

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50924/2016
(22) Anmeldetag: 14.10.2016
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2019

(51) Int. Cl.: **B25J 9/16** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2011235054 A1
DE 10249786 A1

(73) Patentinhaber:
ENGEL AUSTRIA GmbH
4311 Schwertberg (AT)

(72) Erfinder:
Huber Christian Ing.
4482 Ennsdorf (AT)
Höglinger Wolfgang Dipl.Ing.
4063 Hörsching (AT)

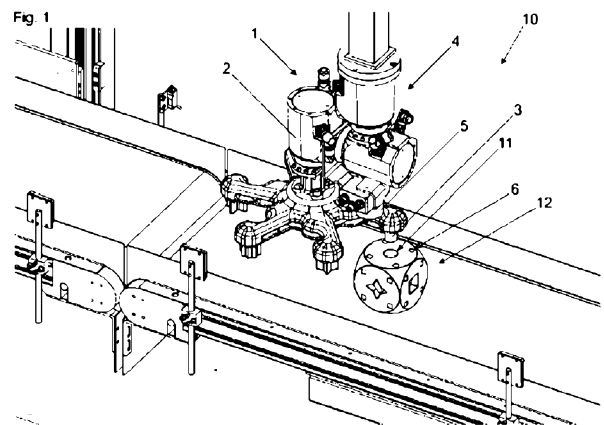
(74) Vertreter:
Mag. Dr. Paul N. Torggler, Dipl.-Ing. Dr. Stephan
Hofinger, Mag. Dr. Markus Gangl, MMag. Dr.
Christoph Maschler, Dipl.-Ing. (FH) Dr. Bernhard
Hechenleitner, Dipl.-Phys. Dr. Almar Lercher
6020 Innsbruck (AT)

(54) Robotersystem

(57) Anordnung aus einem Robotersystem für eine Formgebungsmaschine und zumindest einem als optischen Code ausgeführten Marker (6), wobei das Robotersystem folgendes beinhaltet:

- einen Manipulator (2), geeignet zur Manipulation eines Werkstücks (3),
- einen Bewegungsapparat (4), welcher dazu ausgebildet ist, den Manipulator (2) zu bewegen,
- ein mit dem Manipulator (2) gekoppeltes Messgerät (5) – insbesondere einer Kamera – welches dazu ausgebildet ist, eine Relativposition zwischen zumindest einem in der Umgebung angeordneten Marker (6) und dem Manipulator (2) zu erfassen, sowie
- eine mit dem Messgerät verbundene Berechnungseinheit (7), welche dazu ausgebildet ist, aus der Relativposition zumindest einen Korrekturwert für eine Steuerung und/oder Regelung des Bewegungsapparats (4) zu berechnen,

wobei der zumindest eine Marker (6) zur Erfassung durch das Messgerät (5) geeignet ist und der zumindest eine Marker (6) als Datamatrix und/oder QR-Code ausgebildet ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung aus einem Robotersystem für eine Formgebungsmaschine mit einem Manipulator, geeignet zur Manipulation eines Werkstücks, und einem Bewegungsapparat, welcher dazu ausgebildet ist, den Manipulator zu bewegen, und zumindest einem als optischen Code ausgeführten Marker.

[0002] Manipulatoren werden auch als „End-of-Arm-Tools“ (kurz EoAT, engl.: Werkzeug am Ende des Arms) oder als Übernahmeköpfe bezeichnet und dienen dem Aufnehmen und Ablegen von Halbzeugen, Werkstücken und dergleichen aus oder in Stationen oder Maschinen. Manipulatoren können Haltevorrichtungen zum Halten der Werkstücke und/oder bewegliche Achsen aufweisen. Als Stationen werden dabei Bereiche bezeichnet in denen Halbzeuge bereitgestellt oder Werkstücke abgelegt werden können. Beispiele wären ein Schiebetisch mit Aufnahmepositionen für Halbzeuge oder ein Kühlisch oder Förderband für die Ablage von Fertigteilen bzw. Werkstücken.

[0003] Als Stand der Technik sind Anwendungen und Patente bekannt bei denen durch am Roboter montierte oder extern montierte Kameras zur Führung des Roboters verwendet werden.

[0004] Dabei gibt es prinzipiell zwei verschiedene Verfahren um die Differenz zwischen dem aufgenommenen Bild und der Roboterposition auszusteuern oder -regeln. Diese Verfahren sind allgemein unter dem Begriff „Visual Servoing“ bekannt und werden unterteilt in

IBVS: Image Based Visual Servoing

PBVS: Position Based Visual Servoing

[0005] Diese Verfahren werden zum Beispiel dazu verwendet um Teilen zu folgen oder nicht sortierte Teile aufzunehmen („Griff in die Kiste“).

[0006] Besonders bei der Anwendung „Griff in die Kiste“ sind auch 3D-Kamerasysteme im Einsatz, welche zwei Bilder aus verschiedenen bekannten Positionen zu einer dreidimensionalen Information über das gesuchte Objekt in einer Recheneinheit zusammengefügt werden.

[0007] Des Weiteren sind Verfahren bekannt um den Roboter zu kalibrieren um somit die absolute Genauigkeit eines Roboters zu verbessern. Diese Verfahren werden entweder mit externen Messsystemen wie Laserinterferometer oder Theodoliten durchgeführt oder beruhen auf einer iterativen Berechnung der JACOBIAN Matrix durch Newtonverfahren oder LQR-Verfahren.

[0008] Beispielsweise wird ein Industrierobotersystem mit einem hochwertigen Lasertrackersystem ausgestattet um mit speziellen Roboter-Ablaufprogrammen und einer Schnittstelle zum Lasertracker die Geometrien des vom Roboter verwendeten Manipulators oder des Roboters an sich zu ermitteln bzw. durch die inverse Anwendung zu korrigieren.

[0009] Bei Handhabungsgeräten oder auch Linearrobotern wird von dieser Kalibrierung meist abgesehen, da diese für den relativ großen Arbeitsbereich besonders aufwändig wäre und aufgrund der Bauweise meist ein Umkehrspiel im Antriebsstrang vorhanden ist, was den Einsatz dieser Geräte für genaue kartesische Prozesse erschwert.

[0010] In der US 2011/01235054 A1 und der DE 102 49 786 A1 werden jeweils Robotersysteme mit Markern offenbart, wobei die Marker aus einem oder mehreren Punkten bestehen.

[0011] Diese Verfahren haben alle die Nachteile, dass sie einerseits sehr komplex zu programmieren und auch sehr aufwändig bei jeder Anwendung neu in Betrieb zu nehmen sind. Ein kosteneffizienter Einsatz im Serienmaschinenaufbau ist somit quasi ausgeschlossen.

[0012] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Robotersystem mit gegenüber dem Stand der Technik verbesserten Positionierung - insbesondere hinsichtlich der Genauigkeit und/oder des Zeitraums zum Erreichen einer bestimmten Position - bereitzustellen.

[0013] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0014] Erfindungsgemäß sind vorgesehen:

[0015] - ein mit dem Manipulator gekoppeltes Messgerät - insbesondere eine Kamera - welches dazu ausgebildet ist, eine Relativposition zwischen zumindest einem in der Umgebung angeordneten Marker und dem Manipulator zu erfassen, sowie

[0016] - eine mit dem Messgerät verbundene Berechnungseinheit, welche dazu ausgebildet ist, aus der Relativposition zumindest einen Korrekturwert für eine Steuerung und/oder Regelung des Bewegungsapparats zu berechnen.

[0017] Schutz wird außerdem für eine Formgebungsmaschine mit einer erfindungsgemäßen Anordnung begehrt. Beispiele für Formgebungsmaschinen sind Spritzgießmaschinen, Spritzpressen, Pressen und dergleichen.

[0018] Gegenüber dem Stand der Technik ergeben sich folgende Vorteile:

[0019] • Verbesserte Genauigkeit mit relativ einfachen, kosteneffizienten Mitteln

[0020] • Absolut genaues Verfahren innerhalb eines bestimmtem Arbeitsbereichs

[0021] • Einfache Programmierung von Robotern

[0022] Die erfindungsgemäße Messung der Relativposition zwischen dem zumindest einen Marker und dem Manipulator geschieht in zumindest einer Raumrichtung kann aber auch alle linearen Relativpositionen und einen oder mehrere Koordinaten zur Festlegung einer relativen Orientierung (bspw. Winkel) beinhalten. Anders ausgedrückt wird zumindest eine Relativkoordinate bestimmt. Vorzugsweise werden jedoch zumindest zwei oder drei Relativkoordinaten (gegebenenfalls zusammen mit relativen Orientierungskoordianten) bestimmt, sodass im Idealfall die Relativposition einer Anwendung in einer Ebene absolut bekannt ist.

[0023] Für eine allgemeine Anwendung (ohne Einschränkung auf eine Ebene) sind zur Bestimmung der Lage und Orientierung des Markers sechs Relativkoordinaten (3 Translationen, 3 Rotationen) notwendig. Die Relativposition kann beispielsweise als Abweichung zwischen einem Soll- und einem Ist-Wert einer Bildposition des zumindest einen Markers oder Teilen davon ausgedrückt sein.

[0024] Als Bewegungsapparat können verschiedene Arten von Robotern zum Einsatz kommen. Beispiele wären: Linearroboter mit zwei oder drei kartesisch angeordneten Hauptachsen und optional zusätzlichen Handachsen die typisch als Dreh- oder Schwenkachsen ausgeführt sind, Scara-Kinematiken mit zwei oder drei parallelen Drehachsen und einer Linearachse, Industrieroboter mit beispielsweise 6 Achsen, 7 Achsroboter oder auch Dualarm-Roboter mit 15 oder mehr Achsen.

[0025] Anstelle einer optischen Zentrierung mit einer Kamera sind auch andere berührungslose Systeme denkbar, die als Marker und Messgerät zusammenspielen können. Beispiele wären elektromagnetische Systeme auf Basis von Transpondern wie RFID Chips. Auch Magnetkarten sind möglich. Dabei kann es von Vorteil sein, wenn persistent digitale Identifikationsmerkmale gespeichert werden können und vorzugsweise das berührungsfreie passive Auslesen dieser Merkmale möglich ist.

[0026] Alternativ dazu können diese Identifikationsmerkmale aber auch in der Steuer- und/oder Regeleinrichtung des Bewegungsapparats oder zentral auf einem für die Robotersteuerung verfügbaren Server (bis hin zu einer angebotenen Cloud) abgelegt werden. Dadurch wird vorteilhaft eine einfachere oder auch zentrale Möglichkeit zum Bearbeiten und Ändern der Merkmale erreicht, ohne dass die Lese- /Schreibeinheit in der Nähe des Transponders oder RFID Chips sein muss.

[0027] Die Kopplung des Messgeräts mit dem Manipulator geschieht vorzugsweise durch eine Befestigung des Messgeräts am Manipulator oder im Bereich des End-of-Arm-Tooling ider Nähe des Manipulators so, dass eine Bewegung des Manipulators (durch den Bewegungsapparat) auch eine entsprechende Bewegung des Messgeräts verursacht. Natürlich kann es vorgehen sein, dass eine relative Positionierung des Messgeräts relativ zum zumindest einen

Marker veränderbar bzw. wählbar ist. Dies kann einer Anpassung der Position des Messgeräts in Bezug auf den Manipulator zur Erweiterung des fokussierbaren Bereichs, aber beispielsweise auch der Gewinnung von Tiefeninformationen, dienen.

[0028] Ein wichtiger Aspekt ist, dass für die Handhabung von Teilen immer die Relativposition zwischen dem am Bewegungsapparat montierten Manipulator und der Station die für die Bereitstellung bzw. die Aufnahme der handzuhabenden Teile erfasst wird. Im Gegensatz dazu ist beim Durchführen von Formgebungsprozessen meist eine absolute Position des Manipulators über einen größeren zumindest dem Prozess notwendigen Bereich notwendig. Aber auch bei diesen Anwendungsfällen, kann die Erfindung vorteilhaft eingesetzt werden.

[0029] Der zumindest eine Marker ist als optischer Code - vorzugsweise im Zusammenspiel mit einer Kamera als Messgerät - ausgeführt.

[0030] Der zumindest eine Marker ist als Datamatrix- oder QR-Code ausgebildet, was eine besonders einfache zweidimensionale Ausführung darstellt.

[0031] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0032] Es kann eine mit der Berechnungseinheit verbundene Steuer- und/oder Regeleinheit zur Steuerung und/oder Regelung zumindest eines kinematischen Parameters des Bewegungsapparats - insbesondere zumindest einer Position - vorgesehen sein.

[0033] Es kann zumindest ein Positionssensor vorgesehen sein, welcher dazu ausgebildet ist, eine Stellung des Bewegungsapparates (auch bezeichnet als „Roboter-Pose“) zu erfassen, und die Steuer- und/oder Regeleinheit kann dazu ausgebildet sein, den Bewegungsapparat unter Verwendung der durch den zumindest einen Positionssensor gemessenen Stellung des Bewegungsapparats zu steuern und/oder zu regeln.

[0034] Die Berechnungseinheit kann mit dem zumindest einen Positionssensor verbunden und dazu ausgebildet sein, die gemessene Stellung des Bewegungsapparats bei der Berechnung des Korrekturwerts zu berücksichtigen.

[0035] Die Steuer- und/oder Regeleinheit kann dazu ausgebildet sein, den Korrekturwert zur Bestimmung und/oder Korrektur eines bei der Steuerung und/oder Regelung des Bewegungsapparats auftretenden Soll-Werts zu verwenden. Dies kann im Rahmen einer überlagerten Steuerung und/oder Regelung geschehen und erlaubt eine Erhöhung der Präzision der Steuerung und/oder Regelung.

[0036] Es kann vorgesehen sein, dass der Bewegungsapparat dazu ausgebildet ist, das Messgerät im Rahmen einer von einem Bediener und/oder programmatisch vorgegebenen Suchfahrt so zu positionieren, dass der zumindest eine Marker in einem Erfassungsbereich des Messgeräts liegt. Ein automatisches oder semiautomatisches Einlesen des zumindest einen Markers bzw. Einrichten des Robotersystems ist dadurch möglich.

[0037] Es kann vorgesehen sein, dass das Messgerät dazu ausgebildet ist, vom zumindest einen Marker bereitgestellte kodierte Informationen zu erfassen und an die Berechnungseinheit und/oder die Steuer- und/oder Regeleinheit weiterzugeben. Der zumindest eine Marker kann dabei dazu ausgebildet sein, kodierte Informationen für das Auslesen durch das Messgerät bereitzustellen.

[0038] In einer besonders vorzugsweisen Ausführung wird mit der kodierten Information ein Sollwert oder eine Korrektur in der Steuer- und/oder Regeleinheit ermittelt und für die Berechnung des für den Bewegungsapparat verwendeten Vorgabe-Soll-Werts zu verwenden. Dies kann im Rahmen einer überlagerten Steuerung und/oder Regelung geschehen und erlaubt eine Erhöhung der Präzision der Steuerung und/oder Regelung.

[0039] Entsprechend kodierte Informationen können aber auch einen Positionsoffset zwischen dem Marker und einer Einsatzstelle für den Manipulator sein.

[0040] Entsprechend kodierte Informationen können aber auch weitere eine Anzahl und/oder der Positionsoffset weiterer relevanter Marker sein, wobei mehrere Marker ein Koordinatensys-

tem einer Station oder ein Korrektursystem zum Linearisieren der Roboterkinematik bilden.

[0041] Entsprechende kodierte Informationen können aber auch Steuer- oder Bewegungsbe-
fehle für weitere Prozessschritte beinhalten.

[0042] Es kann vorgesehen sein, dass das Messgerät dazu ausgebildet ist, vom zumindest
einen Marker in der Berechnungseinheit die Relativposition des Markers zum Messgerät zu
ermitteln und/oder in der Steuer- und/oder Regeleinheit so abzulegen, dass ein Anfahren einer
mittels der kodierten Information des Markers kodierten Position möglich ist.

[0043] In einer besonders vorzugsweisen Ausführung ist dabei im Marker eine eindeutige Iden-
tifikation (Id, Nummer, Link) als kodierte Information hinterlegt und kann von der von der Steuer-
und/oder Regeleinheit zum Nachschlagen von dort hinterlegten Werten verwendet werden. Eine
entsprechend kodierte Information kann auch eine Adresse (Link) in einem zentralen Rechner-
system (Server, Cloud, ...) sein, welche weitere Informationen zum anzuwendenden Prozess,
zu den Teilen oder zur Produktion beinhaltet.

[0044] Die zur eindeutigen Identifikation des Markers in der Steuer- und/oder Regeleinheit
und/oder in einem zentralen Rechnersystem hinterlegten Informationen können auch während
des Einlernvorgangs (Teachen) der besten Manipulator-Zielposition zum Durchführen des
Prozesses aus der vom Positionssensor ermittelten Relativposition oder aus vom Position-
sensor ermittelten Relativposition und aus weiteren Informationen aus der Steuer- und/oder
Regeleinheit bestimmt und gespeichert werden.

[0045] Dabei kann vorgesehen sein, dass die Steuer- und/oder Regeleinrichtung bei einem
Einlernen einer Bewegungsabfolge durch eine Interaktion eines Benutzers das Speichern der
Relativposition durchführt.

[0046] Die zusätzlichen Informationen im Marker können sowohl optisch als auch auf andere
Weise (beispielsweise über magnetische Marker oder ein RFID-Tag als Identifikation über ein
Radiofrequenzsignal) kodiert sein.

[0047] Es kann vorgesehen sein, dass Informationen über relative Positionen für weitere Stati-
onen eines Bewegungsablaufs beim Einlernen von Stellungen des Bewegungsapparats zu-
sammen mit der Relativposition des Messgeräts hinterlegt werden. Das Kodieren der Informati-
onen im Marker kann dabei vermieden werden, wodurch einfachere Marker verwendet werden
können.

[0048] Es kann vorgesehen sein, dass das Messgerät dazu ausgebildet ist, mehrere Marker zu
erfassen, wobei die Berechnungseinheit dazu ausgebildet ist, durch die Positionen der Marker
ein zumindest zweidimensionales Koordinatensystem festzulegen. Durch die erhöhte Zahl an
Referenzpunkten und gegebenenfalls den verringerten Abstand zwischen diesen, kann in einer
solchen Ausführungsform ein Arbeitsbereich mit sehr hoher Genauigkeit für die Steuerung
und/oder Regelung des Manipulators geschaffen werden. Mit einer zusätzlichen Interpolation
zwischen den nun als Stützstellen dienenden Marker kann ein kalibriertes Handlingsystem mit
näherungsweise linearem Maßstab und einer erfindungsgemäßen Verbesserung der absoluten
Positioniergenauigkeit erreicht werden.

[0049] Es kann ein Kalibriersystem vorgesehen sein, welches dazu ausgebildet ist, eine relative
Lage zwischen dem Messgerät und der Manipulator zu erfassen, und dass die Berechnungs-
einheit und/oder die Steuer- und/oder Regeleinheit dazu ausgebildet ist, die relative Lage bei der
Berechnung des Korrekturwerts zu berücksichtigen. Insbesondere können auch relative Lagen
zwischen dem Messgerät und Teilen des Manipulators bzw. der Manipulatorkinematik erfasst
werden.

[0050] Ein Kalibriersystem kann für zwei Aufgaben verwendet werden. Zunächst kann durch
Abbilden und Auswerten eines Prüfmusters die Verzerrung des optischen Systems bestimmt
und in weiterer Folge korrigiert werden (man spricht auch von den intrinsischen Parametern).
Weiter kann man das gleiche Prüfmuster aus mehreren Roboterpositionen (Achsstellungen)
aufnehmen und daraus die genaue Montageposition und/oder -orientierung der Kamera am

Manipulator bestimmen (man spricht von den extrinsischen Parametern). Ein sehr einfaches Prüfmuster wäre in Form eines regelmäßigen Rasters mit bekannten Abmessungen (vgl. Schachbrett mit schwarzen und weißen Feldern) gegeben.

[0051] Es kann vorgesehen sein, dass das Messgerät dazu ausgebildet ist, im Rahmen der Erfassung der Relativposition eine Distanz und/oder eine relative Orientierung zwischen dem zumindest einen Marker einerseits und dem Messgerät und/oder dem Manipulator andererseits zu erfassen. Wird beispielsweise eine Kamera im Zusammenspiel mit einem optischen Marker verwendet, kann durch die Größe des Markers, wie sie von der Kamera erfasst wird, auf einfache Weise eine Abstandsinformation gewonnen werden. Auch bei Ausführungen mit beispielsweise einem magnetischen Marker kann die Distanz direkt oder indirekt durch die Magnetfeldstärke gemessen werden.

[0052] Durch das Bestimmen der Distanz zwischen dem zumindest einen Marker und Manipulator bzw. Messgerät, kann auf einfache Weise eine Relativposition in allen drei Raumdimensionen - und daher auch ein Korrekturwert für alle drei Raumdimensionen - gewonnen werden. Durch die Verwendung von zweidimensionalen Geometrien als Marker - vorzugsweise standardisierte Datamatrix oder QR-Codes - kann zudem die Lage des Markers relativ zur Orientierung des Manipulators bzw. Messgeräts ermittelt werden.

[0053] Ist zudem die Größe des für die jeweilige Anwendung gewählten Markers bekannt oder als kodierte Information im Marker hinterlegt vereinfacht sich die Abstandsbestimmung bzw. kann die Robustheit erhöht werden. Die Größe des Markers könnte aber auch auf Grund der gegebenen Platzverhältnisse variieren und dann für die jeweils relevante Position, den relevanten Bereich oder relevanten Ablauf im Roboterprogramm bzw. der Steuer- und/oder Regeleinheit beim Einlernen (Teachen) hinterlegt werden.

[0054] Es kann vorgesehen sein, dass der Manipulator zum Aufnehmen und Ablegen eines Werkstücks ausgebildet ist. In diesem Fall spricht man von einem Handhabungsroboter (im Gegensatz zu einem Industrieroboter).

[0055] Der zumindest eine Marker kann zur Festlegung zumindest zweier Koordinaten-Richtungen ausgebildet sein.

[0056] Es kann vorgesehen sein, verschiedene Typen von Markern für verschiedene Aufgaben (Ablage, Aufnahme, Entnahme, Einlegen) des Manipulators einzusetzen.

[0057] Diese Typen von Markern können für mehrere Robotersysteme standardisiert sein und, je nach hinterlegten Informationen (Positionen, Abläufe, Peripherie/Werkzeugtypen, Typen von Manipulatoren), aus einer Datenbank abrufbar sein.

[0058] Manipulatoren werden auch als „End-of-Arm-Tools“ (engl.: Werkzeug am Ende des Arms) oder beim Spezialfall eines Manipulators zu Aufnehmen und Ablegen von Halbzeugen, Werkstücken und dergleichen als Übernahmeköpfe bezeichnet. Manipulatoren können Haltevorrichtungen zum Halten der Werkstücke und/oder bewegliche Achsen zur linearen und rotatorischen Bewegung der Werkstücke aufweisen.

[0059] In einer bevorzugten Ausführungsform kann der zumindest eine Marker durch Erhöhungen und/oder Vertiefungen in einer den zumindest einen Marker tragenden Fläche ausgebildet und/oder positioniert sein. Dies kann eine besonders präzise Messung der Relativposition erlauben, insbesondere wenn die Erhöhungen und/oder Vertiefungen mittels CNC-Fräsen in eine Werkbank oder dergleichen gefertigt werden.

[0060] Die erfindungsgemäße Bestimmung der Relativposition zwischen dem zumindest einen Marker und dem Manipulator kann auch dann genutzt werden, wenn der zumindest eine Marker auf einer bewegbaren Komponente angeordnet ist. Das Robotersystem kann dann dazu verwendet werden, den Manipulator abgestimmt - insbesondere synchronisiert - mit der Komponente zu bewegen. Eine weitere bestimmungsgemäße Verwendung wäre, wenn zumindest ein Marker auf einer Maschinenkomponente angeordnet ist, welche nach einer schnellen Bewegung noch ausschwingt und das Robotersystem den Manipulator bereits während des Aus-

schwingvorgangs synchronisiert den nächsten Prozessschritt durchführen kann. Dadurch kann der Durchsatz der Produktion des Robotersystems erhöht werden.

[0061] Die bewegbare Komponente kann dabei durch ein Teil der Anordnung oder eine Vorstufe eines zu produzierenden Teils gebildet sein. Es ist auch möglich den Marker auf einem von einem Bediener zu bewegenden Handgerät anzuordnen, wodurch das Handgerät zu einer Art Fernbedienung für das Robotersystem wird. Es kann zur Bewegung des Robotersystems genutzt werden oder um Bewegungsabläufe zu „teachen“, d.h. die durchgeführte Bewegung bzw. Zielposition wird gespeichert, um beispielsweise bei einem zyklisch ablaufenden Prozess wiederholt durchgeführt zu werden. Die bewegte Komponente kann sehr einfach ausgeführt sein und kann auf einen gedruckten Marker (bspw. QR-Code auf Papier gedruckt) reduziert sein.

[0062] Das erfindungsgemäße Robotersystem kann eine Positionsgenauigkeit mit Abweichungen von weniger als 1 mm, bevorzugt weniger als 5 Zehntel Millimetern und besonders bevorzugt mit weniger als 5 Hundertstel Millimetern, aufweisen. Das Messgerät kann zur Erfassung der Relativposition mit Abweichungen von weniger als 1 mm, bevorzugt weniger als 5 Zehntel Millimetern und besonders bevorzugt mit weniger als 5 Hundertstel Millimetern, ausgebildet sein.

[0063] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich anhand der Figuren und der dazugehörigen Figurenbeschreibung. Dabei zeigen:

- [0064]** Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Anordnung,
[0065] Fig. 2 das in Fig. 1 dargestellte, erfindungsgemäße Robotersystem aus einer anderen Perspektive,
[0066] Fig. 3a ein Beispiel für die Ausbildung des zumindest einen Markers,
[0067] Fig. 3b ein weiteres Ausführungsbeispiel mit zwei Markern,
[0068] Fig. 3c ein weiteres Ausführungsbeispiel mit einer Vielzahl von Markern,
[0069] Fig. 4a und 4b Ausführungen mit Markern, die durch Erhöhungen und/oder Vertiefungen gebildet sind, sowie
[0070] Fig. 5 ein Ausführungsbeispiel für eine Anordnung mehrerer Marker mit einem auswertbaren Maßstab.

[0071] In Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße Anordnung 10 aus einem erfindungsgemäßen Robotersystem 1 und Markern 6 dargestellt.

[0072] Die Marker 6 sind in diesem Fall auf einer Komponente 12 angeordnet. Die Komponente 12 ist auf einem Förderband abgelegt und kann dadurch bewegt werden. Die Komponente verfügt über mehrere Einsatzstellen 11, an welchen Werkstücke 3 eingesetzt werden können.

[0073] Die Aufgabe des Robotersystems 1 besteht darin, zu erkennen, welche Einsatzstelle 11 der Komponente nach oben weist und welches Werkstück 3 welcher Form in die nach oben weisende Einsatzstelle 11 einzusetzen ist. In Figur 1 ist die Einsatzstelle 11 eine kreisrunde Öffnung und das entsprechende Werkstück 3 ist ein Zylinder mit der Grundfläche einer Kreisscheibe.

[0074] Dafür verfügt das Robotersystem 1 über das Messgerät 5 - in diesem Fall eine Kamera. Statt komplexer Bilderkennung werden aber Marker 6 verwendet, welche an der Komponente 6 angeordnet sind. Diese können über die Kamera erfasst werden und liefern Informationen über den Offset (bzw. einen eindeutigen Identifier über welchen der im Steuerungssystem beim Teachin abgelegte Offset abgerufen werden kann), welcher zwischen dem jeweiligen Marker 6 und der Einsatzstelle 11 vorhanden ist, und darüber, welches Werkstück 3 eingesetzt werden muss.

[0075] Das Robotersystem 1 in Figur 1 ist hängend angeordnet. In Figur 2 ist das Robotersystem 1 vergrößert und aus einer Perspektive von unten dargestellt. Ein Teil des Bewegungsapparates 4, der Manipulator 2 und das Messgerät 5 in Form einer Kamera sind gut zu erkennen.

[0076] Schematisch sind außerdem die Berechnungseinheit 7 und die Steuer- oder Regeleinheit 8 eingezeichnet. Die Berechnungseinheit 7 ist mit dem Messgerät 5 verbunden und berechnet den zumindest einen Korrekturwert aus den Messwerten. Außerdem ist die Berechnungseinheit 7 mit der Steuer- oder Regeleinheit 8 verbunden.

[0077] In der hier gezeigten Ausführungsform ist die Regelung des Bewegungsapparats 4 nach der Position des Manipulators vorgesehen, wofür (in Antriebe des Bewegungsapparats 4 integrierte und daher nicht zu erkennende) Positionssensoren am Bewegungsapparat 4 vorhanden sind.

[0078] Die Verbindung zwischen diesen Positionssensoren und den Antriebssteuerungen für den Bewegungsapparat 4 einerseits und der Steuer- oder Regeleinheit 8 andererseits ist ebenfalls schematisch dargestellt.

[0079] In der gezeigten Ausführungsform werden Messwerte der Positionssensoren bei der Berechnung des Korrekturwerts verwendet, wofür sie von der Steuer- oder Regeleinheit 8 zur Berechnungseinheit 7 übertragen werden.

[0080] Es ist zu bemerken, dass die Berechnungseinheit 7 und die Steuer- oder Regeleinheit 8 nicht separate physische Objekte darstellen müssen. In vielen Fällen werden sowohl die Berechnungseinheit 7 und die Steuer- oder Regeleinheit 8 als Programmmodule einer zentralen Anlagensteuerung ausgeführt sein. Natürlich ist es auch möglich, die Berechnungseinheit 7 und die Steuer- oder Regeleinheit 8 separat auszuführen. Beispielsweise kann die Steuerung bzw. Regelung des Bewegungsapparats 4 in die Antriebsmodule des Bewegungsapparats 4 integriert sein. In anderen Ausführungen können die gesamte Berechnungseinheit oder Teilaufgaben der Berechnungseinheit im Kamerasystem integriert sein.

[0081] Der Manipulator 2 verfügt im vorliegenden Fall über zumindest eine rotatorische Achse, um ein entsprechendes Werkstück 3 entsprechend platzieren zu können. Die in diesem Ausführungsbeispiel vorhandenen linearen Achsen sind der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt.

[0082] Das Messgerät 5 ist vor der Drehachse des Manipulators 2 montiert, sodass sich eine Bildebene mit der Ebene des Manipulators 2 bestmöglich deckt.

[0083] Im Ausführungsbeispiel nach den Figuren 1 und 2 kann das Einsetzen des Werkstücks 3 in die Einsatzstelle 11 sowohl bei stillstehender Komponente 12 (also bei ruhendem Förderband) als auch bei bewegter Komponente 12 (bei Bewegung des Förderbands) geschehen. Das bewegbare Förderband ist ein Teil der Station, bestehend aus mehreren Förderbändern.

[0084] Zu Fig. 3a: Durch Verwendung mindestens eines zweidimensionalen Codes als zumindest einem Marker, welcher an der Werkbank (Ablage-/Aufnahmestation) oder in der Formgebungsmaschine (Einlegestation) angebracht ist und durch eine am Manipulator angebrachte optische Kamera erfasst wird, werden die am Manipulator vorhandenen Abweichungen oder Schwingungen gegenüber dem bloßen Steuern und/oder Regeln des Bewegungsapparats verbessert ohne Nachteile, wie sie im Stand der Technik auftreten, in Kauf zu nehmen.

[0085] Da typischerweise die Werkbank des Robotersystems aus CNC-bearbeiteten Teilen aufgebaut wird, kann bei diesem Arbeitsschritt mit hoher Genauigkeit eine Positionierhilfe in Form zumindest eines erfindungsgemäßen Markers für die in einem weiteren Arbeitsschritt aufzubringenden Bildcodes vorzugsweise in einer Vertiefung oder einer Umrandung vorgesehen werden.

[0086] Am Manipulator wird eine optische Kamera zur Identifizierung von mindestens einem zwei- oder mehrdimensionalen Marker in Form eines Bildcodes (auch genannt „Datamatrix-Code“) mitgeführt.

[0087] Der Bildcode kann dabei auch mit einem funk- oder magnetbasierten Code (RFID) kombiniert sein.

[0088] Die Datamatrix-Codes sind dabei bspw. auf Anlagenteilen (z.B.: Peripherie, Förderband, Werkzeug usw.) angebracht. Eine vorzugsweise Möglichkeit besteht darin, unterschiedliche

Datamatrix-Codes in einer Formgebungsmaschine (Spritzgießmaschine, Beschriftungslaser, 3D-Drucker, usw.) aus zwei Komponenten mit verschiedenen Eigenschaften (bspw. Farben) herzustellen. Dies kann ein Serienprozess für eine überschaubare Anzahl unterschiedlicher Codes sein oder in einem additiven Fertigungsverfahren (Losgröße 1: 3D-Druck, usw.) hergestellt werden. Dabei können Materialien mit besonders gut geeigneten Oberflächen (keine Spiegelung) bei ausreichender Robustheit gegen Kratzer, Verschmutzung, Luftfeuchtigkeit oder ähnlichem eingesetzt werden.

[0089] Wird z.B. der zumindest eine Marker in der Nähe eines abzulegenden oder aufzunehmenden Teils angebracht, kann der Roboter den absoluten Positionsoffset einmalig speichern. Der Positionsoffset besteht dabei in dieser Ausführungsform aus einem zweidimensionalen Abstand und einem Winkel relativ zum Datamatrix-Code. Ändert sich die Aufnahme / Ablagefläche aus irgendeinem Grund relativ zum Roboterkoordinatensystem muss kein erneutes Einlernen mehr stattfinden, da der Roboter nur bezogen auf den Datamatrix-Code das entsprechende Teil ablegt oder aufnimmt. Voraussetzung dafür ist natürlich, dass sich der Abstand zwischen Ablagepunkt bzw. Aufnahmeort und Datamatrix-Code nicht mehr verändert, was aber durch die CNC-Bearbeitung der Station und die dauerhafte Befestigung des Markers (Kleben, Stecken, Einpressen, Verschrauben, usw.) einfach erreicht werden kann.

[0090] Die Prüfung des Datamatrix-Codes kann azyklisch vorzugsweise nach Änderungen der Konfigurationsdaten (Teiledaten) oder nach Befüllung und Positionieren des Bereitstellungssystems (bspw. Schiebetisch) oder zyklisch vorzugsweise in größeren Abständen oder besonders vorzugsweise nach Temperaturänderungen erfolgen. Aus Optimierungsgründen wird in den restlichen Zyklen auf eine Überprüfung des Datamatrix-Codes verzichtet und es kann auch gleich der gespeicherte Positionsoffset zum anzufahrenden Ziel aufgenommen werden, ohne Zwischenpositionen anfahren zu müssen. In einer besonders sicheren Variante wird die Messung der Relativposition und/oder die Bestimmung des zumindest einen Korrekturwerts in jedem Zyklus eines zyklisch ablaufenden Prozesses durchgeführt.

[0091] Das erstmalige Finden des Datamatrix-Codes kann entweder manuell oder mittels Suchfahrt automatisch gelöst werden.

[0092] Das Finden des Datamatrix-Codes mit zusätzlichem RFID-Code kann unter Zuhilfenahme eines RFID Empfängers vereinfacht werden und vorzugsweise aus größerer Entfernung erfolgen.

[0093] Der Positionsoffset kann entweder im Roboterprogramm hinterlegt, optisch in den Code integriert oder in einem kombinierten RFID-Tag oder aber auf einem dafür vorgesehenen Server abgespeichert werden. Der Abruf erfolgt also entweder direkt mittels optischem oder elektromagnetischem Messgerät oder indirekt mit dem beispielsweise optisch ermittelten Identifier des zumindest einen Markers als Schlüssel für eine Tabelle (Datenbank).

[0094] Zu Fig. 3b: Werden mehrere vorzugsweise mindestens drei Datamatrix-Codes in einem Aufnahme- oder Ablagebereich angeordnet, so kann eine verbesserte Positionierung über den gesamten durch die Datamatrix-Codes umgrenzten Bereich (natürlich in gewissen Grenzen auch außerhalb davon) erreicht werden. Durch das Anfahren und Einmessen der Datamatrix-Codes kann der Roboter die absoluten Fehler des Manipulators im Bereich der Datamatrix-Codes automatisch korrigieren. Aus den Messdaten kann ein detailliertes zwei- oder mehrdimensionales Koordinatensystem für die durch die Codes gekennzeichnete Arbeitsfläche erstellt werden. Wenn die Arbeitsfläche an eine andere Position vorzugsweise nach einem Konfigurationswechsel verschoben wird, muss kein neues Einmessen mehr stattfinden. Es muss lediglich der oder die entsprechenden Marker wieder aufgefunden werden.

[0095] Die dritte Dimension des Korrekturrasters wird entweder aus der in der Kamera abgebildeten Markergröße (kleinerer Marker ist weiter weg, größerer Marker ist näher) über eine Bewegung der Kamera, die Tiefeninformation der Kamera (Bildgröße des Codes) und/oder zusätzliche in der dritten Ebene angebrachte zusätzliche Marker ermittelt werden.

[0096] In den Datamatrix-Codes oder in den mit RFID erweiterten Datamatrix-Codes können

zusätzliche Informationen (z.B.: Programmparameter oder sogar Programmsequenzen) enthalten sein, die das Robotersystem dazu befähigen, in einen beliebigen Maschinenteil Teile abzuliegen oder zu entnehmen, ohne dass diese explizit in der Robotersteuerung programmiert werden. Dadurch kann eine Speicherung von Teiledaten in den Markern in den einzelnen Stationen erreicht werden, wodurch nach einem Umbau die üblicherweise notwendige Änderung an den Parametern entfallen kann.

[0097] Zusätzliche Informationen können Bilder, Positionen, Programmierbefehle, Temperaturkurven, Positionsoffset, usw. sein.

[0098] Zu Fig. 3c: Durch das Verwenden einer größeren Anzahl an Datamatrix-Codes können die Nichtlinearitäten im Positionsmaßstab des Manipulators ausgeglichen werden:

[0099] Der Marker kann auch auf einem bewegten Maschinen- oder Werkzeugteil befestigt werden und damit eine Synchronisation des Roboters zu dieser Bewegung erreicht werden.

[00100] Zu Fig. 4a und 4b: Durch hervorstehende Dorne als Form einer Erhöhung (Fig. 4a, Dorne kreisförmig) oder flächige Vertiefungen (Fig. 4a und 4b) können Marker, beispielsweise in Form von QR-Codes, hoch-präzise positioniert bzw. sogar gebildet werden.

[00101] Es können mehrere Marker 6, die ausschließlich nach der Position (und nicht der Orientierung) ausgewertet werden, zu einem Koordinatensystem und auch zur Maßstabkorrektur des Robotersystems 1 verwendet werden.

[00102] Zu Fig. 5: Durch einen zusätzlichen optisch auswertbaren Maßstab in Form eines Lineals 14 kann die Position des Robotersystems bzw. die Stellung des Bewegungsapparats 4 fortlaufend korrigiert werden. Es reicht aus, wenn die Korrektur azyklisch nach Änderungen am Robotersystem 1 oder der Station oder das Robotersystem 1 und die Station umgebende Bedingungen (Temperatur, usw.) ausgeführt wird.

[00103] Der Übersichtlichkeit halber sind in den Figuren nicht immer alle Elemente mit Bezugszeichen versehen, wenn bereits ein Element in der entsprechenden Figur mit dem entsprechenden Bezugszeichen versehen wurde. Dies betrifft insbesondere die Marker 6, die Werkstücke 3 und die Einsatzstellen 11.

Patentansprüche

1. Anordnung aus einem Robotersystem für eine Formgebungsmaschine und zumindest einem als optischen Code ausgeführten Marker (6), wobei das Robotersystem folgendes beinhaltet:
 - einen Manipulator (2) zur Manipulation eines Werkstücks (3),
 - einen Bewegungsapparat (4) zur Bewegung des Manipulators (2),
 - ein mit dem Manipulator (2) gekoppeltes Messgerät (5) - insbesondere eine Kamera -, welches Messgerät (5) eine Relativposition zwischen zumindest einem in der Umgebung angeordneten Marker (6) und dem Manipulator (2) erfasst, sowie
 - eine mit dem Messgerät verbundene Berechnungseinheit (7), welche aus der Relativposition zumindest einen Korrekturwert für eine Steuerung und/oder Regelung des Bewegungsapparats (4) berechnet,wobei das Messgerät (5) den zumindest einen Marker (6) erfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine Marker (6) als Datamatrix und/oder QR-Code ausgebildet ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine mit der Berechnungseinheit (7) verbundene Steuer- und/oder Regeleinheit (8) zur Steuerung und/oder Regelung zumindest eines kinematischen Parameters des Bewegungsapparats (4) - insbesondere zumindest einer Position - vorgesehen ist.
3. Anordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Positionssensor vorgesehen ist, welcher eine Stellung des Bewegungsapparates (4) erfasst, und dass die Steuer- und/oder Regeleinheit (8) den Bewegungsapparat (4) unter Verwendung der durch den zumindest einen Positionssensor gemessenen Stellung des Bewegungsapparats (4) steuert und/oder regelt.
4. Anordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Berechnungseinheit (7) mit dem zumindest einen Positionssensor verbunden ist und die gemessene Stellung des Bewegungsapparats (4) bei der Berechnung des Korrekturwerts berücksichtigt.
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuer- und/oder Regeleinheit (8) den Korrekturwert zur Bestimmung und/oder Korrektur eines bei der Steuerung und/oder Regelung des Bewegungsapparats (4) auftretenden Soll-Werts verwendet.
6. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Bewegungsapparat (4) das Messgerät (5) im Rahmen einer von einem Bediener und/oder programmatisch vorgegebenen Suchfahrt so positioniert, dass der zumindest eine Marker (6) in einem Erfassungsbereich des Messgeräts (5) liegt.
7. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Messgerät (5) vom zumindest einen Marker (6) bereitgestellte kodierte Informationen erfasst und an die Berechnungseinheit (7) und/oder die Steuer- und/oder Regeleinheit (8) weitergibt.
8. Anordnung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Berechnungseinheit (7) die Relativposition des Markers (6) zum Messgerät (5) ermittelt und/oder in der Steuer- und/oder Regeleinheit (8) so abzulegt, dass ein Anfahren einer mittels der kodierten Information des Markers (6) kodierten Position möglich ist.
9. Anordnung nach dem Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuer- und/oder Regeleinheit bei einem Einlernen einer Bewegungsabfolge durch eine Interaktion eines Benutzers das Speichern der Relativposition durchführt.
10. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Messgerät (5) mehrere Marker (6) erfasst, wobei die Berechnungseinheit (7) durch die Positionen der Marker (6) ein zumindest zweidimensionales Koordinatensystem festlegt.

11. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Kalibriersystem vorgesehen ist, welches eine relative Lage zwischen dem Messgerät (5) und dem Manipulator (2) erfasst, und dass die Berechnungseinheit (7) und/oder die Steuer- und/oder Regeleinheit (8) die relative Lage bei der Berechnung des Korrekturwerts berücksichtigt.
12. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Messgerät (5) im Rahmen der Erfassung der Relativposition eine Distanz und/oder eine relative Orientierung zwischen dem zumindest einen Marker (6) einerseits und dem Messgerät (5) und/oder dem Manipulator (2) andererseits erfasst.
13. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Manipulator (2) ein Werkstück (3) aufnimmt und ablegt.
14. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine Marker (6) zumindest zwei Koordinaten-Richtungen festlegt.
15. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine Marker (6) durch Erhöhungen und/oder Vertiefungen in einer den zumindest einen Marker (6) tragenden Fläche ausgebildet und/oder positioniert ist.
16. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine Marker (6) kodierte Informationen für das Auslesen durch das Messgerät (5) bereitstellt.
17. Anordnung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine Marker (6) einen Positionsoffset zwischen dem Marker (6) und einer Einsatzstelle (11) für den Manipulator (2) als Information für das Messgerät (5) bereitstellt.
18. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Informationen über relative Positionen für weitere Stationen eines Bewegungsablaufs, welche beim Einlernen von Stellungen des Bewegungsapparats (4) bereitgestellt sind, zusammen mit der Relativposition des Messgeräts (5) hinterlegt sind.
19. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine Marker (6) auf einer bewegbaren Komponente (12) angeordnet ist und dass das Robotersystem (1) den Manipulator (2) abgestimmt - insbesondere synchronisiert - mit der Komponente (12) bewegt.
20. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine Marker (6) ein 2-Komponenten-Spritzgußteil ist.
21. Formgebungsmaschine mit einer Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

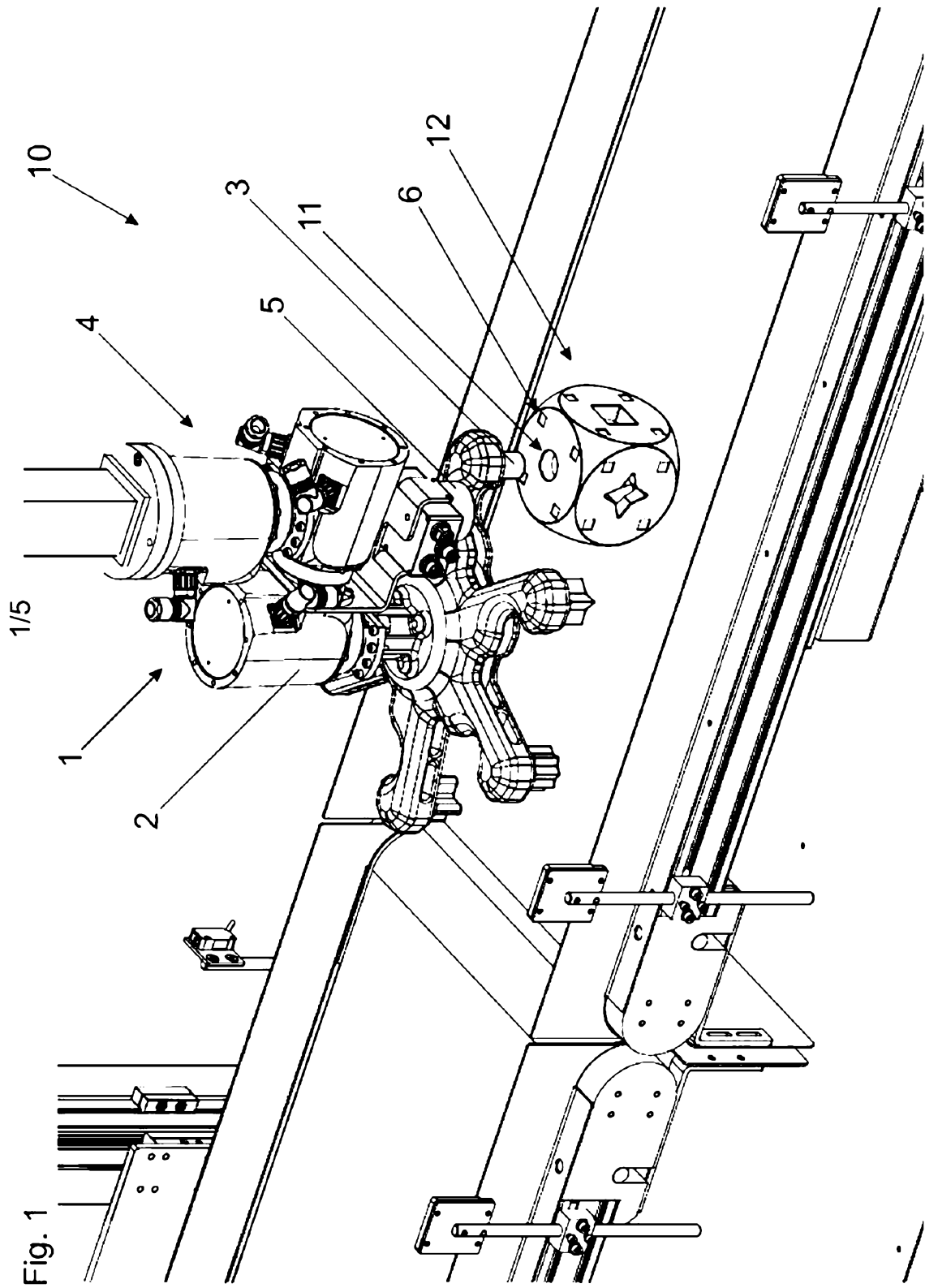
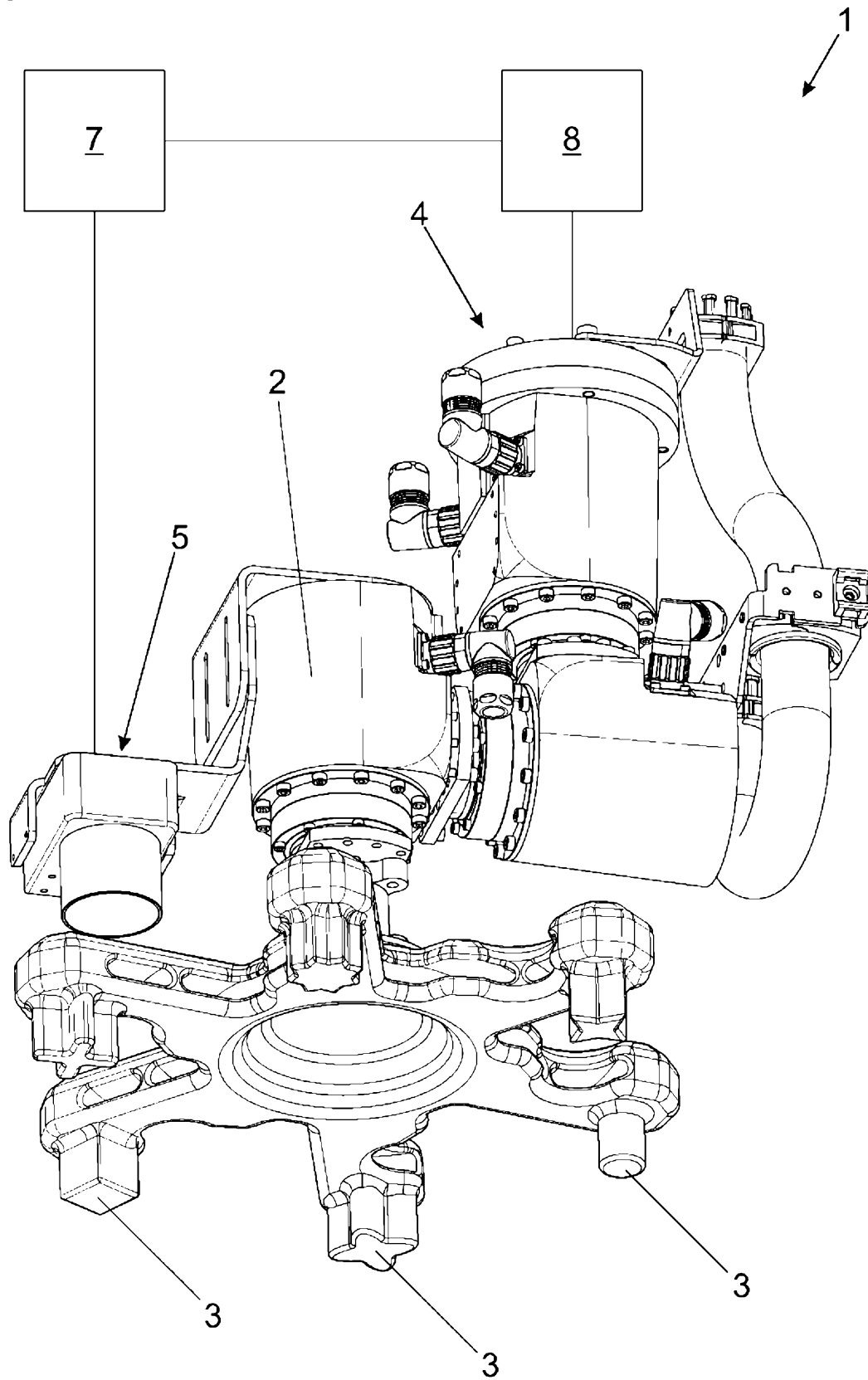


Fig. 2

2/5



3/5

Fig. 3a

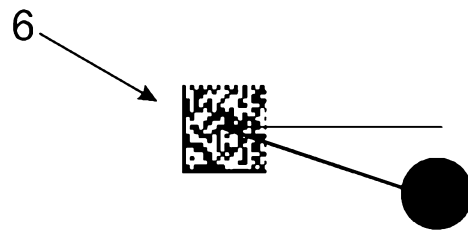


Fig. 3b

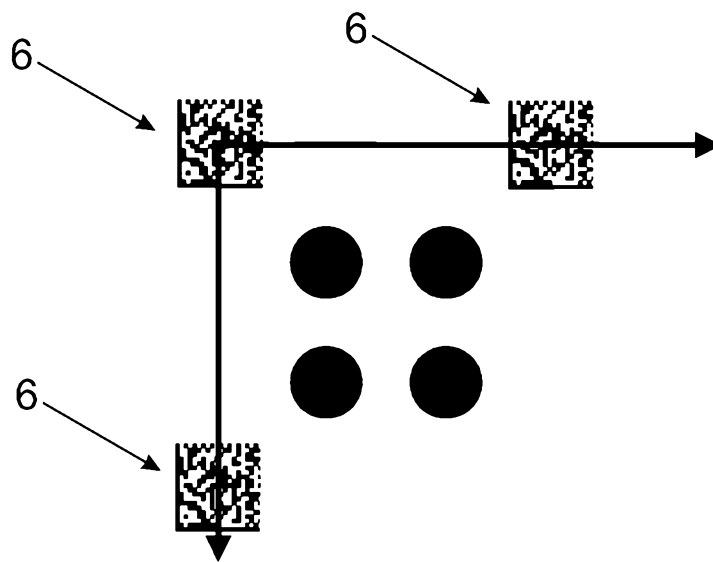


Fig. 3c

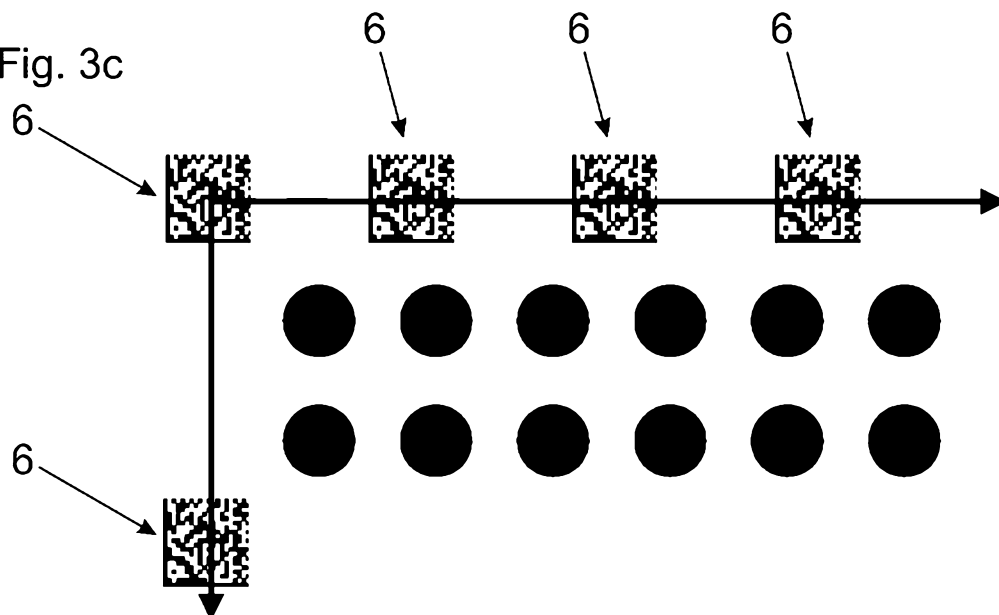


Fig. 4a

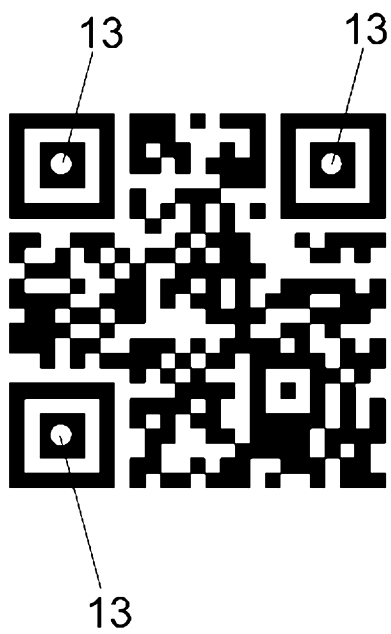


Fig. 4b

