



(10) **DE 10 2006 001 496 B4** 2019.02.21

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2006 001 496.0**
(22) Anmeldetag: **11.01.2006**
(43) Offenlegungstag: **19.07.2007**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **21.02.2019**

(51) Int Cl.: **G01B 11/24 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Jahn, Dirk, 91056 Erlangen, DE

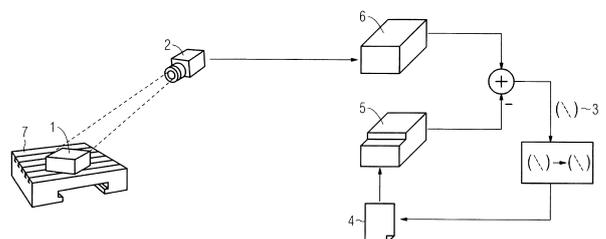
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	41 02 721	A1
DE	44 05 507	A1
DE	101 02 943	A1
DE	197 40 044	A1

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zur Bestimmung geometrischer Veränderungen eines Werkstücks**

(57) Hauptanspruch: System zur Bestimmung geometrischer Veränderungen eines Werkstücks (1), die durch einen Bearbeitungsschritt erzeugbar sind, wobei das System umfasst:

- mindestens eine Kamera (2) zur Erzeugung mindestens eines Abbildes des Werkstücks (1) vor dem Bearbeitungsschritt,
- einen Speicherbereich für Sollgeometriewerte, die das Werkstück (1) nach dem Bearbeitungsschritt aufweisen soll,
- Bestimmungsmittel zur Bestimmung von Werkstückgeometriewerten, die das Werkstück (1) vor dem Bearbeitungsschritt aufweist, anhand des mindestens einen Abbildes,
- Berechnungsmittel zur Berechnung von Differenzgeometriewerten (3), die eine Differenz zwischen den Werkstückgeometriewerten und den Sollgeometriewerten beschreiben,
- wobei die Berechnungsmittel zur Berechnung der Differenzgeometriewerte (3) in Form mindestens eines Aufmaßes vorgesehen sind, welches innerhalb des Bearbeitungsschrittes zum Erzielen der Sollgeometriewerte vom Werkstück (1) abzutragen ist und
- wobei das System Adaptionismittel zur Adaption eines zur Steuerung der Bearbeitung des Werkstücks (1) vorgesehenen Bearbeitungsprogramms (4) in Abhängigkeit der Differenzgeometriewerte (3) aufweist,
- wobei das System Auswahlmittel zur Auswahl eines für den Bearbeitungsschritt geeigneten Werkzeugs einer Werkzeugmaschine auf Grundlage der Differenzgeometriewerte (3) aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein System und ein Verfahren zur Erfassung einer Geometrie eines Werkstücks zu dessen Bearbeitung sowie eine Werkzeugmaschine umfassend ein derartiges System.

[0002] Die Erfindung kommt beispielsweise bei der Fertigung eines Bauteils mit einer Produktionsmaschine zum Einsatz, bei der die Geometrie des Rohteils, aus dem das Bauteil gefertigt werden soll, bekannt sein muss, um eine geeignete Fertigungsstrategie zu bestimmen. Die Wahl der optimalen Fertigungsstrategie hängt nicht nur von der gewünschten Geometrie, der so genannten Sollgeometrie, des herzustellenden Bauteils ab, sondern auch von dem Volumen und der Geometrie des zugrunde liegenden Rohteils. Insbesondere dann, wenn die Rohteile durch Gießverfahren hergestellt wurden, kann die Rohteilgeometrie stark schwanken. Aufgrund der Varianz dieser Gussteile ist es daher häufig wünschenswert, eine adaptive, rohteilgeometrieabhängige Fertigungsstrategie zu entwickeln. Voraussetzung hierfür ist, dass die Geometrie jedes Werkstücks bzw. jedes Rohteils vor dem Bearbeitungsvorgang bekannt ist.

[0003] Die Kenntnis der Rohteilgeometrie im Vorfeld eines mit einer Produktionsmaschine durchgeführten Fertigungsschrittes ist insbesondere im Falle der zerspanenden Bearbeitung wünschenswert. Hierbei bestimmt die Differenz zwischen der Geometrie des zugrunde liegenden Werkstücks und der Geometrie des fertigen Bauteils das oder die so genannten Bauteilaufmaße. Diese Bauteilaufmaße sind ein Maß für das tatsächlich zu zerspanende Volumen des Bauteils bei der Fertigung. Für eine optimale Wahl der Fertigungsstrategie, z.B. für die Fertigung mit Hilfe einer NC-Maschine, sollte das NC-Programm und das für die Bearbeitung vorgesehene Werkzeug daher unter Berücksichtigung der Bauteilaufmaße gewählt werden.

[0004] Die Bestimmung der Rohteilgeometrie und damit die Bestimmung der Aufmaße des herzustellenden Bauteils erfolgt heute in der Regel mittels eines mechanischen Messsystems oder bei Gussteilen über Aufmaßtabellen. Bei Verwendung eines mechanischen Messsystems wird das zugrunde liegende Werkstück mit einem Messkopfes abgetastet. Um eine möglichst genaue Bestimmung der Rohteilgeometrie zu erreichen, muss das Werkstück in der Regel mehrfach angefahren werden.

[0005] Aus der Druckschrift DE 101 02 943 A1 ist ein Messsystem und Verfahren zur Bestimmung von Geometrieinformationen eines Objektes, bekannt. Die mindestens zwei Kameras, welche jeweils mit einer eigenen 2D-Bildverarbeitungseinrichtung verbunden sind, erfassen das Werkstück. Die 2-D-Bilddaten werden dann an ein 3-D-Bildverarbeitungssystem zur weiteren Verarbeitung weitergegeben.

[0006] Die Druckschrift DE 41 02 721 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Sollkontur an einem Werkstück, insbesondere aus Keramik oder Porzellan. Das Werkstück wird schrittweise optisch abgetastet und die gewonnenen Informationen dienen zur Steuerung von Bearbeitungsstationen.

[0007] Aus der Druckschrift DE 197 40 044 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bearbeitung von Werkstücken bekannt. Nach Platzierung des Werkstücks wird unter Berücksichtigung des gewünschten Werkstoffs eine Bearbeitungsstation ausgewählt.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Ermittlung einer geeigneten Fertigungsstrategie für die Bearbeitung eines Werkstücks zu erleichtern.

[0009] Die Aufgabe wird mit Hilfe eines Systems zur Bestimmung geometrischer Veränderungen eines Werkstücks gelöst, die durch einen Bearbeitungsschritt erzeugbar sind, wobei das System umfasst:

- mindestens eine Kamera zur Erzeugung mindestens eines Abbildes des Werkstücks vor dem Bearbeitungsschritt,
- einen Speicherbereich für Sollgeometriewerte, die das Werkstück nach dem Bearbeitungsschritt aufweisen soll,
- Bestimmungsmittel zur Bestimmung von Werkstückgeometriewerten, die das Werkstück vor dem Bearbeitungsschritt aufweist, anhand des mindestens einen Abbildes und
- Berechnungsmittel zur Berechnung von Differenzgeometriewerten, die eine Differenz zwischen den Werkstückgeometriewerten und den Sollgeometriewerten beschreiben,
- wobei die Berechnungsmittel zur Berechnung der Differenzgeometriewerte (3) in Form mindestens eines Aufmaßes vorgesehen sind, welches innerhalb des Bearbeitungsschrittes zum Erzielen der Sollgeometriewerte vom Werkstück (1) abzutragen ist und
- wobei das System Adaptionismittel zur Adaption eines zur Steuerung der Bearbeitung des Werkstücks (1) vorgesehenen Bearbeitungsprogramms in Abhängigkeit der Differenzgeometriewerte aufweist,
- wobei das System Auswahlmittel zur Auswahl eines für den Bearbeitungsschritt geeigneten Werkzeugs einer Werkzeugmaschine auf Grundlage der berechneten Differenzgeometriewerte (3) aufweist soll,

[0010] Ferner wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur Bestimmung geometrischer Veränderungen eines Werkstücks gelöst, die durch einen Bearbei-

tungsschritt erzeugbar sind, mit folgenden Verfahrensschritten:

- Erzeugen mindestens eines Abbildes des Werkstücks vor dem Bearbeitungsschritt mit mindestens einer Kamera,
- Bestimmen von Werkstückgeometriewerten, die das Werkstück vor dem Bearbeitungsschritt aufweist, anhand des mindestens einen Abbildes und
- Berechnen von Differenzgeometriewerten, die eine Differenz zwischen den Werkstückgeometriewerten und Sollgeometriewerten beschreiben, die das Werkstück nach dem Bearbeitungsschritt aufweisen
- wobei die Differenzgeometriewerte in Form mindestens eines Aufmaßes berechnet werden, welches innerhalb des Bearbeitungsschrittes zum Erzielen der Sollgeometriewerte vom Werkstück abzutragen ist
- wobei ein zur Steuerung der Bearbeitung des Werkstücks vorgesehenes Bearbeitungsprogramm in Abhängigkeit der Differenzgeometriewerte adaptiert wird und
- wobei ein für den Bearbeitungsschritt geeignetes Werkzeug einer Werkzeugmaschine auf Grundlage der berechneten Differenzgeometriewerte ausgewählt wird.

[0011] Zur Optimierung eines z.B. mit Hilfe einer Werkzeugmaschine durchgeführten Fertigungsschrittes ist die Kenntnis der Differenzgeometriewerte, die die Differenz zwischen der Geometrie des Werkstücks vor der Bearbeitung und nach der Bearbeitung beschreiben, eine wesentliche Eingangsgröße. Der Erfindung liegt nunmehr die Erkenntnis zugrunde, dass eine besonders effiziente und schnelle Bestimmung dieser Differenzgeometriewerte mit Hilfe eines visuellen Verfahrens erreicht werden kann. Hierzu wird zunächst mit Hilfe der mindestens einen Kamera ein Bild des zu bearbeitenden Werkstücks erzeugt. Je nach dem, welche Bearbeitungsschritte an dem Werkstück durchgeführt werden sollen, können natürlich auch mehrere Abbilder des Werkstücks erzeugt werden. In der Regel ist es vorteilhaft, hierzu verschiedene Perspektiven des Werkstücks mit Hilfe der Kamera abzubilden. Dies kann z.B. dadurch realisiert werden, dass entweder die Kamera gedreht oder geschwenkt wird oder aber das Werkstück in seiner Lage verändert wird. Weiterhin können natürlich auch mehrere Kameras von dem System umfasst sein, so dass die verschiedenen Perspektiven des Werkstücks von mehr als einer Kamera abgebildet werden.

[0012] Anhand des oder der Abbilder des Werkstücks werden anschließend die Werkstückgeome-

trierte bestimmt, die die Geometrie des Werkstücks vor dem Bearbeitungsschritt kennzeichnen.

[0013] Die nach dem Bearbeitungsschritt gewünschte Geometrie des herzustellenden Bauteils ist in Form von Sollgeometriewerten im Speicherbereich hinterlegt. Als Grundlage für die Optimierung der Fertigungsstrategie wird eine Differenzbetrachtung der Sollgeometriewerte und der Werkstückgeometriewerte durchgeführt. Das Ergebnis dieser Betrachtung ist durch die Differenzgeometriewerte charakterisiert.

[0014] Der Vorteil des hierbei beschriebenen optischen Systems zur Erfassung der Werkstückgeometrie im Vergleich zu den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren ist, dass die visuelle Erfassung der Geometrie erheblich schneller ist, als die Abtastung der Werkstückgeometrie mit Hilfe eines Messkopfes. Bei den bekannten mechanischen Verfahren muss zur Bestimmung der Rohteilgeometrie bzw. der Werkstückgeometrie dieses in der Regel mehrfach angefahren werden. Um Kollisionen zu vermeiden, kann bei dieser Art der kontaktbasierten Bestimmung der Rohteilgeometrie der verwendete Messtaster nur sehr langsam an das Werkstück herangefahren werden. Daher sind derartige aus dem Stand der Technik bekannte Verfahren im Vergleich zum erfindungsgemäßen Verfahren zur Erfassung der Werkstückgeometrie erheblich zeitaufwendiger.

[0015] Auch muss bei den bekannten mechanischen Verfahren die Lage des Werkstücks innerhalb der Werkzeugmaschine bzw. der Aufspannvorrichtung zumindest grob bekannt sein. Andernfalls muss der Messtaster manuell an eine geeignete Startposition gefahren werden, um den Messvorgang manuell vorzunehmen. Derartige manuelle Vorgänge bedeuten jedoch zusätzlichen Zeitaufwand in der Maschine, welches voll die Hauptzeit der Maschine belastet. Findet ein solcher manueller Messvorgang innerhalb einer Aufspannstation statt, so wird hierdurch die Nebenzeit erheblich belastet. Mit Hilfe des erfindungsgemäßen visuellen Systems zur Erfassung der Werkstückgeometrie kann eine solche Erhöhung der Hauptzeit bzw. Nebenzeit vermieden werden.

[0016] Die erfindungsgemäße Erfassung der Werkstückgeometrie vor dem Bearbeitungsschritt ist insbesondere bei zerspanenden Verfahren vorteilhaft. In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung sind daher die Berechnungsmittel zur Berechnung der Differenzgeometriewerte in Form mindestens eines Aufmaßes vorgesehen, welches innerhalb des Bearbeitungsschrittes zum Erzielen der Sollgeometriewerte vom Werkstück abzutragen ist. Das zu zerspanende Volumen bei der Bearbeitung des Werkstücks hängt von dem oder den Aufmaßen des Bauteils ab. Um den Werkzeugverschleiß eines solchen zerspanenden Prozesses zu minimieren und/oder die Ferti-

gungszeit so gering wie möglich zu halten, ist daher eine Optimierung der Fertigungsstrategie unter Berücksichtigung des oder der Aufmaße zweckmäßig. Durch die zugrunde liegende optische Bestimmung der Werkstückgeometrie vor der Bearbeitung und die daraus folgende Bestimmung des Aufmaßes kann der Zeitaufwand einer solchen Optimierung der Fertigungsstrategie im Vergleich zum Stand der Technik erheblich reduziert werden.

[0017] Die Differenzgeometriewerte können zum einen als Basis zur Bestimmung eines optimalen Werkzeugs für die Fertigung herangezogen werden. Zum anderen können die Differenzgeometriewerte aber auch insbesondere bei NC-gesteuerten Fertigungsprozessen zur Optimierung eines Bearbeitungsprogramms herangezogen werden. Daher weist das System Adaptionismittel zur Adaption eines zur Steuerung der Bearbeitung des Werkstücks vorgesehenen Bearbeitungsprogramms in Abhängigkeit der Differenzgeometriewerte auf.

[0018] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der Speicherbereich zum Speichern von einem den Sollgeometriewerten entsprechenden Sollgeometriemodell, welches das Werkstück nach dem Bearbeitungsschritt beschreibt, vorgesehen.

[0019] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung weist das System Modellerstellungsmittel zur Erstellung des Sollgeometriemodells auf. Beispielsweise können diese Modellerstellungsmittel zur Generierung des Sollgeometriemodells auf Basis des Bearbeitungsprogramms herangezogen werden. Sollte im Speicherbereich noch kein Sollgeometriemodell vorhanden sein, so wird dieses bei einer derartigen Ausgestaltungsform der Erfindung automatisch aus dem Bearbeitungsprogramm erzeugt und im Speicherbereich anschließend abgelegt.

[0020] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die Bestimmungsmittel zur Bestimmung der Werkstückgeometriewerte in Form eines Werkstückgeometriemodells vorgesehen. In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung dieser Ausführungsform sind die Berechnungsmittel zur Berechnung der Differenzgeometriewerte anhand des Sollgeometriemodells und des Werkstückgeometriemodells vorgesehen. Hierbei werden anhand der entsprechenden Modelle die Geometrien des Werkstücks vor und nach der Bearbeitung miteinander verglichen, um eine Grundlage für die optimale Bestimmung einer Fertigungsstrategie zu erzeugen.

[0021] Zur Bestimmung der Werkstückgeometriewerte bieten sich verschiedene Bilderkennungsalgorithmen an. Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist z.B. dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmungsmittel zur Bestimmung der Werkstückgeo-

metriewerte durch Extraktion von Kanten des Werkstücks aus dem Abbild vorgesehen sind.

[0022] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung weist das System Auswahlmittel zur Auswahl eines für den Bearbeitungsschritt geeigneten Werkzeugs einer Werkzeugmaschine auf Grundlage der Differenzgeometriewerte auf. Wird beispielsweise bei einem zerspanenden Verfahren zunächst ein Aufmaß bestimmt, so kann anhand des Aufmaßes und des damit verbundenen zu zerspanenden Volumens ein etwaiger Werkzeugbruch dadurch vermieden werden, dass ein entsprechend dimensioniertes Werkzeug der Werkzeugmaschine auf Grundlage der Differenzgeometriewerte bestimmt wird oder die Schnittaufteilung entsprechend angepasst wird.

[0023] U.a. zur Optimierung der Bearbeitungszeit, zur Reduktion des Werkzeugverschleißes, zur Vermeidung von Werkzeugbruch und zur Sicherstellung der Qualität des zu produzierenden Bauteils ist im Umfeld der Fertigungstechnik eine Werkzeugmaschine mit einem System gemäß einer der zuvor beschriebenen Ausführungsformen vorteilhaft.

[0024] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert.

[0025] Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Verfahrens zur Erfassung einer Geometrie eines Werkstücks und

Fig. 2 ein System zur Erfassung einer Geometrie eines Werkstücks.

[0026] **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines Verfahrens zur Erfassung einer Geometrie eines Werkstücks **1**. Das Werkstück **1** befindet sich auf einem Werkstücktisch **7** einer Aufspannstation. In einem zerspanenden Bearbeitungsschritt soll in das Werkstück **1** an einer Kante des quaderförmigen Rohteils ein stufenförmiges Profil eingefräst werden. Dieser Fräsvorgang soll mit einer NC-gesteuerten Fräsmaschine durchgeführt werden.

[0027] Um für diesen Bearbeitungsschritt eine optimale Fertigungsstrategie zu bestimmen, soll mit Hilfe des dargestellten Verfahrens mit möglichst geringem Zeitaufwand das Aufmaß des gefrästen Fertigteils bestimmt werden. Das Aufmaß kennzeichnet das mit Hilfe der Fräsmaschine zu zerspanende Volumen. Dieses wiederum kann als Grundlage für die Wahl eines geeigneten Werkzeugs genutzt werden. Auf Grundlage des Aufmaßes kann auf den Verschleiß des Werkzeugs bei der Durchführung des Fräsvorgangs geschlossen werden und somit ein geeignetes Werkzeug gewählt werden.

[0028] Der Fräsvorgang wird durch ein Bearbeitungsprogramm **4** gesteuert, welches auf einer numerischen Steuerung der Fräsmaschine abläuft. Zur Optimierung des Fertigungsverganges wird in dem dargestellten Verfahren das NC-Bearbeitungsprogramm **4** in Abhängigkeit des oder der Aufmaße adaptiert.

[0029] Zur Bestimmung der Aufmaße wird zunächst mit Hilfe einer Kamera **2** ein Abbild des zu bearbeitenden Werkstücks **1** erzeugt. Sofern der Werkstück **7** drehbar gelagert ist, kann das Werkstück **1** in verschiedene Positionen gebracht werden, um weitere Abbilder des Werkstücks **1** mit Hilfe der Kamera **2** zu erzeugen.

[0030] Anhand eines mathematischen Algorithmus wird aus den Abbildern ein Werkstückgeometriemodell **6** erzeugt. Hierbei handelt es sich um ein Kantmodell des betrachteten Objektes. Bei der Erstellung dieses Kantenmodells **6** sind Umgebungsobjekte, wie in dem dargestellten Beispiel der Werkstücktisch **7**, aus den Abbildern zunächst herausgerechnet worden.

[0031] Aus dem Bearbeitungsprogramm **4** wird automatisch ein Sollgeometriemodell **5** generiert, welches die Abmaße des Werkstücks nach dem Fräsvorgang beschreibt. Somit ergeben sich die Aufmaße des herzustellenden Bauteils durch einen Vergleich des Werkstückgeometriemodells **6** und des Sollgeometriemodells **5**. Durch eine Differenzbildung werden schließlich Differenzgeometriewerte **3** generiert, die die Aufmaße des Bauteils charakterisieren. Die Differenzgeometriewerte **3** werden zum einen dazu verwendet, ein geeignetes Werkzeug der Fräsmaschine auszuwählen. Zum anderen dienen die Differenzgeometriewerte **3** als Grundlage für eine Adaption des Bearbeitungsprogramms **4** im Hinblick auf eine optimale Fertigungsstrategie.

[0032] Fig. 2 zeigt ein System zur Erfassung einer Geometrie eines Werkstücks **1**, welches auf einem Werkstücktisch **7** positioniert ist. Um die Geometrie dieses als Rohteil für einen Fertigungsprozess dienenden Werkstücks **1** möglichst schnell und effizient zu erfassen, umfasst das System eine Kamera **2**. Über ein HMI **8** (Human Machine Interface) kann ein Anwender des Systems einen Befehl zur Bestimmung des Aufmaßes des zu fertigenden Teils aktivieren. Nach der Aktivierung des Systems über das HMI **8** werden von der Kamera **2** verschiedene Abbilder des Werkstücks **1** erzeugt, wobei der Werkstücktisch **7** zwischen den Abbildern jeweils gedreht wird, um neue Perspektiven des Bauteils über die Kamera **2** erfassbar zu machen. Die Abbilder werden von der Kamera **2** an einen PC **9** gesendet. Auf dem PC **9** sind Bestimmungsmittel in Form eines Computerprogramms implementiert, die zur Bestimmung von Werkstückgeometriewerten vorgesehen sind, die das Werkstück vor dem Bearbeitungs-

schritt aufweist. Ebenfalls in Form eines Computerprogramms sind auf dem PC **9** Berechnungsmittel zur Berechnung von Differenzgeometriewerten implementiert, die eine Differenz zwischen den Werkstückgeometriewerten und den Sollgeometriewerten beschreiben. Weiterhin enthält der PC **9** einen Speicherbereich, in dem die Sollgeometriewerte, die das Werkstück nach dem Bearbeitungsschritt aufweisen soll, in Form eines Sollgeometriemodells hinterlegt sind. Ferner weist der PC **9** Adaptionismittel auf, mit denen ein zur Steuerung der Bearbeitung des Werkstücks **1** vorgesehene Bearbeitungsprogramm in Abhängigkeit der Differenzgeometriewerte adaptiert werden kann.

[0033] Nach dem mit Hilfe des PCs **9** aus den Abbildern des Werkstücks **1** zunächst ein Werkstückgeometriemodell generiert wurde, dieses mit dem Sollgeometriemodell verglichen wurde und anschließend die Differenzgeometriewerte bestimmt wurden, wird das Bearbeitungsprogramm automatisch auf dem PC **9** entsprechend der Differenzgeometriewerte adaptiert. Das auf diese Weise optimierte Bearbeitungsprogramm wird anschließend vom PC **9** auf eine numerische Steuerung **10** der für die Bearbeitung vorgesehenen Werkzeugmaschine geladen.

[0034] Die beschriebene Bestimmung der Differenzgeometriewerte, die die gewünschte Veränderung der Werkstückgeometrie während des Fertigungsschrittes beschreiben, ist nicht nur bei den zuvor beschriebenen trennenden Fertigungsverfahren vorteilhaft. Das Verfahren kann bei sämtlichen Fertigungsschritten eingesetzt werden, bei denen eine Veränderung der Werkstückgeometrie erfolgen soll. Auch bei umformenden Verfahren z. B., bei denen Bauteile aus festen Rohteilen durch bleibende Formänderung erzeugt werden, kann eine Erfassung der Rohteilgeometrie mittels eines optischen Verfahrens zweckmäßig sein, um den Umformvorgang zu optimieren. Beispiele für derartige umformende Verfahren sind Schmieden, Eindrücken, Walzen, Strangpressen, Falten, Tiefziehen, Sicken, Bördeln, Richten und Biegen. Weiterhin ist eine Anwendung der Erfindung bei beschichtenden Verfahren denkbar, bei denen die Geometrie durch hinzugefügte Massen verändert wird.

Patentansprüche

1. System zur Bestimmung geometrischer Veränderungen eines Werkstücks (1), die durch einen Bearbeitungsschritt erzeugbar sind, wobei das System umfasst:
 - mindestens eine Kamera (2) zur Erzeugung mindestens eines Abbildes des Werkstücks (1) vor dem Bearbeitungsschritt,
 - einen Speicherbereich für Sollgeometriewerte, die das Werkstück (1) nach dem Bearbeitungsschritt aufweisen soll,

- Bestimmungsmittel zur Bestimmung von Werkstückgeometriewerten, die das Werkstück (1) vor dem Bearbeitungsschritt aufweist, anhand des mindestens einen Abbildes,
- Berechnungsmittel zur Berechnung von Differenzgeometriewerten (3), die eine Differenz zwischen den Werkstückgeometriewerten und den Sollgeometriewerten beschreiben,
- wobei die Berechnungsmittel zur Berechnung der Differenzgeometriewerte (3) in Form mindestens eines Aufmaßes vorgesehen sind, welches innerhalb des Bearbeitungsschrittes zum Erzielen der Sollgeometriewerte vom Werkstück (1) abzutragen ist und
- wobei das System Adaptionismittel zur Adaption eines zur Steuerung der Bearbeitung des Werkstücks (1) vorgesehenen Bearbeitungsprogramms (4) in Abhängigkeit der Differenzgeometriewerte (3) aufweist,
- wobei das System Auswahlmittel zur Auswahl eines für den Bearbeitungsschritt geeigneten Werkzeugs einer Werkzeugmaschine auf Grundlage der Differenzgeometriewerte (3) aufweist.

2. System nach Anspruch 1, wobei der Speicherbereich zum Speichern von einem den Sollgeometriewerten entsprechenden Sollgeometriemodell (5), welches das Werkstück (1) nach dem Bearbeitungsschritt beschreibt, vorgesehen ist.

3. System nach Anspruch 2, wobei das System Modellerstellungsmittel zur Erstellung des Sollgeometriemodells (5) aufweist.

4. System nach einem der Ansprüche 2 oder 3, wobei die Bestimmungsmittel zur Bestimmung der Werkstückgeometriewerte in Form eines Werkstückgeometriemodells (6) vorgesehen sind.

5. System nach Anspruch 4 wobei die Berechnungsmittel zur Berechnung der Differenzgeometriewerte (3) anhand des Sollgeometriemodells (5) und des Werkstückgeometriemodells (6) vorgesehen sind.

6. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bestimmungsmittel zur Bestimmung der Werkstückgeometriewerte durch Extraktion von Kanten des Werkstücks (1) aus dem Abbild vorgesehen sind.

7. Werkzeugmaschine zur Bearbeitung eines Werkstücks (1), wobei die Werkzeugmaschine ein System nach einem der Ansprüche 1 bis 6 aufweist.

8. Verfahren zur Bestimmung geometrischer Veränderungen eines Werkstücks (1), die durch einen Bearbeitungsschritt erzeugbar sind, mit folgenden Verfahrensschritten:

- Erzeugen mindestens eines Abbildes des Werkstücks vor dem Bearbeitungsschritt mit mindestens einer Kamera (2),

- Bestimmen von Werkstückgeometriewerten, die das Werkstück (1) vor dem Bearbeitungsschritt aufweist, anhand des mindestens einen Abbildes und
- Berechnen von Differenzgeometriewerten (3), die eine Differenz zwischen den Werkstückgeometriewerten und Sollgeometriewerten beschreiben, die das Werkstück (1) nach dem Bearbeitungsschritt aufweisen soll,

- wobei die Differenzgeometriewerte (3) in Form mindestens eines Aufmaßes berechnet werden, welches innerhalb des Bearbeitungsschrittes zum Erzielen der Sollgeometriewerte vom Werkstück (1) abzutragen ist,

- wobei ein zur Steuerung der Bearbeitung des Werkstücks (1) vorgesehenes Bearbeitungsprogramm (4) in Abhängigkeit der Differenzgeometriewerte (3) adaptiert wird und

- wobei ein für den Bearbeitungsschritt geeignetes Werkzeug einer Werkzeugmaschine auf Grundlage der Differenzgeometriewerte (3) ausgewählt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei ein den Sollgeometriewerten entsprechendes Sollgeometriemodell (5) in einem Speicherbereich gespeichert wird, welches das Werkstück (1) nach dem Bearbeitungsschritt beschreibt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Sollgeometriemodell (5) erstellt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, wobei die Werkstückgeometriewerte in Form eines Werkstückgeometriemodells (6) bestimmt werden.

12. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Differenzgeometriewerte (3) anhand des Sollgeometriemodells (5) und des Werkstückgeometriemodells (6) berechnet werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, wobei die Werkstückgeometriewerte durch Extraktion von Kanten des Werkstücks (1) aus dem Abbild bestimmt werden.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

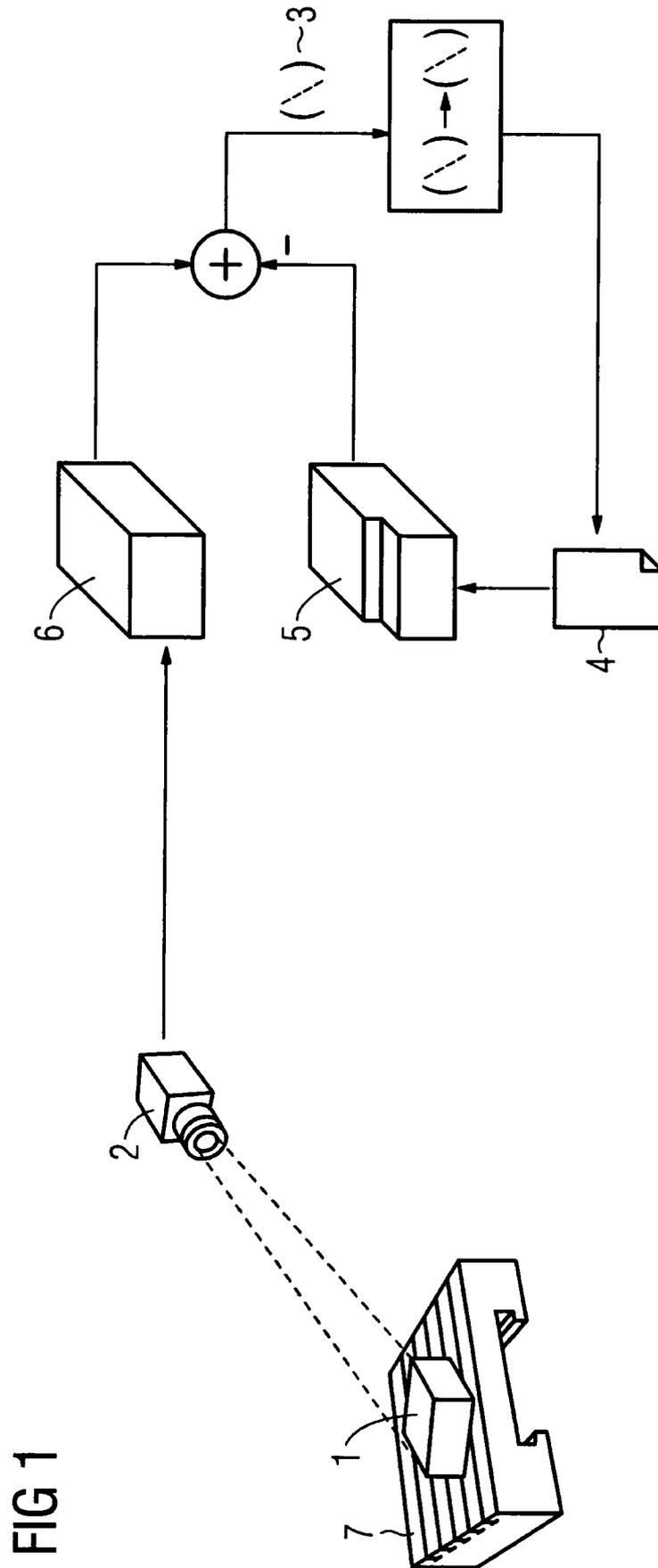


FIG 1

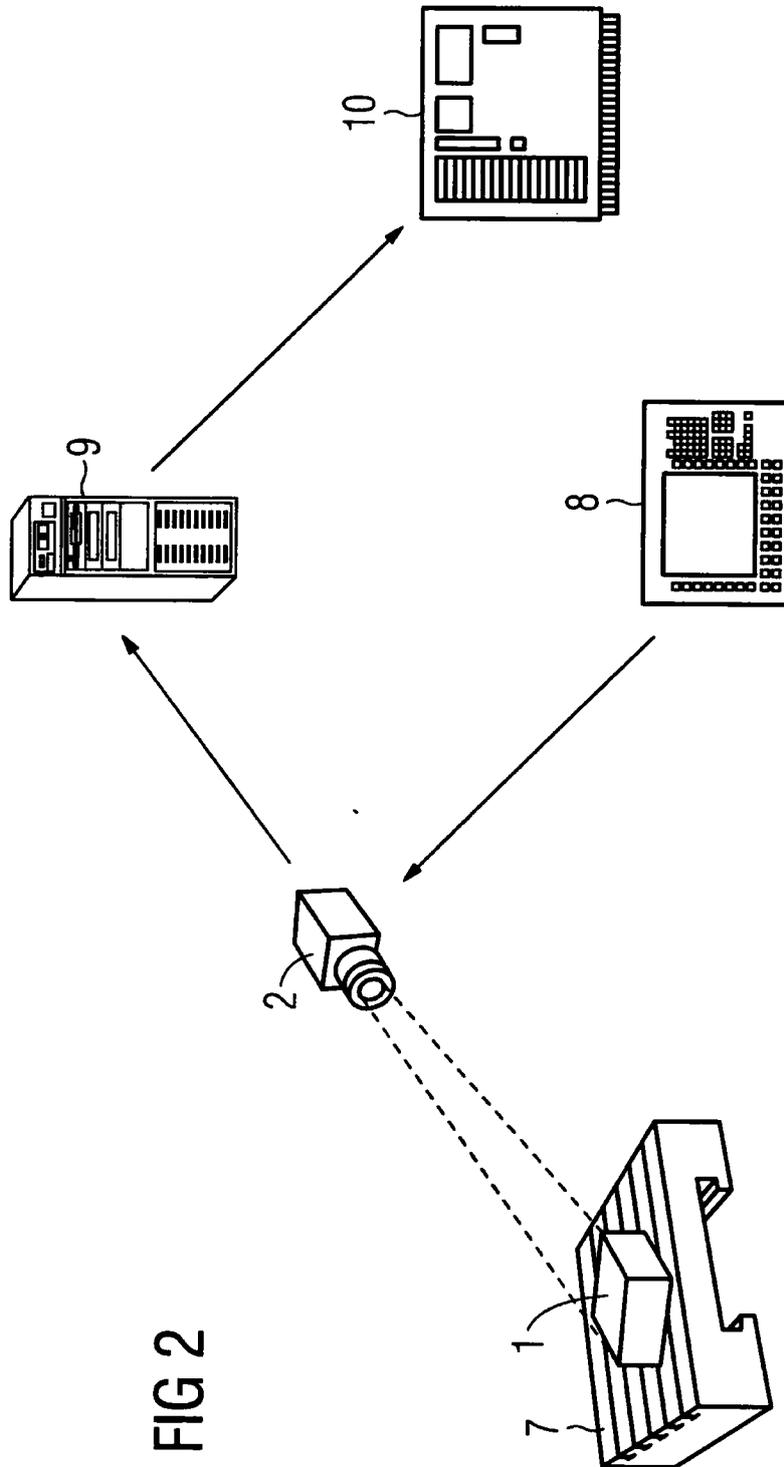


FIG 2