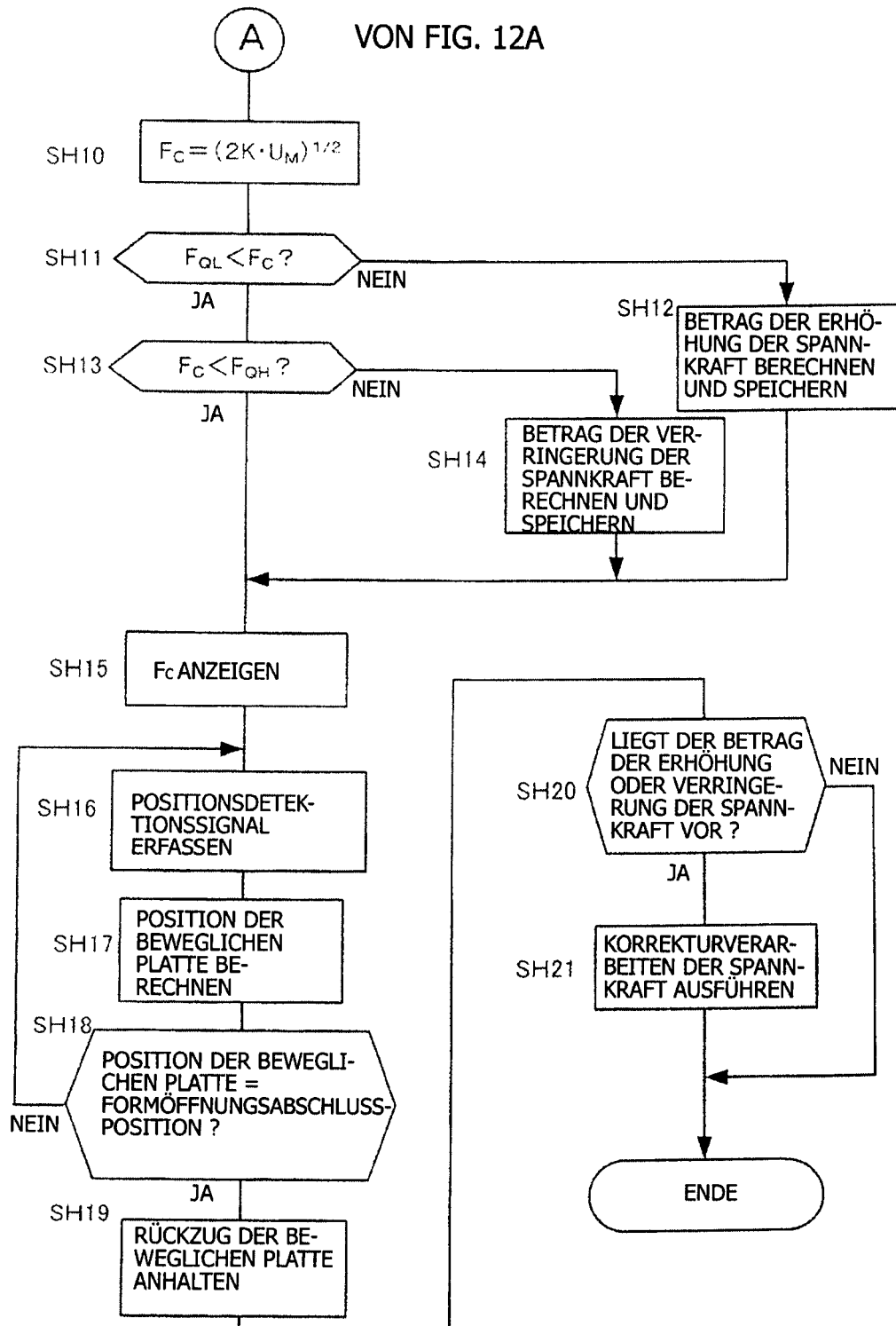


FIG. 13A

V4

OBERER GRENZWERT F_D DER SPANNKRAFT FÜR ZULÄSSIGEN BEREICH DER MECHANISCHEN FESTIGKEIT	3000	kN
ERZEUGUNG ÜBERMÄSSIGER SPANNKRAFT BERECHNETE SPANNKRAFT F_c	3040	kN
UNTERER GRENZWERT F_L DER SPANNKRAFT	980	kN

FIG. 13B

V5

OBERER GRENZWERT F_{QH} DER SPANNKRAFT ZUR EINHALTUNG DER QUALITÄT	1000	kN
BERECHNETE SPANN- KRAFT F_c	1005	kN
UNTERER GRENZWERT F_{QL} DER SPANNKRAFT ZU EINHALTUNG DER QUALITÄT	990	kN