



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/218648**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 006 789.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/020242**
(86) PCT-Anmeldetag: **13.05.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **16.11.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **16.01.2025**

(51) Int Cl.: **G05B 19/4068** (2006.01)

(71) Anmelder:
**FANUC CORPORATION, Oshino-mura,
Yamanashi, JP**

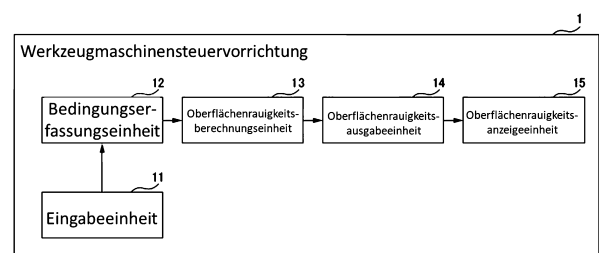
(74) Vertreter:
**Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB,
80802 München, DE**

(72) Erfinder:
**Horikawa, Yuutarou, Oshino-mura, Yamanashi,
JP; Yasuda, Masashi, Oshino-mura, Yamanashi,
JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Steuervorrichtung von Werkzeugmaschine**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Technologie vorgesehen, mit der es möglich ist, die Oberflächenrauigkeit zu berechnen und Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen einfach festzulegen, während die berechnete Oberflächenrauigkeit überprüft wird. Eine Steuervorrichtung 1 einer Werkzeugmaschine dient zum maschinellen Bearbeiten eines Werkstücks, während ein Schneidwerkzeug und das Werkstück relativ zueinander oszilliert werden, und umfasst: eine Bedingungserfassungseinheit 12, die Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen erfasst; eine Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13, die die Oberflächenrauigkeit auf der Grundlage der Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen, die von der Bedingungserfassungseinheit 12 erfasst werden, berechnet; und eine Oberflächenrauigkeitsausgabereinheit 14, die die von der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 berechnete Oberflächenrauigkeit ausgibt.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf eine Steuervorrichtung für Werkzeugmaschinen.

Hintergrundtechnik

[0002] Herkömmlich ist Oszillationsschneiden bekannt, bei dem ein Werkstück durch Schneiden maschinell bearbeitet wird, während ein Schneidwerkzeug und das Werkstück relativ oszilliert werden, um zu verhindern, dass während des Schneidens kontinuierlich erzeugte Späne mit dem Werkstück oder dem Schneidwerkzeug verfangen werden, was Defekte oder Maschinenfehler verursachen kann. Bei dem Oszillationsschneiden werden die Oszillationsfrequenz und die Oszillationsamplitude angepasst, wodurch die Werkzeugroute als der Pfad des Schneidwerkzeugs festgelegt wird, um die vorhergehende Werkzeugroute teilweise zu überlappen. Infolgedessen tritt ein Luftschnitt auf, bei dem sich die Schneidkante des Schneidwerkzeugs von der Oberfläche des Werkstücks weg bewegt, wodurch die Späne zerkleinert werden.

[0003] Jedoch tendiert die Oberflächenrauigkeit eines durch das Oszillationsschneiden maschinell bearbeiteten Werkstücks dazu, sich zu verschlechtern, im Vergleich zu dem Fall ohne Oszillationsschneiden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Route des Schneidwerkzeugs durch Oszillationsschneiden der Pfad des Oszillationsbetriebs ist, der den spezifizierten Oszillationsbedingungen gerecht wird. Deshalb wurde eine Technik vorgeschlagen, um die Oberflächenrauigkeit zu berechnen, basierend auf Faktoren, wie der Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs, der Drehzahl und der Vorschubrate der Spindel (siehe beispielsweise Patentdokument 1).

Zitierliste

Patentdokument

[0004] Patentdokument 1: Ungeprüfte japanische Patentanmeldung, Veröffentlichungsnr. 2020-114614

Offenbarung der Erfindung

Von der Erfindung zu lösende Probleme

[0005] Jedoch war es schwierig, da die Berechnung der Oberflächenrauigkeit von den Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen abhängt, die Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen festzulegen und gleichzeitig die Oberflächenrauigkeit zu beachten. Dementsprechend gibt es einen Bedarf für eine Technik, die die Oberflächenrauigkeit berechnen kann und die Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen einfach festlegen kann, während die berechnete Oberflächenrauigkeit verifiziert werden kann.

[0006] Die vorliegende Offenbarung wurde in Anbetracht der obigen Probleme gemacht, und ein Ziel davon ist es, eine Technik vorzusehen, die die Oberflächenrauigkeit berechnen kann und die Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen einfach festlegen kann, während die berechnete Oberflächenrauigkeit verifiziert werden kann.

Mittel zum Lösen des Problems

[0007] Die vorliegende Offenbarung sieht eine Steuervorrichtung für eine Werkzeugmaschine vor, die ein Werkstück maschinell bearbeitet, während das Schneidwerkzeug und das Werkstück relativ oszilliert werden. Die Steuervorrichtung enthält: eine Bedingungserfassungseinheit, die Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen erfasst; eine Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit, die eine Oberflächenrauigkeit berechnet, basierend auf den Maschinenbearbeitungsbedingungen und den Oszillationsbedingungen, die von der Bedingungserfassungseinheit erfasst werden; und eine Oberflächenrauigkeitsausgabeeinheit, die die von der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit berechnete Oberflächenrauigkeit ausgibt.

Effekte der Erfindung

[0008] Gemäß der vorliegenden Offenbarung ist es möglich eine Technik vorzusehen, die eine Oberflächenrauigkeit berechnen kann und einfach Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen festlegen kann, während die berechnete Oberflächenrauigkeit verifiziert werden kann.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist ein Diagramm, das Oszillationsschneiden darstellt;

Fig. 2 ist ein funktionelles Blockdiagramm einer Werkzeugmaschinensteuervorrichtung nach der ersten Ausführungsform;

Fig. 3 ist ein Diagramm, das einen Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm darstellt, wobei Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen eingegeben wurden;

Fig. 4 ist ein Diagramm, das einen Schneidpfad darstellt;

Fig. 5 ist ein Diagramm, das einen Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm darstellt, der die berechnete Oberflächenrauigkeit darstellt;

Fig. 6 ist ein Diagramm, das die Phase zum Erhalten der Rauigkeitskurve darstellt;

Fig. 7 ist ein Diagramm, das die Rauigkeitskurve darstellt;

Fig. 8 ist ein funktionelles Blockdiagramm einer Werkzeugmaschinensteuervorrichtung nach der zweiten Ausführungsform;

Fig. 9 ist ein Diagramm, das das erste Beispiel einer Oberflächenrauigkeitskorrekturtabelle darstellt;

Fig. 10 ist ein Diagramm, das das erste Beispiel der Oberflächenrauigkeitskorrekturtabelle darstellt;

Fig. 11 ist ein Diagramm, das einen Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm darstellt, der die berechnete Oberflächenrauigkeit darstellt;

Fig. 12 ist ein Diagramm, das einen Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm darstellt, der die basierend auf dem Oberflächenrauigkeitskorrekturkoeffizienten korrigierte Oberflächenrauigkeit darstellt;

Fig. 13 ist ein Diagramm, das das zweite Beispiel der Oberflächenrauigkeitskorrekturtabelle darstellt;

Fig. 14 ist ein Diagramm, das das zweite Beispiel der Oberflächenrauigkeitskorrekturtabelle darstellt;

Fig. 15 ist ein Diagramm, das einen Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm darstellt, der die berechnete Oberflächenrauigkeit darstellt;

Fig. 16 ist ein Diagramm, das einen Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm darstellt, der die für jeden Typ von Werkstück korrigierte Oberflächenrauigkeit darstellt;

Fig. 17 ist ein funktionelles Blockdiagramm einer Werkzeugmaschinensteuervorrichtung nach der dritten Ausführungsform;

Fig. 18 ist ein Diagramm, das die Abschwächungsrate des tatsächlich gemessenen Werts gegen den Befehlswert der Oszillationsamplitude darstellt;

Fig. 19 ist ein Diagramm, das einen Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm darstellt, wobei die Abschwächungsrate der Oszillationsamplitude eingegeben wurde; und

Fig. 20 ist ein Diagramm, das einen Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm darstellt, der die basierend auf der Abschwächungsrate der Oszillationsamplitude korrigierte Oberflächenrauigkeit darstellt.

Bevorzugter Modus zum Ausführen der Erfindung

[0009] Hiernach werden die Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung im Detail unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. In den Beschreibungen der zweiten und folgenden Ausführungsformen, werden die mit der ersten Ausführungsform gemeinsamen Komponenten durch dieselben Bezugszeichen bezeichnet, und ihre Beschreibungen werden in geeigneter Weise weggelassen.

[0010] Die Werkzeugmaschinensteuervorrichtung nach der ersten Ausführungsform führt ein Oszillationsschneiden durch, bei dem ein Werkstück durch Schneiden maschinell bearbeitet wird, während das Schneidwerkzeug und das Werkstück relativ oszilliert werden. **Fig. 1** ist ein Diagramm, das das Oszillationsschneiden darstellt. In dem Beispiel des in **Fig. 1** dargestellten Oszillationsschneidens werden zumindest eine Spindel S, die das Schneidwerkzeug T und das Werkstück W relativ dreht, und zumindest eine Vorschubwelle (nicht dargestellt), die das Schneidwerkzeug T relativ zum Werkstück W bewegt, betrieben, um das Schneidwerkzeug T und das Werkstück W relativ zu drehen, während das Schneidwerkzeug T und das Werkstück W während der Schneidbearbeitung in der Vorschubrichtung oszilliert werden. In diesem Fall wird die Werkzeugroute als der Pfad des Schneidwerkzeugs T so festgelegt, dass die aktuelle Route die vorherige Route teilweise überlappt. Da die aktuelle Route den maschinell bearbeiteten Abschnitt in der vorherigen Route teilweise enthält, tritt ein Luftschnitt auf, sodass sich die Schneidkante des Schneidwerkzeugs T von der Oberfläche des Werkstücks W wegbewegt und dadurch die Späne zerkleinert.

[0011] Bei dem in der vorliegenden Ausführungsform ausgeführten Oszillationsschneiden ist die Form des Werkstücks nicht beschränkt. Das heißt, die vorliegende Ausführungsform kann auf Fälle angewendet werden, in denen eine Vielzahl von Vorschubwellen (Z-Achse und X-Achse) erforderlich sind, da das Werkstück an der Bearbeitungsoberfläche Verjüngungsabschnitte oder Bogenabschnitte aufweist, oder auf Fälle, in denen eine spezifische Vorschubwelle (Z-Achse) ausreicht, da das Werkstück säulenförmig oder zylindrisch ist.

[0012] **Fig. 2** ist ein funktionelles Blockdiagramm einer Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform. Wie in **Fig. 2** dargestellt, enthält die Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform eine Eingabeeinheit 11, eine Bedingungserfassungseinheit 12, eine Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13, eine Oberflächenrauigkeitsausgabeeinheit 14 und eine Oberflächenrauigkeitsanzeigeeinheit 15. Die Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1 besteht aus einem Computer, der Speicher wie ROM (Nur-Lese-Speicher) und RAM (Direktzugriffsspeicher), eine CPU (Steuerverarbeitungseinheit) und eine Kommunikationssteuereinheit enthält, die über einen Bus miteinander verbunden sind. Die Funktionen und Operationen jeder Funktionseinheit werden durch die CPU, den Speicher und die im Speicher gespeicherten Steuerprogramme erreicht, die im Computer zusammenarbeiten.

[0013] Die Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1 kann aus einer CNC (Computer Numerical Controller) bestehen und kann mit übergeordneten Computern wie einer CNC oder einer PLC (Programmable Logic Controller) (nicht dargestellt) verbunden sein. Der übergeordnete Computer gibt Maschinenbearbeitungsbedingungen wie Drehzahl und Vorschubrate sowie Oszillationsbedingungen wie Oszillationsamplitude und Oszillationsfrequenz in die Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1 ein.

[0014] Die Eingabeeinheit 11 gibt Informationen über Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen als Reaktion auf Eingabebedingungen eines Bedieners unter Verwendung von Eingabemitteln (nicht dargestellt), wie beispielsweise einer Tastatur oder einem Touchpanel, ein. Die von der Eingabeeinheit 11 eingegebenen Informationen über Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen werden an die Bedingungserfassungseinheit 12 ausgegeben, die später beschrieben wird.

[0015] Die Bedingungserfassungseinheit 12 erfasst die von der Eingabeeinheit 11 eingegebenen Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen. Die Bedingungserfassungseinheit 12 gibt die erfassten Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen an die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 aus, die später beschrieben wird.

[0016] Hier enthalten die Maschinenbearbeitungsbedingungen zumindest Informationen über den Vorschubbetrag pro relativer Umdrehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks sowie Informationen über die Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs. Beispielsweise enthalten die Maschinenbearbeitungsbedingungen auch Informationen wie die Drehzahl S (1/min) der Spindel, die Vorschubgerate (mm/min) des Schneidwerkzeugs, den Werkstückdurchmesser (mm) und den Freiwinkel (°) des Schneidwerkzeugs. Die Informationen über den Vorschubbetrag pro relativer Umdrehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks enthalten den Vorschubbetrag pro Umdrehung F (mm/U) und die Informationen über die Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs enthalten den Radius R (mm) der Schneidkante.

[0017] Die Oszillationsbedingungen enthalten Informationen über die Anzahl der Oszillationen pro relativer Umdrehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks sowie Informationen über die Oszillationsamplitude

relativ zum Vorschubbetrag pro relativer Umdrehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks. Informationen über die Anzahl der Oszillationen pro relativer Umdrehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks enthalten einen Oszillationsfrequenzmultiplikationsfaktor I (Male), der die Oszillationsfrequenz pro Umdrehung der Spindel anzeigt. Informationen über die Oszillationsamplitude relativ zum Vorschubbetrag pro relativer Umdrehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks enthalten einen Oszillationsamplitudenmultiplikationsfaktor K (Male), der die Größe der Oszillationsamplitude relativ zum Vorschubbetrag pro Umdrehung der Spindel anzeigt. Der Oszillationsfrequenzmultiplikationsfaktor I (Male) kann direkt spezifiziert werden oder aus der Oszillationsfrequenz (Hz) und der Drehzahl S (1/min) der Spindel nach Spezifikation der Oszillationsfrequenz (Hz) berechnet werden. In ähnlicher Weise kann der Oszillationsamplitudenmultiplikationsfaktor K (Male) direkt spezifiziert oder aus der Oszillationsamplitude (mm), der Vorschubrate (mm/min) und der Drehzahl S (1/min) der Spindel berechnet werden, nachdem die Oszillationsamplitude (mm) spezifiziert wurde.

[0018] Die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 berechnet die Oberflächenrauigkeit basierend auf den Maschinenbearbeitungsbedingungen und den Oszillationsbedingungen, die von der Bedingungserfassungseinheit 12 erfasst werden. Die von der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 berechnete Oberflächenrauigkeit enthält zumindest einen von beispielsweise der arithmetischen Durchschnittsrauigkeit, der maximalen Höhe, also den maximalen Abstand zwischen Spitzen und Tälern, der maximalen Spitzenhöhe, also der maximalen Höhe von der Mittellinie der Oberfläche, der maximalen Taltiefe, also dem Betrag der minimalen Höhe von der Mittellinie der Oberfläche, der Durchschnittshöhe, also der Durchschnittshöhe der aus benachbarten Spitzen und Tälern bestehenden Konturkurvenelemente, der maximalen Querschnittshöhe, also der Summe der maximalen Spitzenhöhe und der maximalen Taltiefe der Konturkurvenelemente, oder dem Lagerlängenverhältnis, also dem Verhältnis der Lagerlänge auf einem vorgegebenen Schnittniveau (Höhe % oder μm) zur Bewertungslänge der Konturkurvenelemente. Das spezifische Verfahren zur Berechnung dieser Parameter der Oberflächenrauigkeit wird später im Detail beschrieben.

[0019] Die Oberflächenrauigkeitsausgabereinheit 14 gibt die von der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 berechnete Oberflächenrauigkeit extern aus. In der vorliegenden Ausführungsform gibt die Oberflächenrauigkeitsausgabereinheit 14 die berechnete Oberflächenrauigkeit an die Oberflächenrauigkeitsanzeigereinheit 15 aus, die später beschrieben wird.

[0020] Die Oberflächenrauigkeitsanzeigereinheit 15 zeigt die von der Oberflächenrauigkeitsausgabereinheit 14 ausgegebene Oberflächenrauigkeit an. Insbesondere zeigt die Oberflächenrauigkeitsanzeigereinheit 15 die von der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 berechnete Oberflächenrauigkeit auf einem Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm an, der später im Detail beschrieben wird.

[0021] Als nächstes wird das Verfahren zur Berechnung der Oberflächenrauigkeit durch die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 unter Bezugnahme auf die **Fig. 3** bis **5** im Detail beschrieben. **Fig. 3** ist ein Diagramm, das einen Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm darstellt, wobei Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen eingegeben wurden. **Fig. 4** ist ein Diagramm, das einen Schneidpfad darstellt. **Fig. 5** ist ein Diagramm, das einen Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm zeigt, der die berechnete Oberflächenrauigkeit anzeigt.

[0022] Wie in **Fig. 3** dargestellt, gibt der Bediener zunächst die Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen ein, indem er die Eingabemittel der Eingabereinheit 11 unter Verwendung des Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirms der Oberflächenrauigkeitsanzeigereinheit 15 bedient. Beispielsweise gibt der Bediener, wie in dem Beispiel in **Fig. 3** dargestellt, die Oszillationsbedingungen einschließlich des Vorschubbetrags pro Umdrehung F (mm/U), also die Informationen zum Vorschubbetrag pro relativer Umdrehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks, und des Radius R (mm) der Schneidkante, also die Informationen über die Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs, und die Oszillationsbedingungen einschließlich des Oszillationsfrequenzmultiplikationsfaktors I und des Oszillationsamplitudenmultiplikationsfaktors K ein.

[0023] Dann erfasst die Bedingungserfassungseinheit 12 die eingegebenen Maschinenbearbeitungsbedingungen und die Oszillationsbedingungen, und die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 berechnet automatisch die Oberflächenrauigkeit basierend auf den so erfassten Maschinenbearbeitungsbedingungen und den Oszillationsbedingungen. Insbesondere berechnet die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 den Koordinatenwert Y (mm) in der Vorschubrichtung des Schneidpfads unter Verwendung der folgenden Formel 1 und sucht nach dem Abschnitt, in dem der Abstand zwischen den Schneidpfaden am größten ist.

Formel 1

$$Y = \frac{fS}{60} + \frac{Kf}{2} \left\{ \cos \left(2\pi \frac{Sl}{60} t \right) - 1 \right\} \quad \text{Formel (1)}$$

[0024] In Formel 1 stellt Y den Koordinatenwert in der Vorschubrichtung (mm) dar, f stellt den Vorschubbetrag pro Umdrehung (mm/U) der Spindel dar, S stellt die Drehzahl (1/min) der Spindel dar, l stellt den Oszillationsfrequenzmultiplikationsfaktor (Male) dar, K stellt den Oszillationsamplitudenmultiplikationsfaktor (Male) dar und t stellt die Zeit (s) dar.

[0025] Fig. 4 stellt den Abschnitt dar, in dem der Abstand zwischen den Schneidpfaden am größten ist. In der vorliegenden Ausführungsform werden die Koordinatenwerte Y in dem Abschnitt, in dem der Abstand zwischen den Schneidpfaden am größten ist, unter Verwendung der obigen Formel 1 berechnet, und der Abstand zwischen den berechneten Koordinatenwerten wird als der maximale Abstand zwischen den Schneidpfaden genommen. Wenn beispielsweise die maximale Höhe Rz, also der maximale Abstand zwischen den Spitzen und Tälern, als die Oberflächenrauigkeit berechnet wird, kann die maximale Höhe Rz berechnet werden, indem der Radius R (mm) der Schneidkante und der maximale Abstand zwischen den wie oben beschrieben erhaltenen Schneidpfaden in die folgende Formel 2 eingesetzt werden.

Formel 2

$$\text{Maximale Höhe } Rz(\mu\text{m}) = (\text{maximale Abstand zwischen Schneidpfaden})^2 / 8R \times 1000 \quad \text{Formel (2)}$$

[0026] Hier wird bei herkömmlichen Techniken die Oberflächenrauigkeit nach dem Oszillationsschneiden anhand von Maschinenbearbeitungsbedingungen wie der Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs, der Drehzahl der Spindel und der Vorschubrate berechnet. Im Gegensatz dazu berechnet die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 der vorliegenden Ausführungsform, wie aus dem obigen Verfahren zur Berechnung der Oberflächenrauigkeit ersichtlich ist, die Oberflächenrauigkeit basierend auf den Berechnungsbedingungen einschließlich der Oszillationsbedingungen, insbesondere des Oszillationsfrequenzmultiplikationsfaktors l und des Oszillationsamplitudenmultiplikationsfaktors K. Daher kann die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 der vorliegenden Ausführungsform im Vergleich zu den herkömmlichen Techniken eine genauere Oberflächenrauigkeit berechnen.

[0027] Wie in Fig. 5 dargestellt, wird die von der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 berechnete Oberflächenrauigkeit automatisch auf dem Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm angezeigt. In Fig. 5 wird die maximale Höhe als die Oberflächenrauigkeit angezeigt. Dies ermöglicht dem Bediener, Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen festzulegen und gleichzeitig die Oberflächenrauigkeit zu verifizieren, die genauer als herkömmlich berechnet wird, wodurch die einfache Festlegung der Maschinenbearbeitungsbedingungen und der Oszillationsbedingungen ermöglicht wird.

[0028] Beispielsweise wird die Berechnung der arithmetischen Durchschnittsrauigkeit Ra als die Oberflächenrauigkeit unter Bezugnahme auf die Fig. 6 und 7 beschrieben. Fig. 6 ist ein Diagramm, das die Phase zum Erhalten der Rauigkeitskurve darstellt. Fig. 7 ist ein Diagramm, das die Rauigkeitskurve darstellt.

[0029] Fig. 6 stellt den in Fig. 4 dargestellten Schneidpfad um 90 Grad gedreht dar, was ein Beispiel ist, bei dem die Phase bei dem maximalen Abstand zwischen den Schneidpfaden als die Phase zum Erhalten der Rauigkeitskurve der Werkstückbearbeitungsoberfläche verwendet wird. Die in Fig. 7 dargestellte Rauigkeitskurve kann erhalten werden, indem ein Bogen mit dem Radius R der Schneidkante an den Koordinatenwerten des Schneidpfads in dieser Phase platziert wird. Auf diese Weise kann die Rauigkeitskurve der Werkstückbearbeitungsoberfläche unter Berücksichtigung des Radius R der Schneidkante des Schneidwerkzeugs erhalten werden, und die arithmetische Durchschnittsrauigkeit Ra kann berechnet werden, indem die Z-Werte in der erhaltenen Rauigkeitskurve in Fig. 7 in die folgende Formel 3 eingesetzt werden.

Formel 3

$$R_a = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N Z_n \quad \text{Formel (3)}$$

[0030] Die Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform kann die folgenden Wirkungen erzielen.

[0031] Die Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform enthält die Bedingungserfassungseinheit 12, die Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen

erfasst, die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13, die die Oberflächenrauigkeit basierend auf den Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen berechnet, und die Oberflächenrauigkeitsausgabeeinheit 14, die die berechnete Oberflächenrauigkeit ausgibt. Während die Oberflächenrauigkeit von den Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen abhängt und es zuvor schwierig war, Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen unter Berücksichtigung der Oberflächenrauigkeit festzulegen, ermöglicht die vorliegende Ausführungsform die Berechnung der Oberflächenrauigkeit basierend auf den Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen und ermöglicht es dem Bediener, die Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen einfach festzulegen, während er die Oberflächenrauigkeit verifiziert, die berechnet und extern ausgegeben wurde.

[0032] Die Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform enthält außerdem die Oberflächenrauigkeitsanzeigeeinheit 15, die die von der Oberflächenrauigkeitsausgabeeinheit 14 ausgegebene Oberflächenrauigkeit anzeigt. Dies ermöglicht es dem Bediener, Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen einfacher festzulegen, während er die auf dem Anzeigebildschirm der Oberflächenrauigkeitsanzeigeeinheit 15 angezeigte Oberflächenrauigkeit verifiziert.

[0033] Die Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform erfasst die Maschinenbearbeitungsbedingungen einschließlich der Informationen über den Vorschubbetrag pro relativer Umdrehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks, und der Informationen über die Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs, und die Oszillationsbedingungen, einschließlich der Informationen über die Anzahl der Oszillationen pro relativer Umdrehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks, und der Informationen über die Oszillationsamplitude relativ zum Vorschubbetrag pro relativer Umdrehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks, und berechnet die Oberflächenrauigkeit basierend auf den Maschinenbearbeitungsbedingungen und den Oszillationsbedingungen. Obwohl die Oberflächenrauigkeit von den Oszillationsbedingungen abhängt, haben herkömmliche Techniken die Oszillationsbedingungen daher nicht berücksichtigt. Die vorliegende Ausführungsform kann jedoch die Oberflächenrauigkeit basierend auf den Berechnungsbedingungen einschließlich der Oszillationsbedingungen berechnen, was eine genauere Oberflächenrauigkeit ermöglicht.

[Zweite Ausführungsform]

[0034] Fig. 8 ist ein funktionales Blockdiagramm einer Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1A gemäß der zweiten Ausführungsform. Wie in Fig. 8 dargestellt, enthält die Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1A gemäß der zweiten Ausführungsform außerdem eine Korrekturwertberechnungseinheit 16 und eine Erfassungseinheit der tatsächlichen Oberflächenrauigkeit 17, die sich von der Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform unterscheidet. Darüber hinaus führt die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13A auch eine Oberflächenrauigkeitskorrektur durch, die sich von der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 der ersten Ausführungsform unterscheidet. Andere Konfigurationen sind der ersten Ausführungsform gemeinsam.

[0035] Die Erfassungseinheit der tatsächlichen Oberflächenrauigkeit 17 erfasst die tatsächlich gemessene Oberflächenrauigkeit der Werkstückbearbeitungsoberfläche, die durch tatsächliche Durchführung der Oszillationsschneidbearbeitung erhalten wird. Die erfasste tatsächliche Oberflächenrauigkeit wird an die Korrekturwertberechnungseinheit 16 ausgegeben, die später beschrieben wird.

[0036] Die Korrekturwertberechnungseinheit 16 berechnet den Korrekturwert, der zur Korrektur der Oberflächenrauigkeit verwendet wird. Insbesondere berechnet die Korrekturwertberechnungseinheit 16 den Korrekturwert basierend auf der von der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13A berechneten theoretischen Oberflächenrauigkeit und der von der Erfassungseinheit der tatsächlichen Oberflächenrauigkeit 17 erfassten tatsächlichen Oberflächenrauigkeit. Beispielsweise berechnet die Korrekturwertberechnungseinheit 16 den Korrekturkoeffizienten oder Korrekturbetrag basierend auf dem Abweichungsmultiplikationsfaktor oder der Differenz zwischen der theoretischen Oberflächenrauigkeit und der tatsächlichen Oberflächenrauigkeit, die durch tatsächliches Durchführen der Oszillationsschneidbearbeitung unter den für die Berechnung verwendeten Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen erhalten wird. Der berechnete Korrekturwert wird an die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13A ausgegeben, die später beschrieben wird. Die Korrekturwertberechnungseinheit 16 berechnet vorzugsweise Korrekturwerte für jede Maschinenbearbeitungsbedingung. Insbesondere berechnet die Korrekturwertberechnungseinheit 16 vorzugsweise Korrekturwerte für jede Maschinenbearbeitungsbedingung einschließlich zumindest einer von dem Material der Schneidkante des Schneidwerkzeugs, der Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs, dem Material des Werkstücks, der Schneidgeschwindigkeit, Schneidtiefe oder dem Schneidwinkel.

[0037] Die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13A berechnet die Oberflächenrauigkeit basierend auf den von der Bedingungserfassungseinheit 12 erfassten Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen unter Verwendung desselben Berechnungsverfahrens wie das, das in der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 der ersten Ausführungsform verwendet wird. Die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13A korrigiert die berechnete theoretische Oberflächenrauigkeit unter Verwendung des von der Korrekturwertberechnungseinheit 16 berechneten Korrekturwerts, was sich von der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 der ersten Ausführungsform unterscheidet.

[0038] Als nächstes wird ein erstes Beispiel des Oberflächenrauigkeitskorrekturverfahrens durch die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13A unter Bezugnahme auf die **Fig. 9** bis **12** im Detail beschrieben. Die **Fig. 9** und **10** sind Diagramme, die das erste Beispiel der Oberflächenrauigkeitskorrekturtabelle darstellen. **Fig. 11** ist ein Diagramm, das einen Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm darstellt, der die berechnete Oberflächenrauigkeit anzeigt. **Fig. 12** ist ein Diagramm, das einen Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm darstellt, der die basierend auf dem Korrekturkoeffizienten korrigierte Oberflächenrauigkeit anzeigt.

[0039] Zunächst gibt der Bediener die Maschinenbearbeitungsbedingungen ein, einschließlich des Vorschubbetrags pro Umdrehung F (mm/U), also der Informationen über den Vorschubbetrag pro relativer Umdrehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks, des Radius R (mm) der Schneidkante, also der Informationen über die Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs, und der Drehzahl S (1/min) der Spindel sowie der Oszillationsbedingungen einschließlich des Oszillationsfrequenzmultiplikationsfaktors I und des Oszillationsamplitudenmultiplikationsfaktor K . Dann wird, wie in **Fig. 11** dargestellt, die von der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13A automatisch berechnete theoretische Oberflächenrauigkeit als die Oberflächenrauigkeit auf dem Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm angezeigt. In **Fig. 11** wird die maximale Höhe R_z als die Oberflächenrauigkeit angezeigt (dasselbe gilt für **Fig. 12**). Der Bediener bedient die Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1A vor und nach der obigen Eingabebedienung und misst die tatsächliche Oberflächenrauigkeit der Werkstückbearbeitungsoberfläche, die durch tatsächliches Durchführen der Oszillationsschneidbearbeitung unter den Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen erhalten wird, die zur Berechnung der theoretischen Oberflächenrauigkeit verwendet werden.

[0040] Als nächstes bedient der Bediener die Eingabemittel der Eingabeeinheit 11, um die Oberflächenrauigkeitskorrekturtabelle, wie in **Fig. 9** dargestellt, zu öffnen, um die berechnete theoretische Oberflächenrauigkeit zu korrigieren. Dann zeigt die Oberflächenrauigkeitskorrekturtabelle, wie in **Fig. 9** dargestellt, automatisch den Vorschubbetrag pro Umdrehung F , den Radius R der Schneidkante, die Drehzahl S der Spindel, den Oszillationsfrequenzmultiplikationsfaktor I , den Oszillationsamplitudenmultiplikationsfaktor K und die berechnete theoretische Oberflächenrauigkeit an, die an den Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm eingegeben werden. In **Fig. 9** wird die theoretische Maximalhöhe R_z als die berechnete theoretische Oberflächenrauigkeit angezeigt (dasselbe gilt für **Fig. 10**).

[0041] Dann bedient der Bediener die Eingabemittel der Eingabeeinheit 11, um die gemessene tatsächliche Oberflächenrauigkeit einzugeben. In **Fig. 9** wird die tatsächliche maximale Höhe R_z als die tatsächliche Oberflächenrauigkeit angezeigt (dasselbe gilt für **Fig. 10**). Basierend auf dem Abweichungsmultiplikationsfaktor zwischen der theoretischen Oberflächenrauigkeit und der tatsächlichen Oberflächenrauigkeit berechnet die Korrekturwertberechnungseinheit 16 automatisch den Korrekturkoeffizienten. Der berechnete Korrekturkoeffizient wird automatisch in der Oberflächenrauigkeitskorrekturtabelle angezeigt. Wie in **Fig. 12** dargestellt, wird die auf dem Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm angezeigte Oberflächenrauigkeit auf den Wert der unter Verwendung des Korrekturkoeffizienten korrigierten Oberflächenrauigkeit geändert.

[0042] Wie in den **Fig. 9** und **10** dargestellt, wenn eine Vielzahl von Kombinationen von Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen eingegeben werden müssen, und es eine Vielzahl von Kombinationen theoretischer Oberflächenrauigkeit und tatsächlicher Oberflächenrauigkeit für jede Kombination von Bedingungen gibt, berechnet die Korrekturwertberechnungseinheit 16 vorzugsweise automatisch den Korrekturkoeffizienten basierend auf dem arithmetischen Durchschnitt der Abweichungsmultiplikationsfaktoren zwischen der für jede Kombination berechneten theoretischen Oberflächenrauigkeit und der tatsächlichen Oberflächenrauigkeit. Andere Datenanalyseverfahren wie geometrisches Mittel, harmonisches Mittel, Median und Moduswert können ebenfalls verwendet werden, um den Korrekturkoeffizienten aus dem Abweichungsmultiplikationsfaktor abzuleiten.

[0043] Als nächstes wird ein zweites Beispiel des Oberflächenrauigkeitskorrekturverfahrens durch die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13A unter Bezugnahme auf die **Fig. 13** bis **16** im Detail beschrieben.

Die **Fig. 13** und **14** sind Diagramme, die das zweite Beispiel der Oberflächenrauigkeitskorrekturtabelle darstellen. **Fig. 15** ist ein Diagramm, das einen Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm darstellt, der die berechnete Oberflächenrauigkeit anzeigt. **Fig. 16** ist ein Diagramm, das einen Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm anzeigt, der die für jeden Werkstücktyp korrigierte Oberflächenrauigkeit anzeigt.

[0044] Zunächst gibt der Bediener die Maschinenbearbeitungsbedingungen ein, einschließlich des Vorschubbetrags pro Umdrehung F (mm/U), also der Informationen über den Vorschubbetrag pro relativer Umdrehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks, des Radius R (mm) der Schneidkante, also der Informationen über die Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs, und des Typs (des Materials) des Werkstücks sowie die Oszillationsbedingungen einschließlich des Oszillationsfrequenzmultiplikationsfaktors I und des Oszillationsamplitudenmultiplikationsfaktor K . Dann wird, wie in **Fig. 15** dargestellt, die von der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13A automatisch berechnete theoretische Oberflächenrauigkeit als die Oberflächenrauigkeit auf dem Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm angezeigt, entsprechend dem ausgewählten Werkstücktyp. In **Fig. 15** wird die maximale Höhe R_z als die Oberflächenrauigkeit angezeigt (dasselbe gilt für **Fig. 16**). Der Bediener bedient die Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1A vor und nach der obigen Eingabebediener und misst die tatsächliche Oberflächenrauigkeit der Werkstückbearbeitungs-oberfläche, die durch tatsächliches Durchführen der Oszillationsschneidbearbeitung unter den Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen erhalten wird, die zur Berechnung der theoretischen Oberflächenrauigkeit verwendet werden.

[0045] Als nächstes bedient der Bediener die Eingabemittel der Eingabeeinheit 11, um die Oberflächenrauigkeitskorrekturtabelle, wie in **Fig. 13** dargestellt, zu öffnen, um die berechnete theoretische Oberflächenrauigkeit zu korrigieren. Dann zeigt die Oberflächenrauigkeitskorrekturtabelle, wie in **Fig. 13** dargestellt, automatisch den Vorschubbetrag pro Umdrehung F , den Radius R der Schneidkante, den Werkstücktyp, den Oszillationsfrequenzmultiplikationsfaktor I , den Oszillationsamplitudenmultiplikationsfaktor K und die berechnete theoretische Oberflächenrauigkeit an, die an den Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm eingegeben werden. In **Fig. 13** wird die theoretische maximale Höhe R_z als die berechnete theoretische Oberflächenrauigkeit angezeigt (dasselbe gilt für **Fig. 14**).

[0046] Dann bedient der Bediener die Eingabemittel der Eingabeeinheit 11, um die gemessene tatsächliche Oberflächenrauigkeit einzugeben. In **Fig. 13** wird die tatsächliche maximale Höhe R_z als die tatsächliche Oberflächenrauigkeit angezeigt (dasselbe gilt für **Fig. 14**). Basierend auf dem Abweichungsmultiplikationsfaktor zwischen der theoretischen Oberflächenrauigkeit und der tatsächlichen Oberflächenrauigkeit berechnet die Korrekturwertberechnungseinheit 16 automatisch den Korrekturkoeffizienten. Der berechnete Korrekturkoeffizient wird automatisch in der Oberflächenrauigkeitskorrekturtabelle angezeigt. Wie in **Fig. 16** dargestellt, wird die auf dem Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm angezeigte Oberflächenrauigkeit auf den Wert der unter Verwendung des Korrekturkoeffizienten korrigierten Oberflächenrauigkeit geändert.

[0047] Wie in **Fig. 13** und **14** dargestellt, wird der Korrekturkoeffizient für jeden Werkstücktyp berechnet. Im zweiten Beispiel wird der Korrekturkoeffizient für jeden Werkstücktyp berechnet, der Korrekturkoeffizient kann aber auch für jede Maschinenbearbeitungsbedingung berechnet werden, einschließlich zumindest eines von dem Material der Schneidkante des Schneidwerkzeugs, der Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs, dem Material des Werkstücks, der Schneidgeschwindigkeit, der Schneidtiefe oder dem Schneidwinkel. Ähnlich dem ersten Beispiel berechnet die Korrekturwertberechnungseinheit 16 den Korrekturkoeffizienten vorzugsweise automatisch, basierend auf dem arithmetischen Durchschnitt der Abweichungsmultiplikationsfaktoren zwischen der für jede Kombination berechneten theoretischen Oberflächenrauigkeit und der tatsächlichen Oberflächenrauigkeit, wenn eine Vielzahl von Kombinationen von Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen eingegeben werden müssen, und es eine Vielzahl von Kombinationen von theoretischer Oberflächenrauigkeit und tatsächlicher Oberflächenrauigkeit für jede Kombination gibt. Andere Datenanalyseverfahren wie geometrisches Mittel, harmonisches Mittel, Median und Moduswert können ebenfalls verwendet werden, um den Korrekturkoeffizienten aus dem Abweichungsmultiplikationsfaktor abzuleiten.

[0048] Die Mmaschinenwerkzeugsteuervorrichtung 1A gemäß der zweiten Ausführungsform kann die folgenden Effekte erzielen.

[0049] Die Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1A gemäß der zweiten Ausführungsform enthält außerdem die Korrekturwertberechnungseinheit 16, die den Korrekturwert berechnet, der zur Korrektur der Oberflächenrauigkeit verwendet wird, und die berechnete Oberflächenrauigkeit wird unter Verwendung des von der Korrekturwertberechnungseinheit 16 berechneten Korrekturwerts korrigiert. Genauer gesagt ist außer-

dem die Erfassungseinheit der tatsächlichen Oberflächenrauigkeit 17 vorgesehen, die die tatsächliche Oberflächenrauigkeit erfasst, die durch die Durchführung der tatsächlichen Maschinenbearbeitung erhalten wird, wobei der Korrekturwert basierend auf der berechneten theoretischen Oberflächenrauigkeit und der erfassten tatsächlichen Oberflächenrauigkeit berechnet wird. Dies ermöglicht die Berechnung einer genaueren Oberflächenrauigkeit.

[0050] In der Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1A gemäß der zweiten Ausführungsform berechnet die Korrekturwertberechnungseinheit 16 den Korrekturwert für jede Maschinenbearbeitungsbedingung. Genauer gesagt berechnet die Korrekturwertberechnungseinheit 16 den Korrekturwert für jede Maschinenbearbeitungsbedingung, einschließlich zumindest eines von dem Material der Schneidkante des Schneidwerkzeugs, der Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs, dem Material des Werkstücks, der Schneidgeschwindigkeit, der Schneidtiefe oder dem Schneidwinkel. Dies ermöglicht die Berechnung einer noch genaueren Oberflächenrauigkeit.

[Dritte Ausführungsform]

[0051] Fig. 17 ist ein funktionales Blockdiagramm einer Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1B gemäß der dritten Ausführungsform. Wie in Fig. 17 dargestellt, enthält die Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1B gemäß der dritten Ausführungsform außerdem eine Korrekturwertberechnungseinheit 16A und eine Erfassungseinheit einer tatsächlichen Oszillationsamplitude 18, die sich von der Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform unterscheidet. Darüber hinaus führt die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13B auch eine Oberflächenrauigkeitskorrektur durch, die sich von der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 der ersten Ausführungsform unterscheidet. Andere Konfigurationen sind mit der ersten Ausführungsform gemeinsam.

[0052] Die Erfassungseinheit der tatsächlichen Oszillationsamplitude 18 erfasst die tatsächliche Oszillationsamplitude des Schneidpfads, die durch tatsächliches Durchführen der Oszillationsschneidbearbeitung unter den Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen gemessen wird, die zur Berechnung der theoretischen Oberflächenrauigkeit verwendet werden. Der tatsächlich gemessene Wert des Schneidpfads kann mit einem Positionsdetektor, wie einem Encoder, erfasst werden, der normalerweise im Servomotor vorgesehen ist. Die erfasste tatsächliche Oszillationsamplitude wird an die Korrekturwertberechnungseinheit 16A ausgegeben, die später beschrieben wird.

[0053] Die Korrekturwertberechnungseinheit 16A berechnet den Korrekturwert, der zur Korrektur der Oberflächenrauigkeit verwendet wird. Insbesondere berechnet die Korrekturwertberechnungseinheit 16A den Korrekturwert basierend auf der Abschwächungsrate der tatsächlichen Oszillationsamplitude, die von der Erfassungseinheit der tatsächlichen Oszillationsamplitude 18 erfasst wird, relativ zu der Oszillationsamplitude, die von der Bedingungserfassungseinheit 12 erfasst wird, insbesondere dem Befehlswert der Oszillationsamplitude. Beispielsweise wird die Abschwächungsrate selbst als Korrekturwert verwendet. Der berechnete Korrekturwert wird an die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13B ausgegeben, die später beschrieben wird.

[0054] Ähnlich der Korrekturwertberechnungseinheit 16 der zweiten Ausführungsform berechnet die Korrekturwertberechnungseinheit 16A vorzugsweise den Korrekturwert für jede Maschinenbearbeitungsbedingung, insbesondere einschließlich zumindest eines von dem Material der Schneidkante des Schneidwerkzeugs, der Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs, dem Werkstückmaterial, der Schneidgeschwindigkeit, der Schneidtiefe oder dem Schneidwinkel.

[0055] Die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13B berechnet die theoretische Oberflächenrauigkeit basierend auf den von der Bedingungserfassungseinheit 12 erfassten Maschinenbearbeitungsbedingungen und Oszillationsbedingungen unter Verwendung desselben Berechnungsverfahrens wie das, das in der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 der ersten Ausführungsform verwendet wird. Beim Berechnen der Oberflächenrauigkeit unter Verwendung von Formel 1 unter Verwendung desselben Berechnungsverfahrens wie desjenigen, das in der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13 der ersten Ausführungsform verwendet wird, berechnet die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13B die Oberflächenrauigkeit, indem sie den Wert, der durch Multiplikation des Oszillationsamplitudenmultiplikationsfaktors K mit der Abschwächungsrate erhalten wird, als den Korrekturwert in Formel 1 einsetzt, anstatt den Oszillationsamplitudenmultiplikationsfaktor K zu verwenden. Dies ermöglicht die Berechnung der basierend auf der Abschwächungsrate korrigierten Oberflächenrauigkeit.

[0056] Als nächstes wird das Verfahren zur Korrektur der Oberflächenrauigkeit durch die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13B unter Bezugnahme auf die **Fig. 18** bis **20** im Detail beschrieben. **Fig. 18** ist ein Diagramm, das die Abschwächungsrate des tatsächlich gemessenen Werts relativ zum Befehlswert der Oszillationsamplitude darstellt. **Fig. 19** ist ein Diagramm, das einen Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm darstellt, wobei die Abschwächungsrate der Oszillationsamplitude eingegeben wurde. **Fig. 20** ist ein Diagramm, das einen Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm zeigt, der die basierend auf der Abschwächungsrate der Oszillationsamplitude korrigierte Oberflächenrauigkeit anzeigt.

[0057] Zuerst gibt der Bediener die Maschinenbearbeitungsbedingungen ein, einschließlich des Vorschubbetrags pro Umdrehung F (mm/U), also der Informationen über den Vorschubbetrag pro relativer Umdrehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks, und des Radius R (mm) der Schneidkante, also der Informationen über die Form der Schneidkante des Schneidwerkzeugs, sowie die Oszillationsbedingungen einschließlich des Oszillationsfrequenzmultiplikationsfaktors I und des Oszillationsamplitudenmultiplikationsfaktors K . Dann wird, wie in **Fig. 19** dargestellt, die von der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13B automatisch berechnete theoretische Oberflächenrauigkeit als die Oberflächenrauigkeit auf dem Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm angezeigt. In **Fig. 19** wird die maximale Höhe R_z als die Oberflächenrauigkeit angezeigt (dasselbe gilt für **Fig. 20**). Der Bediener bedient die Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1A vor und nach der obigen Eingabebedienung, führt die Oszillationsschneidbearbeitung tatsächlich unter Verwendung der Maschinenbearbeitungsbedingungen und der Oszillationsbedingungen durch, die zur Berechnung der theoretischen Oberflächenrauigkeit verwendet wurden, und erhält die tatsächlich gemessenen Werte des Schneidpfads.

[0058] Als nächstes berechnet die Korrekturwertberechnungseinheit 16A, wie in **Fig. 18** dargestellt, die Abschwächungsrate des tatsächlich gemessenen Werts relativ zum Befehlswert der Oszillationsamplitude durch Vergleichen des Befehlswerts und des tatsächlich gemessenen Werts des Schneidpfads und verwendet die berechnete Abschwächungsrate selbst als den Korrekturwert. Dann berechnet die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit 13B die basierend auf der Abschwächungsrate korrigierte Oberflächenrauigkeit, und wie in **Fig. 20** dargestellt, zeigt der Oberflächenrauigkeitsbestätigungsbildschirm die Abschwächungsrate der Oszillationsamplitude an, wobei die angezeigte Oberflächenrauigkeit auf die basierend auf der Abschwächungsrate korrigierte Oberflächenrauigkeit geändert wird.

[0059] Die Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1B gemäß der dritten Ausführungsform kann die folgenden Effekte erzielen.

[0060] Die Werkzeugmaschinensteuervorrichtung 1B gemäß der dritten Ausführungsform enthält ferner die Erfassungseinheit der tatsächlichen Oszillationsamplitude 18, die die tatsächliche Oszillationsamplitude erfasst, die durch tatsächliches Durchführen der Oszillationsschneidbearbeitung erhalten wird, wobei die Korrekturwertberechnungseinheit 16A den Korrekturwert basierend auf der Abschwächungsrate der tatsächlichen Oszillationsamplitude berechnet, die von der Erfassungseinheit der tatsächlichen Oszillationsamplitude 18 erfasst wird, relativ zu der Oszillationsamplitude, die von der Bedingungserfassungseinheit 12 erfasst wird. Dies ermöglicht die Berechnung einer genaueren Oberflächenrauigkeit.

[0061] Die vorliegende Offenbarung ist nicht auf die obigen Ausführungsformen beschränkt, und Modifikationen und Verbesserungen, die das Ziel der vorliegenden Offenbarung erreichen können, sind in der vorliegenden Offenbarung enthalten.

[0062] Beispielsweise berechnet in den oben beschriebenen zweiten und dritten Ausführungsformen die Korrekturwertberechnungseinheit 16, 16A den Korrekturwert automatisch, aber dies ist nicht einschränkend. Der Bediener kann manuell die durch Berechnung auf einem externen Computer etc. erhaltenen Korrekturwerte eingeben und festlegen.

[0063] Wenn beispielsweise in der oben beschriebenen dritten Ausführungsform die Abschwächungsrate der tatsächlichen Oszillationsamplitude von der Frequenzantwort der Maschine bestimmt werden kann, kann der Korrekturwert basierend auf dieser Abschwächungsrate berechnet werden.

[0064] Erläuterung der Bezugszeichen

1, 1A, 1B	Werkzeugmaschinensteuervorrichtung
11	Eingabeeinheit

12	Bedingungserfassungseinheit
13, 13A, 13B	Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit
14	Oberflächenrauigkeitsausgabeeinheit
15	Oberflächenrauigkeitsanzeigeeinheit
16, 16A	Korrekturwertberechnungseinheit
17	Erfassungseinheit der tatsächlichen Oberflächenrauigkeit
18	Erfassungseinheit der tatsächlichen Oszillationsamplitude

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 2020-114614 [0004]

Patentansprüche

1. Eine Steuervorrichtung für eine Werkzeugmaschine, die ein Werkstück maschinell bearbeitet, indem ein Schneidwerkzeug und das Werkstück relativ oszilliert werden, wobei die Steuervorrichtung umfasst:
eine Bedingungserfassungseinheit, die eine Maschinenbearbeitungsbedingung und eine Oszillationsbedingung erfasst;
eine Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit, die eine Oberflächenrauigkeit basierend auf der Maschinenbearbeitungsbedingung und der Oszillationsbedingung, die von der Bedingungserfassungseinheit erfasst werden, berechnet; und
eine Oberflächenrauigkeitsausgabereinheit, die die von der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit berechnete Oberflächenrauigkeit ausgibt.
2. Die Steuervorrichtung für eine Werkzeugmaschine gemäß Anspruch 1, weiterhin umfassend eine Oberflächenrauigkeitsanzeigereinheit, die die von der Oberflächenrauigkeitsausgabereinheit ausgegebene Oberflächenrauigkeit anzeigt.
3. Die Steuervorrichtung für eine Werkzeugmaschine gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Bedingungserfassungseinheit erfasst
die Maschinenbearbeitungsbedingung einschließlich Informationen über einen Vorschubbetrag pro relativer Umdrehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks und Informationen über eine Form einer Schneidkante des Schneidwerkzeugs, und
die Oszillationsbedingung einschließlich Informationen über eine Anzahl von Oszillationen pro relativer Drehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks und Informationen über die Oszillationsamplitude relativ zu einem Vorschubbetrag pro relativer Drehung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks.
4. Die Steuervorrichtung für eine Werkzeugmaschine gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Oberflächenrauigkeit zumindest eines von einer arithmetischen Durchschnittsrauigkeit, einer maximalen Höhe, einer maximalen Spitzenhöhe, einer maximalen Taltiefe, einer Durchschnittshöhe, einer maximalen Querschnittshöhe oder einem Lagerlängenverhältnis enthält.
5. Die Steuervorrichtung für eine Werkzeugmaschine gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, weiterhin umfassend eine Korrekturwertberechnungseinheit, die einen Korrekturwert berechnet, der zur Korrektur der Oberflächenrauigkeit verwendet wird, wobei
die Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit die basierend auf der Maschinenbearbeitungsbedingung und der Oszillationsbedingung, die von der Bedingungserfassungseinheit erfasst werden, berechnete Oberflächenrauigkeit unter Verwendung des von der Korrekturwertberechnungseinheit berechneten Korrekturwerts korrigiert.
6. Die Steuervorrichtung für eine Werkzeugmaschine gemäß Anspruch 5, weiterhin umfassend eine Erfassungseinheit einer tatsächlichen Oberflächenrauigkeit, die eine tatsächliche Oberflächenrauigkeit erfasst, die durch tatsächliche Durchführung der Maschinenbearbeitung erhalten wird, wobei
die Korrekturwertberechnungseinheit den Korrekturwert basierend auf der von der Oberflächenrauigkeitsberechnungseinheit berechneten Oberflächenrauigkeit und der von der Erfassungseinheit der tatsächlichen Oberflächenrauigkeit erfassten tatsächlichen Oberflächenrauigkeit berechnet.
7. Die Steuervorrichtung für eine Werkzeugmaschine gemäß Anspruch 5, wobei die Korrekturwertberechnungseinheit den Korrekturwert basierend auf einer Abschwächungsrate der tatsächlichen Oszillationsamplitude relativ zur Oszillationsamplitude berechnet.
8. Die Steuervorrichtung für eine Werkzeugmaschine gemäß Anspruch 7, ferner umfassend eine Erfassungseinheit einer tatsächlichen Oszillationsamplitude, die eine tatsächliche Oszillationsamplitude erfasst, die durch tatsächliche Durchführung der Maschinenbearbeitung erhalten wird, wobei
die Bedingungserfassungseinheit die Oszillationsamplitude erfasst, und
die Abschwächungsrate der tatsächlichen Oszillationsamplitude relativ zur Oszillationsamplitude basierend auf der von der Bedingungserfassungseinheit erfassten Oszillationsamplitude und der von der Erfassungseinheit der tatsächlichen Oszillationsamplitude erfassten tatsächlichen Oszillationsamplitude berechnet wird.
9. Die Steuervorrichtung für eine Werkzeugmaschine gemäß irgendeinem der Ansprüche 5 bis 8, wobei die Korrekturwertberechnungseinheit den Korrekturwert für jede Maschinenbearbeitungsbedingung berechnet.

10. Die Steuervorrichtung für eine Werkzeugmaschine gemäß Anspruch 9, wobei die Korrekturwertberechnungseinheit den Korrekturwert für jede Maschinenbearbeitungsbedingung berechnet, einschließlich zumindest eines von einem Schneidkantenmaterial des Schneidwerkzeugs, einer Schneidkantenform des Schneidwerkzeugs, einem Material des Werkstücks, einer Schneidgeschwindigkeit, Schneidtiefe oder einem Schneidwinkel.

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen

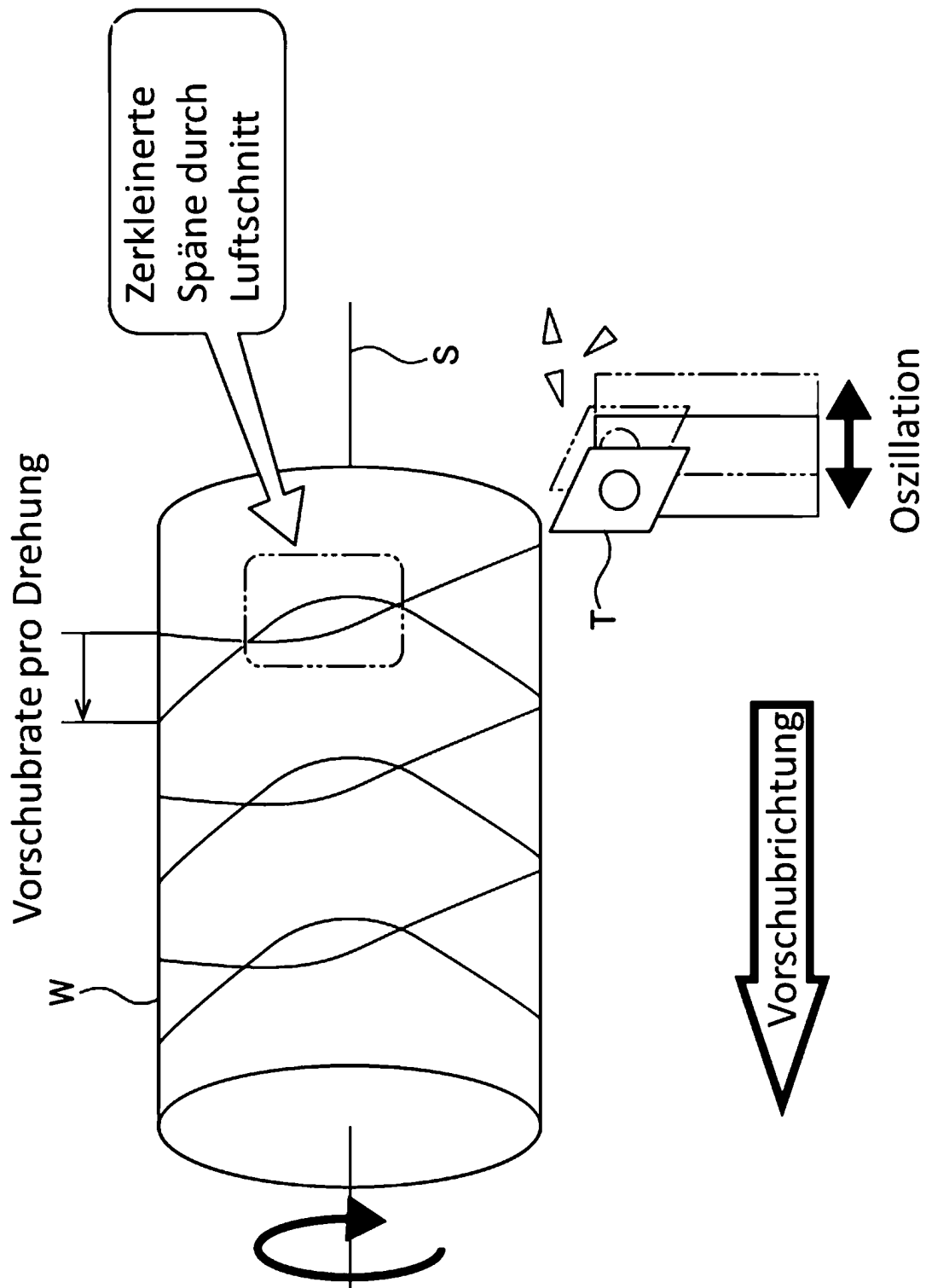


Fig. 1

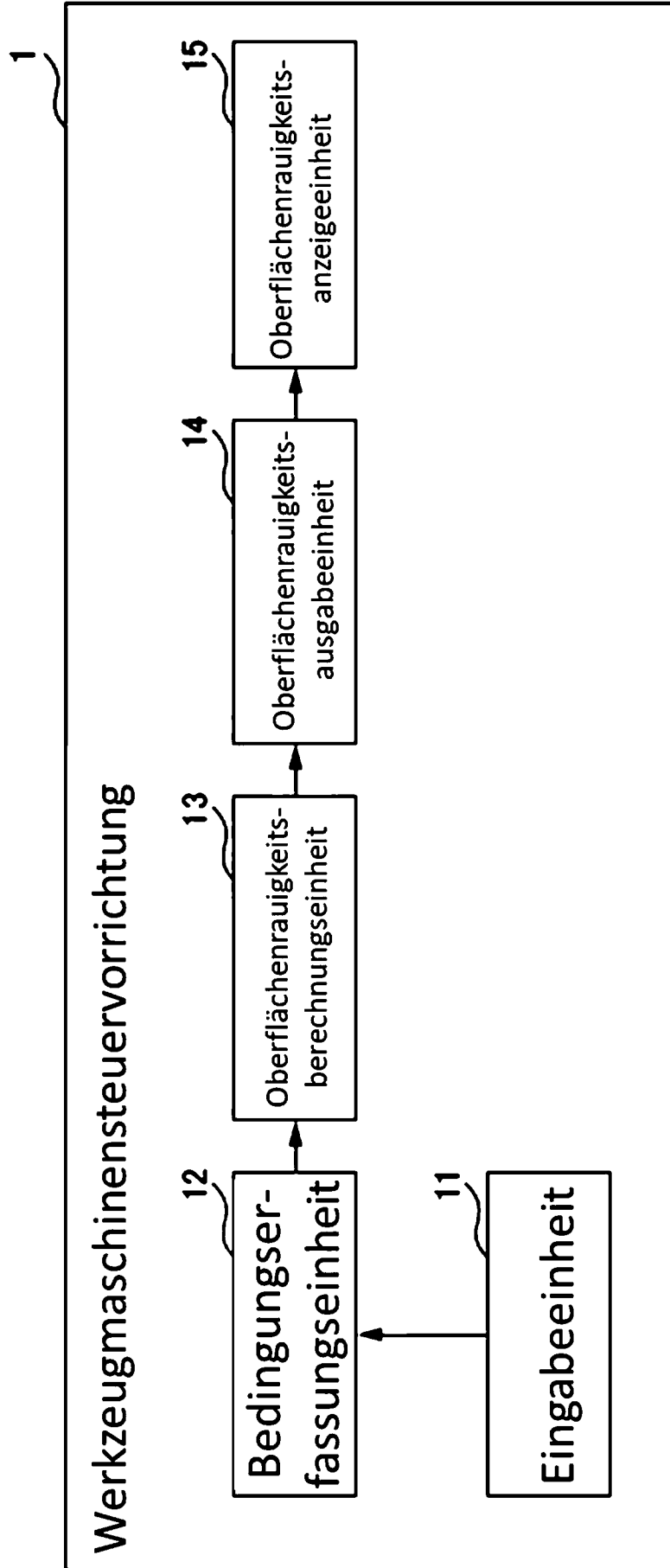


Fig. 2

I [Male]	K [Male]	
1.500	1.200	
F [mm/ U]	Schneidkante	R [mm]
0.100	0.350	
Maximale Höhe		Rz [mm]
		> _

Fig. 3

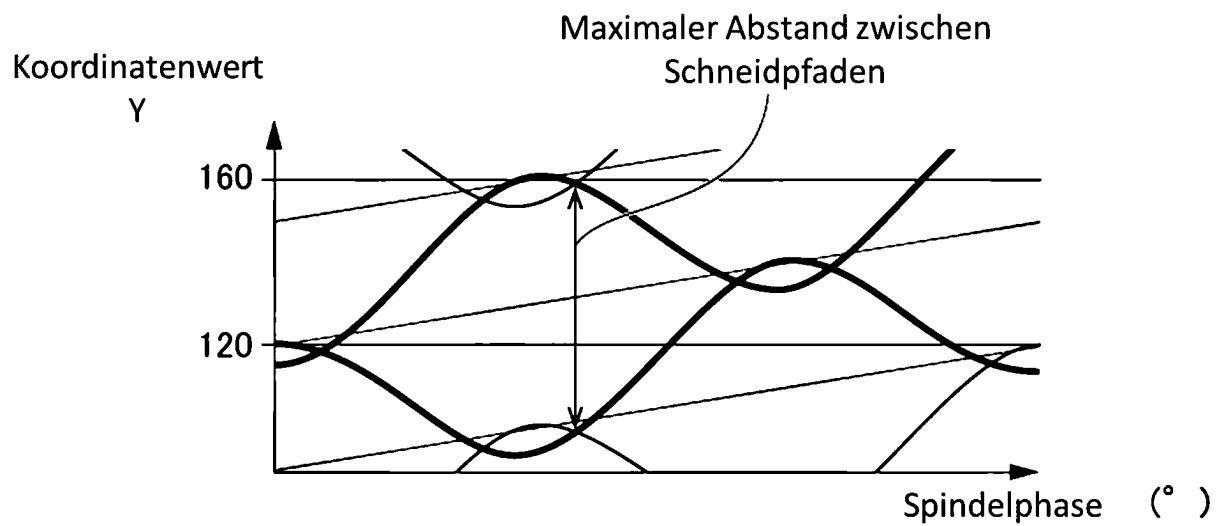


Fig. 4

I [Male]	K [Male]	
1.500	1.200	
F [mm/ U]	Schneidkante	R [mm]
0.100	0.350	
Maximale Höhe · Rz [mm]		
16.375		
> _		

Fig. 5

Phase zum Erhalten von
Rauigkeitskurve

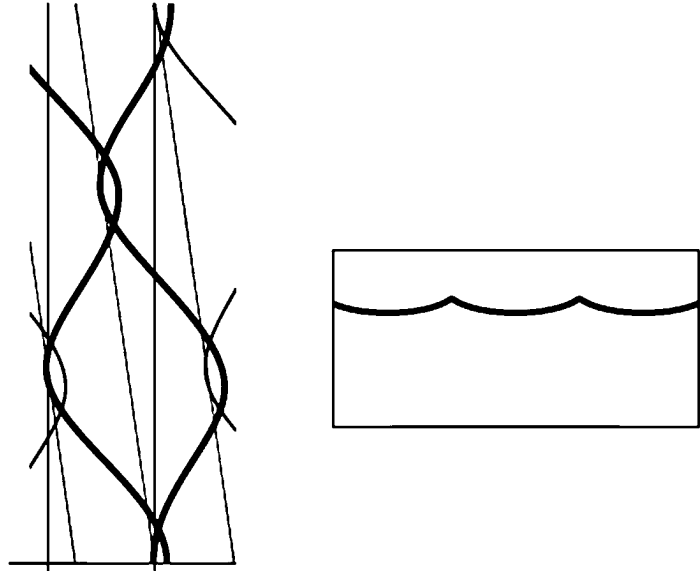


Fig. 6

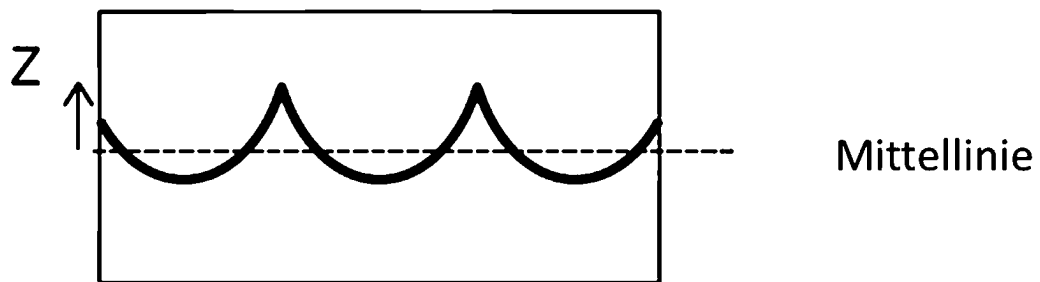


Fig. 7

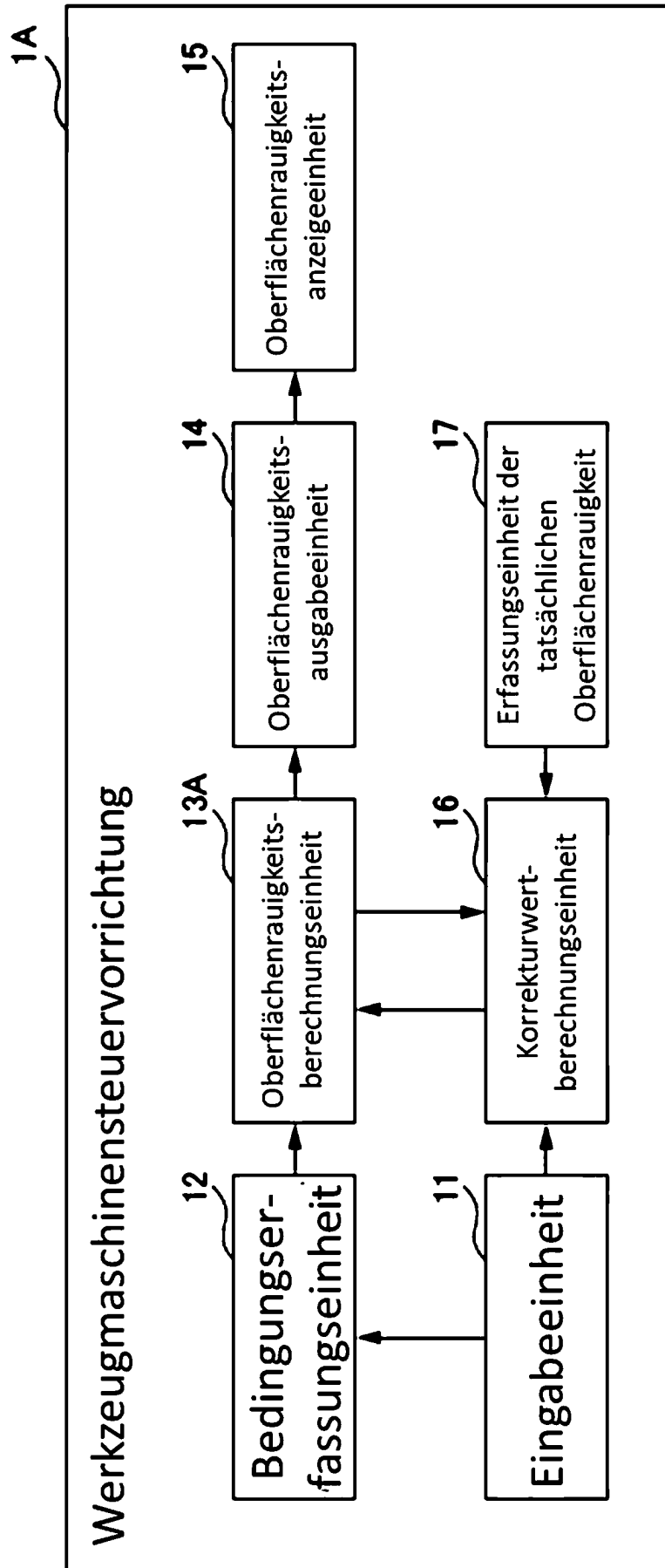


Fig. 8

I [Male]	K [Male]	F [mm/ U]	S [min ⁻¹]	Schneidkante R [mm]	Theoret. maxi- male Höhe Rz [mm]	Tats. maxi- male Höhe Rz [mm]
0.500	1.400	0.100	600	0.350	14.286	15.162
1.500	1.400	0.100	600	0.350	14.286	
Korrekturkoeffizient					1.061	

←

↑

↓

→

Daten-
er-
fassung

> _

Fig. 9

I [Male]	K [Male]	F [mm/ U]	S [min ⁻¹]	Schneidkante R [mm]	Theoret. maxi- male Höhe Rz [mm]	Tats. maxi- male Höhe Rz [mm]
0.500	1.400	0.100	600	0.350	14.286	15.162
1.500	1.400	0.100	600	0.350	14.286	15.379
Korrekturkoeffizient					1.069	

←

↑

↓

→

Daten-
er-
fassung

> _

Fig. 10

I [Male]	K [Male]	
1.500	1.200	
F [mm/ U]	Schneidkante	R [mm]
0.100	0.350	
Maximale Höhe Rz [mm]		
16.375		
> _		

Fig. 11

I [Male]	K [Male]	
1.500	1.200	
F [mm/ U]	Schneidkante	R [mm]
0.100	0.350	
Maximale Höhe Rz [mm]		
17.505		
> _		

Fig. 12

I [Male]	K [Male]	F [mm/ U]	Schneidkante R [mm]	Werkstück- typ	Theoret. maxi- male Höhe Rz [mm]	Tats. maxi- male Höhe Rz [mm]
0.500	1.400	0.100	0.350	S45C	14.286	15.162
1.500	1.400	0.100	0.350	SUS304	14.286	17.128
1.500	1.400	0.100	0.350	S45C	14.286	
Korrekturkoeffizient von SUS304					1.199	
Korrekturkoeffizient von S45C					1.061	

←

↑

↓

→

Daten-
er-
fassung

> _

Fig. 13

I [Male]	K [Male]	F [mm/ U]	Schneidkante R [mm]	Werkstück- typ	Theoret. maxi- male Höhe Rz [mm]	Tats. maxi- male Höhe Rz [mm]
0.500	1.400	0.100	0.350	S45C	14.286	15.162
1.500	1.400	0.100	0.350	SUS304	14.286	17.128
1.500	1.400	0.100	0.350	S45C	14.286	15.379
Korrekturkoeffizient von SUS304					1.199	
Korrekturkoeffizient von S45C					1.069	

←

↑

↓

→

Daten-
er-
fassung

> _

Fig. 14

I [Male]	K [Male]	Werkstücktyp
1.500	1.200	S45C
F [mm/ U]	Schneidkante	R [mm]
0.100	0.350	
Maximale Höhe Rz [mm]		
16.375		
> _		

Fig. 15

I [Male]	K [Male]	Werkstücktyp
1.500	1.200	S45C
F [mm/ U]	Schneidkante	R [mm]
0.100	0.350	
Maximale Höhe Rz [mm]		
17.505		
> _		

Fig. 16

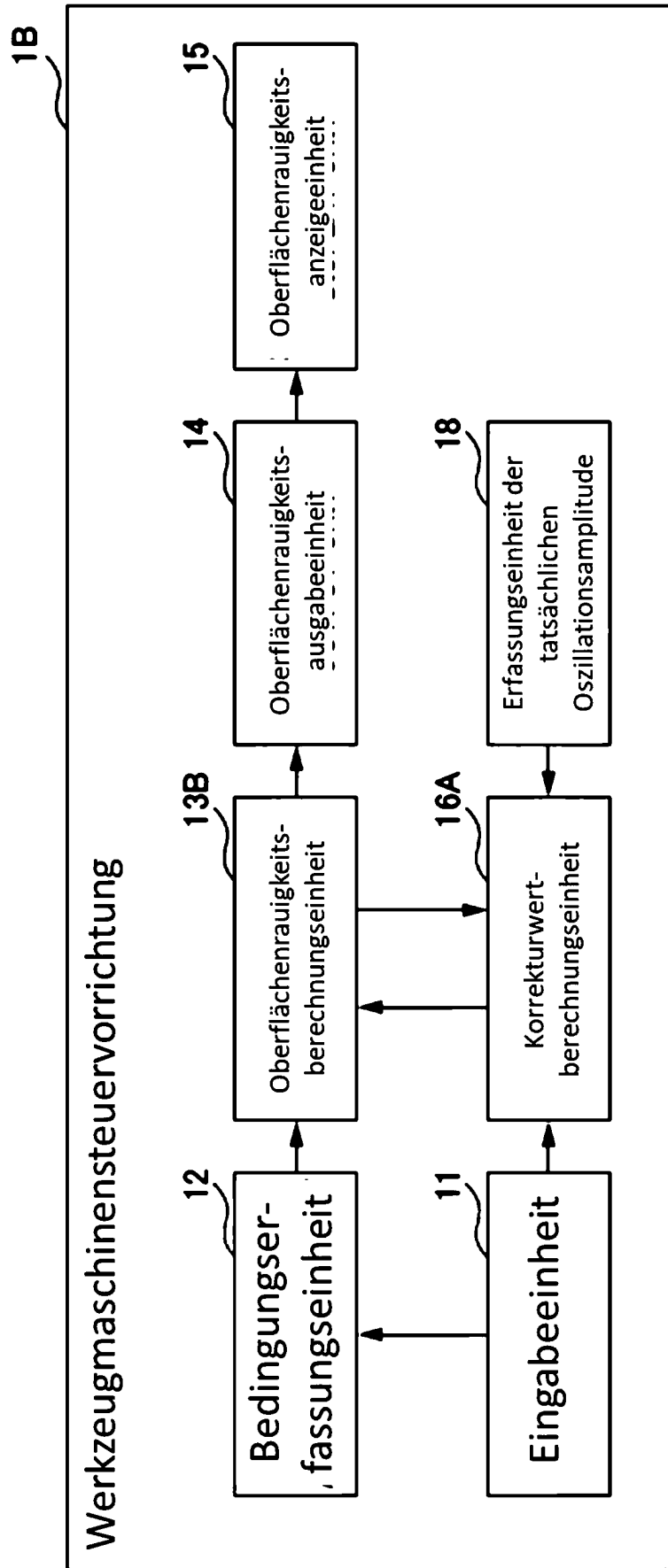


Fig. 17

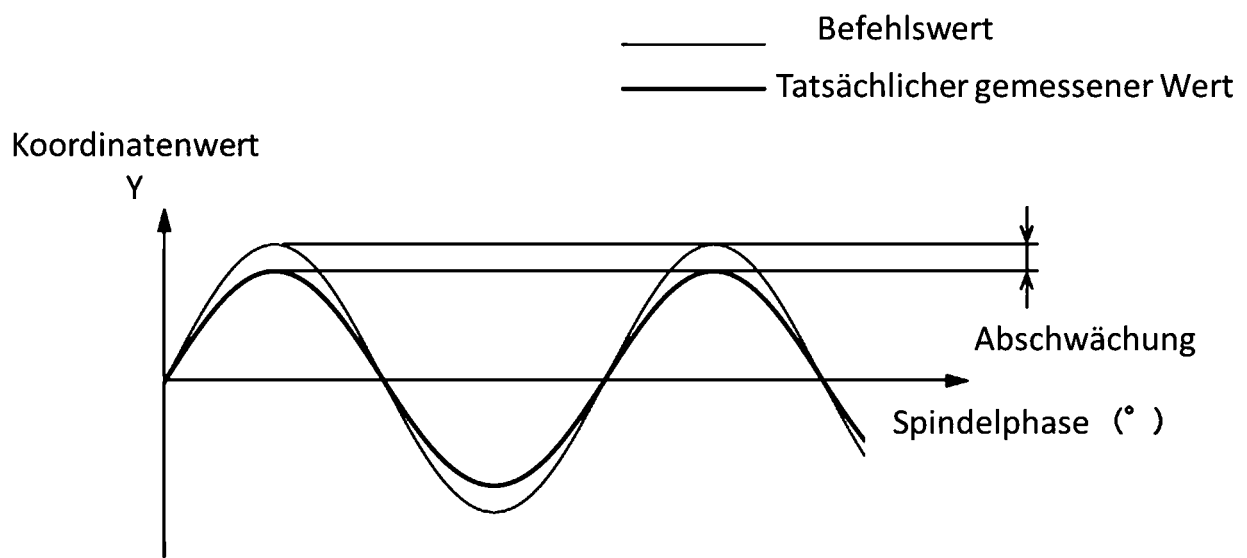


Fig. 18

I [Male]	K [Male]	Abschwächungsrate der Amplitude
1.500	1.200	
F [mm/ U]	Schneidkante	R [mm]
0.100	0.350	
Maximale Höhe		Rz [mm]
16.375		
		> _

Fig. 19

I [Male]	K [Male]	Abschwächungsrate der Amplitude
1.500	1.200	0.8
F [mm/ U]	Schneidkante	R [mm]
0.100	0.350	
Maximale Höhe		Rz [mm]
15.465		
		> _

Fig. 20