



(10) **DE 11 2009 004 788 T5** 2012.08.23

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2010/134128**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2009 004 788.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2009/002212**
(86) PCT-Anmeldetag: **20.05.2009**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **25.11.2010**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **23.08.2012**

(51) Int Cl.: **G05B 19/4069 (2012.01)**
B23Q 15/00 (2012.01)

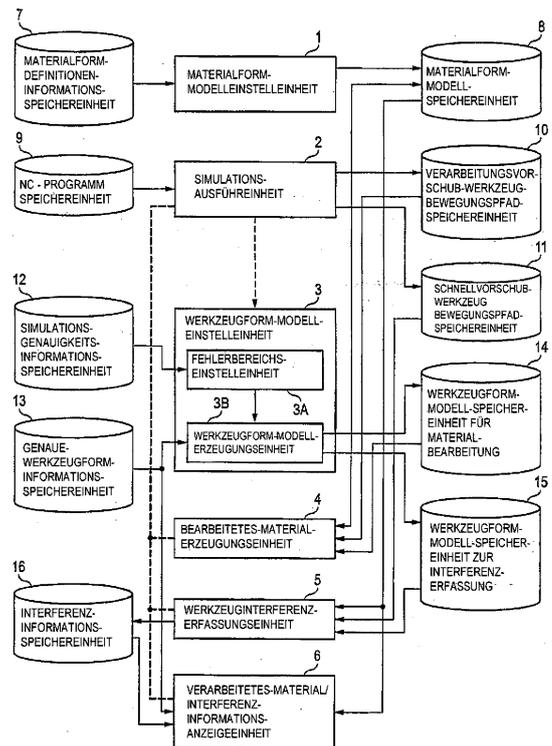
(71) Anmelder:
**Mitsubishi Electric Corporation, Chiyoda-ku
Tokyo, JP**

(72) Erfinder:
**Takahashi, Nobuyuki, Chiyoda-ku, Tokyo, JP;
Iriguchi, Kenji, Chiyoda-ku, Tokyo, JP; Kamiya,
Takashi, Chiyoda-ku, Tokyo, JP; Matsuura,
Mahito, Chiyoda-ku, Tokyo, JP; Yoneda, Takashi,
Chiyoda-ku, Tokyo, JP**

(74) Vertreter:
HOFFMANN - EITL, 81925, München, DE

(54) Bezeichnung: **Bearbeitungssimulationsverfahren und Vorrichtung, und Programm, das einen Computer das Verfahren ausführen lässt**

(57) Zusammenfassung: Es werden ein Bearbeitungs-
simulationsverfahren und eine Vorrichtung bereitgestellt, die
geeignet eine Interferenz zwischen einem Werkzeugbe-
arbeitungsbereich und einem Formmodell eines Materials
erfassen können, ohne durch die Genauigkeit des Aus-
drucks eines Werkzeugbewegungspfad und des Formmo-
dells beeinflusst zu sein. Ein Werkzeugform-Modell zum Be-
arbeiten eines Materials, welches eine genaue Werkzeug-
form enthält, und ein Werkzeugform-Modell zum Überprü-
fen der Interferenz, das in der genauen Werkzeugform ent-
halten ist, werden durch eine Werkzeugmodell-Einstellein-
heit erzeugt, gemäß einem Fehlerbereich, der eingestellt
wird unter Berücksichtigung des Werkzeugbewegungspfad
und des Genauigkeitsausdrucks des Formmodells, und das
Verarbeitungsmaterial-Formmodell wird erzeugt durch Er-
zeugen eines Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodells
aus dem Werkzeugbewegungspfad während eines Bearbei-
tungsvorschubs und des Werkzeugform-Modells zum Be-
arbeiten des Materials und Entfernen des Werkzeugbe-
arbeitungsbereich-Formmodells aus dem Materialform-Mo-
dell. Das Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodell wird
aus einem Werkzeugbewegungspfad erzeugt, während ein-
es Schnellvorschubs, und dem Werkzeugform-Modell zum
Erfassen der Interferenz, und die Interferenz zwischen dem
Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodell und dem Mate-
rialform-Modell wird erfasst.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bearbeitungssimulationsverfahren und eine Vorrichtung, die ein Formmodell eines zu bearbeitenden Materials aus einem Formmodell des Materials erzeugen kann, sowie ein Formmodell eines Werkzeugs und ein Formmodell einer Werkzeugbearbeitungsfläche, die definiert ist aus einem Werkzeugbewegungspfad, und insbesondere ein Bearbeitungssimulationsverfahren und eine Vorrichtung, die eine exzessive Erfassung einer Interferenz zwischen einem Werkzeug und einem Material an einem Werkzeugbewegungspfad während eines Schnellvorschubs des Werkzeugs verhindern kann.

Stand der Technik

[0002] Im Stand der Technik ist eine Bearbeitungssimulationsvorrichtung als eine Vorrichtung bekannt, die ein Formmodell einer Materialbearbeitung auf Grundlage von Formmodellen eines Materials und einer Werkzeug- und einer Werkzeugbewegungspfad-Information erzeugt, die ein Formmodell einer Materialbearbeitung erzeugen und anzeigen kann, durch Erzeugen eines Formmodells eines Werkzeugbearbeitungsbereiches, bei dem es sich um einen Bereich handelt, der bearbeitet bzw. verarbeitet werden kann, wenn das Werkzeug sich auf einem Werkzeugbewegungspfad bewegt, und zwar in einem Durchlaufprozess eines Werkzeugform-Modells gemäß dem Werkzeugbewegungspfad, und durch Entfernen des Formmodells des erzeugten Werkzeugbearbeitungsbereiches aus einem Formmodell des Materials über einen eingestellten Betrieb bzw. eine eingestellte Operation.

[0003] In dem Fall, wenn der Werkzeugbewegungspfad mit einem schnellen Vorschub zusammenhängt, der nicht zum Zweck der Bearbeitung dient, ist ferner eine Vorrichtung bekannt, die eine Interferenz zwischen dem Formmodell des erzeugten Werkzeugbearbeitungsbereiches und dem Formmodell des Materials erfasst (siehe Patentedokument 1).
Patentedokument 1: JP-A-2000-284819

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

Technisches Problem

[0004] Die oben beschriebene Bearbeitungssimulationsvorrichtung weist das Problem auf, dass in dem Fall eines Werkzeugbewegungspfades für einen Schnellvorschub, wobei ein Werkzeug in einem Kontaktzustand mit einer bearbeiteten Oberfläche des bearbeiteten Materials ist, diese nicht in der Lage ist, ein stabiles Resultat der Interferenzfassung bei der Erfassung der Interferenz zwischen dem Werk-

zeugbearbeitungsbereich und dem Formmodell des Materials des Materials zu erhalten, und die Interferenz exzessiv erfasst wird. Dies ist der Fall, da es schwierig ist, annähernd festzustellen, ob der Werkzeugbearbeitungsbereich und das Formmodell des Materials in der Interferenzfassungoperation „miteinander in Kontakt sind“ oder „einander überschneiden“, und zwar in dem Fall, wenn der Werkzeugbearbeitungsbereich und das Formmodell des Materials aufgrund des Einflusses der Ausdrucksgenauigkeit des Werkzeugbewegungspfades und des Formmodells sich exakt überschneiden.

[0005] Die vorliegende Erfindung behandelt die oben beschriebenen Probleme im Stand der Technik, und stellt ein Bearbeitungssimulationsverfahren und eine Vorrichtung bereit, die eine Interferenz zwischen einem Werkzeugbearbeitungsbereich und einem Formmodell eines Materials stabil und akkurat erfassen kann, ohne durch die Genauigkeit des Ausdrucks eines Werkzeugbewegungspfades und des Formmodells beeinflusst zu sein.

Technische Lösung

[0006] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Bearbeitungssimulationsverfahren bereitgestellt zum Erzeugen eines Formmodells eines zu bearbeitenden Materials aus einem Materialform-Modell, einem Werkzeugform-Modell und einem Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodell, definiert aus einem Werkzeugbewegungspfad, das umfasst Erzeugen eines Werkzeugform-Modells zum Bearbeiten eines Materials, das eine genaue Werkzeugform enthält, und eines Werkzeugform-Modells zum Erfassen einer Interferenz, die in der genauen Werkzeugform enthalten ist; Erzeugen des Bearbeitungsmaterial-Formmodells durch Erzeugen eines Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodells auf Grundlage eines Werkzeugbewegungspfades während eines Bearbeitungsvorschubs und des Werkzeugform-Modells zum Bearbeiten des Materials und Entfernen des Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodells aus dem Materialform-Modell; und Erzeugen des Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodells auf Grundlage eines Werkzeugbewegungspfades während eines Schnellvorschubs und des Werkzeugform-Modells zum Erfassen der Interferenz, und Erfassen der Interferenz zwischen dem Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodell und dem Materialformmodell.

[0007] In dem Bearbeitungssimulationsverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei in dem Fall der Erzeugung des Werkzeugform-Modells zum Bearbeiten des Materials, das die genaue Werkzeugform enthält, sowie des Werkzeugform-Modells zum Erfassen der Interferenz, welches in der genauen Werkzeugform als die Werkzeugform-Modelle enthalten ist, Fehlerbereiche eingestellt werden aus den genauen Werkzeugformen der Werkzeugform-Modelle.

delle zum Bearbeiten des Materials bzw. zum Erfassen der Interferenz, auf Grundlage von eingestellten Werten von vorbestimmten Simulationsgenauigkeiten, und wobei die Werkzeugform-Modelle zum Bearbeiten des Materials und zum Erfassen der Interferenz auf Grundlage der eingestellten Fehlerbereiche erzeugt werden.

[0008] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Bearbeitungssimulationsvorrichtung bereitgestellt zum Erzeugen eines Formmodells eines bearbeiteten Materials aus einem Materialform-Modell, einem Werkzeugform-Modell und einem Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodell, definiert aus einem Werkzeugbewegungspfad, umfassend eine Werkzeugform-Modelleinstelleinheit zum Erzeugen eines Werkzeugform-Modells zum Bearbeiten eines Materials, das eine genaue Werkzeugform enthält, und eines Werkzeugform-Modells zum Erfassen einer Interferenz, das in der genauen Werkzeugform enthalten ist; eine Bearbeitungsmaterial-Modellerzeugungseinheit zum Erzeugen des Bearbeitungsmaterial-Formmodells durch Erzeugen eines Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodells auf Grundlage eines Werkzeugbewegungspfads während eines Bearbeitungsvorschubs, und des Werkzeugform-Modells zum Bearbeiten des Materials und Entfernen des Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodells aus dem Materialform-Modell; und eine Werkzeuginterferenz-Erfassungseinheit zum Erzeugen des Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodells auf Grundlage eines Werkzeugbewegungspfads während eines Schnellvorschubs und des Werkzeugform-Modells zum Erfassen der Interferenz, und zum Erfassen der Interferenz zwischen dem Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodell und dem Materialform-Modell.

[0009] In der Bearbeitungssimulationsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst die Werkzeugform-Modelleinstelleinheit eine Einstelleinheit zum Einstellen von Fehlerbereichen aus den genauen Werkzeugformen der Werkzeugform-Modelle zum Bearbeiten des Materials bzw. zum Erfassen der Interferenz, auf Grundlage von eingestellten Werten von vorbestimmten Simulationsgenauigkeiten; und eine Erzeugungseinheit zum Erzeugen der Werkzeugform-Modelle zum Bearbeiten des Materials und zum Erfassen der Interferenz auf Grundlage der eingestellten Fehlerbereiche.

VORTEILHAFTE EFFEKTE

[0010] Da gemäß der vorliegenden Erfindung eine bearbeitete Oberfläche des Materialform-Modells in einer Position ausgebildet werden kann, die um eine vorbestimmte Größe oder mehr von dem Werkzeugbearbeitungsbereich entfernt ist, der in der genauen bzw. strikten Werkzeugform ausgebildet ist, und während der Interferenzüberprüfung die Interferenz-

erfassung durchgeführt wird zwischen dem Materialform-Modell und dem Werkzeugbearbeitungsbereich, der nach innen um die vorbestimmte Größe oder mehr von dem Werkzeugbearbeitungsbereich entfernt ist, der in der genauen Werkzeugform ausgebildet ist, wird ein Abstand bzw. Spalt zwischen dem Werkzeugbearbeitungsbereich und der bearbeiteten Oberfläche in dem Schnellvorschub-Werkzeugbewegungspfad ausgebildet, in dem der Werkzeugbearbeitungsbereich und die bearbeitete Oberfläche des Materials in Kontakt miteinander sind, wenn die genaue Werkzeugform verwendet wird, und es ist somit nicht erforderlich, zu bestimmen, ob die Modelle bei der Erfassung der Interferenz „im Kontakt miteinander sind“, um ein stabiles und akkurates Resultat der Interferenzfassung zu erhalten.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0011] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm zur Darstellung der Konfiguration einer Bearbeitungssimulationsvorrichtung gemäß Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung.

[0012] [Fig. 2](#) ist ein Flussdiagramm zur Darstellung eines Betriebs der Bearbeitungssimulationsvorrichtung gemäß Ausführungsform 1 der Erfindung.

[0013] [Fig. 3](#) ist eine Ansicht zur Darstellung des Betriebs einer Materialform-Modelleinstelleinheit der Bearbeitungssimulationsvorrichtung gemäß Ausführungsform 1 der Erfindung.

[0014] [Fig. 4](#) ist eine Ansicht zur Darstellung eines Betriebs einer Bearbeitungsmaterial-Erzeugungseinheit der Bearbeitungssimulationsvorrichtung gemäß Ausführungsform 1 der Erfindung.

[0015] [Fig. 5](#) ist eine Bearbeitungssimulationsvorrichtung gemäß Ausführungsform 1 der Erfindung.

[0016] [Fig. 6](#) ist eine Ansicht zur Darstellung eines Betriebs einer Bearbeitungsmaterial-Erzeugungseinheit der Bearbeitungssimulationsvorrichtung gemäß Ausführungsform 1 der Erfindung.

[0017] [Fig. 7](#) ist eine Darstellung eines Betriebs einer Werkzeuginterferenz-Erfassungseinheit der Bearbeitungssimulationsvorrichtung gemäß Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung.

[0018] [Fig. 8](#) ist eine Ansicht zur Darstellung eines Betriebs einer Werkzeuginterferenz-Erfassungseinheit der Bearbeitungssimulationsvorrichtung gemäß Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung.

Bezugszeichenliste

- 1 Materialform-Modelleinstelleinheit
- 2 Simulationsausführeinheit
- 3 Werkzeugform-Modelleinstelleinheit
- 4 Bearbeitungsmaterial-Erzeugungseinheit
- 5 Werkzeuginterferenz-Erfassungseinheit
- 6 Bearbeitungsmaterial/Interferenzformations-Anzeigeeinheit
- 7 Materialformdefinitions-Informationsspeichereinheit
- 8 Materialform-Modellspeichereinheit
- 9 NC-Programmspeichereinheit
- 10 Bearbeitungsvorschub-Werkzeugbewegungspfad-Speichereinheit
- 11 Schnellvorschub-Werkzeugbewegungspfad-Speichereinheit
- 12 Simulationsgenauigkeits-Informationsspeichereinheit
- 13 Genaue-Werkzeug-Form-Informationsspeichereinheit
- 14 Werkzeug-Form-Modell-Speichereinheit zum Bearbeiten Materials
- 15 Werkzeugform-Modell-Speichereinheit zum Erfassen einer Interferenz
- 16 Interferenzinformations-Speichereinheit

Bester Modus zum Ausführen der Erfindung

(Ausführungsform 1)

[0019] Im Folgenden wird Ausführungsform 1 der Erfindung unter Verwendung der [Fig. 1](#) bis [Fig. 8](#) erläutert.

[0020] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm zur Darstellung der Konfiguration einer Bearbeitungssimulationsvorrichtung gemäß Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung, die auf einer Anzeige einen Zustand anzeigt, bei dem ein Werkstück durch ein Werkzeug bearbeitet wird, welches durch ein NC-Verarbeitungsprogramm bewegt wird, sowie die Situation einer Interferenz zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück, und dergleichen. In diesem Fall kann die Simulationsvorrichtung an einer numerischen Steuervorrichtung zusammengestellt sein, oder kann in einem Personalcomputer konstruiert sein. Ferner kann eine Software, welche die Bearbeitungssimulationsvorrichtung konfiguriert, in einem Zustand zirkuliert werden, wodurch diese in einem Aufzeichnungsmedium gespeichert wird, oder kann an der numerischen Steuervorrichtung oder dem Personalcomputer installiert werden, um verwendet zu werden.

[0021] Gemäß [Fig. 1](#) erzeugt eine Materialform-Modelleinstelleinheit **1** ein Materialform-Modell, vor der Bearbeitung bzw. Verarbeitung aus Materialform-Definitionsinformationen, die in einer Materialform-Definitionsinformationsspeichereinheit **7** gespeichert

sind, und speichert das erzeugte Materialform-Modell in einer Materialform-Modellspeichereinheit **8**.

[0022] Eine Simulationsausführungseinheit **2** analysiert ein NC-Programm, das in einer NC-Programmspeichereinheit **9** gespeichert ist, und speichert Werkzeugbewegungspfad-Daten während des Bearbeitungsvorschubs, die von dem NC-Programm in einer Bearbeitungsvorschub-Werkzeugbewegungspfad-Speichereinheit **10** erhalten werden. Die Simulationsausführungseinheit **2** speichert auch Werkzeugbewegungspfad-Daten während eines Schnellvorschubs, die von dem NC-Programm in einer Schnellvorschub-Werkzeugbewegungspfad-Speichereinheit **11** erhalten werden, und weist die Ausführung von Prozessen jeweiliger Einheiten an, wie zum Beispiel der Werkzeugform-Modelleinstelleinheit **3**, einer Bearbeitungsmaterial-Erzeugungseinheit **4**, einer Werkzeuginterferenz-Erfassungseinheit **5** und einer Bearbeitungsmaterial/Interferenz-Informationsanzeigeeinheit **6**.

[0023] Eine Werkzeugform-Modelleinstelleinheit **3** stellt einen Fehlerbereich ein, aus einer genauen Werkzeugform eines Werkzeugform-Modells zum Bearbeiten bzw. Verarbeiten eines Materials, und einen Fehlerbereich von einer genauen Werkzeugform eines Werkzeugform-Modells zum Erfassen einer Interferenz auf Grundlage von Genauigkeitsinformationen, die in einer Simulationsgenauigkeit-Informationsspeichereinheit **12** gespeichert werden, gemäß einer Ausführungsanweisung von der Simulationsausführungseinheit **2**. Ferner erzeugt die Werkzeugform-Modelleinstelleinheit **3** das Werkzeugform-Modell zum Bearbeiten des Materials und das Werkzeugform-Modell zum Erfassen der Interferenz aus den eingestellten Fehlerbereichen und den genauen Werkzeugform-Informationen, die in einer Genaue-Werkzeugform-Informationsspeichereinheit **13** gespeichert sind, und speichert das erzeugte Werkzeugform-Modell zum Bearbeiten des Materials und das Werkzeugform-Modell zum Erfassen der Interferenz in einer Werkzeugform-Modellspeichereinheit **14** zum Bearbeiten des Materials bzw. in einer Werkzeugform-Modellspeichereinheit **15** zum Erfassen der Interferenz.

[0024] In diesem Fall zeigt die genaue Werkzeugform die Form eines idealen Werkzeugs an (siehe [Fig. 4\(a\)](#)), das als eine Voraussetzung festgelegt ist, da ein NC-Verarbeitungsprogramm unter der Annahme vorbereitet wird, dass das ideale Werkzeug bearbeitet wird, so dass ein Verarbeitungspfad (ein idealer Verarbeitungspfad) erhalten wird, der durch das NC-Verarbeitungsprogramm angewiesen wird. Ferner ist der Grund, warum die Formulierung „die genaue Werkzeugform“ verwendet wird, und warum die Formulierung „ein genaues Werkzeugform-Modell“ nicht verwendet wird, darin zu sehen, dass das genaue Werkzeugform-Modell nicht erzeugt wird, son-

dern lediglich die genauen Werkzeugform-Daten verarbeitet werden.

[0025] Das Werkzeugform-Modell zum Verarbeiten bzw. Bearbeiten des Materials, wie in **Fig. 4(b)** dargestellt, zeigt ferner ein Werkzeugform-Modell an, das erzeugt wird, um die genaue Werkzeugform zu erhalten, und das Werkzeugform-Modell zum Erfassen der Interferenz, wie in **Fig. 4(c)** dargestellt, zeigt ein Werkzeugform-Modell an, welches erzeugt wird, um in der genauen Werkzeugform enthalten zu sein.

[0026] Die Bearbeitungsmaterial-Erzeugungseinheit **4** erzeugt ein Materialform-Modell nach der Bearbeitung, durch Erzeugen eines Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodells aus den Werkzeugbewegungspfad-Daten während des Bearbeitungsvorschubs, die in der Bearbeitungsvorschub-Werkzeugbewegungspfad-Speichereinheit **10** gespeichert sind, und das Werkzeugform-Modell zum Verarbeiten des Materials, das in der Werkzeugform-Modellspeichereinheit **14** gespeichert ist, zum Bearbeiten des Materials gemäß der Ausführungsanweisung von der Simulationsausführungseinheit **2**, und einem Entfernen des erzeugten Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodells aus dem Materialform-Modell, das in der Materialform-Modellspeichereinheit **8** gespeichert ist, durch einen eingestellten Betrieb, und das erzeugte Materialform-Modell nach der Bearbeitung in der Materialform-Modellspeichereinheit **8** speichert.

[0027] Die Werkzeuginterferenz-Erfassungseinheit **5** erzeugt ein Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodell aus den Werkzeugbewegungspfad-Daten während eines Schnellvorschubs, die in der Schnellvorschub-Werkzeugbewegungspfad-Speichereinheit **11** gespeichert sind, und das Werkzeugform-Modell zum Erfassen der Interferenz, das in der Werkzeugform-Modellspeichereinheit **15** gespeichert ist, zum Erfassen der Interferenz gemäß der Ausführungsanweisung von der Simulationsausführungseinheit **2**, erfasst eine Interferenz zwischen dem erzeugten Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodell und dem Materialform-Modell, das in der Materialform-Modellspeichereinheit **8** gespeichert ist, und speichert eine Interferenzinformation (Blockinformation oder dergleichen in dem NC-Programm für den Werkzeugbewegungspfad während der Interferenz) in der Interferenzinformations-Speichereinheit **16** in dem Fall, in dem die Interferenz erfasst wird.

[0028] Die Bearbeitungsmaterial/Interferenz-Informationsanzeigeeinheit **6** erzeugt ein Schattenbild des Materialform-Modells, das in der Materialform-Modellspeichereinheit **8** gespeichert ist, gemäß der Ausführungsanweisung von der Simulationsausführungseinheit **2**, und aktualisiert das Schattenbild auf der Anzeige mit dem erzeugten Schattenbild. Wenn ferner die Interferenzinformation in der

Interferenzinformations-Speichereinheit **16** vorliegt, zeigt die Bearbeitungsmaterial/Interferenz-Informationsanzeigeeinheit **6** den Inhalt der Interferenzinformation auf der Anzeige an.

[0029] In diesem Fall werden die Materialform-Modelleinstelleinheit **1**, die Simulationsausführungseinheit **2**, die Werkzeugform-Modelleinstelleinheit **3**, die Bearbeitungsmaterial-Erzeugungseinheit **4**, die Werkzeuginterferenz-Erfassungseinheit **5** und die Bearbeitungsmaterial/Interferenz-Informationsanzeigeeinheit **6** im Wesentlichen durch Software konfiguriert.

[0030] Ferner ist die Hardware-Konfiguration der Simulationsvorrichtung eine allgemeine Konfiguration, die aus einer CPU, einem Speicher und dergleichen besteht.

[0031] Die Bearbeitungssimulationsvorrichtung, wie oben konfiguriert, arbeitet gemäß dem in **Fig. 2** dargestellten Flussdiagramm. Im Schritt S1 erzeugt die Materialform-Modelleinstelleinheit **1** das Materialform-Modell, vor der Verarbeitung, aus den Materialform-Definitionsinformationen, die in der Materialform-Informations-Speichereinheit **7** gespeichert sind, und speichert das erzeugte Materialform-Modell in der Materialform-Modellspeichereinheit **8**.

[0032] **Fig. 3** stellt ein Beispiel für den Fall dar, wenn ein rechteckiges Parallelepipet-Materialform-Modell erzeugt wird. Die Materialform-Definitionsinformationen umfassen hier das Muster der Form (rechtwinkliges Parallelepipet), die Position (P_x , P_y , P_z) und die Dimensionen (L_x , L_y , L_z).

[0033] Im Schritt S2 liest die Simulationsausführungseinheit **2** die Blockinformationen, die das NC-Programm aus dem NC-Programm konfiguriert. Bei den Blockinformationen kann es sich um eine Anweisung (T-Anweisung) für einen Werkzeugaustausch, Anweisungen (GO1, GO2 und GO3-Anweisungen) für eine Werkzeugbewegung während der Bearbeitung, eine Anweisung (GO0-Anweisung) für eine Werkzeugbewegung während einem Schnellvorschub und dergleichen handeln.

[0034] Im Schritt S3 überprüft die Simulationsausführungseinheit **2**, ob die Blockinformationen, die aus dem NC-Programm gelesen werden, existieren, und beendet den Betrieb, wenn die Blockinformationen nicht existieren, währenddessen diese zum Schritt S4 geht, wenn die Blockinformationen existieren.

[0035] Im Schritt S4 überprüft die Simulationsausführungseinheit **2**, ob die gelesenen Blockinformationen eine Anweisung für einen Werkzeugaustausch sind, und geht zum Schritt S5, wenn die Blockinformationen die Anweisung (T-Anweisung) für einen Werkzeugaustausch sind, währenddessen die

se zum Schritt S7 geht, wenn die Blockinformationen keine Anweisung für den Werkzeugaustausch sind.

[0036] In den Schritten S5 und S6 liest die Werkzeugform-Modelleinstelleinheit **3** die Werkzeuginformationen, die in der genauen Werkzeugform-Informationsspeichereinheit **1** gespeichert sind, die mit einer Werkzeugnummer zusammenhängen, auf Grundlage der Werkzeugnummer, die für den Werkzeugaustausch in den Blockinformationen vorgesehen sind, und erzeugt ein Werkzeug-Modell zum Bearbeiten des Materials (ein Werkzeugform-Modell, das erzeugt wird, um die genaue Werkzeugform zu enthalten) und ein Werkzeugform-Modell zum Erfassen der Interferenz (ein Werkzeugform-Modell, das erzeugt wird, um die genaue Werkzeugform zu enthalten), als Werkzeugform-Modelle für die Werkzeugnummern, die in den Werkzeugaustausch-Blockinformationen vorgesehen sind.

[0037] Im Schritt S5 stellt eine Fehlerbereich-Einstelleinheit **3A** der Werkzeugform-Modelleinstelleinheit **3** die jeweiligen Fehlerbereiche ein für die genauen Werkzeugformen des Werkzeugform-Modells zum Bearbeiten des Materials (das Werkzeugform-Modell, das erzeugt wird, um die genaue Werkzeugform zu enthalten) und für das Werkzeugform-Modell zum Erfassen der Interferenz (das Werkzeugform-Modell, das erzeugt wird, um die genaue Werkzeugform zu enthalten), auf Grundlage der Genauigkeitsinformationen, die in der Simulationsgenauigkeits-Informationsspeichereinheit **12** gespeichert sind.

[0038] Die Fehlerbereiche werden zum Beispiel wie folgt bestimmt.

[0039] D. h., dass in dem Fall, wenn eine Material-bearbeitete Oberfläche und eine Werkzeugbearbeitungs-Bereichsform zum Beispiel in der genauen Werkzeugform miteinander in Kontakt sind, wie zum Beispiel in [Fig. 8](#) dargestellt, und in dem Fall, wenn die bearbeitete Oberfläche durch die genaue Werkzeugform und die Werkzeugbearbeitungs-Bereichsform von der genauen Werkzeugform in Kontakt miteinander sind, wenn angenommen wird, dass ein Abstand, der zumindest sichergestellt werden muss, zwischen der verarbeiteten Oberfläche durch das Werkzeugform-Modell zum Bearbeiten des Materials und der Werkzeugbearbeitungs-Bereichsform durch das Werkzeugform-Modell zum Erfassen der Interferenz gleich E_s (> 0) ist, die Genauigkeit einer vorbestimmten Simulation gleich E ($> E_s$) ist, die Fehlergröße zwischen dem Werkzeugform-Modell zum Bearbeiten des Materials und der genauen Werkzeugform gleich E_m ist, und die Fehlergröße zwischen dem Werkzeugform-Modell zum Erfassen der Interferenz und der genauen Werkzeugform gleich E_d ist, deren Fehlerbereiche wie folgt eingestellt werden.

$$E_s/2 \leq E_m \leq E/2$$

$$E_s/2 \leq E_d \leq E/2$$

[0040] In diesem Fall wird E_s durch einen Nutzer eingestellt oder vorab in der Simulationsvorrichtung eingestellt, und E wird durch den Nutzer eingestellt.

[0041] Im Schritt S6 erzeugt eine Werkzeugform-Modellerzeugungseinheit **3B** der Werkzeugform-Modelleinstelleinheit **3** das Werkzeugform-Modell zum Bearbeiten des Materials und das Werkzeugform-Modell zum Erfassen der Interferenz, so dass die Fehler in den wie oben bestimmten Fehlerbereichen vorliegen, und speichert das Werkzeugform-Modell zum Bearbeiten des Materials in der Werkzeugform-Modellspeichereinheit **14** zum Bearbeiten des Materials und speichert das Werkzeugform-Material zum Erfassen der Interferenz in der Werkzeugform-Modellspeichereinheit **15** zum Erfassen der Interferenz.

[0042] [Fig. 4](#) zeigt ein Beispiel in dem Fall, bei dem ein Polyederapproximiertes Werkzeugform-Modell als ein eingestelltes Werkzeugform-Modell eingestellt wird, wobei [Fig. 4\(a\)](#) eine genaue Werkzeugform zeigt, welche die Grundlage des zu erzeugenden Werkzeugform-Modells ist, wobei [Fig. 4\(b\)](#) ein Beispiel eines Werkzeugform-Modells zum Bearbeiten des Materials zeigt (ein Werkzeugform-Modell, das erzeugt wird, um die genaue Werkzeugform zu enthalten), und wobei [Fig. 4\(c\)](#) ein Beispiel eines Werkzeugform-Modells zum Erfassen der Interferenz zeigt (ein Werkzeugform-Modell, das erzeugt wird, um die genaue Werkzeugform zu berücksichtigen).

[0043] Nach dem Schritt S6 geht die Verarbeitung zum Schritt S11.

[0044] Im Schritt S7 überprüft die Simulationsausführungseinheit **2**, ob die gelesene Blockinformation die Werkzeugbewegungsanweisung während des Bearbeitungsvorschubs ist, und wenn dies so ist, geht die Simulationsausführungseinheit **2** zum Schritt S8, wohingegen ansonsten diese zum Schritt S9 geht.

[0045] Im Schritt S8 aktualisiert die Bearbeitungsmaterial-Erzeugungseinheit **4** das Materialform-Modell mit dem nach der Bearbeitung, durch Erzeugen des Werkzeugbearbeitungsbereichs-Formmodells aus dem Werkzeugbewegungspfad während des Bearbeitungsvorschubs (während der GO1, GO2 und GO3-Anweisungen), die in der Bearbeitungsvorschub-Werkzeugbewegungspfad-Speichereinheit **10** gespeichert sind, und das Werkzeugform-Modell zum Bearbeiten des Materials, das im Schritt S6 erzeugt wird, und durch Entfernen des erzeugten Werkzeugbearbeitungsbereichs-Formmodells aus dem Materialform-Modell, das in der Materialform-Modell-Speichereinheit **8** über eine Einstelloperation gespeichert ist.

[0046] **Fig. 5** zeigt ein Verarbeitungsbeispiel im Schritt S8 der **Fig. 2**, wobei **Fig. 5(a)** die Beziehung zwischen einem Materialform-Modell vor der Bearbeitung, einem Werkzeugform-Modell zum Bearbeiten des Materials und einem Werkzeugbewegungspfad während des Bearbeitungsvorschubs zeigt, wobei **Fig. 5(b)** einen Zustand zeigt, wenn ein Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodell aus einem Werkzeugform-Modell und einem Werkzeugbewegungspfad erzeugt wird, und wobei **Fig. 5(c)** ein Materialform-Modell zeigt, das über eine Entfernung eines erzeugten Werkzeugbearbeitungsbereichs-Formmodells durch eine Einstelloperation aktualisiert wird.

[0047] **Fig. 6** zeigt eine bearbeitete Oberfläche eines Materialform-Modells, das aktualisiert wird unter Verwendung eines Werkzeugform-Modells zum Bearbeiten des in **Fig. 4** dargestellten Materials. Da das Werkzeugform-Modell zum Bearbeiten des Materials die genaue Werkzeugform umfasst, ist die bearbeitete Oberfläche, die an dem Materialform-Modell ausgebildet wird, nach außen erweitert, zumindest so weit wie $Es/2$ oder mehr bezüglich dazu, was durch die genaue Werkzeugform ausgebildet ist. In diesem Fall ist **Fig. 6(a)** eine Draufsicht und **Fig. 6(b)** ist eine Querschnittsansicht, die entlang der Linie A-A der **Fig. 6(a)** aufgenommen wird.

[0048] Nach Schritt S8 geht die Verarbeitung zum Schritt S11.

[0049] Im Schritt S9 überprüft die Simulationseinheit **2**, ob die gelesene Blockinformation die Werkzeugbewegungsanweisung während des Schnellvorschubs ist, und wenn dies der Fall ist, geht die Simulationseinheit **2** zum Schritt S10, währenddessen ansonsten diese zum Schritt S2 geht.

[0050] Im Schritt S10 erzeugt die Werkzeuginterferenz-Erfassungseinheit **5** das Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodell aus dem Werkzeugbewegungspfad während des Schnellvorschubs (während der GO0-Anweisung), die in der Schnellvorschub-Werkzeugbewegungspfad-Speichereinheit **11** gespeichert ist, und das Werkzeugform-Modell zum Erfassen der Interferenz, das im Schritt S6 erzeugt wird, erfasst eine Interferenz zwischen dem erzeugten Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodell und dem Materialform-Modell, und speichert die Position der Blockinformationen, in denen die Interferenz aufgetreten ist, in dem NC-Programm, als Interferenzinformationen in dem Fall, in denen die Interferenz erfasst wird.

[0051] **Fig. 7** zeigt ein Verarbeitungsbeispiel im Schritt S10 der **Fig. 2**. **Fig. 7(a)** zeigt die Beziehung zwischen einem Materialform-Modell vor der Verarbeitung, einem Werkzeugform-Modell zum Erfassen der Interferenz und einem Werkzeugbewe-

gungspfad während des Schnellvorschubs. Bezüglich des Werkzeugbewegungspfads, in der genauen Werkzeugform, wird das Werkzeug, das in eine Loch-einheit des Materials eingedrungen ist, zu der Position nach oben bewegt, in der das Werkzeug in einen Kontakt mit der bearbeiteten Oberfläche der Loch-einheit gelangt. **Fig. 7(b)** zeigt Formen eines Werkzeugform-Modells, in dem die Interferenz erfassung-operation durchgeführt wird, eines Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodells, das von dem Werkzeugbewegungspfad erzeugt wird, und ein Materialform-Modell. **Fig. 7** zeigt ein Beispiel in dem Fall, bei dem die Bearbeitung des Lochs bezüglich des Materials durchgeführt wird, und dann die Seitenoberfläche des Loches einer Endbearbeitung unterworfen wird.

[0052] **Fig. 8** zeigt die Beziehung zwischen dem Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodell während der Interferenz erfassung-operation und die bearbeitete Oberfläche des Materialform-Modells, wobei **Fig. 8(a)** eine Vorderansicht ist, und **Fig. 8(b)** eine Querschnittsansicht ist, die entlang der Linie A-A der **Fig. 8(a)** aufgenommen ist. In **Fig. 8** ist das Werkzeugform-Modell zum Erfassen der Interferenz in der genauen Werkzeugform enthalten, und die Werkzeugbearbeitungsbereich-Form ist nach innen zumindest so weit wie $Es/2$ oder mehr bezüglich davon entfernt, was durch die genaue Werkzeugform ausgebildet wird. Da die bearbeitete Oberfläche der Materialform nach außen erweitert ist, zumindest um $Es/2$ oder mehr bezüglich dessen, was durch die genaue Werkzeugform ausgebildet wird, wird sichergestellt, dass ein Abstand von zumindest Es oder mehr zwischen der Werkzeugbearbeitungsbereich-Form und der bearbeiteten Oberfläche der Materialform vorliegt. Entsprechend ist es nicht erforderlich, den Kontaktzustand zwischen Modellen der Interferenz erfassung-operation als stabil und frei von einem Eingreifen zu erkennen, wodurch somit eine exzessive Interferenz erfassung verhindert werden kann.

[0053] Im Schritt S11 erzeugt die Bearbeitungsmaterial/Interferenz-Informationsanzeigeeinheit **6** ein Schattenbild des Materialform-Modells, und aktualisiert das Schattenbild auf der Anzeige mit dem erzeugten Schattenbild. Wenn ferner die gespeicherten Interferenzinformationen vorliegen, zeigt die Bearbeitungsmaterial/Interferenzinformationsanzeigeeinheit **6** den Inhalt der Interferenzinformationen auf der Anzeige an.

[0054] Nach dem Schritt S11 kehrt die Verarbeitung zum Schritt S2 zurück, um die nächsten Blockinformationen des NC-Programms zu lesen.

[0055] Der Betrieb der Bearbeitungssimulationsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist wie oben erläutert.

[0056] Gemäß Ausführungsform 1 der Erfindung wird in der Simulation in einem Zustand, bei dem das Werkzeug, welches auf dem Werkzeugbewegungspfad über einen Schnellvorschub bewegt wird, im Kontakt mit der bearbeiteten Oberfläche der Materialform ist, ein Abstand bzw. Spalt einer bestimmten Größe oder mehr zwischen der Werkzeugbearbeitungsbereich-Form und der bearbeiteten Oberfläche der Materialform sichergestellt. Entsprechend ist es nicht erforderlich, den Kontaktzustand zwischen Modellen in der Interferenzerfassung zwischen der Werkzeugbearbeitungsbereich-Form und der Materialform als stabil und frei von einem Eingriff zu erkennen, und somit kann eine unnötige Interferenzerfassung verhindert werden.

Industrielle Anwendbarkeit

[0057] Die Bearbeitungssimulationsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine Bearbeitungssimulationsvorrichtung zum Durchführen einer Verifizierung des NC-Programms, das in einer numerischen Steuervorrichtung bereitgestellt ist, und ist geeignet, als eine Bearbeitungssimulationsvorrichtung verwendet zu werden, um die Interferenz zwischen dem bearbeiteten Material und dem Werkzeug während des Betriebs eines Bearbeitungswerkzeugs vorherzusagen und zu verhindern.

ZITATE ENTHALTEN 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 2000-284819 A [[0003](#)]

Patentansprüche

1. Bearbeitungssimulationsverfahren zum Erzeugen eines Formmodells von einem bearbeiteten Material aus einem Materialform-Modell, einem Werkzeugform-Modell und einem Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodell, definiert aus einem Werkzeugbewegungspfad, umfassend:

Erzeugen eines Werkzeugform-Modells zum Bearbeiten eines Materials, das eine genaue Werkzeugform enthält, und eines Werkzeugform-Modells zum Erfassen einer Interferenz, die in der genauen Werkzeugform enthalten ist;

Erzeugen des Bearbeitungsmaterial-Formmodells durch Erzeugen eines Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodells auf Grundlage eines Werkzeugbewegungspfades während eines Bearbeitungsvorschubs und des Werkzeugform-Modells zum Bearbeiten des Materials und Entfernen des Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodells aus dem Materialform-Modell; und

Erzeugen des Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodells auf Grundlage eines Werkzeugbewegungspfades während eines Schnellvorschubs und des Werkzeugform-Modells zum Erfassen der Interferenz, und Erfassen der Interferenz zwischen dem Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodell und dem Materialformmodell.

2. Bearbeitungssimulationsverfahren nach Anspruch 1, wobei in dem Fall der Erzeugung des Werkzeugform-Modells zum Bearbeiten des Materials, das die genaue Werkzeugform enthält, sowie des Werkzeugform-Modells zum Erfassen der Interferenz, welches in der genauen Werkzeugform als die Werkzeugform-Modelle enthalten ist, Fehlerbereiche eingestellt werden aus den genauen Werkzeugformen der Werkzeugform-Modelle zum Bearbeiten des Materials bzw. zum Erfassen der Interferenz, auf Grundlage von eingestellten Werten von vorbestimmten Simulationsgenauigkeiten, und wobei die Werkzeugform-Modelle zum Bearbeiten des Materials und zum Erfassen der Interferenz auf Grundlage der eingestellten Fehlerbereiche erzeugt werden.

3. Programm, das ausgelegt ist, so dass ein Computer ein verfahren nach Anspruch 1 oder 2 ausführt.

4. Bearbeitungssimulationsvorrichtung zum Erzeugen eines Formmodells eines bearbeiteten Materials aus einem Materialform-Modell, einem Werkzeugform-Modell und einem Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodell, definiert aus einem Werkzeugbewegungspfad, umfassend:

eine Werkzeugform-Modelleinstelleinheit zum Erzeugen eines Werkzeugform-Modells zum Bearbeiten eines Materials, das eine genaue Werkzeugform enthält, und eines Werkzeugform-Modells zum Erfassen einer Interferenz, das in der genauen Werkzeugform enthalten ist;

eine Bearbeitungsmaterial-Modellerzeugungseinheit zum Erzeugen des Bearbeitungsmaterial-Formmodells durch Erzeugen eines Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodells auf Grundlage eines Werkzeugbewegungspfades während eines Bearbeitungsvorschubs, und des Werkzeugform-Modells zum Bearbeiten des Materials und Entfernen des Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodells aus dem Materialform-Modell; und

eine Werkzeuginterferenz-Erfassungseinheit zum Erzeugen des Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodells auf Grundlage eines Werkzeugbewegungspfades während eines Schnellvorschubs und des Werkzeugform-Modells zum Erfassen der Interferenz, und zum Erfassen der Interferenz zwischen dem Werkzeugbearbeitungsbereich-Formmodell und dem Materialform-Modell.

5. Bearbeitungssimulationsvorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Werkzeugform-Modelleinstelleinheit umfasst:

eine Einstelleinheit zum Einstellen von Fehlerbereichen aus den genauen Werkzeugformen der Werkzeugform-Modelle zum Bearbeiten des Materials bzw. zum Erfassen der Interferenz, auf Grundlage von eingestellten Werten von vorbestimmten Simulationsgenauigkeiten; und

eine Erzeugungseinheit zum Erzeugen der Werkzeugform-Modelle zum Bearbeiten des Materials und zum Erfassen der Interferenz auf Grundlage der eingestellten Fehlerbereiche.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

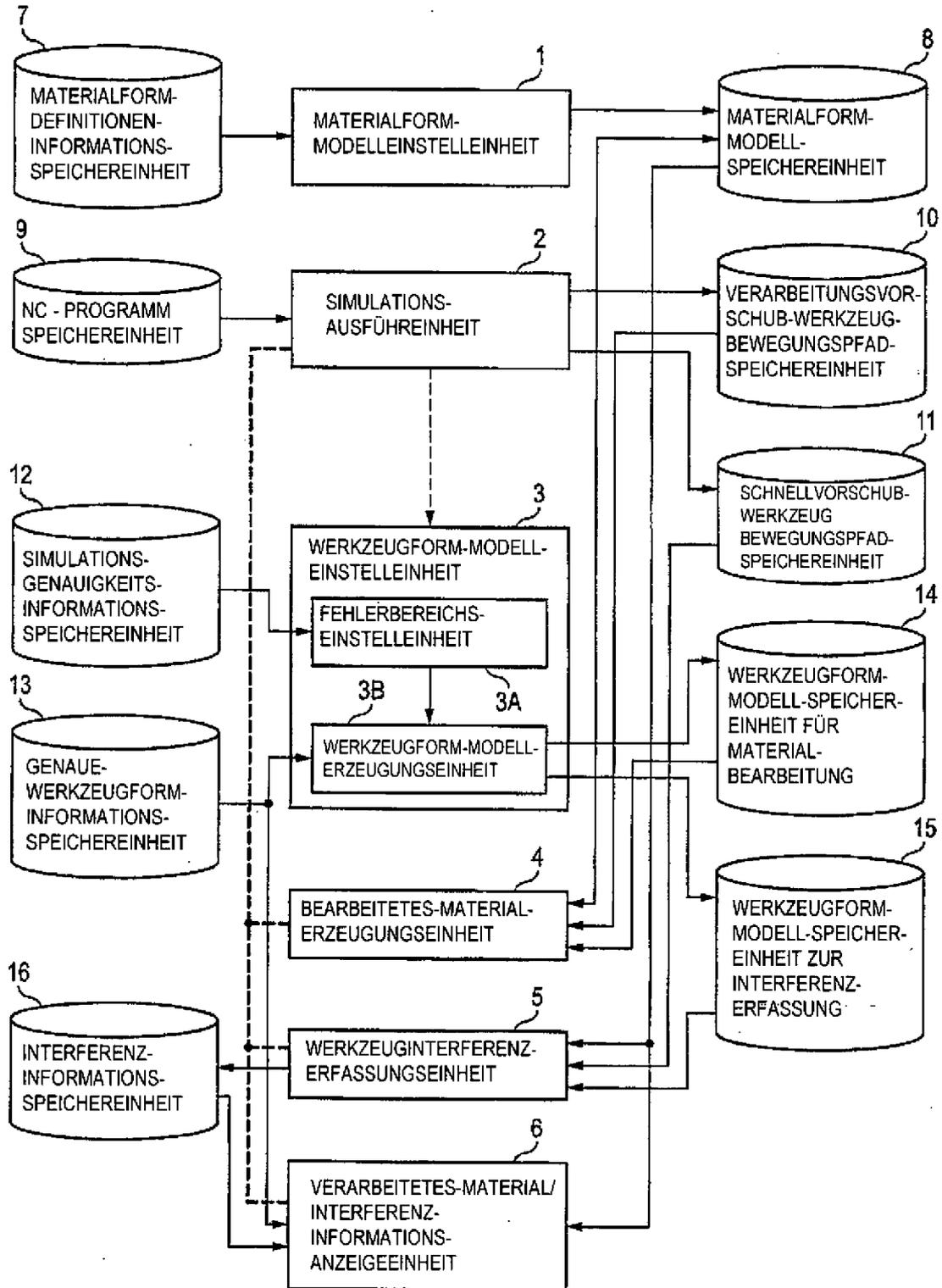


FIG. 2

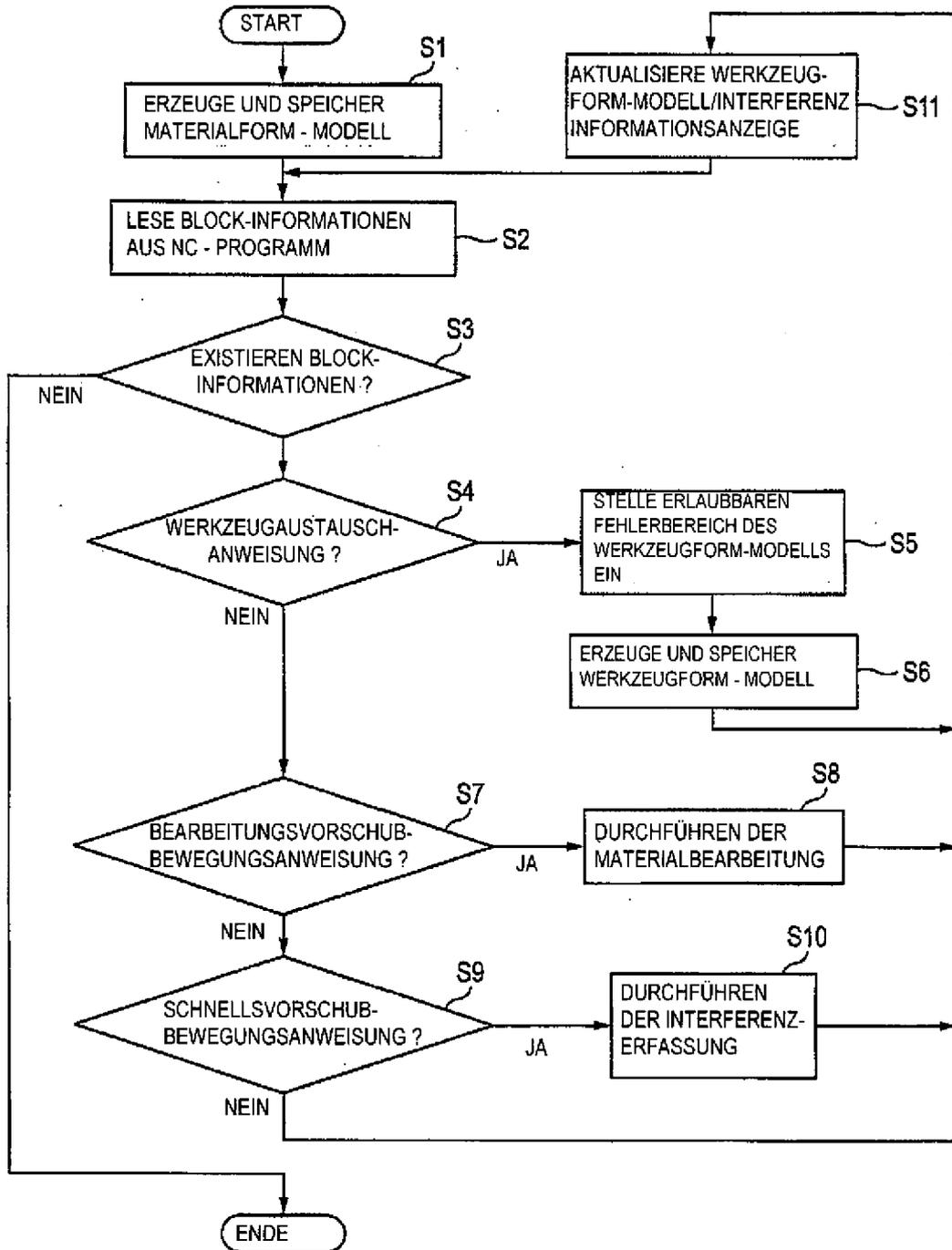
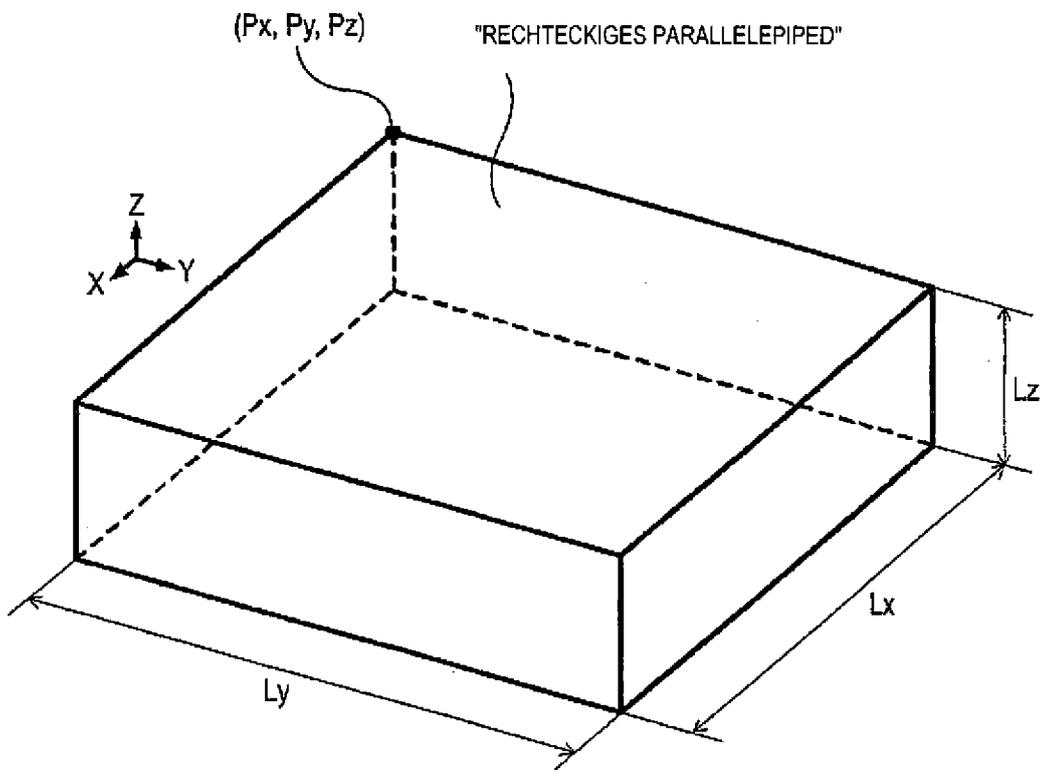


FIG. 3



FORM-MUSTER	POSITIONS- INFORMATION	DIMENSIONS- INFORMATION
RECHTECKIGES PARALLELEPIPED	Px, Py, Pz	Lx, Ly, Lz

FIG. 4

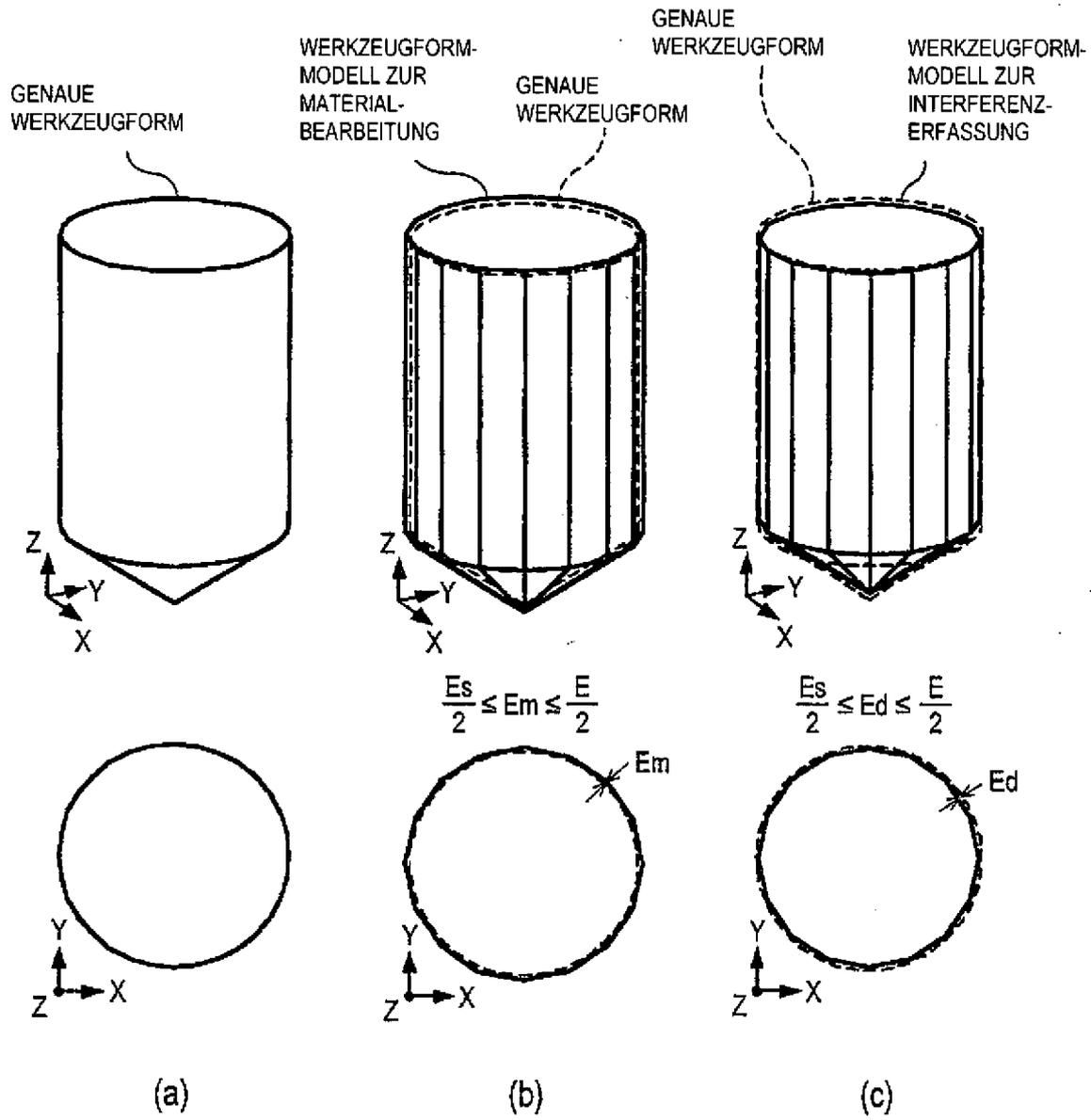


FIG. 5

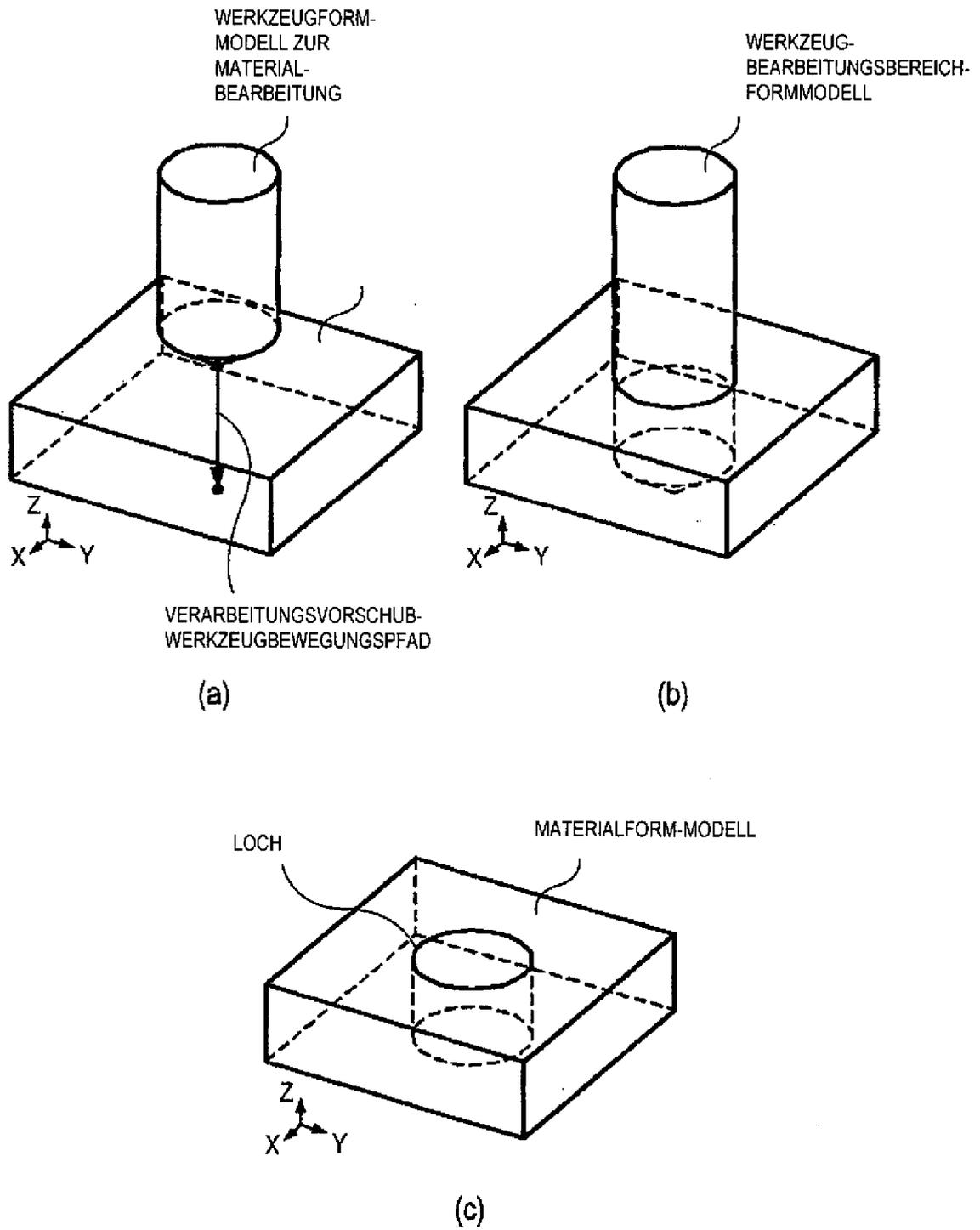


FIG. 6

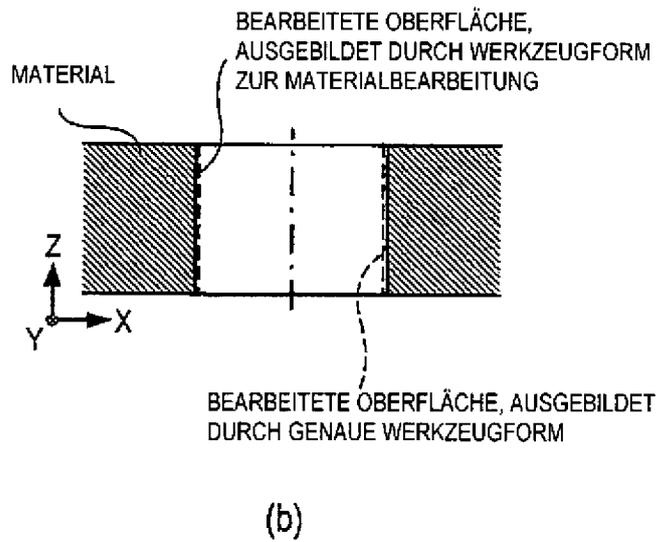
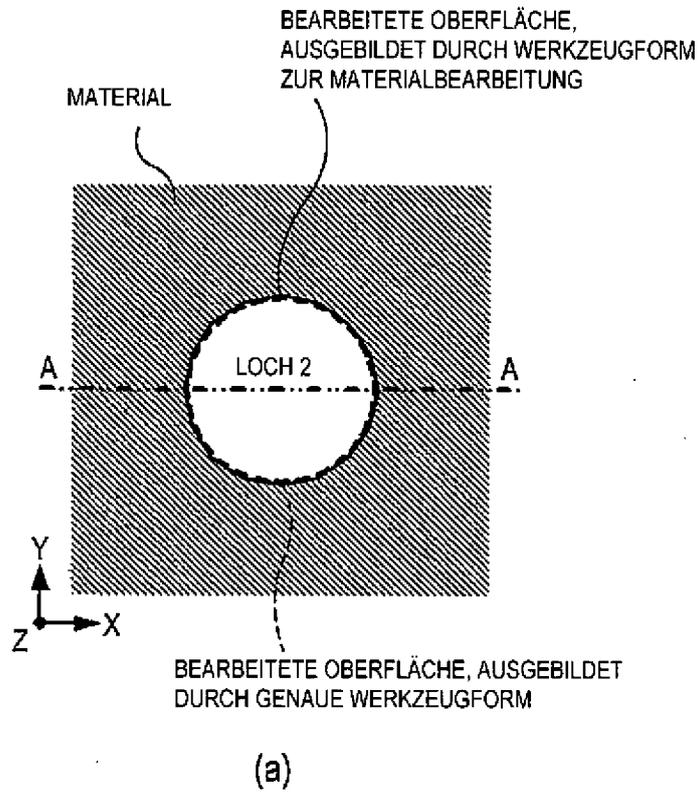


FIG. 7

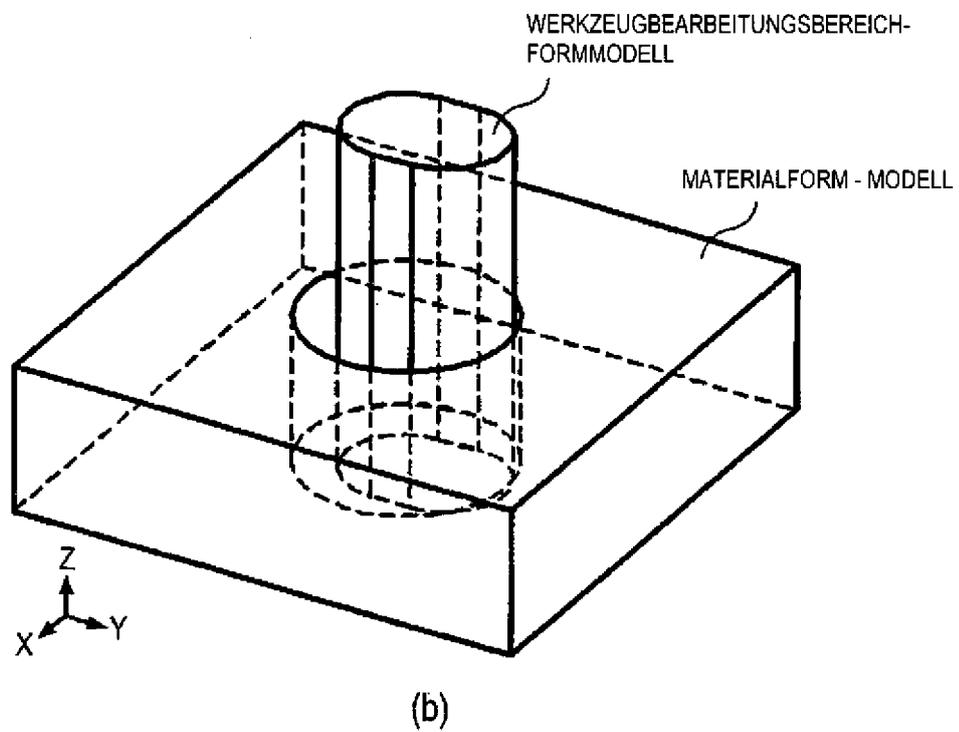
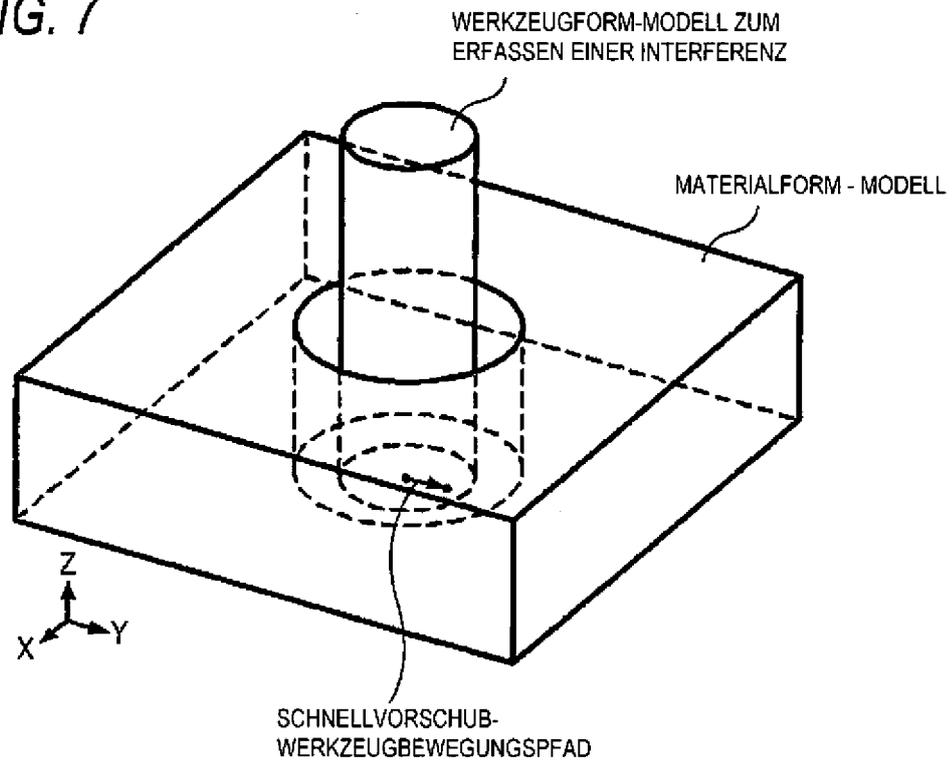
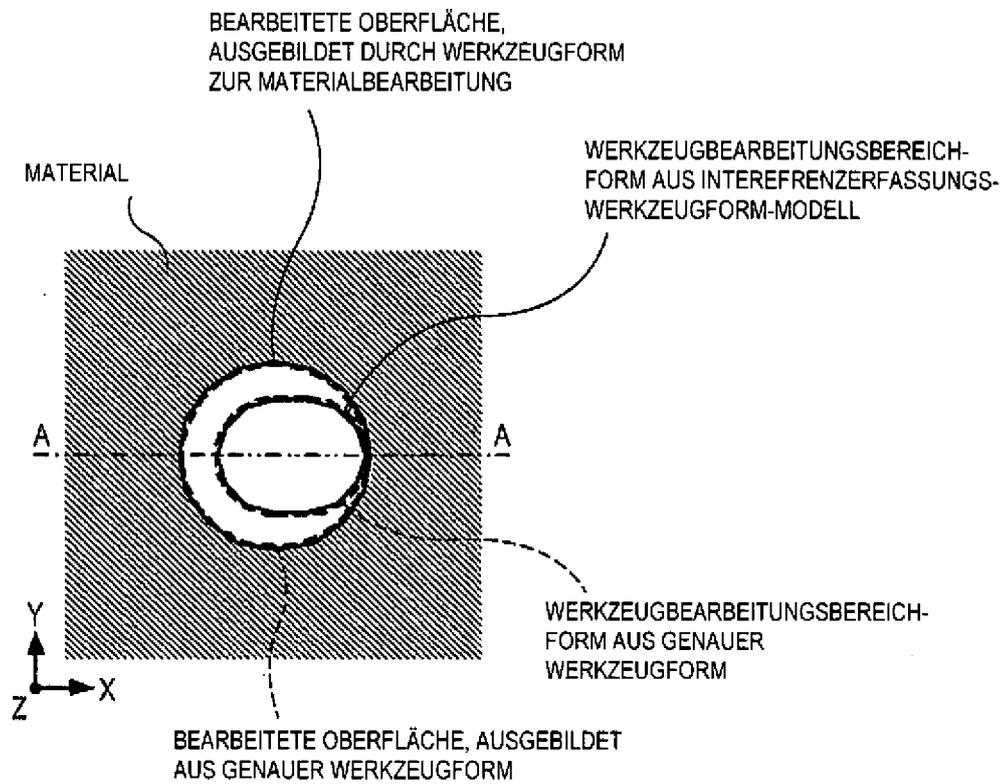
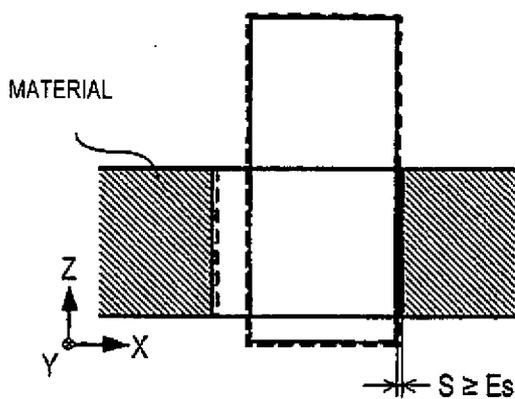


FIG. 8



(a)



(b)