(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2022 007 522 T5** 2025.05.15

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2024/062607**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 007 522.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/035419**
(86) PCT-Anmeldetag: **22.09.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **28.03.2024**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **15.05.2025**

(51) Int Cl.: ***B23Q 15/00*** (2006.01)
G05B 19/4093 (2006.01)
G05B 19/18 (2006.01)
B23Q 15/013 (2006.01)

(71) Anmelder:
FANUC CORPORATION, Yamanashi, JP

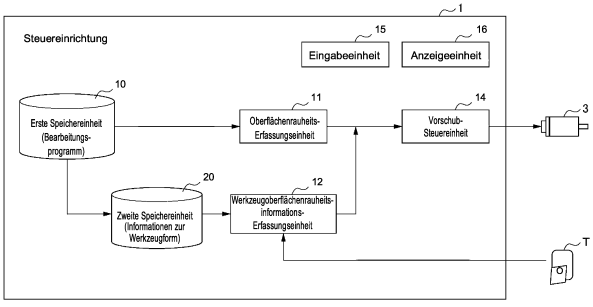
(74) Vertreter:
Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB, 80802 München, DE

(72) Erfinder:
Yasuda, Masashi, Yamanashi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Funktion bereitgestellt, mit der es möglich ist, eine gewünschte Oberflächenrauheit präzise zu erreichen, selbst wenn ein Schneidwerkzeug nach Beginn der Bearbeitung ausgetauscht wird oder wenn sich die Form einer Schneidkante des Schneidwerkzeugs geändert hat, um die Lesbarkeit eines Bearbeitungsprogramms zu verbessern und den Zeit- und Arbeitsaufwand für die Erstellung des Bearbeitungsprogramms zu reduzieren. Insbesondere wird eine Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1 bereitgestellt, die ein Werkstück W bearbeitet, während das Werkstück W relativ zu einem Schneidwerkzeug T bewegt wird, wobei die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1 Folgendes umfasst: eine Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit 11, die aus einem Bearbeitungsprogramm eine Soll-Oberflächenrauheit erfasst, welche für ein in Bearbeitung befindliches Werkstück W vorgegeben ist; eine Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12, die Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen in Bezug auf die Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs T erfasst; und eine Vorschub-Steuereinheit 14, die auf der Grundlage der Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen Vorschubinformationen in Bezug auf einen Vorschubbetrag pro relativer Drehung des Schneidwerkzeugs T und des Werkstücks W bestimmt, so dass die Oberflächenrauheit des Werkstücks W die Soll-Oberflächenrauheit erreicht.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung.

Hintergrund der Technik

[0002] Herkömmlicherweise ist eine Technik bekannt, bei der ein vorbestimmter Vorschubbetrag für eine Spindel, die ein zu bearbeitendes Werkstück bewegt, im Voraus in einem Bearbeitungsprogramm oder dergleichen festgelegt wird und dann der Schneidvorgang durchgeführt wird (siehe z. B. Patentdokumente 1 und 2).

Zitatsliste

Patentdokumente

Patentdokument 1: ungeprüfte japanische Patentanmeldung, Veröffentlichungsnr. 2003-323204

Patentdokument 2: ungeprüfte japanische Patentanmeldung, Veröffentlichungsnr. 2018-094690

Offenbarung der Erfindung

Durch die Erfindung zu lösende Probleme:

[0003] Die Oberflächenrauheit ist einer der Indikatoren für ein zu bearbeitendes Werkstück. Die Oberflächenrauheit hängt von der Form der Schneidkante eines Schneidwerkzeugs und dem Vorschub ab. Daher ist es üblich, einen Vorschub pro Zeiteinheit für eine Spindel so zu bestimmen, so dass das bearbeitete Werkstück eine gewünschte Oberflächenrauheit aufweist.

[0004] Wenn das Schneidwerkzeug während des Schneidvorgangs ausgetauscht wird oder sich die Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs aufgrund von Verschleiß oder Ähnlichem ändert, ist es notwendig den Vorschub zu ändern; jedoch wird der Schneidvorgang mit unverändertem Vorschub fortgesetzt. Ein Vorschub, der nicht den entsprechenden Bedingungen entspricht, kann das Erreichen einer gewünschten Oberflächenrauheit verhindern.

[0005] Gemäß einem Verfahren zum Einstellen eines sich auf die Oberflächenrauheit auswirkenden Vorschubbetrags in einem Bearbeitungsprogramm, ist es schwierig, die Oberflächenrauheit, welche eine der Indikatoren ist, aus dem Bearbeitungsprogramm heraus zu erfassen. Daher besteht im Stand der Technik Raum für Verbesserungen hinsichtlich der Steigerung der Lesbarkeit.

[0006] Ein solches Verfahren zum Einstellen eines sich auf die Oberflächenrauheit auswirkenden Vorschubbetrags in einem Bearbeitungsprogramm, erfordert einen Vorgang zum Berechnen des Vorschubbetrags, der es ermöglicht, dass das bearbeitete Werkstück eine gewünschte Oberflächenrauheit aufweist, und einen Vorgang zum Reflektieren des berechneten Vorschubbetrags im Bearbeitungsprogramm. Daher sind Zeit und Aufwand erforderlich, um diese Vorgänge auszuführen.

[0007] Die vorliegende Offenbarung wurde im Hinblick auf die oben genannten Nachteile verwirklicht, und ein Ziel der vorliegenden Offenbarung ist es, ein Verfahren bereitzustellen, mit dem eine gewünschte Oberflächenrauheit auch dann genau erreicht werden kann, wenn ein Schneidwerkzeug ausgetauscht wird oder sich die Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs nach Beginn der Bearbeitung ändert, mit dem die Lesbarkeit eines Bearbeitungsprogramms verbessert werden kann und mit dem der Zeit- und Arbeitsaufwand für die Erstellung eines Bearbeitungsprogramms reduziert werden kann.

Mittel zur Lösung der Probleme:

[0008] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf eine Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung für eine Werkzeugmaschine, die während ein Schneidwerkzeug und ein Werkstück sich relativ zueinander bewegen eine Bearbeitung durchführt, wobei die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung Folgendes umfasst: eine Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit, die derart ausgestaltet ist, um eine Soll-Oberflächenrauheit zu erfassen, welche für das zu bearbeitende Werkstück in einem Bearbeitungsprogramm festgelegt ist; eine Werkzeugoberflächenrauheits-Informationserfassungseinheit, die derart ausgestaltet ist, um Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen bezüglich einer Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs zu erfassen; und eine Vorschub-Steuereinheit, die derart ausgestaltet ist, um auf der Grundlage der Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen Vorschubinformationen bezüglich eines Vorschubbetrags pro relativer Drehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks zu bestimmen, so dass die Oberflächenrauheit des Werkstücks gleich der Soll-Oberflächenrauheit wird.

Auswirkungen der Erfindung:

[0009] Die vorliegende Offenbarung stellt ein Verfahren bereit, mit dem eine gewünschte Oberflächenrauheit selbst dann genau erreicht werden kann, wenn ein Schneidwerkzeug ausgetauscht wird oder sich die Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs nach Beginn der Bearbeitung verändert, mit dem die Lesbarkeit eines Bearbeitungsprogramms verbessert werden kann und mit dem der Zeit- und Arbeitsaufwand für die Erstellung

eines Bearbeitungsprogramms reduziert werden kann.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist ein Funktionsblockdiagramm einer Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform;

Fig. 2 ist ein schematisches Diagramm, welches ein Beispiel für das Bearbeiten zeigt, bei dem eine Soll-Oberflächenrauheit eingestellt ist;

Fig. 3 zeigt ein Beispiel für ein Bearbeitungsprogramm;

Fig. 4 zeigt ein Beispiel für eine Tabelle mit Informationen zur Werkzeugoberflächenrauheit;

Fig. 5 ist ein Funktionsblockdiagramm einer Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform;

Fig. 6 ist ein Diagramm zur Erläuterung des oszillierenden Bearbeitens;

Fig. 7 ist ein Funktionsblockdiagramm einer Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform;

Fig. 8 ist ein Funktionsblockdiagramm einer Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform;

Fig. 9 ist ein Funktionsblockdiagramm einer Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung gemäß einer fünften Ausführungsform; und

Fig. 10 ist ein Funktionsblockdiagramm einer Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung gemäß einer sechsten Ausführungsform.

Bevorzugte Ausführungsform der Erfindung

[0010] Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung werden nachstehend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen detailliert beschrieben. In den Beschreibungen der zweiten und nachfolgenden Ausführungsformen werden Komponenten, die mit der ersten Ausführungsform gemeinsam sind, mit denselben Bezugszeichen bezeichnet, und eine Beschreibung dieser wird gegebenenfalls weggelassen.

Erste Ausführungsform:

[0011] Die **Fig.** 1 ist ein Funktionsblockschaltbild einer Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1 gemäß einer ersten Ausführungsform. Die Steuereinrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform steuert eine Werkzeugmaschine, die eine Bearbeitung durchführt, während ein Schneidwerkzeug T und ein Werkstück sich relativ zueinander bewegen. Die Steuereinrichtung 1 betreibt mindestens eine Spindel, die das Schneidwerkzeug T und das Werkstück relativ zueinander dreht, und mindestens eine Vorschubwelle, die das Schneidwerkzeug T relativ zum Werkstück bewegt, wodurch das Werkzeug das Werkstück bearbeitet.

[0012] Zur Vereinfachung zeigt die **Fig.** 1 nur das Schneidwerkzeug T und einen Motor 3, der eine Vorschubwelle antreibt. Für die spanende Bearbeitung gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das Werkstück nicht auf eine bestimmte Form beschränkt. Insbesondere ist die spanende Bearbeitung gemäß der vorliegenden Ausführungsform in einem Fall anwendbar, in dem eine Vielzahl von Vorschubachsen (eine Z-Achse und eine X-Achse) erforderlich ist, um ein Werkstück mit einem konischen Abschnitt oder einem bogenförmigen Abschnitt auf einer zu bearbeitenden Oberfläche zu bearbeiten, und in einem Fall, in dem eine bestimmte einzelne Vorschubachse (eine Z-Achse) ausreicht, um ein Werkstück mit einer kreisförmigen Säulenform oder einer zylindrischen Form zu bearbeiten.

[0013] Wie in **Fig.** 1 dargestellt, umfasst die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform eine erste Speichereinheit 10, eine Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit 11, eine zweite Speichereinheit 20, eine Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12 und eine Vorschub-Steuereinheit 14. Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1 besteht beispielsweise aus einem Computer mit einem Speicher, wie einen Nur-Lese-Speicher (ROM) und einen Schreib-Lese-Speicher (RAM), einer zentralen Verarbeitungseinheit (CPU) und einer Kommunikationssteuereinheit, die über einen Bus miteinander verbunden sind. Die Funktionen und Operationen dieser Funktionseinheiten werden durch ein Zusammenwirken zwischen der CPU und den in den Computer integrierten Speichern sowie den in den Speichern gespeicherten Steuerprogrammen implementiert.

[0014] Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1 kann als eine numerische Steuervorrichtung (CNC) ausgebildet sein oder mit einem Host-Computer (nicht gezeigt) wie einer CNC, einer programmierbaren logischen Steuervorrichtung (PLC) oder dergleichen verbunden sein. Zusätzlich zu einem Bearbeitungsprogramm übergibt der Host-Computer weitere Bearbeitungsbedingungen, beispielsweis eine Geschwindigkeit und dergleichen, an die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1.

[0015] Die erste Speichereinheit 10 speichert darin das von der Werkzeugmaschine auszuführende Bearbeitungsprogramm. Das Bearbeitungsprogramm umfasst Bearbeitungsbedingungen und dergleichen für die Bearbeitung des Werkstücks. Die Bearbeitungsbedingungen für das Werkstück umfassen eine relative Rotationsgeschwindigkeit des Werkstücks und des Schneidwerkzeugs T um die

Mittelachse des Werkstücks, eine relative Vorschubgeschwindigkeit des Schneidwerkzeugs T und des Werkstücks, einen Positionierungsbefehl für die Vorschubwelle, eine Soll-Oberflächenrauheit und dergleichen.

[0016] Die Soll-Oberflächenrauheit ist ein Wert einer gewünschten Oberflächenrauheit, die für das zu bearbeitende Werkstück eingestellt wird. Die Oberflächenrauheit umfasst beispielsweise mindestens eines der folgenden Merkmale: eine arithmetische mittlere Rauheit, eine maximale Höhe, die ein Maximalwert eines Abstands zwischen einer Spitze und einem Tal ist, eine maximale Spitzenhöhe, welche ein Maximalwert einer Höhe von einer Mittellinie der Oberfläche ist, eine maximale Taltiefe, welche der absolute Wert eines Minimalwerts einer Höhe von der Mittellinie der Oberfläche ist, eine durchschnittliche Höhe, welche ein Durchschnittswert der Höhen von Konturkurvenelementen von Paaren aus jeweils benachbarten Spitzen und Tälern ist, eine maximale Querschnittshöhe, welche die Summe eines Maximalwerts einer Spitzenhöhe und eines Maximalwerts einer Taltiefe der Konturkurvenelemente ist, oder ein Belastungslängenverhältnis, welches ein Verhältnis einer Belastungslänge der Konturkurvenelemente bei einem vorbestimmten Schneidniveau (Höhe in % oder µm) zu einer Bewertungsreferenzlänge ist. Die vorstehenden Angaben sind repräsentative und nicht einschränkende Beispiele für Oberflächenrauheitsindikatoren, und es können andere Oberflächenrauheitsindikator verwendet werden.

[0017] Die Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit 11 erfasst aus dem Bearbeitungsprogramm die Soll-Oberflächenrauheit, welche eine zu erreichende Oberflächenrauheit ist. In der ersten Ausführungsform erfasst die Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit 11 die Soll-Oberflächenrauheit, die im Bearbeitungsprogramm eingestellt ist, über die erste Speichereinheit 10 und gibt die erfasste Soll-Oberflächenrauheit an die Vorschub-Steuereinheit 14 aus.

[0018] Die zweite Speichereinheit 20 speichert darin Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen bezüglich einer Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs T. Ein Beispiel für die Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen bezüglich der Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs T sind Informationen, welche die Form des Schneidwerkzeugs T spezifizieren (Informationen zur Werkzeugform). Diese Werkzeugforminformationen umfassen beispielsweise Informationen, die die Form der Schneidkante angeben, wie eine Nase R (mm), welche den Durchmesser der Schneidkante des Schneidwerkzeugs T angibt. Die zweite Speichereinheit 20 erfasst die Informationen, welche die Form des Schneidwerkzeugs T angeben, aus dem Bearbeitungsprogramm und speichert diese Informationen darin.

[0019] Die Werkzeugoberflächenrauheitsinformation bezüglich der Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs T kann beispielsweise eine Information (z.B. Tabellenwerte, ein relationaler Ausdruck oder dergleichen) sein, die eine Beziehung zwischen einer Vorschubgeschwindigkeit und einer Oberflächenrauheit angibt, die sich aus einer Bearbeitung mit dieser Vorschubgeschwindigkeit ergibt.

[0020] Die Werkzeugoberflächenrauheitsinformation bezüglich der Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs T kann eine Information selbst sein, die sich auf die Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs T bezieht, oder es kann sich um indirekte Information handeln, beispielsweise eine Werkzeugnummer, welche eine Werkzeugforminformation angibt. Im letzteren Fall kann ein Betriebsmodus verwendet werden, in dem die zweite Speichereinheit 20 darin Werkzeugnummern als indirekte Information und einen numerischen Wert einer Nase R (mm) entsprechend jeder Werkzeugnummer in einem Tabellenformat aufbewahrt, und das verwendete Schneidwerkzeug T wird durch ein Identifizieren der Werkzeugnummer im Bearbeitungsprogramm oder der Werkzeugnummer des angeschlossenen Schneidwerkzeugs T identifiziert.

[0021] Die zweite Speichereinheit 20 speichert weiterhin Informationen, welche die Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen bezüglich einer aktuellen Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs T angeben, die von dem mit dem Steuergerät 1 verbundenen Schneidwerkzeug T erfasst werden. Durch die Erfassung der Informationen, welche die Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen bezüglich der Oberflächenrauheit an dem Schneidwerkzeug T angeben, wird eine Änderung, die in den Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen bezüglich der Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs T nach einer Bearbeitung aufgrund von Austausch, Verschleiß oder dergleichen des Schneidwerkzeugs T auftritt, auch in der zweiten Speichereinheit 20 wiedergegeben. Die Information, die die Werkzeugoberflächenrauheitsinformation bezüglich der aktuellen Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs T angibt, welche an dem Schneidwerkzeug T erfasst wird, kann selbst eine Information sein, die sich auf die Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs T bezieht, oder eine indirekte Information sein, wie eine Werkzeugnummer oder dergleichen. Zum Ermitteln einer Änderung der Werkzeugoberflächenrauheitsinformation bezüglich der Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs T kann beispielsweise ein externes Signal, das anzeigt, dass ein Austausch durch ein neues Schneidwerkzeug T durchgeführt wurde, Informationen umfassen, welche die Werkzeugoberflächenrauheitsinformation bezüglich der Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs T spezifizieren. Das Ermitteln einer Änderung der Werkzeugoberflächenrauheitsinformation bezüglich der

Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs T kann beispielsweise durch Bildverarbeitung mittels einer Bildgebungsvorrichtung oder durch Messen der Form der Schneidkante unter Verwendung eines berührenden oder berührungslosen Sensors erfolgen.

[0022] Die Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12 erfasst von der zweiten Speichereinheit 20 die Informationen des Schneidwerkzeugs T hinsichtlich der Werkzeugoberflächenrauheit. Die Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12 kann in einem Betriebsmodus arbeiten, in dem sie die in der zweiten Speichereinheit 20 gespeicherten Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen erfasst, oder in einem Betriebsmodus, in dem sie die Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen unter denjenigen Informationen identifiziert, welche die Schneidwerkzeuge T spezifizieren und in der zweiten Speichereinheit 20 gespeichert sind. Die Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12 gibt die erfassten Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen an die Vorschub-Steuereinheit 14 aus.

[0023] Die Vorschub-Steuereinheit 14 bestimmt Vorschubinformationen bezüglich eines Vorschubbetrags pro relativer Drehung des Schneidwerkzeugs T und des Werkstücks und steuert den Antrieb des Motors 3. Die Vorschub-Steuereinheit 14 berechnet die Vorschubinformationen auf der Grundlage der von der Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit 11 eingegebenen Soll-Oberflächenrauheit und der von der Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12 eingegebenen Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen.

[0024] Die Vorschubinformation ist eine Information bezüglich eines Vorschubbetrags pro relativer Drehung des Schneidwerkzeugs T und des Werkstücks. Die Informationen bezüglich des Vorschubbetrags umfasst beispielsweise einen Vorschubbetrag F (mm/U) pro Drehung der Spindel. Die Information bezüglich des Vorschubbetrags kann eine Spindeldrehzahl (U/min) und einen Vorschubbetrag (mm/min) umfassen. Daher kann die Vorschub-Steuereinheit 14 sowohl den Motor der Vorschubwelle als auch den Motor der Spindel steuern.

[0025] Eine Eingabeeinheit 15 gibt Informationen zu der Bearbeitung ein, und zwar als Reaktion auf einen Bediener, der eine Eingabevorgang über ein Eingabemittel (nicht gezeigt), wie eine Tastatur oder ein Touchpanel, durchführt. Die von der Eingabeeinheit 15 eingegebenen Informationen bezüglich der Bearbeitung werden in der ersten Speichereinheit 10 oder dergleichen gespeichert oder über jede Einheit der Steuereinrichtung 1 eingegeben.

[0026] Eine Anzeigeeinheit 16 zeigt verschiedene Arten von Informationen hinsichtlich der Werkzeugmaschine, der Steuereinrichtung 1 und der Bearbeitung an.

[0027] Als Nächstes wird gemäß der ersten Ausführungsform ein Beispiel für ein vom Steuergerät 1 ausgeführtes Steuerungsverfahren beschrieben. Die **Fig.** 2 ist ein schematisches Diagramm, welches ein Beispiel für ein Schneidvorgang zeigt, bei dem eine Soll-Oberflächenrauheit eingestellt wird. In dem in **Fig.** 2 dargestellten Beispiel wird „Rz: 3,0“ als Soll-Rauheit im Voraus in einem Bearbeitungsprogramm eingestellt.

[0028] Die **Fig.** 3 zeigt ein Beispiel für das Bearbeitungsprogramm. In dem in **Fig.** 3 dargestellten Bearbeitungsprogramm ist der Block „S2000 M03“ eine Beschreibung, welche angibt, dass die Spindel vorwärts gedreht werden soll. Der Block „T05“ ist eine Beschreibung, die eine Werkzeugnummer angibt, welche als Information zur Angabe von Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen dient. Die Blöcke, die mit „G00“ oder „G01“ beginnen, wie z. B. „G00 Z40.0 X20.0“, sind Beschreibungen, die Verhaltensweisen wie Positionierung und lineare Interpolation sowie Koordinaten angeben. Unter diesen ist „Rz3.0“ im Block „G01 Z20.0 Rz3.0“ eine Beschreibung, welche die Soll-Oberflächenrauheit angibt. Wenn der auf dem Bearbeitungsprogramm basierende Vorgang gestartet wird, beginnt die Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit 11 der Steuereinrichtung 1 mit der Analyse des Blocks „G01 Z20.0 Rz3.0“, um dadurch die Soll-Oberflächenrauheit Rz zu erfassen, die 3,0 beträgt.

[0029] Die **Fig.** 4 zeigt ein Beispiel einer Tabelle mit Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen. Im Falle des in **Fig.** 4 dargestellten Beispiels werden zumindest die Werkzeugnummern T01 bis T06 und Informationen bezüglich der Nase R entsprechend jeder der Werkzeugnummern T01 bis T06 in einem Tabellenformat in der zweiten Speichereinheit 20 aufbewahrt. Die Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12 erfasst die Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen auf Grundlage einer im Bearbeitungsprogramm beschriebenen Werkzeugnummer und einer Tabelle, wie in **Fig.** 4 dargestellt. In diesem Beispiel werden die im Bearbeitungsprogramm enthaltene Werkzeugnummer „T05“ und die dazu gehörende Nase R 0,4 (mm) als Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen erfasst.

[0030] Es sollte beachtet werden, dass das Verfahren zum Erfassen der Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen nicht besonders eingeschränkt ist. Zum Beispiel kann die Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12 die Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen durch Bezugnahme auf eine Werkzeugnummer und eine in der

zweiten Speichereinheit 20 gespeicherte Tabelle erfassen oder die Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen, die im Voraus auf der Grundlage einer Werkzeugnummer und der Tabelle spezifiziert wurden, aus der zweiten Speichereinheit 20 erfassen.

[0031] Die Vorschub-Steuereinheit 14 bestimmt eine Vorschubrate auf der Grundlage der Soll-Oberflächenrauheit, die von der Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit 11 erfasst wird, und der Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen, die von der Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12 erfasst werden. In einem Fall, in dem eine maximale Tiefe Rz als Indikator für die Soll-Oberflächenrauheit definiert wird, berechnet die Vorschub-Steuereinheit 14 die Vorschubrate gemäß der folgenden Gleichung. In diesem Beispiel wird, wenn die Soll-Oberflächenrauheit h = 3,0 und die Nase R = 0,4 in die folgende Gleichung eingesetzt werden, der Vorschubbetrag mit F ≈ 0,098 (mm/U) angegeben.

$$h = \frac{f^2}{8RE} \times 1000(\mu m)$$ Ausdruck 1:

[0032] In diesem Ausdruck (1) gibt h die Soll-Oberflächenrauheit Rz (µm) an, f gibt einen Vorschubbetrag (mm/U) pro Umdrehung der Spindel an und RE gibt eine Nase R (mm) an, welche eine Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs T kennzeichnet.

[0033] Die Vorschub-Steuereinheit 14 steuert den Motor 3 mit einem Vorschubbetrag an, der auf der Soll-Oberflächenrauheit basiert, bis die Soll-Oberflächenrauheit im Bearbeitungsprogramm aktualisiert wird. Wenn die Soll-Oberflächenrauheit im Bearbeitungsprogramm aktualisiert wurde, dann wird der Motor 3 mit einem Vorschubbetrag gesteuert, der auf der aktualisierten neuen Soll-Oberflächenrauheit basiert.

[0034] Die Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12 überwacht den Zustand der Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs T. Zu diesem Zweck überwacht die Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12 beispielsweise, ob das Schneidwerkzeug T ausgetauscht wurde oder nicht. Wenn ein Austausch des Schneidwerkzeugs T erfasst wird, berechnet die Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12 die Vorschubinformationen auf der Grundlage der Oberflächenrauheitsinformationen hinsichtlich des Schneidwerkzeugs T nach dem Austausch und der Soll-Oberflächenrauheit neu.

[0035] Als weiteres Mittel zur Überwachung des Zustands der Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs T wird die Form der Schneide des Schneidwerkzeugs T überwacht. Bei Ermittlung einer Änderung der Form der Schneide des Schneidwerkzeugs T berechnet die Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12 den Vorschubbetrag auf der Grundlage von Informationen zur Werkzeugform, welche die Form der Schneide des Schneidwerkzeugs T nach der Änderung und die Soll-Oberflächenrauheit angeben, neu.

[0036] Die Steuereinrichtung 1 für eine Werkzeugmaschine gemäß der ersten Ausführungsform, die eine Bearbeitung durchführt, während sie ein Schneidwerkzeug T und ein Werkstück W relativ zueinander bewegt, weist die nachfolgenden Auswirkungen auf.

[0037] Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform umfasst: die Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit 11, die eine Soll-Oberflächenrauheit erfasst, welche für das zu bearbeitende Werkstück W in einem Bearbeitungsprogramm festgelegt ist; die Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12, welche Informationen über die Oberflächenrauheit des Werkzeugs in Bezug auf eine Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs T erfasst; und die Vorschub-Steuereinheit 14, welche auf der Grundlage der Werkzeugoberflächenrauheit Vorschubinformationen bezüglich eines Vorschubbetrags pro Umdrehung des Schneidwerkzeugs T und des Werkstücks W bestimmt, so dass eine Oberflächenrauheit des Werkstücks W der Soll-Oberflächenrauheit entspricht. Aufgrund dieser Funktion kann, da die Soll-Oberflächenrauheit im Bearbeitungsprogramm eingestellt wird, der Vorschubbetrag basierend auf der Soll-Oberflächenrauheit gesteuert werden, die Lesbarkeit des Bearbeitungsprogramms kann verbessert werden und die Zeit und der Aufwand für die Erstellung des Bearbeitungsprogramms können reduziert werden. Darüber hinaus kann, selbst wenn das Schneidwerkzeug T ausgetauscht wird oder die Form der Schneidkante (z.B. der Nase R) des Schneidwerkzeugs T nach Beginn der Bearbeitung sich verändert, die Information über den Vorschubbetrag basierend auf der Soll-Oberflächenrauheit und der Oberflächenrauheitsinformation bezüglich des Schneidwerkzeugs T neu berechnet werden, wodurch es möglich ist, eine gewünschte Oberflächenrauheit mit hoher Genauigkeit zu erreichen.

[0038] Nach dem Feststellen einer Änderung der Werkzeugoberflächenrauheitsinformation hinsichtlich des Schneidwerkzeugs T kann in der vorliegenden Ausführungsform die Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12 die Werkzeugoberflächenrauheitsinformation nach dieser Änderung ermitteln, und die Vorschub-Steuereinheit 14 bestimmt die Vorschubinformation neu, mit der die Werkzeugoberflächenrauheitsinformation nach der Änderung berücksichtigt wird. Diese Funktion ermöglicht es, den Austausch des Schneidwerk-

zeugs T und eine Änderung der Schneidkante des Schneidwerkzeugs T aufgrund von Verschleiß schnell in den Vorschubinformationen widerzuspiegeln.

[0039] In der vorliegenden Ausführungsform gibt die Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit 11 kontinuierlich die zuvor aus dem Bearbeitungsprogramm erfasste Soll-Oberflächenrauheit an die Vorschub-Steuereinheit 14 aus, bis die Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit 11 eine nächste Soll-Oberflächenrauheit aus dem Bearbeitungsprogramm erfasst. Aufgrund dieser Funktion dient der Befehl der Soll-Oberflächenrauheit als modale Information, wodurch die Erstellung des Bearbeitungsprogramms vereinfacht wird.

Zweite Ausführungsform:

[0040] Die **Fig.** 5 ist ein Funktionsblockdiagramm einer Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1A gemäß einer zweiten Ausführungsform. Die Steuereinrichtung 1A gemäß der zweiten Ausführungsform steuert eine Werkzeugmaschine, die ein oszillierenden Schneidvorgang durchführt, während ein Schneidwerkzeug T und ein Werkstück relativ oszillieren. Wie in **Fig.** 5 dargestellt, ist die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1A gemäß der zweiten Ausführungsform die gleiche wie die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform, mit der Ausnahme, dass die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1A ferner eine dritte Speichereinheit 30 und eine Oszillationsbedingungs-Erfassungseinheit 13 umfasst und eine Vorschub-Steuereinheit 14A die Steuerung auf eine andere Weise durchführt.

[0041] Die **Fig.** 6 ist ein Diagramm zur Erläuterung des oszillierenden Schneidvorgangs. In dem in **Fig.** 6 dargestellten Beispiel des oszillierenden Schneidvorgangs werden mindestens eine Spindel S, die das Schneidwerkzeug T und das Werkstück W relativ zueinander dreht, und mindestens eine Vorschubwelle, die das Schneidwerkzeug T relativ zum Werkstück W bewegt, betätigt, so dass eine spanende Bearbeitung durchgeführt wird, während das Schneidwerkzeug T und das Werkstück W relativ zueinander in einer Vorschubrichtung oszilliert werden, gleichzeitig mit der relativen Drehung des Schneidwerkzeugs T und des Werkstücks W. An diesem Zeitpunkt wird eine Einstellung an der Werkzeugbahn vorgenommen, die die Bahn des Schneidwerkzeugs T ist, so dass die aktuelle Bahn sich teilweise mit der vorherigen Bahn überlappt. Insbesondere wird die Schneidkante des Schneidwerkzeugs T zu einer Leerlaufbewegung veranlasst, während sie von der Oberfläche des Werkstücks W getrennt ist, was als Luftschneiden bezeichnet wird, wodurch Späne zerkleinert werden, da ein Teil, der in der vorherigen Bahn bearbeitet wurde, teilweise in der aktuellen Bahn enthalten ist.

[0042] Die dritte Speichereinheit 30 speichert darin eine Oszillationsbedingung zur Durchführung des oszillierenden Schneidvorgangs. Die Oszillationsbedingungen werden beispielsweise von einem Bearbeitungsprogramm übernommen. Die Oszillationsbedingungen umfassen Informationen bezüglich der Anzahl von Oszillationen pro relativer Drehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks W sowie Informationen bezüglich einer Oszillationsamplitude in Bezug auf einen Vorschubbetrag pro relativer Drehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks W. Ein Beispiel für die Informationen bezüglich der Anzahl von Oszillationen pro relativer Drehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks W ist ein Oszillationsfrequenz-Multiplikationsfaktor I (mal), der eine Oszillationsfrequenz pro Drehung der Spindel angibt. Ein Beispiel für die Information bezüglich der Oszillationsamplitude in Bezug auf den Vorschubbetrag pro relativer Drehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks W ist ein Oszillationsamplituden-Multiplikationsfaktor K (mal), der die Größe einer Schwingungsamplitude in Bezug auf die Größe eines Vorschubbetrags pro Spindelumdrehung angibt. Der Oszillationsfrequenz-Multiplikationsfaktor I (mal) kann direkt angegeben werden oder aus einer zuvor angegebenen Oszillationsfrequenz (Hz) und einer Spindeldrehzahl S (1/min) berechnet werden. Ebenso kann der Oszillationsamplituden-Multiplikationsfaktor K (mal) direkt angegeben werden oder aus einer zuvor angegebenen Oszillationsamplitude (mm), einer Vorschubgeschwindigkeit (mm/min) und einer Spindeldrehzahl S (1/min) berechnet werden.

[0043] Die Oszillationsbedingungs-Erfassungseinheit 13 erfasst die Oszillationsbedingungen und überträgt die Oszillationsbedingungen an die Vorschub-Steuereinheit 14A. Die Oszillationsbedingungs-Erfassungseinheit 13 erfasst die Oszillationsbedingung aus der dritten Speichereinheit 30. Die Oszillationsbedingungs-Erfassungseinheit 13 kann eine Oszillationsbedingung erfassen, die durch ein externes Signal oder dergleichen bestimmt wird. Die Oszillationsbedingungs-Erfassungseinheit 13 überträgt die erfassten Oszillationsbedingungen an die Vorschub-Steuereinheit 14A.

[0044] Die Vorschub-Steuereinheit 14A der zweiten Ausführungsform berechnet Informationen über den Vorschubbetrag auf der Grundlage einer Soll-Oberflächenrauheit, die von der Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit 11 übertragen wird, von Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen, die von der Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12 übertragen werden, und von der Oszillationsbedingung, die von der Oszillationsbedingungs-Erfassungseinheit 13 übertragen wird.

Der Motor 3 wird auf der Grundlage der von der Vorschub-Steuereinheit 14A berechneten Informationen über den Vorschubbetrag gesteuert, wodurch ein oszillierender Schneidvorgang ausgeführt wird.

[0045] Wenn die Oszillationsbedingung im Bearbeitungsprogramm aktualisiert wird, wird die aktualisierte Oszillationsbedingung in der dritten Speichereinheit 30 gespeichert. Die Oszillationsbedingungs-Erfassungseinheit 13 überwacht, ob sich die Oszillationsbedingungen geändert haben oder nicht. Die Oszillationsbedingungen ändern sich beispielsweise, wenn die Oszillationsbedingungen im Bearbeitungsprogramm geändert werden oder ein externes Signal eine Änderung der Oszillationsbedingungen verursacht. Wenn die Vorschub-Steuereinheit 14A eine Änderung der Oszillationsbedingungen ermittelt, berechnet sie die Informationen über den Vorschubbetrag auf der Grundlage der Oszillationsbedingungen nach der Änderung, der Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen sowie der Soll-Oberflächenrauheit neu.

[0046] Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1A gemäß der zweiten Ausführungsform weist die nachfolgenden Auswirkungen auf.

[0047] Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1A gemäß der vorliegenden Ausführungsform umfasst zusätzlich zu der Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit 11 und der Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12 die Oszillationsbedingungs-Erfassungseinheit 13, die eine Oszillationsbedingung für den oszillierenden Schneidvorgang erfasst, bei dem das Schneidwerkzeug T und das Werkstück W relativ zueinander oszilliert werden, und die Vorschub-Steuereinheit 14A bestimmt die Vorschubinformation auf der Grundlage der Werkzeugoberflächenrauheitsinformation und der Oszillationsbedingungen, so dass eine Oberflächenrauheit des Werkstücks W gleich der Soll-Oberflächenrauheit wird. Aufgrund dieser Eigenschaft wird zusätzlich zu den Auswirkungen des Steuergeräts 1 der ersten Ausführungsform der folgende Effekt erzielt. Selbst wenn die Oszillationsbedingungen nach Beginn der Bearbeitung geändert werden, wird der Vorschubbetrag nicht nur auf der Grundlage der Soll-Oberflächenrauheit und der Werkzeugoberflächenrauheitsinformation bezüglich der Schneidkante des Schneidwerkzeugs T, sondern auch auf Grundlage der Oszillationsbedingungen nach der Änderung neu berechnet, wodurch es möglich wird, mit Genauigkeit eine gewünschte Oberflächenrauheit auch beim Oszillationsschneiden zu erreichen. Darüber hinaus ist es möglich, den Zeit- und Arbeitsaufwand für die Bestimmung einer Vorschubgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der Oszillationsbedingungen zu reduzieren.

[0048] Wenn eine Änderung der Oszillationsbedingungen ermittelt wird, erfasst die Oszillationsbedingungs-Erfassungseinheit 13 der vorliegenden Ausführungsform die Oszillationsbedingungen nach der Änderung, und die Vorschub-Steuereinheit 14A bestimmt die Vorschubinformationen neu, in denen die Oszillationsbedingungen nach der Änderung wiedergegeben wird. Diese Funktion ermöglicht es, eine Änderung, die nach Beginn der Bearbeitung in den Oszillationsbedingungen aufgetreten ist, schnell in den Vorschubinformationen wiederzugeben.

Dritte Ausführungsform:

[0049] Die **Fig.** 7 ist ein Funktionsblockdiagramm einer Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1B gemäß einer dritten Ausführungsform. Die Steuereinrichtung 1B gemäß der dritten Ausführungsform steuert eine Werkzeugmaschine, die ein Schneidvorgang durchführt, während sie ein Schneidwerkzeug T und ein Werkstück relativ bewegt. Wie in **Fig.** 7 dargestellt, ist die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1B gemäß der dritten Ausführungsform die gleiche wie die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform, mit der Ausnahme, dass die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1B weiter eine Erfassungseinheit für festgelegten Vorschubbetrag 17 umfasst, und dass eine Vorschub-Steuereinheit 14B die Steuerung auf eine andere Weise durchführt.

[0050] Die Erfassungseinheit für festgelegten Vorschubbetrag 17 erfasst Informationen über einen festgelegten Vorschubbetrag, welche die Festlegung einer Information über einen Vorschubbetrag pro relativer Drehung eines Schneidwerkzeugs T und eines Werkstücks W angibt. Die Information über den festgelegten Vorschubbetrag sind ein numerischer Wert, der im Voraus eingestellt und in derselben Einheit wie die Vorschubinformationen ausgedrückt wird. Die Information über den festgelegten Vorschubbetrag werden in einem Bearbeitungsprogramm beschrieben oder von der Eingabeeinheit 15 eingegeben und dann eingestellt.

[0051] Zum Beispiel erfasst die Erfassungseinheit für festgelegten Vorschubbetrag 17 in einem Fall, in dem die Information für den festgelegten Vorschubbetrag in dem Bearbeitungsprogramm in der ersten Speichereinheit 10 beschrieben ist, den festgelegten Vorschubbetrag. Nach dem Erfassen der Information für den festgelegten Vorschubbetrag gibt die Erfassungseinheit für festgelegten Vorschubbetrag 17 die Information für den festgelegten Vorschubbetrag an die Vorschub-Steuereinheit 14B aus.

[0052] Im Fall eines Erfassens der Informationen über den festgelegten Vorschubbetrag von der Erfassungseinheit für festgelegten Vorschubbetrag 17 gibt die Vorschub-Steuereinheit 14B gemäß der dritten

Ausführungsform den Informationen über den festgelegten Vorschubbetrag den Vorrang und nicht den Informationen über den Vorschubbetrag, die auf Grundlage einer Soll-Oberflächenrauheit und von Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen berechnet werden. Dementsprechend wird der Motor 3 auf der Grundlage der Informationen über den festgelegten Vorschubbetrag gesteuert.

[0053] Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1B gemäß der dritten Ausführungsform weist die nachfolgenden Auswirkungen auf.

[0054] Bei der Erfassung der festgelegten Vorschubinformationen, welche die Festlegung von Informationen bezüglich eines Vorschubbetrags pro relativer Drehung des Schneidwerkzeugs T und des Werkstücks W anzeigen, steuert die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1B gemäß der vorliegenden Ausführungsform einen Vorschubbetrag pro relativer Drehung des Schneidwerkzeugs T und des Werkstücks W auf der Grundlage der festgelegten Vorschubinformationen. Diese Funktion ermöglicht es, flexibel auf einen Fall zu reagieren, in dem es besser ist, einen Vorschubbetrag festzulegen, beispielsweise in einem Fall, in dem ein bearbeitungsfreier Bereich vorliegt.

[0055] Die Erfassungseinheit für festgelegten Vorschubbetrag 17 der dritten Ausführungsform kann der Ausgestaltung der zweiten Ausführungsform hinzugefügt werden, in der ein oszillierender Schneidvorgang durchgeführt wird. In diesem Fall steuert die Vorschub-Steuereinheit 14B bei der Erfassung der Informationen über den festgelegten Vorschubbetrag den Motor 3, wobei den Informationen über den festgelegten Vorschubbetrag Vorrang eingeräumt wird.

Vierte Ausführungsform:

[0056] **Fig.** 8 ist ein Funktionsblockschaltbild einer Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1C gemäß einer vierten Ausführungsform. Wie in **Fig.** 8 dargestellt, ist die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1C gemäß der vierten Ausführungsform die gleiche wie die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform, mit der Ausnahme, dass die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1C weiter eine Abweichungskompensationswert-Erfassungseinheit 18 umfasst und eine Vorschub-Steuereinheit 14C die Steuerung auf eine andere Weise durchführt.

[0057] Die Abweichungskompensationswert-Erfassungseinheit 18 erfasst einen Abweichungskompensationswert zum Kompensieren einer Abweichung zwischen theoretischen und gemessenen Werten der Oberflächenrauheit. Der Abweichungskompensationswert wird beispielsweise auf Grundlage einer Bearbeitungsbedingung berechnet, die von der ersten Speichereinheit 10 erfasst wird. Die Bearbeitungsbedingung wird beispielsweise auf der Grundlage einer Bearbeitungsbedingung berechnet, die mindestens eines der folgenden Merkmale umfasst: das Material der Schneidkante eines Schneidwerkzeugs, die Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs, ein Material eines Werkstücks W, eine Schnittgeschwindigkeit, eine Schnitttiefe oder einen Schnittwinkel. Der Abweichungskompensationswert kann bei Bedarf auf der Grundlage eines Parameters einer Maschine berechnet werden. Die Abweichungskompensationswert-Erfassungseinheit 18 übergibt den erfassten Abweichungskompensationswert an die Vorschub-Steuereinheit 14C.

[0058] Die Vorschub-Steuereinheit 14C der vierten Ausführungsform berechnet die Vorschubinformation auf der Grundlage einer Soll-Oberflächenrauheit, die von der Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit 11 eingegeben wird, einer Werkzeugoberflächenrauheitsinformation, die von der Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12 eingegeben wird, und des Abweichungskompensationswerts, der von der Abweichungskompensationswert-Erfassungseinheit 18 erfasst wird. Der Motor 3 wird auf der Grundlage der von der Vorschub-Steuereinheit 14C berechneten Informationen über den Vorschubbetrag gesteuert, wodurch eine spanende Bearbeitung durchgeführt wird.

[0059] Die Abweichungskompensationswert-Erfassungseinheit 18 kann ein maschinenbasiertes Lernen wie beispielsweise ein überwachtes Lernen verwenden. Zum Beispiels kann eine Ausgestaltung vorgesehen sein, bei der ein Lernmodell unter Verwendung einer großen Anzahl von Datensätzen erstellt wird, die jeweils eine Bearbeitungsbedingung und Vorschubinformationen bezüglich eines Vorschubbetrags als Eingabe und eine tatsächliche Oberflächenrauheit als Ausgabe umfassen, um so ein Abweichungskompensationswert auf der Grundlage einer Oberflächenrauheit zu bestimmen, welcher ein Ausgabeergebnis des Lernmodells ist.

[0060] Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1C gemäß der vierten Ausführungsform weist die nachfolgenden Auswirkungen auf.

[0061] Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1C gemäß der vorliegenden Ausführungsform umfasst weiter die Abweichungskompensationswert-Erfassungseinheit 18, die einen Abweichungskompensationswert zum Kompensieren einer Abweichung zwischen einem theoretischen Wert der Oberflächenrauheit und einem Messwert einer tatsächlichen Oberflächenrauheit des Werkstücks W erfasst, und die Vorschub-Steuereinheit 14C bestimmt die Information über den Vorschubbetrag

unter Berücksichtigung des Abweichungskompensationswerts. Aufgrund dieser Funktion wird die Information über den Vorschubbetrag unter Berücksichtigung der Abweichung zwischen den theoretischen und tatsächlichen Werten der Oberflächenrauheit bestimmt, wodurch es möglich ist, eine gewünschte Oberflächenrauheit durch eine Bearbeitung mit höherer Genauigkeit zu erreichen.

[0062] Die Abweichungskompensationswert-Erfassungseinheit 18 der vierten Ausführungsform kann der Ausgestaltung der zweiten Ausführungsform hinzugefügt werden, bei der ein oszillierender Schneidvorgang durchgeführt wird. In diesem Fall bestimmt die Abweichungskompensationswert-Erfassungseinheit 18 vorzugsweise die Information über den Vorschubbetrag unter Berücksichtigung einer Oszillationsbedingung zusätzlich zu den Bearbeitungsbedingungen. Im Falle der Kombination von maschinenbasiertem Lernen ist es vorzuziehen, die Oszillationsbedingung der Eingabe jedes Datensatzes hinzuzufügen.

Fünfte Ausführungsform:

[0063] Die **Fig.** 9 ist ein Funktionsblockdiagramm einer Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1D gemäß einer fünften Ausführungsform. Wie in **Fig.** 9 dargestellt, ist die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1D gemäß der fünften Ausführungsform die gleiche wie die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform, mit der Ausnahme, dass die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1D weiter eine Oberflächenrauheits-Korrekturwert-Erfassungseinheit 21 und eine Oberflächenrauheits-Bestimmungseinheit 22 umfasst und eine Vorschub-Steuereinheit 14D die Steuerung auf eine andere Weise durchführt.

[0064] Die Oberflächenrauheits-Korrekturwert-Erfassungseinheit 21 erfasst einen Oberflächenrauheits-Korrekturwert zum Korrigieren einer Soll-Oberflächenrauheit. Die Oberflächenrauheits-Korrekturwert-Erfassungseinheit 21 erfasst beispielsweise einen Multiplikationsfaktor (Korrekturkoeffizienten), der von einem Bediener bestimmt wird, der ein Eingabemittel wie eine Wählscheibe der Eingabeeinheit 15 bedient oder einen externen Computer bedient. Eine Soll-Oberflächenrauheit ist als Referenz mit einem Wert von 100 % definiert, und der Bediener kann eine Oberflächenrauheit anpassen, indem er den Wert der Soll-Oberflächenrauheit auf 90 %, 110 % oder dergleichen ändert.

[0065] Die Oberflächenrauheits-Bestimmungseinheit 22 verwendet den von der Oberflächenrauheits-Korrekturwert-Erfassungseinheit 21 eingegebenen Oberflächenrauheits-Korrekturwert, um die von der Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit 11 eingegebene Soll-Oberflächenrauheit zu korrigieren, und gibt die korrigierte Soll-Oberflächenrauheit an die Vorschub-Steuereinheit 14D aus.

[0066] Die Vorschub-Steuereinheit 14D der fünften Ausführungsform berechnet die Information für den Vorschubbetrag auf der Grundlage der korrigierten Soll-Oberflächenrauheit, die von der Oberflächenrauheits-Bestimmungseinheit 22 eingegeben wird, und der Werkzeugoberflächenrauheitsinformation, die von der Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit 12 eingegeben wird. Der Motor 3 wird auf der Grundlage der von der Vorschub-Steuereinheit 14D berechneten Informationen für den Vorschubbetrag gesteuert, woauf eine spanende Bearbeitung durchgeführt wird.

[0067] Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1D gemäß der fünften Ausführungsform weist die nachfolgenden Auswirkungen auf.

[0068] Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1D gemäß der vorliegenden Ausführungsform umfasst weiter: die Oberflächenrauheits-Korrekturwert-Erfassungseinheit 21, die einen Oberflächenrauheits-Korrekturwert zum Korrigieren der Soll-Oberflächenrauheit erfasst; und die Oberflächenrauheits-Bestimmungseinheit 22, die eine Oberflächenrauheit basierend auf der Soll-Oberflächenrauheit, die durch die Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit 11 erfasst wird, und dem Oberflächenrauheits-Korrekturwert, der durch die Oberflächenrauheits-Korrekturwert-Erfassungseinheit 21 erfasst wird, bestimmt, wobei die Vorschub-Steuereinheit 14D den Vorschubbetrag so bestimmt, dass die durch die Oberflächenrauheits-Bestimmungseinheit 22 vorbestimmte Oberflächenrauheit erreicht wird. Diese Funktion ermöglicht es dem Bediener, die Genauigkeit der Oberflächenrauheit einer bearbeiteten Oberfläche anzupassen, ohne das Bearbeitungsprogramm ändern zu müssen.

[0069] Die Oberflächenrauheits-Korrekturwert-Erfassungseinheit 21 und die Oberflächenrauheits-Bestimmungseinheit 22 der fünften Ausführungsform können der Konfigurationen der anderen Ausführungsformen, wie der zweiten Ausführungsform, hinzugefügt werden, bei der ein oszillierender Schneidvorgang durchgeführt wird.

Sechste Ausführungsform:

[0070] Die **Fig.** 10 ist ein Funktionsblockdiagramm einer Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1E gemäß einer sechsten Ausführungsform. Wie in **Fig.** 10 dargestellt, ist eine Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1E gemäß der sechsten Ausführungsform die gleiche wie die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform, mit der Ausnahme, dass die Werkzeugmaschi-

nen-Steuereinrichtung 1E weiter eine Ausgabe-Verarbeitungseinheit 23 umfasst.

[0071] Die Ausgabe-Verarbeitungseinheit 23 führt eine Anzeigeverarbeitung zur Ausgabe von Informationen über den Vorschubbetrag, die von der Vorschub-Steuereinheit 14 bestimmt werden, an die Anzeigeeinheit 16 aus. Die Anzeigeeinheit 16 zeigt auf einem Bildschirm die Informationen über den Vorschubbetrag an, die der Anzeigeverarbeitung durch die Ausgabe-Verarbeitungseinheit 23 unterzogen wurden. Zum Beispiel zeigt die Anzeigeeinheit 16 einen Vorschubbetrag F (mm/U) pro Umdrehung einer Spindel, eine Spindelumdrehungszahl (U/min), einen Vorschubbetrag (mm/min) und dergleichen als Vorschubinformation auf dem Bildschirm an.

[0072] Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1E gemäß der sechsten Ausführungsform weist die nachfolgenden Auswirkungen auf.

[0073] Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung 1E gemäß der vorliegenden Ausführungsform umfasst weiter die Ausgabe-Verarbeitungseinheit 23, welche die von der Vorschub-Steuereinheit 14 ermittelten Informationen über den Vorschubbetrag an die Anzeigeeinheit 16 ausgibt. Diese Funktion ermöglicht es dem Bediener, die von der Anzeigeeinheit 16 auf dem Bildschirm oder dergleichen angezeigten Informationen über den Vorschubbetrag zu überprüfen, wodurch der Bediener leicht die Sicherheit und einen Produktionsplan überprüfen kann.

[0074] Die Ausgabe-Verarbeitungseinheit 23 der sechsten Ausführungsform kann der Ausgestaltung anderer Ausführungsformen wie der zweiten Ausführungsform hinzugefügt werden, bei der ein oszillierender Schneidvorgang durchgeführt wird.

[0075] Es ist zu beachten, dass die vorliegende Offenbarung nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen beschränkt ist und Modifikationen und Verbesserungen innerhalb eines Bereichs, in dem der Gegenstand der vorliegenden Offenbarung erreicht werden kann, in der vorliegenden Offenbarung enthalten sind.

Erläuterung der Bezugszeichen

1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E	Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung
11	Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit
12	Werkzeugoberflächenrauheitsinformations-Erfassungseinheit
13	Oszillationsbedingungs-Erfassungseinheit
14, 14A, 14B, 14C, 14D	Vorschub-Steuereinheit
16	Anzeigeeinheit
17	Erfassungseinheit für festgelegten Vorschubbetrag
18	Abweichungskompensationswert-Erfassungseinheit
21	Oberflächenrauheits-Korrekturwert-Erfassungseinheit
22	Oberflächenrauheits-Bestimmungseinheit
23	Ausgabe-Verarbeitungseinheit

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 2003-323204 [0002]
- JP 2018-094690 [0002]

Patentansprüche

1. Eine Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung für eine Werkzeugmaschine, die eine spannende Bearbeitung ausführt, während sie ein Schneidwerkzeug und ein Werkstück relativ zueinander bewegt, wobei die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung umfasst:
eine Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit, die derart ausgestaltet ist, um eine Soll-Oberflächenrauheit zu erfassen, die für das zu bearbeitende Werkstück aus einem Bearbeitungsprogramm vorgegeben ist;
eine Werkzeugoberflächenrauheits-Informationserfassungseinheit, die derart ausgestaltet ist, um Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen bezüglich einer Oberflächenrauheit des Schneidwerkzeugs zu erfassen; und
eine Vorschub-Steuereinheit, die derart ausgestaltet ist, um auf der Grundlage der Informationen über die Oberflächenrauheit des Werkzeugs eine Information über den Vorschubbetrag bezüglich eines Vorschubbetrags pro relativer Drehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks zu bestimmen, so dass eine Oberflächenrauheit des Werkstücks gleich der Soll-Oberflächenrauheit ist.

2. Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung nach Anspruch 1, weiter umfassend:
eine Oszillationsbedingungs-Erfassungseinheit, die derart ausgestaltet ist, um eine Oszillationsbedingung für oszillierenden Schneidvorgang zu erfassen, bei dem das Schneidwerkzeug und das Werkstück relativ zueinander oszillieren, wobei
die Vorschub-Steuereinheit die Information über den Vorschubbetrag auf Grundlage der Information über die Oberflächenrauheit des Werkzeugs und der Oszillationsbedingung derart bestimmt, damit die Oberflächenrauheit des Werkstücks gleich der Soll-Oberflächenrauheit ist.

3. Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung nach Anspruch 2, wobei
die Oszillationsbedingungs-Erfassungseinheit die Oszillationsbedingungen nach einer Änderung erfasst, wenn eine Änderung der Oszillationsbedingungen festgestellt wird, und
die Vorschub-Steuereinheit die Vorschubinformationen neu bestimmt, in denen die Oszillationsbedingungen nach der Änderung berücksichtigt sind.

4. Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei
die Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen-Erfassungseinheit die Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen nach einer Änderung erfasst, wenn eine Änderung der Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen bezüglich des Schneidwerkzeugs festgestellt wird, und
die Vorschub-Steuereinheit die Vorschubinformationen neu bestimmt, in denen die Werkzeugoberflächenrauheitsinformationen nach der Änderung berücksichtigt sind.

5. Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit den zuvor aus dem Bearbeitungsprogramm erfassten Sollwert für die Oberflächenrauheit kontinuierlich an die Vorschub-Steuereinheit ausgibt, bis die Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit einen nächsten Sollwert für die Oberflächenrauheit aus dem Bearbeitungsprogramm erfasst.

6. Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Vorschub-Steuereinheit den Vorschubbetrag pro relativer Drehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks auf der Grundlage einer vorbestimmten Vorschubinformation steuert, wenn die vorbestimmte Vorschubinformation ermittelt, welche eine Bestimmung von Information bezüglich eines Vorschubbetrags pro relativer Drehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks erfasst wird.

7. Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, weiter umfassend:
eine Abweichungskompensationswert-Erfassungseinheit, die derart ausgestaltet ist, um einen Abweichungskompensationswert zum Ausgleichen einer Abweichung zwischen einem theoretischen Oberflächenrauheitswert und einem tatsächlichen Oberflächenrauheitswert des Werkstücks zu erfassen, wobei
die Vorschub-Steuereinheit die Vorschubinformationen unter Berücksichtigung des Abweichungskompensationswerts bestimmt.

8. Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, weiter umfassend:
eine Oberflächenrauheits-Korrekturwert-Erfassungseinheit, die derart ausgestaltet ist, um einen Oberflächenrauheits-Korrekturwert zum Korrigieren der Soll-Oberflächenrauheit zu erfassen; und
eine Oberflächenrauheits-Bestimmungseinheit, die derart ausgestaltet ist, um eine Oberflächenrauheit auf der Grundlage der Soll-Oberflächenrauheit, die durch die Oberflächenrauheit-Erfassungseinheit erfasst wird, und des Oberflächenrauheits-Korrekturwerts, der durch die Oberflächenrauheits-Korrekturwert-Erfassungseinheit erfasst wird, zu bestimmen, wobei
die Vorschub-Steuereinheit die Informationen über den Vorschubbetrag derart bestimmt, dass die von der Oberflächenrauheits-Bestimmungseinheit vorbestimmte Oberflächenrauheit erreicht wird.

9. Die Werkzeugmaschinen-Steuereinrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, weiter umfassend:
eine Ausgabe-Verarbeitungseinheit, die derart ausgestaltet ist, um die von der Vorschub-Steuereinheit vorbestimmten Informationen über den Vorschubbetrag an eine Anzeigeeinheit auszugeben.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

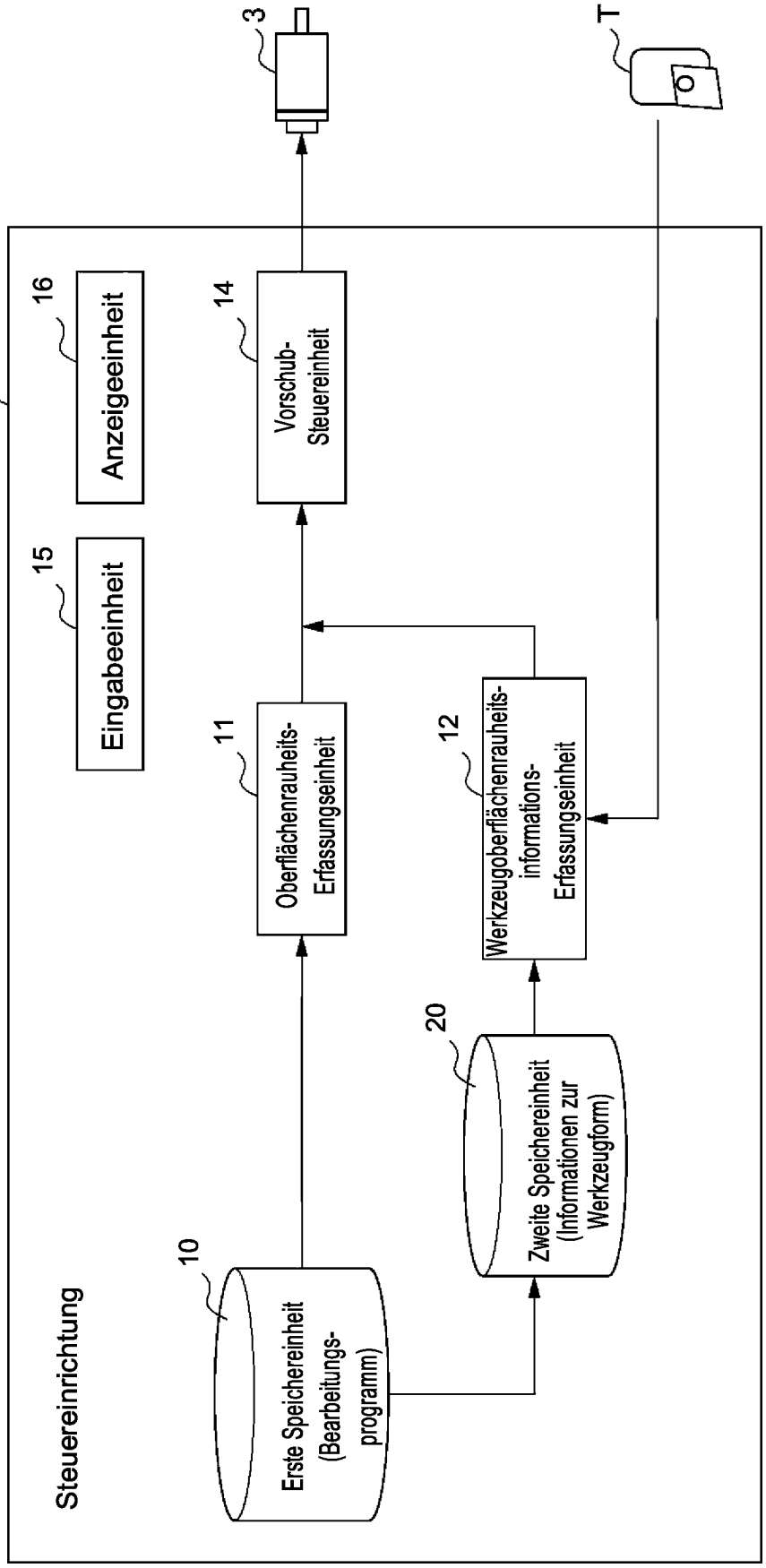


FIG. 2

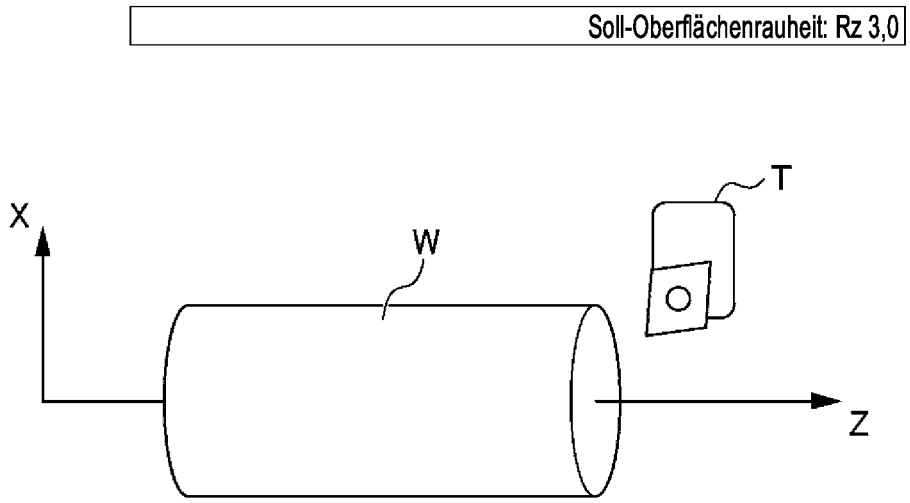

Soll-Oberflächenrauheit: Rz 3,0
T
X
W
Z

FIG. 3

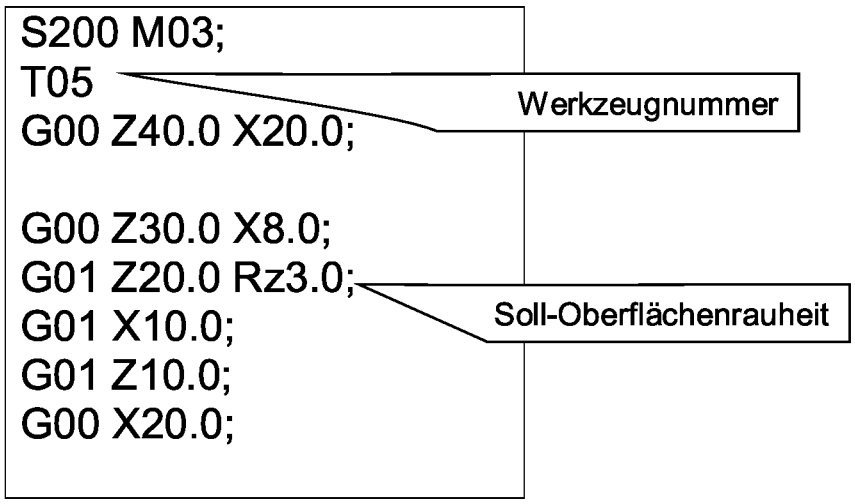

S200 M03;
T05
G00 Z40.0 X20.0;
G00 Z30.0 X8.0;
G01 Z20.0 Rz3.0;
G01 X10.0;
G01 Z10.0;
G00 X20.0;
Werkzeugnummer
Soll-Oberflächenrauheit

FIG. 4

Werkzeugnummer			Nase R[mm]	
T01	~	~	~	~
T02	~	~	~	~
T03	~	~	~	~
T04	~	~	~	~
T05	~	~	0,4	~
T06	~	~	~	~

FIG. 5

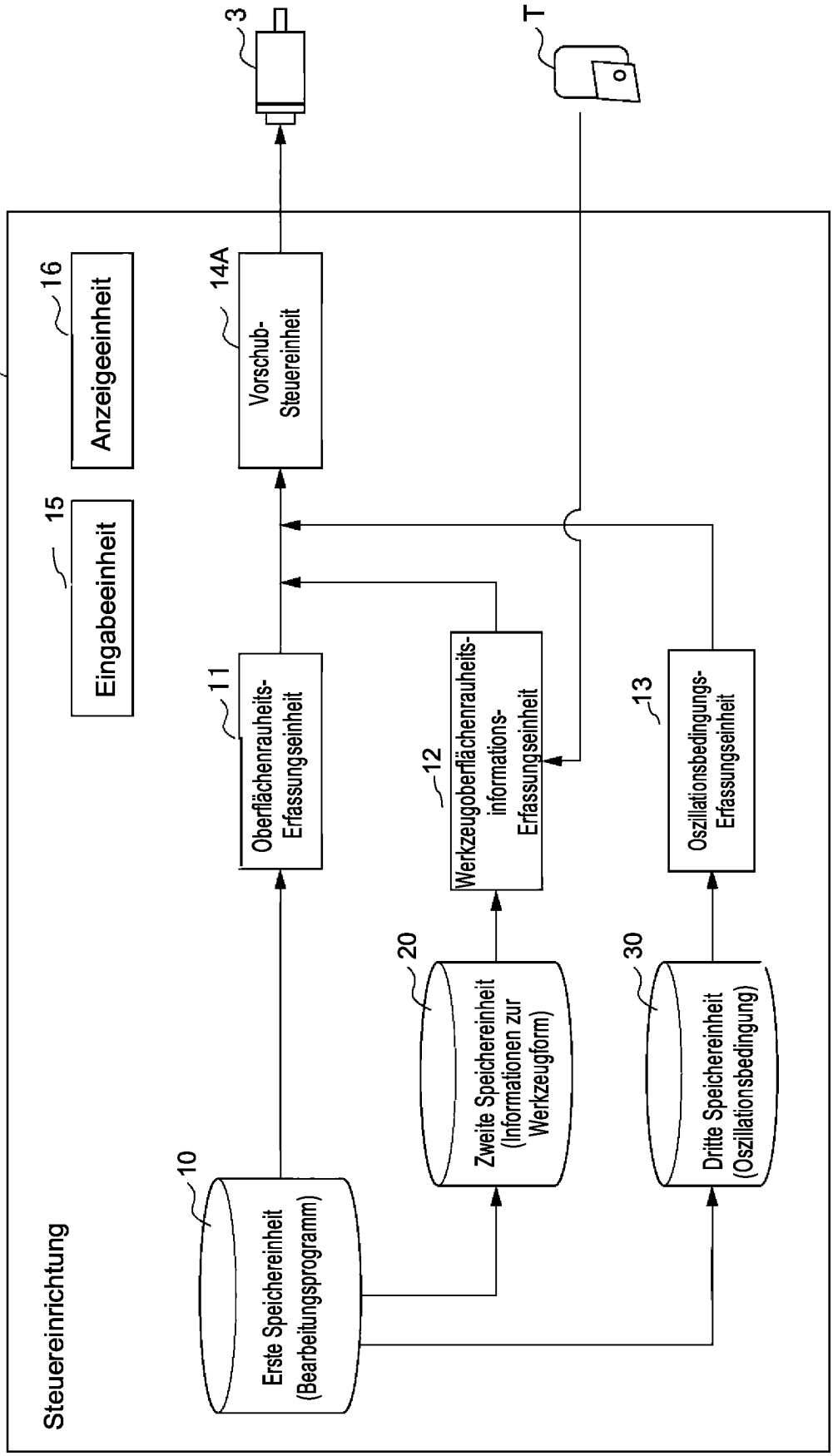

3
T
1A
16
Anzeigeeinheit
14A
Vorschub-
Steuereinheit
15
Eingabeeinheit
11
Oberflächenrauheits-
Erfassungseinheit
12
Werkzeugoberflächenrauheits-
informations-
Erfassungseinheit
13
Oszillationsbedingungs-
Erfassungseinheit
Steuereinrichtung
10
Erste Speichereinheit
(Bearbeitungsprogramm)
20
Zweite Speichereinheit
(Informationen zur
Werkzeugform)
30
Dritte Speichereinheit
(Oszillationsbedingung)

FIG. 6

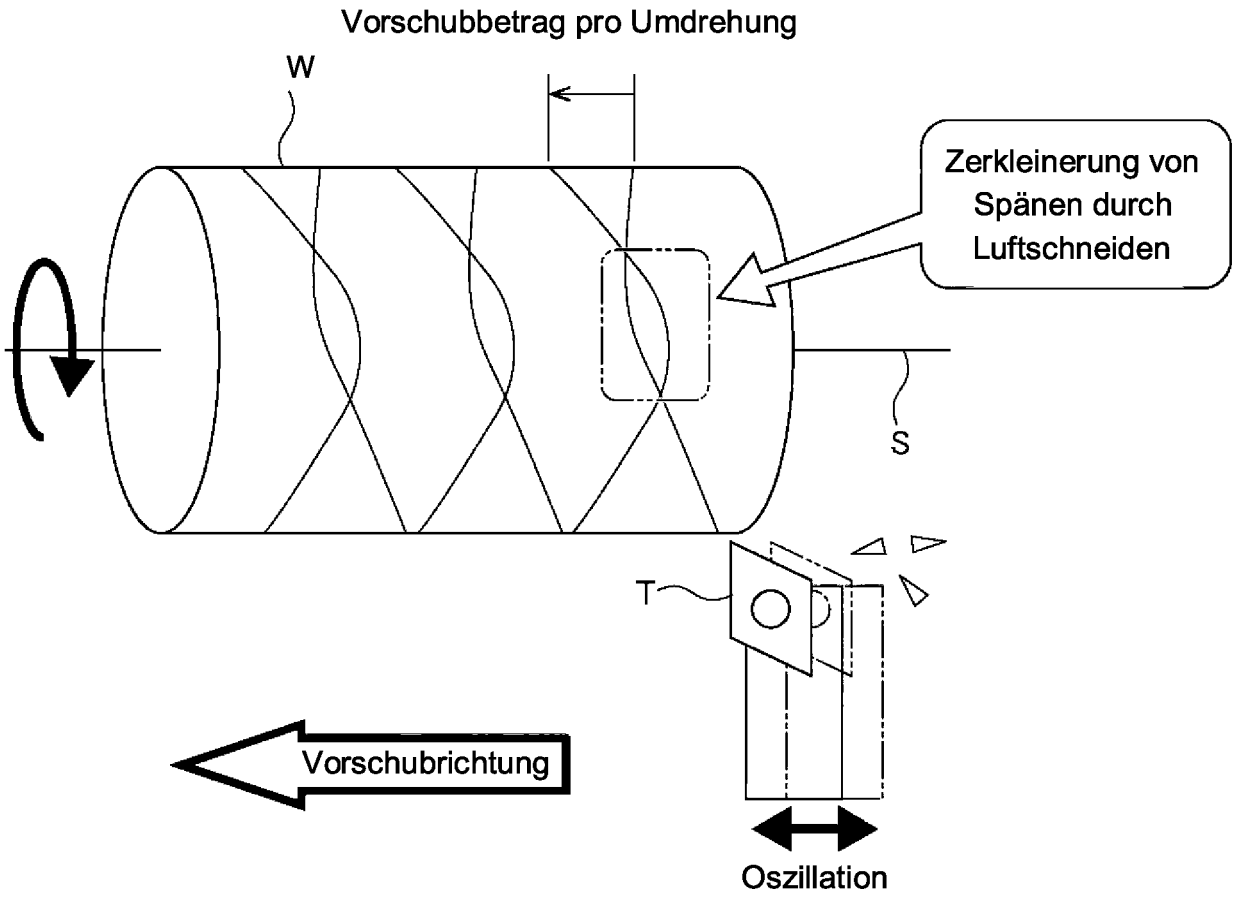

Vorschubbetrag pro Umdrehung
W
Zerkleinerung von Spänen durch Luftschneiden
S
T
Vorschubrichtung
Oszillation

FIG. 7

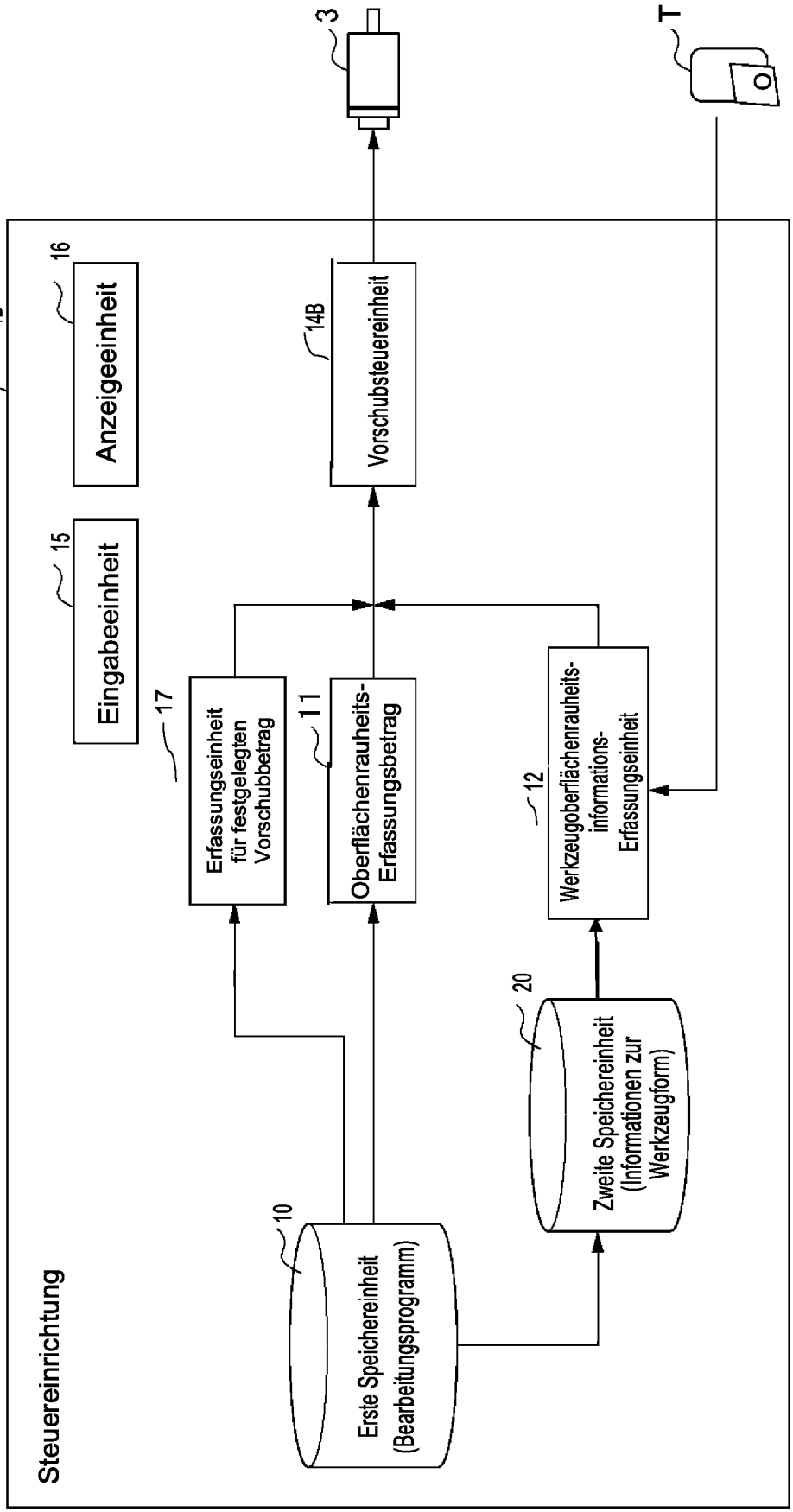

3
T
1B
16
Anzeigeeinheit
14B
Vorschubsteuereinheit
15
Eingabeeinheit
17
Erfassungseinheit für festgelegten Vorschubbetrag
11
Oberflächenrauheits-Erfassungsbetrag
12
Werkzeugoberflächenrauheits-informations-Erfassungseinheit
20
Zweite Speichereinheit (Informationen zur Werkzeugform)
10
Erste Speichereinheit (Bearbeitungsprogramm)
Steuereinrichtung

FIG. 8

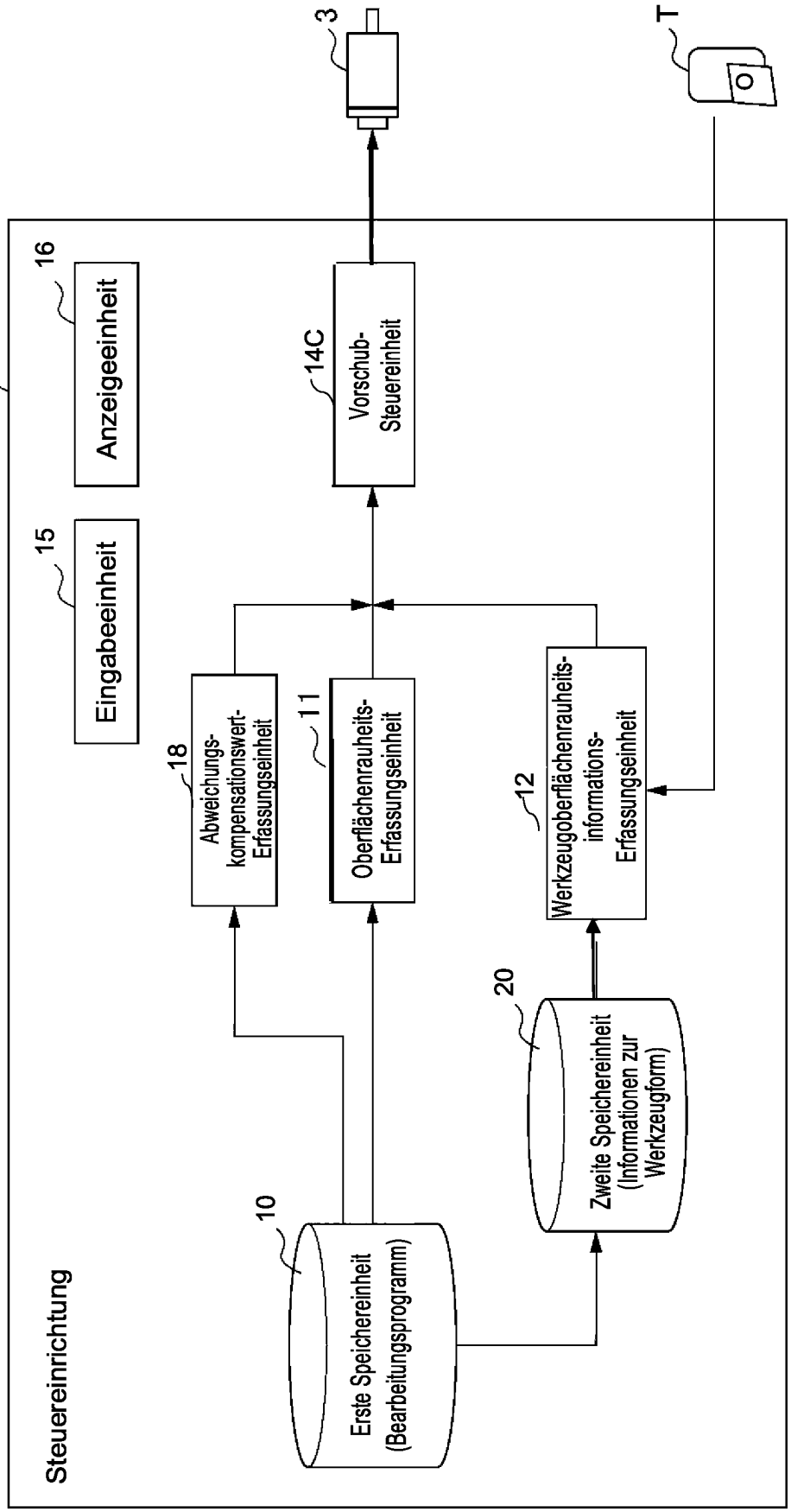

1C
Steuereinrichtung
16
Anzeigeeinheit
15
Eingabeeinheit
14C
Vorschub-Steuereinheit
3
T
18
Abweichungs-kompensationswert-Erfassungseinheit
11
Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit
12
Werkzeugoberflächenrauheits-informations-Erfassungseinheit
10
Erste Speichereinheit (Bearbeitungsprogramm)
20
Zweite Speichereinheit (Informationen zur Werkzeugform)

FIG. 9

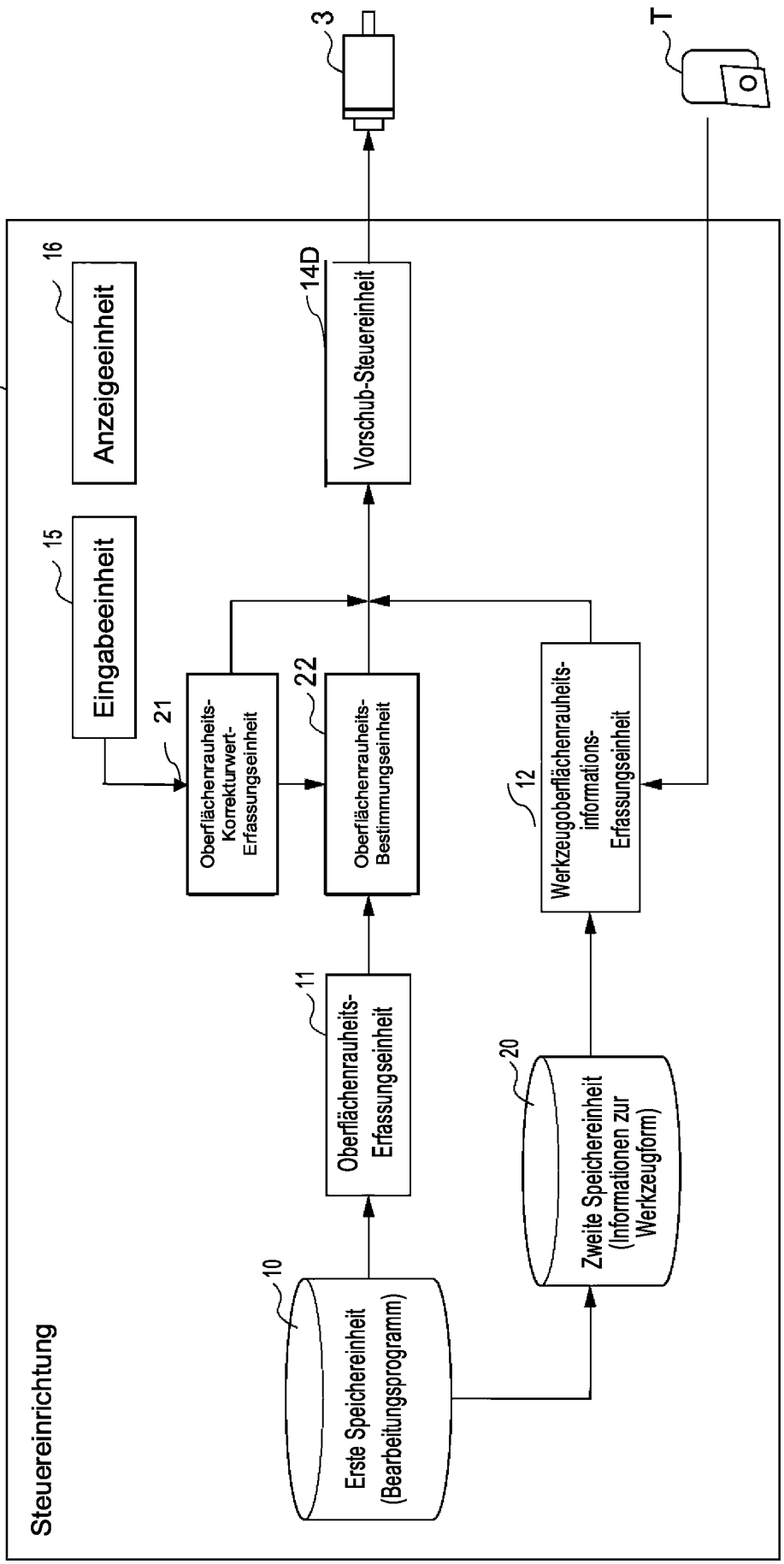
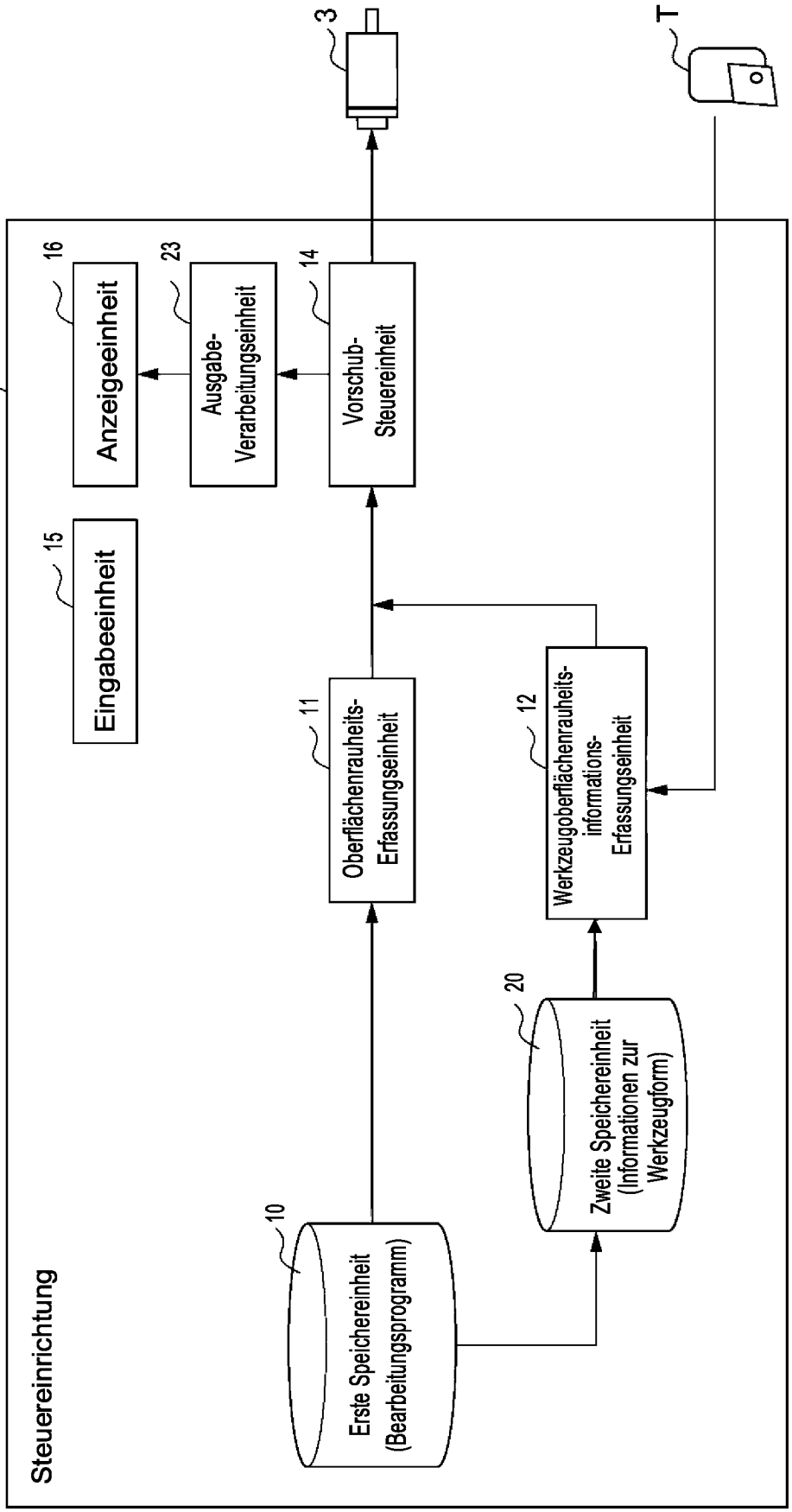

3
T
1D
16
Anzeigeeinheit
14D
Vorschub-Steuereinheit
15
Eingabeeinheit
21
Oberflächenrauheits-Korrekturwert-Erfassungseinheit
22
Oberflächenrauheits-Bestimmungseinheit
12
Werkzeugoberflächenrauheits-informations-Erfassungseinheit
11
Oberflächenrauheits-Erfassungseinheit
20
Zweite Speichereinheit (Informationen zur Werkzeugform)
10
Erste Speichereinheit (Bearbeitungsprogramm)
Steuereinrichtung

FIG. 10



 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.