(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
6. August 2009 (06.08.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/095267 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B25J 9/16 (2006.01) *B62D 65/06* (2006.01)
G05B 19/402 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/000637

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. Januar 2009 (30.01.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 007 382.2 1. Februar 2008 (01.02.2008) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **AROTEC AUTOMATION UND ROBOTIK GMBH** [DE/DE]; Zusamstrasse 8, 86165 Augsburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **HOLLINGER, Alexander** [DE/DE]; Imhofstrasse 12, 86159 Augsburg (DE). **HEISSMEYER, Sven** [DE/DE]; Alpenstrasse 36, 86159 Augsburg (DE). **COTTONE, Norbert** [DE/DE]; Bruno-Kusterer-Ring 31, 86441 Zusmarshausen (DE).

(74) Anwalt: **LEMPERT, Jost**; Lichti, Postfach 41 07 60, 76207 Karlsruhe (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR POSITIONING OF A TOOL AT A WORK PIECE OF A DISK IN A MOTORIZED VEHICLE

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM POSITIONIEREN EINES WERKZEUGS AN EINEM WERKSTÜCK EINER SCHEIBE IN EIN KRAFTFAHRZEUG

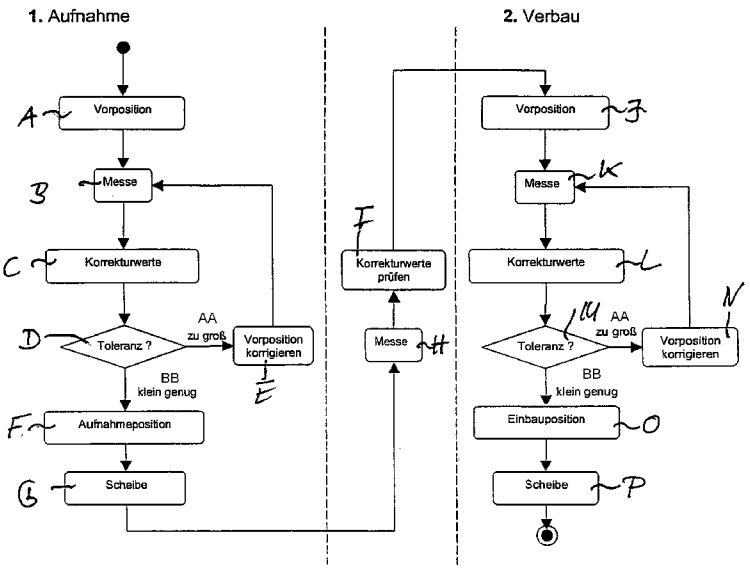


Fig. 5

1	Reception	F	Reception position
2	Installation	G/P	Window
A/J	Preliminary positioning	I	Checking the correction value
B/H/K	Measure	O	Mounting postion
C/L	Correction values	AA	Too high
D/M	Tolerance	BB	Small enough
E/N	Correction of the preliminary position		

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for positioning of a tool at a work piece, wherein the tool is moved with a definite TCP proximate to the work piece to a first preliminary position in front of the work piece, points on at least one contour line of the work piece are detected at least once as measurement points by sensors, the distance from each of the measurement points to the corresponding contour line is determined in CAD data of the work piece, the distances so determined are minimized, and after reaching predetermined minimum distances the tool is moved to a working position on the work piece defined thereby. The invention further relates to a corresponding device with sensors for surveying of measurement points on a contour line of the work piece, comprising a determination apparatus for determining the distance of each detected measurement point to the corresponding contour line in CAD data of the work piece for minimization of the so determined distances, and comprising a control apparatus for moving the tool to a so calculated working position with distances from measurement points to corrected points of the contour line of the work piece calculated from CAD data falling below predetermined tolerances.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/095267 A1

RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Positionieren eines Werkzeugs, an einem Werkstück, wobei das Werkzeug mit definiertem TCP in der Nähe des Werkstücks in eine erste Vorposition vor das Werkstück bewegt wird, mindestens einmal Punkte auf mindestens einer Konturlinie des Werkstücks durch Sensoren als Messpunkte erfasst werden, jeweils der Abstand von Messpunkten zu der entsprechenden Konturlinie in CAD-Daten des Werkstücks bestimmt wird, eine Minimierung der so bestimmten Abstände vorgenommen wird, und nach Erreichen vorgegebener Minimalabstände das Werkzeug in eine hierdurch definierte Arbeitsposition an das Werkstück bewegt wird. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine entsprechende Vorrichtung mit Sensoren zur Vermessung von Messpunkten auf einer Konturlinie des Werkstücks, mit einer Bestimmungseinrichtung zur Bestimmung jeweils des Abstandes von erfassten Messpunkten zu der entsprechenden Konturlinie in CAD-Daten des Werkstücks zur Minimierung der so bestimmten Abstände und mit einer Steuereinrichtung zum Verfahren des Werkzeugs in eine so berechnete Arbeitsposition mit vorgegebenen Toleranzen unterschreitenden Abständen von Messpunkten zu korrigierten Punkten der aus CAD-Daten berechneten Konturlinie des Werkstücks.

Verfahren und Vorrichtung zum Positionieren eines Werkzeugs an einem Werkstück einer Scheibe in ein Kraftfahrzeug

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Positionieren eines an einem Roboterarm eines Roboters angeordneten Werkzeugs, wie einer Aufnahmeeinrichtung für eine Scheibe, an einem Werkstück, wie einer Scheibe oder eines eine solche aufnehmenden Rahmens der Öffnung eines Kraftfahrzeugs.

Die Montage der Scheibe, wie insbesondere einer Heckscheibe in einem Kraftfahrzeug, stellt einen wichtigen Schritt in der Produktionskette jedes Automobilherstellers dar. Die Heckscheibe muss mittig in die Karosserie eingesetzt werden, so dass die Abstände zwischen Scheibe und Karosse für das menschliche Auge als gleich erscheinen. Hierbei sind bei den Abständen lediglich Toleranzen von 0,1 mm erlaubt.

Sowohl bei der Heckscheibe als auch bei der Karosserie ergeben sich Ungenauigkeiten, die durch Fertigungstoleranzen (Geometrieabweichungen bei der Scheibe/Karosserie) entstehen. Zusätzlich kommen Ungenauigkeiten durch Positionsfehler bei der Ablage der Scheibe und der Karosserie hinzu.

BESTÄTIGUNGSKOPIE

Beim manuellen Einbau der Scheibe verwendet man üblicherweise einen Unterlegkeil, der an den kritischen Stellen für einen optimalen Abstand zwischen Schreibe und Karosserie sorgt.

Gerade in der Automobilbranche ist der Trend zu automatisierten Lösungen nicht aufzuhalten und so wird auch der Verbau der Heckscheibe oft mit entsprechender Automatisierung betrieben. Hier kommen zu den Fertigungstoleranzen auch noch Ungenauigkeiten bei der Bereitstellung bzw. Aufnahme der Heckscheibe und bei der Positionierung der Karosserie hinzu. Die bisherigen Ergebnisse sind oftmals nicht zufriedenstellend. Die hohe Ausschussrate macht eine manuelle Nachbesserung erforderlich. Es ist schon bekannt, zur Erfassung von Ungenauigkeiten bei bzw. nach der Aufnahme der Scheibe und bei Einpassung in die Karosserie Sensoren auf einem Greifwerkzeug zum Ergreifen der Heckscheibe vorzusehen. Die gewonnenen Sensordaten werden nacheinander ausgewertet und es werden schrittweise Korrekturwerte für den Versatz in einzelnen Richtungen bzw. Verdrehungen um einzelne Achsen nacheinander berechnet. Hierbei wird in jedem Schritt nur eine Teilmenge der möglichen drei Verschiebungsrichtungen und drei Drehwinkel genutzt. Durch die Lösung Verschiebung bzw. Drehung nacheinander ergeben sich Fehler bei der Zuordnung.

Nach dem Stand der Technik wird in der Regel mit einer Referenzscheibe und einer Referenzkarosserie als Basissystem gearbeitet. Derartige Referenzobjekte haben aber ihre eigenen Toleranzen und sind mit Ungenauigkeiten behaftet. Darüber hinaus stellt es einen erheblichen Aufwand dar, solche Referenzobjekte korrekt abzumessen und in die Steuerungs-

vorrichtung für ein Handhabungsgerät mit einem Greifwerkzeug einzulernen. Darüber hinaus ist nicht davon auszugehen, dass im späteren Produktionsumfeld derartige Referenzobjekte vorhanden sind. Es sind auch Verfahren bekannt, die davon ausgehen, dass die Scheibe zur Aufnahme mit dem Handhabungsgerät exakt positioniert ist und daher nicht mehr vermessen wird. Abgesehen davon, dass dies in der Regel nicht der Fall ist, sind darüber hinaus Toleranzen aus der Fertigung der Scheibe zu berücksichtigen.

Ein grundlegendes Problem bei der Verwendung der Sensorwerte besteht darin, dass eine eindeutige Zuordnung zwischen idealem Referenzpunkt und aufgenommenen Sensorpunkt nicht möglich ist. Denn durch die auftretenden Toleranzen ist nicht bekannt, welchen Punkt der Sensor auf dem zu messenden Objekt tatsächlich aufnimmt. Beispielsweise kann die Konturlinie der Sensorpunkte im Allgemeinen nicht mit der Konturlinie der idealen Punkte in Überdeckung gebracht werden.

Hiervon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine zur Abholung zwecks Einbau in eine Karosserie bereitgestellte Scheibe, insbesondere eine Heckscheibe, mit einem Robotersystem aufzunehmen und diese in eine bereitgestellte Karosse einzubauen, wobei Toleranzen, die durch Fertigung und/oder Bereitstellen (Positioniertoleranzen) bedingt sind, bei Aufnahme und Verbau der Scheibe berücksichtigt werden sollen.

Erfindungsgemäß wird die genannte Aufgabe zunächst mit einem Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei dem das Werkzeug zum Aufnehmen der Scheibe mit definiertem TCP in der Nähe des Werkstücks in eine erste Vorposition vor

das Werkstück bewegt wird, mindestens einmal Punkte auf mindestens einer Konturlinie des Werkstücks durch Sensoren als Messpunkte S erfasst werden, jeweils der Abstand von Messpunkten zu der entsprechenden Konturlinie in CAD-Daten des Werkstücks bestimmt wird, eine Minimierung der so bestimmten Abstände vorgenommen wird, und nach Erreichen vorgegebener Minimalabstände das Werkzeug in eine hierdurch definierte Arbeitsposition an das Werkstück bewegt wird.

Zur Lösung der genannten Aufgabe sieht die Erfindung weiter eine gattungsgemäße Vorrichtung vor, mit Sensoren zur Vermessung von Messpunkten auf einer Konturlinie des Werkstücks, mit einer Bestimmungseinrichtung zur Bestimmung jeweils des Abstandes von erfassten Messpunkten zu der entsprechenden Konturlinie in CAD-Daten des Werkstücks zur Minimierung der so bestimmten Abstände und mit einer Steuereinrichtung zum Verfahren des Werkzeugs in eine so berechnete Arbeitsposition mit vorgegebenen Toleranzen unterschreitenden Abständen von Messpunkten zu korrigierten Punkten der aus CAD-Daten berechneten Konturlinie des Werkstücks.

Erfindungsgemäß werden also Punktwolken von mehreren - insbesondere mit endlichem Abstand zueinander angeordneten - Bezugspunkten entlang der Kontur des Objekts zum einen aufgrund der gewonnenen Sensordaten, zum anderen aus den CAD-Konturdaten des Objekts aneinander angepasst. Für die Punktwolken wird eine Koordinatentransformation bestimmt, so dass die Abstände zwischen den Punktwolken minimiert werden. Dazu wird für jeden Punkt aus der einen Punktwolke der jeweils nächste Punkt ("Closest Point") aus der anderen Punktwolke bestimmt. Die Quadratsumme der Abstände wird durch Anpassung der Transformationsparameter minimiert.

Dies geschieht iterativ so lange, bis das Optimum gefunden ist. Es wird pro Iterationsschritt nur eine einzige Transformation bestimmt. Anschließend wird der Roboter bzw. das Werkzeug um den gefundenen Korrekturwert verfahren und die (Interations-)Schleife wird erneut durchlaufen. Durch die gewonnenen Sensorwerte und deren Relation zu den CAD-Daten erfolgt eine dreidimensionale Erfassung der mehreren Punkte des Objekts. Es wird jeweils eine reale Neupositionierung und damit reale "Iteration" des Werkzeugs selbst durchgeführt, nicht lediglich mathematische Iterationsschritte. Es erfolgt die Neuberechnung mit jeweils neu gemessenen Sensorwerten und damit die Iteration immer auf Basis des Ergebnisses einer Korrektur des Werkzeugs (durch Verfahren des Roboters); anschließend wird wieder die Transformation auf Basis einer neuen Messung durchgeführt. Hierdurch wird eine hohe Auflösung und Güte/Genauigkeit erreicht. Es besteht erfindungsgemäß die Möglichkeit, einzelne Korrespondenzen durch einen Gewichtungswert zu priorisieren.

In bevorzugter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass die Messpunkte durch mehrere Sensoren erfasst werden, die genannten Schritte ba bis bd der Erfassung der Messpunkte entlang der Konturlinie, die Bestimmung der Minimierung der Abstände und das Verfahren des Werkzeugs an die entsprechende Position iterativ durchgeführt werden. Demgemäß sieht eine erfindungsgemäße Vorrichtung vor, dass die Bestimmungseinrichtung mittels mehrerer Sensoren für eine Neumessung der Messpunkte, eine Minimierung der Abstände der Messpunkte zu den Referenzpunkten aus CAD-Daten und/oder die Steuereinrichtung zur wiederholten Korrektur der Position des Werkzeugs bis zum Erreichen von vorgegebenen Toleranzen unterschreitenden Abständen der

Messpunkte zu korrigierten Punkten der aus CAD-Daten berechneten Konturlinie ausgebildet ist.

In bevorzugter Ausgestaltung ist vorgesehen, dass zum Einsetzen einer Scheibe in ein Kraftfahrzeug nach Erreichen vorgegebener Minimalabstände das Werkstück in der hierdurch definierten Relativposition zur Aufnahmeeinrichtung von dieser ergriffen und in das Fahrzeug eingesetzt wird, wobei insbesondere nach Messung von Messpunkten der Konturlinie der Scheibe korrespondierende Punkte der CAD-Daten der Scheibe bestimmt werden, eine Transformation bestimmt wird, die die Messpunkte auf die korrespondierenden Punkte der CAD-Daten anwendet und die Distanz korrespondierender Punkte S und R minimiert und die Position der Aufnahmeeinrichtung um die zur Transformation T inverse Transformation T^{-1} vor dem Ergreifen der Scheibe korrigiert wird bzw. in vorrichtungsmäßiger Ausgestaltung, dass die Steuereinrichtung zum Verfahren einer als Aufnahmeeinrichtung für eine Scheibe ausgebildeten Werkzeugs in eine Aufnahmeposition zum Aufnehmen als Arbeitsposition ausgebildet ist, wobei insbesondere die Bestimmungseinrichtung zum Bestimmen von Messpunkten der Konturlinie der Scheibe korrespondierenden Punkten R der CAD-Daten der Scheibe und einer Transformation T, die die gemessenen Punkte S korrespondierenden Punkte R der CAD-Daten anwendet und die Distanz korrespondierender Punkte S und R minimiert und die Steuereinrichtung zum Korrigieren der Position der Aufnahmeeinrichtung um die zur Transformation T inverse Transformation T^{-1} vor dem Ergreifen der Scheibe ausgebildet sind. Eine bevorzugte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass zum Einsetzen einer Scheibe in ein Kraftfahrzeug als Werkstück, bei dem eine Scheibe von einer Aufnahmeeinrichtung an einem Roboterarm eines Roboters mit definiertem TCP er-

griffen ist, nach Erreichen vorgegebener Minimalabstände die Scheibe in der Einbauposition hierdurch definierten Relativposition zur Aufnahmeöffnung in diese mittels der Aufnahmeeinrichtung eingesetzt wird, wobei insbesondere nach Erfassung von Messpunkten S' der Konturlinie der Umrandung korrespondierende Punkte R' der CAD-Daten der Umrandung oder R der Scheibe bestimmt werden, eine Transformation T' bestimmt wird, die die Messpunkte S auf die korrespondierenden Punkte R' oder R der CAD-Daten anwendet und die Distanz korrespondierender Punkte S' und R' minimiert und die Position der Aufnahmeeinrichtung um die zur Transformation T' inverse Transformation T'^{-1} vor dem Ergreifen der Scheibe korrigiert wird.

Vorrichtungsmäßig ist hierzu vorgesehen, dass die Steuereinrichtung zum Verfahren einer eine Scheibe tragenden Aufnahmeeinrichtung in eine die Scheibe in die Öffnung der Karosserie einzusetzende Arbeitsposition ausgebildet ist, wobei insbesondere die Bestimmungseinrichtung zum Bestimmen von Messpunkten S der Konturlinie der Umrandung korrespondierenden Punkten R der CAD-Daten der Umrandung und der Öffnung einer Transformation T, die die gemessenen Punkte S korrespondierenden Punkte R der CAD-Daten anwendet und die Distanz korrespondierender Punkte S und R minimiert und die Steuereinrichtung zum Korrigieren der Position der Aufnahmeeinrichtung mit Scheibe um die zur Transformation T inverse Transformation T^{-1} vor dem Einsetzen der Scheibe in die Öffnung ausgebildet ist.

Es wird also insbesondere ein iterativer Algorithmus verwendet, um gemessene Sensorpunkte an die vorgegebene CAD-Konturlinie anzunäheren. Bei jedem Iterationsschritt werden wieder neue Punktkorrespondenzen gesucht und gefunden. Die

gewonnenen Korrekturwerte werden automatisch in die Steuerung des Roboters übertragen und gegebenenfalls jeweils dessen (Vor-)Position entsprechend korrigiert bzw. angepasst.

(Punkt)Korrespondenz zwischen Sensorwerten und CAD-Werten bedeutet, dass die ermittelten Sensorwerte mit den Werten aus der CAD-Referenzkontur prinzipiell übereinstimmen können (Vorr. Keine Geometrieabweichung Soll-Ist). Zusätzlich kann das Verfahren auch angewendet werden, falls es nicht möglich sein sollte, die Sensorpunktekontur aus dem CAD-Modell zu extrahieren (d.h. der durch den Sensor eindeutig ermittelbare Sensorwert ist aus dem CAD-System nicht zu extrahieren) oder umgekehrt. Prinzipiell kann jedoch eine beliebige CAD-Referenzkontur herangezogen werden, sofern diese sich eindeutig in die optimale Sensorposition überführen (abbilden) lässt.

Die Erfindung sieht dabei insbesondere einen Roboter in Form eines automatisch gesteuerten, frei programmierbaren Mehrzweck-Manipulators vor, der in drei oder mehr Achsen programmierbar ist. Es handelt sich hierbei um einen Industrieroboter, der vorzugsweise als Gelenkroboter ausgebildet ist. Die Abkürzung TCP bezeichnet den sogenannten Tool-Center-Point, einen gedachten Referenzpunkt mit zugehörigem Referenzkoordinatensystem am vom Roboter getragenen Werkzeug, hier der Aufnahmevorrichtung für die Scheibe.

Die Erfindung ermöglicht die Berücksichtigung von Fertigungs- und Positioniertoleranzen bei Aufnahme und Verbau der Scheibe, ohne vorherige Kenntnis der exakten Aufnahme- und Einbauposition, da erfindungsgemäß mit Hilfe von durch Sensoren erfasster Sensordaten (Messpunkten), die in ein

gemeinsames Bezugssystem zum TCP gebracht werden, ausgehend von einer anfänglichen vorgegebenen Näherungsposition, jeweils eine korrekte Roboterposition zur Aufnahme der Scheibe und/oder zum Einbau in die Karosserie mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens gefunden wird.

Durch die Erfindung wird insbesondere erreicht, dass eine (Heck-)Scheibe so in die Karosserie eingebaut werden kann, dass die Abweichungen zu den geforderten Abständen vom Scheibenrand zur Karosserie bzw. der Umrandung der Scheibenöffnung in der Karosserie minimiert werden.

Die Sensoren können in fester Zuordnung zum TCP am Werkzeug bzw. Roboterarm oder aber stationär, also in fester Zuordnung zum Sockel des Roboters angeordnet sein.

In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung kann dabei vorgesehen sein, dass, einzelne erfasste Punkte priorisiert werden und/oder Minimierungen von Abständen mit unterschiedlichen Gewichten versehen werden, insbesondere gemäß

$$D_{res} = \sum_{i=1}^{m} g_i * d_i^2 \qquad (1)$$

mit

$$d_i = \min\, d(S_i, R) \qquad (2)$$

wobei S_i die am Werkstück gemessenen Messpunkte, R zugehörige CAD-Daten auf der CAD-Konturlinie des Werkstücks, D_{res} der gewichtete Gesamtabstand aller Messpunkte S_i von den

entsprechenden Punkten R der CAD-Daten und $g_i \in [0,1]$ einen Gewichtungsfaktor für jeden Messpunkt S_i angeben. Hierdurch können einzelne Abstände an besonders auffälligen Stellen stärker minimiert werden und die Abstände daher besser angeglichen werden als an weniger auffälligen Stellen. Gegebenenfalls kann auch ein beliebiger Offset für das Aufnehmen und das Einbauen der Scheibe definiert werden. Ein Offset kann dazu genutzt werden eine bewusste oder prozessbedingte Abweichung von der Soll-Position zu erreichen oder aber auch zum Ausgleich von systematischen Fehlern, die sich beispielsweise aus Kalibrierfehlern (Sensorlage oder TCP-Koordinatensystem) ergeben.

Durch die Erfindung wird die Qualitätsgüte beim Einbau der Scheibe erhöht, und eine manuelle Nacharbeit beim Heckscheibeneinbau (Feinjustage) entfällt. Die Werte der automatisierten Qualitätsmessung, wie die Toleranzen von Scheibe und Karosserie, können in einer Datenbank gespeichert und dokumentiert werden. Wesentlich ist, dass das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung mit CAD-Modellen bzw. -Daten von Scheibe und Karosserie als Referenz arbeitet.

Das erfindungsgemäße Verfahren geht dabei im Gegensatz zum Stande der Technik, bei dem von einer exakten Positionierung der Scheibe ausgegangen wird (die nicht gegeben ist) ausdrücklich von dem Vorhandensein von Toleranzen hinsichtlich Fertigung und Positionierung aus und gleicht diese aus. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird eine gute Korrespondenz zwischen Sensorwerten und CAD-Referenzobjekt hergestellt.

Zur Erhöhung der Genauigkeit, wodurch akzeptierbare Toleranzen reduziert werden können, kann gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen sein, dass die Punkte auf der Konturlinie der Scheibe und/oder der Umrandung dreidimensional durch die Sensoren erfasst werden, wobei dabei insbesondere von verschiedenen Sensoren von verschiedenen Orten aufgenommene Messpunkte in einem einzigen gemeinsamen Koordinatensystem, vorzugsweise dem des TCP, weiterverarbeitet werden.

Die zum Einsatz gelangenden Sensoren können derart ausgebildet sein, dass sie die Messpunkte an den realen Objekten (Scheibe, Umrandung der Öffnung an der Karosserie) mittels des Lichtschnittverfahrens erfassen können, wobei die Sensoren insbesondere als Laserscanner ausgebildet sind. Alternativ kann mittels Lichtlaufzeitverfahren gearbeitet werden. Als alternative Sensoren sind Ultraschallsensoren, Lichtlaufzeitsensoren oder Stereokamerasysteme einsetzbar.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt ein Messen von Messpunkten am realen Werkstück, einer Minimierung von Abständen zu entsprechenden Punkten der CAD-Daten und anschließend eine Korrektur der Position der Aufnahmeeinrichtung relativ zur aufzunehmenden zum Werkstück, nämlich der Scheibe bzw. der mit der Scheibe versehenen Aufnahmeeinrichtung relativ zur Öffnung an der Karosserie. Während die vorgegebenen Toleranzen gegebenenfalls schon nach einem entsprechenden Verfahrensdurchgang erreicht werden können, sieht eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung vor, dass die oben genannten erfindungsgemäßen Schrittfolgen gegebenenfalls mehrfach durchgeführt werden, bis die entsprechenden Toleranzwerte erreicht oder unterschritten werden.

In konkreter Ausbildung der erfindungsgemäßen Verfahren kann dabei vorgesehen sein, dass nach Messung von Messpunkten S der Konturlinie der Scheibe korrespondierende Punkte R der CAD-Daten der Scheibe bestimmt werden, eine Transformation T bestimmt wird, die die Messpunkte S auf die korrespondierenden Punkte R der CAD-Daten anwendet und die Distanz korrespondierender Punkte S und R minimiert und die Position der Aufnahmeeinrichtung um die zur Transformation T inverse Transformation T^{-1} vor dem Ergreifen der Scheibe korrigiert wird bzw. dass nach Erfassung von Messpunkten S' der Konturlinie der Umrandung korrespondierende Punkte R' der CAD-Daten der Umrandung oder R der Scheibe bestimmt werden, eine Transformation T' bestimmt wird, die die Messpunkte S auf die korrespondierenden Punkte R' oder R der CAD-Daten in der Einbauposition anwendet und die Distanz korrespondierender Punkte S' und R' minimiert und die Position der Aufnahmeeinrichtung um die zur Transformation T' inverse Transformation T'^{-1} vor dem Ergreifen der Scheibe korrigiert wird.

Im Rahmen der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Kleberaupe vor oder nach Ermitteln der Position der Scheibe an der Karosserie aufgebracht wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Iterationsverfahren muss pro Iterationsschritt jeweils eine Messung samt Messauswertung, die Berechnung des Korrekturwertes und das Bewegen/Verfahren des Roboters um den Korrekturwert durchgeführt werden. Dies erfordert eine gewisse Zeit. Sind zum Erzielen einer gewissen Güte z.B. fünf oder mehr Schritte erforderlich, so kann ein Schnellkleber in dieser Zeit eventuell schon mit der Aushärtung beginnen. In diesem Fall kann es sinnvoll sein, die optimale Roboterposition beim Verbau der

Scheibe vor dem Klebeauftrag zu ermitteln, so dass die Scheibe mit Kleber direkt in ihre Einbauposition verfahren werden kann.

Beim Fügen der Scheibe auf die Karosse treten aufgrund der Adhäsion des Klebers entsprechende Kräfte zwischen Greifer (Vakuumsaugern) und Scheibe als auch zwischen Scheibe und Karosse auf. Die Karosse könnte durch die auftretenden Kräfte ihre Position verändern. Die Güte würde sich zu einem Zeitpunkt x spontan verschlechtern. Das Verfahren würde dies sofort erkennen (Abstände werden größer) und entsprechend entgegen regeln, indem das Iterationsverfahren (Messverfahren) diese Positionsverschiebung durch kontinuierliches Auswerten und Prüfen der Messwerte die optimale Position wieder einstellen würde.

Falls sich beim Fügen die Position der Scheibe im Greifer verändern würde, so könnte diese Verschiebung von den Sensoren gemessen und beim Einbau in die Karosserie berücksichtigt werden, indem einzelne Korrekturwerte bestimmt und durch betragsmäßig korrekte Verrechnung der resultierende Korrekturwert bestimmt und an den Roboter übertragen wird. Hierzu kann der Messmodus der Sensoren zwischen Scheibe und Karosserie ausgebildet werden.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung, in der Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung im Einzelnen erläutert sind. Dabei zeigt:

Fig. 1a eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit an der Aufnahmeeinrichtung angeordneten Sen-

soren zum Aufnehmen einer Scheibe;

Fig. 1b eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit an der Aufnahmeeinrichtung angeordneten Sensoren zum Einsetzen der Scheibe in einer Karosserie;

Fig. 2a eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit stationären Sensoren zum Aufnehmen einer Scheibe;

Fig. 2b die gleiche erfindungsgemäße Vorrichtung der Fig. 2a mit stationären Sensoren zum Einsetzen der Scheiben in einer Karosserie;

Fig. 3a-c Darstellungen von Soll- und aufgrund von Messpunkten erfasster Ausgangs-Istlage einer Heckscheibe eines Kraftfahrzeugs (Fig. 3a), der Darstellung von Korrekturschritten (Fig. 3b) und von Soll- und Istlage nach einem ersten Korrekturschritt (Fig. 3c);

Fig. 4 die Lage einer in der Heckscheibenöffnung einer Karosserie einzusetzenden von einem Roboter gehaltenen Heckscheibe die zugehörigen Soll- und Istlagen der Umrandung der Öffnung; und

Fig. 5 einen vollständigen Verfahrensablauf zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die Fig. 1a bis 2b zeigen erfindungsgemäße Vorrichtungen mit einem Roboter 1 in Form eines Gelenkroboters mit einem Roboterarm 2, an dessen freien Ende sich eine Roboterhand 3 befindet. An der Roboterhand 3 ist ein Werkzeug 4 befestigt. Dessen TCP ist mit 5 bezeichnet. Das Werkzeug weist eine Traverse 6 auf, an der sich Saugnäpfe 7 als Aufnahmeeinrichtung für eine Heckscheibe 8 befinden. Weiterhin sind an der Traverse 6 Sensoren 9 angebracht, mit denen die Position der Scheibe 8 und später die der Karosserie 12erfasst werden kann. Diese liegt zur Aufnahme durch eine Aufnahmeeinrichtung 7 auf einer Aufnahmestation 10 auf.

Zur Positionsbestimmung und Steuerung des Roboters 1 ist dieser mit einer Bestimmungs- und Steuerungseinrichtung 11 verbunden.

Die Fig. 1b zeigt den Einsatz einer in Roboter 1 von der Aufnahmestation 10 aufgenommenen Scheibe 8 in der Öffnung, während bei der Ausgestaltung der Fig. 1a, 1b die Sensoren 9 an der Traverse 6 und damit in fest vorgegebener Relation zum TCP 5 angeordnet sind, sieht die Ausgestaltung der Fig. 2a, 2b stationäre oder ortsfeste Sensoren 9.1, 9.2 vor, die also eine feste ordentliche Beziehung zum Sockel des Roboters aufweisen.

Die Sensoren 9.1 sind dabei an der Aufnahmestation 10, die Sensoren 9.2 in der Einsetzposition der Karosserie 12 angeordnet.

Zum Einsatz einer auf der Aufnahmestation 10 bereitgestellten Scheibe verfährt der Roboter 1 zunächst die Aufnahmeeinrichtung 7 in eine Vorposition vor der Scheibe 8. Anschließend erfolgt aufgrund der Messung der Position der Scheibe mittels der Sensoren 9 eine Korrektur der Position der Aufnahmeeinrichtung 7 vor der Scheibe 8 und, wenn eine erwünschte Position mit hinreichender Genauigkeit erreicht ist, die Aufnahme der Scheibe 8 mittels des Roboters (Fig. 1a, 2a) und anschließend die Überführung der Scheibe zu der bereitgestellten Karosserie 12 eines Kraftfahrzeugs. Auch hier verfährt der Roboter 1 die nun die Scheibe 8 tragende Aufnahmeeinrichtung 7 in eine Vorposition vor, die von einem Rahmen oder einer Umrandung 13 umrandete Öffnung 14 der Karosserie 12, in die die Scheibe 8 einzusetzen ist. Anschließend wird die genaue Position der Karosserie 12 und damit der Öffnung 14 mittels der Sensoren 9.1 erfasst und aufgrund dieser Erfassung erfolgt eine Korrektur der Einsetzposition von Roboter 1 bzw. Scheibe 8. Ist die gewünschte Position mit hinreichender Genauigkeit erreicht, wird die Scheibe nach Kleberaupenauftrag, in die Karosserie 12 eingebaut (Fig. 2a, 2b). Das genaue erfindungsgemäße Verfahren zur Positionskorrektur wird im folgenden unter Bezug auf die weiteren Figuren erläutert.

In der Fig. 3 ist in durchgezogener Linie die Ist-Position einer Heckscheibe 8 relativ zu einem vor diesem in einer vorgegebenen Vorposition positionierten Roboter zusammen mit einer Soll-Position 15 der Heckscheibe, in der der Roboter die Heckscheibe in seiner Vorposition erwartet, dargestellt. Die erwartete Position der Scheibe (gestrichelte Linie 15) und die tatsächliche Position der Scheibe 8 (durchgezogene Linie) weichen also voneinander ab. Durch die Sensoren werden eine endliche Anzahl von Messpunkten S

entlang beispielsweise den Scheibenrand erfasst. Die erfassten Sensorpunkte befinden sich irgendwo auf der Konturlinie der Scheibe, können aber für sich gesehen nicht exakt einem genauen Punkt dieser bzw. der Konturlinie zugeordnet werden. Wie in Fig. 2b dargestellt ist, werden für die Messpunkte S_i, i=1...N jeweils der minimale Abstand zur Referenz-Konturlinie, repräsentiert durch eine Punktmenge R, berechnet gemäß

$$d_i = \min_{i\in\{1,\ldots,N\}} d(S_i,R)$$

bzw. ein minimaler Gesamtabstand gemäß

$$D_{res} = \sum_{i=1}^{N} d_i^2$$

Die Abstandswerte werden iterativ durch einen Algorithmus minimiert, wodurch sich eine Verbesserung der Soll-Scheibenposition zur tatsächlichen Ist-Position ergibt, wie sich in Fig. 3c zeigt.

Das Verfahren kann so lange wiederholt werden, bis die berechneten Abstände der Messpunkte auf der Konturlinie der Scheibe (Ist-Position) relativ zur Soll-Position vorgegebene Toleranzwerte unterschreitet, wie sie oben bestimmt wurden. Der Roboter 1 bzw. die von ihm getragene Aufnahmeeinrichtung 7 für die Scheibe 8 wird in die entsprechende Position verfahren und nimmt in dieser Position die Scheibe auf.

Entsprechendes gilt für den Einsatz der Scheibe 8 in der zugehörigen Öffnung 14 (hier Heckscheibenöffnung) der Karosserie 12 eines Kraftfahrzeuges, wie dies anhand von Fig. 4 verdeutlicht wird.

Hier wird die Soll-Konturlinie 17 (gepunktet dargestellt) der Umrandung der Öffnung zur Aufnahme der Scheibe durch die vom Roboter 1 bzw. genauer dessen Aufnahmeeinrichtung 7 gehaltene Scheibe 8 bestimmt. Der Roboter verfährt mit der Scheibe 8 wiederum in eine vorgegebene Position vor der Öffnung 14 der Karosserie des Fahrzeugs mit dessen Ist-Konturlinie 16 der Umrandung, die letztere von der Soll-Konturlinie 17 abweicht. In gleicher Weise werden wiederum Messpunkte bestimmt und deren Abstand mit Soll-Messpunkten verglichen sowie eine Minimierung bis zu vorgegebenen Toleranzen durchgeführt, woraufhin die Scheibe dann in der Karosserie eingesetzt bzw. verbaut wird.

Vor dem Einsetzen der Scheibe 8 in die Karosserie wird eine Kleberaupe am Umfangsrand der Scheibe und/oder im Bereich der Umrandung 13 der Öffnung erzeugt, wobei dies nach Durchführung aller Berechnungen oder aber schon vorher erfolgen kann.

Der gesamte Verfahrensablauf ist im Einzelnen in der Fig. 5 dargestellt.

Zunächst wird zur Aufnahme der Scheibe 8 der Roboter 1 bzw. genauer dessen Aufnahmeeinrichtung für die Scheibe 8 in eine Vorposition A vor der Scheibe geführt. Anschließend wird die Position der Scheibe relativ zum Roboter gemessen (Schritt B) und es werden in der vorstehenden Weise die Korrekturwerte berechnet (Schritt C).

Anschließend erfolgt eine Abfrage, ob die berechneten Korrekturwerte zu Abständen zwischen Ist- und Soll-Positionen der Punkte führen, die unterhalb einer vorgegebenen Toleranz liegen (Schritt D). Ist dies nicht der Fall, so wird die Vorposition des Roboters korrigiert (Schritt E) und erfolgt ein erneutes Messen, Berechnen von Korrekturwerten sowie die Toleranzabfrage (Schritte B bis D).

Sind die sich ergebenden Toleranzen klein genug, erfolgt nach dem Aufnehmen der Scheibe ein erneutes Vermessen der Scheibe und es wird (Schritt H) überprüft, ob die Scheibe korrekt aufgenommen wurde (Schritt I).

Anschließend verfährt der Roboter mit der aufgenommenen Scheibe in eine Vorposition vor der Aufnahmeöffnung der Karosserie des Kraftfahrzeugs, in welche die Scheibe einzubauen ist (Schritt J).

Hier erfolgt in gleicher Weise ein Vermessen der Aufnahmeöffnung bzw. Punkten auf einer Konturlinie der Umrandung derselben (Schritt K).

Anschließend werden wiederum die erforderlichen Korrekturwerte zwischen Ist- und Soll-Position berechnet (Schritt L) und es erfolgt die Abfrage, ob aufgrund der berechneten Korrektur nach Durchführung der Korrektur die Differenzen zwischen Ist- und Soll-Werten unterhalb einer vorgegebenen Toleranz liegen (Schritt M). Ist dies nicht der Fall, so wird die Vorposition korrigiert (Schritt N) und die Mess-, Korrektur- und Toleranz-Überprüfungsschritte K bis M werden erneut durchgeführt, bis die Abweichung zwischen Ist- und Soll-Werten unterhalb vorgegebener Toleranzen liegen. Spä-

testens zu diesem Zeitpunkt wird die Scheibe oder die Umrandung der Karosserie mit einer Kleberaupe versehen (der Verfahrensschritt ist nicht explizit dargestellt), wobei das Versehen mit der Kleberaupe auch auf der Scheibe schon nach dem Aufnehmen derselben durch den Roboter vor Durchführung der Messungen und Korrekturberechnungen erfolgen kann. Schließlich erfolgt der Einbau der Scheibe in der Öffnung der Karosserie des Kraftfahrzeuges (Schritt P).

Bezugszeichenliste

1	Roboter
2	Ist-Position
3	Soll-Konturlinie
4	Aufnahmeeinrichtung
5	Ist-Konturlinie
6	Traverse
7	Saugnäpfe
8	Heckscheibe
9	Sensoren
9.1	Sensoren
9.2	Sensoren
10	Aufnahmestation
11	Bestimmungs- und Steuereinrichtung
12	Karosserie
13	Umrandung
14	Öffnung
15	Soll-Position
A	Vorposition
R	Punktmenge
S	Messpunkte

Patentansprüche

1. Verfahren zum Positionieren eines an einem Roboterarm eines Roboters angeordneten Werkzeugs, wie einer Aufnahmeeinrichtung für eine Scheibe, an einem Werkstück, wie einer Scheibe oder eines eine solche aufnehmenden Rahmens der Öffnung eines Kraftfahrzeugs, wobei

   a. das Werkzeug mit definiertem TCP in der Nähe des Werkstücks in eine erste Vorposition vor das Werkstück bewegt wird,

   b. mindestens einmal

   ba. Punkte auf mindestens einer Konturlinie des Werkstücks durch Sensoren als Messpunkte S erfasst werden,

   bb. jeweils der Abstand von Messpunkten zu der entsprechenden Konturlinie in CAD-Daten des Werkstücks bestimmt wird,

   bc. eine Minimierung der so bestimmten Abstände vorgenommen wird,

bd. nach Erreichen vorgegebener Minimalabstände das Werkzeug in eine hierdurch definierte Arbeitsposition an das Werkstück bewegt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einsetzen einer Scheibe in ein Kraftfahrzeug

c1. nach Erreichen vorgegebener Minimalabstände das Werkstück in der hierdurch definierten Relativposition zur Aufnahmeeinrichtung von dieser ergriffen und

d. in das Fahrzeug eingesetzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

ca. nach Messung von Messpunkten S der Konturlinie der Scheibe korrespondierende Punkte R der CAD-Daten der Scheibe bestimmt werden,

cb. eine Transformation T bestimmt wird, die die Messpunkte S auf die korrespondierenden Punkte R der CAD-Daten anwendet und die Distanz korrespondierender Punkte S und R minimiert und

cc. die Position der Aufnahmeeinrichtung um die zur Transformation T inverse Transformation T^{-1} vor dem Ergreifen der Scheibe korrigiert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einsetzen einer Scheibe in ein Kraftfahrzeug als Werkstück, bei dem eine Scheibe von einer Aufnahmeeinrichtung an einem Roboterarm eines Ro-

boters mit definiertem TCP ergriffen ist,

c2. nach Erreichen vorgegebener Minimalabstände die Scheibe in der hierdurch definierten Relativposition zur Aufnahmeöffnung in diese mittels der Aufnahmeeinrichtung eingesetzt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass

da. nach Erfassung von Messpunkten S' der Konturlinie der Umrandung korrespondierende Punkte R' der CAD-Daten der Umrandung oder R der Scheibe bestimmt werden,

db. eine Transformation T' bestimmt wird, die die Messpunkte S auf die korrespondierenden Punkte R' oder R der CAD-Daten anwendet und die Distanz korrespondierender Punkte S' und R' minimiert und

dc. die Position der Aufnahmeeinrichtung um die zur Transformation T' inverse Transformation T'^{-1} vor dem Ergreifen der Scheibe korrigiert wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritte ba. bis bc. und/oder ca. bis cc. oder da. bis dc. iterativ mehrmals durchgeführt werden, insbesondere bis vorgegebene Minimalabstände von Messpunkten zur entsprechenden Konturlinie erreicht und/oder unterschritten sind oder eine gewünschte Güte der Iteration derart erreicht ist, dass die Änderung der Abstände oder die Änderung des Gesamtabstands zwischen zwei Iterationsschritten kleiner als

ein frei festgelegter Grenzwert ist.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messpunkte durch die Sensoren mittels Lichtschnittverfahren oder Lichtlaufzeitverfahren aufgenommen werden.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messpunkte durch Laserscanner, Ultraschallsensoren, Lichtlaufzeitsensoren oder Stereokamerasysteme als Sensoren aufgenommen werden.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Punkte auf der Konturlinie der Scheibe und/oder der Umrandung dreidimensional durch die Sensoren erfasst werden.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass einzelne erfasste Punkte priorisiert werden und/oder Minimierungen von Abständen mit unterschiedlichen Gewichten versehen werden, insbesondere gemäß

$$D_{res} = \sum_{i=1}^{m} g_i * d_i^2 \qquad (1)$$

mit

$$d_i = \min_{i \in \{1,\ldots,N\}} d(S_i, R) \qquad (2)$$

wobei S_i die am Werkstück gemessenen Messpunkte, R zu-

gehörige CAD-Daten auf der CAD-Konturlinie des Werkstücks, D_{res} der gewichtete Gesamtabstand aller Messpunkte S_i von den entsprechenden Punkten R der CAD-Daten und $g_i \in [0,1]$ einen Gewichtungsfaktor für jeden Messpunkt S_i angeben.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass durch verschiedene Sensoren von verschiedenen Orten aufgenommene Messpunkte in einem einzigen gemeinsamen Koordinatensystem, vorzugsweise dem des TCP, weiterverarbeitet werden.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoren in fester Relation zum TCP und/oder stationär angeordnet sind.

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Einsetzen der Scheibe auf diese und/oder die Umrandung eine Kleberaupe aufgebracht wird.

14. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Kleberaupe vor oder nach Ermitteln der Position der Scheibe an der Karosserie aufgebracht wird.

15. Vorrichtung zum Positionieren eines an einem Roboterarm eines Roboters angeordneten Werkzeugs, wie einer Aufnahmeeinrichtung, an einem Werkstück, wie einer Scheibe oder eines eine solche aufnehmenden Rahmens der Öffnung eines Kraftfahrzeugs,

- mit Sensoren zur Vermessung von Messpunkten auf einer Konturlinie des Werkstücks,

- mit einer Bestimmungseinrichtung zur Bestimmung jeweils des Abstandes von erfassten Messpunkten zu der entsprechenden Konturlinie in CAD-Daten des Werkstücks zur Minimierung der so bestimmten Abstände und

- mit einer Steuereinrichtung zum Verfahren des Werkzeugs in eine so berechnete Arbeitsposition mit vorgegebenen Toleranzen unterschreitenden Abständen von Messpunkten $\hat{S}$ zu korrigierten Punkten der aus CAD-Daten berechneten Konturlinie des Werkstücks (1').

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung zum Verfahren einer als Aufnahmeeinrichtung für eine Scheibe ausgebildeten Werkzeugs in eine Aufnahmeposition zum Aufnehmen als Arbeitsposition ausgebildet ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmungseinrichtung zum Bestimmen von Messpunkten S der Konturlinie der Scheibe (8) korrespondierenden Punkten R der CAD-Daten der Scheibe und einer Transformation T, die die gemessenen Punkte S korrespondierenden Punkte R der CAD-Daten anwendet und die Distanz korrespondierender Punkte S und R minimiert und die Steuereinrichtung zum Korrigieren der Position der Aufnahmeeinrichtung um die zur Transformation T inverse Transformation T^{-1} vor dem Ergreifen der Scheibe (8)

ausgebildet sind.

18. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung zum Verfahren einer eine Scheibe tragenden Aufnahmeeinrichtung in eine die Scheibe in die Öffnung der Karosserie einzusetzende Arbeitsposition ausgebildet ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmungseinrichtung zum Bestimmen von Messpunkten S der Konturlinie der Umrandung korrespondierenden Punkten R der CAD-Daten der Umrandung und der Öffnung einer Transformation T, die die gemessenen Punkte S korrespondierenden Punkte R der CAD-Daten anwendet und die Distanz korrespondierender Punkte S und R minimiert und die Steuereinrichtung zum Korrigieren der Position der Aufnahmeeinrichtung mit Scheibe um die zur Transformation T inverse Transformation T^{-1} vor dem Einsetzen der Scheibe (8) in die Öffnung ausgebildet ist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoren an dem Werkzeug, dem TCP fest zugeordnet oder stationär angeordnet sind.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoren zur Messung der Messpunkte mittels des Lichtschnittverfahrens ausgebildet sind.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoren als Laserscanner aus-

gebildet sind.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass Sensoren zur dreidimensionalen Erfassung der Punkte auf der Konturlinie der Scheibe (8) und/oder der Umrandung (5) ausgebildet sind.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 23, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Aufbringen einer Kleberaupe vor dem Einsetzen der Scheibe (8) auf diese und/oder die Umrandung (13).

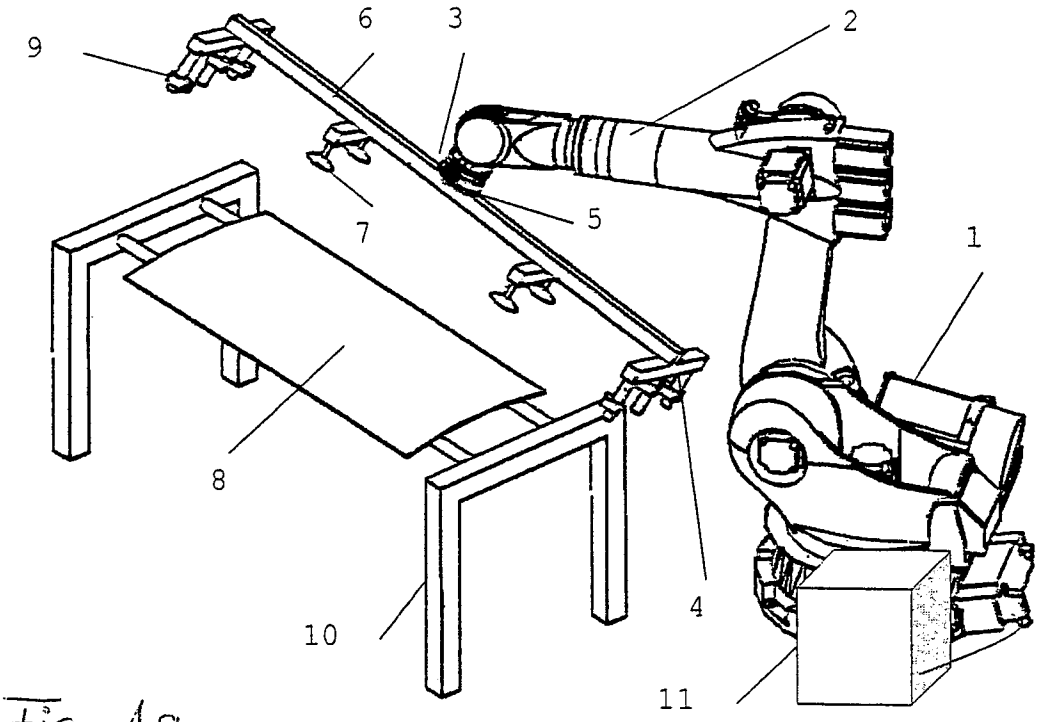


Fig. 1a

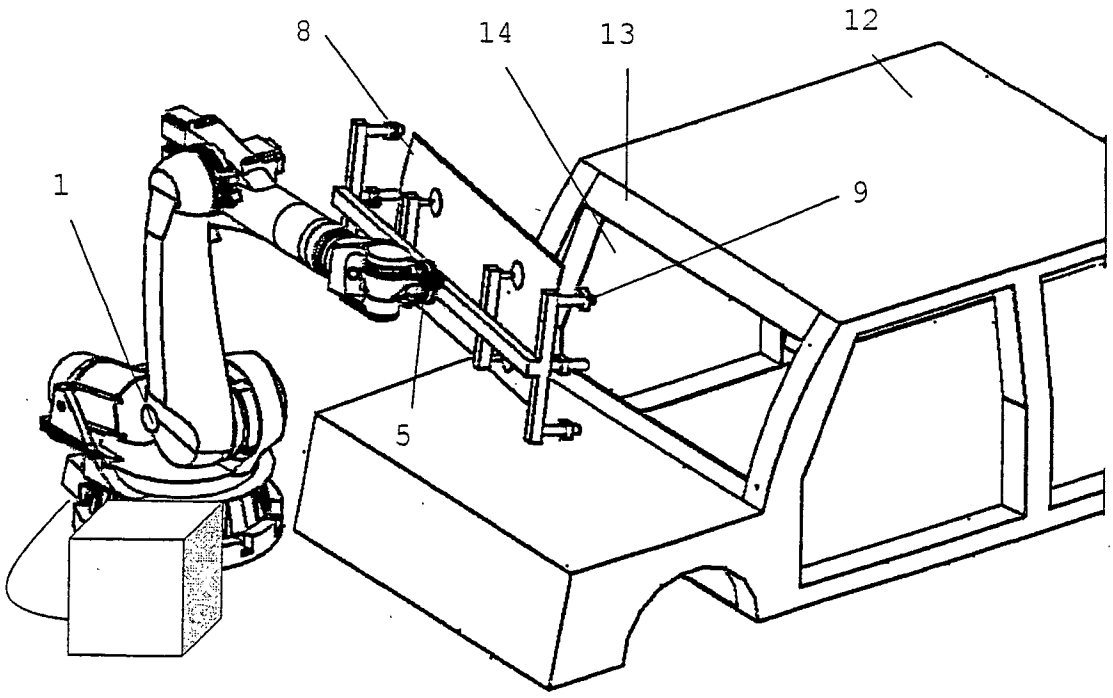


Fig. 1b

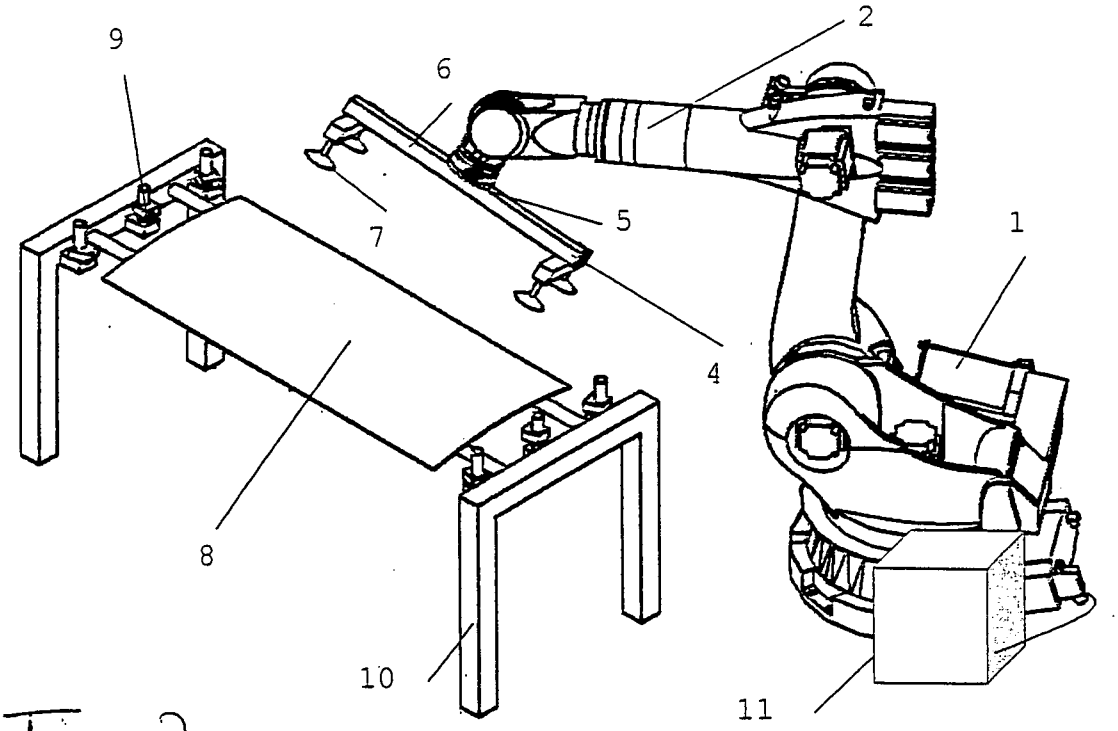


Fig. 2a

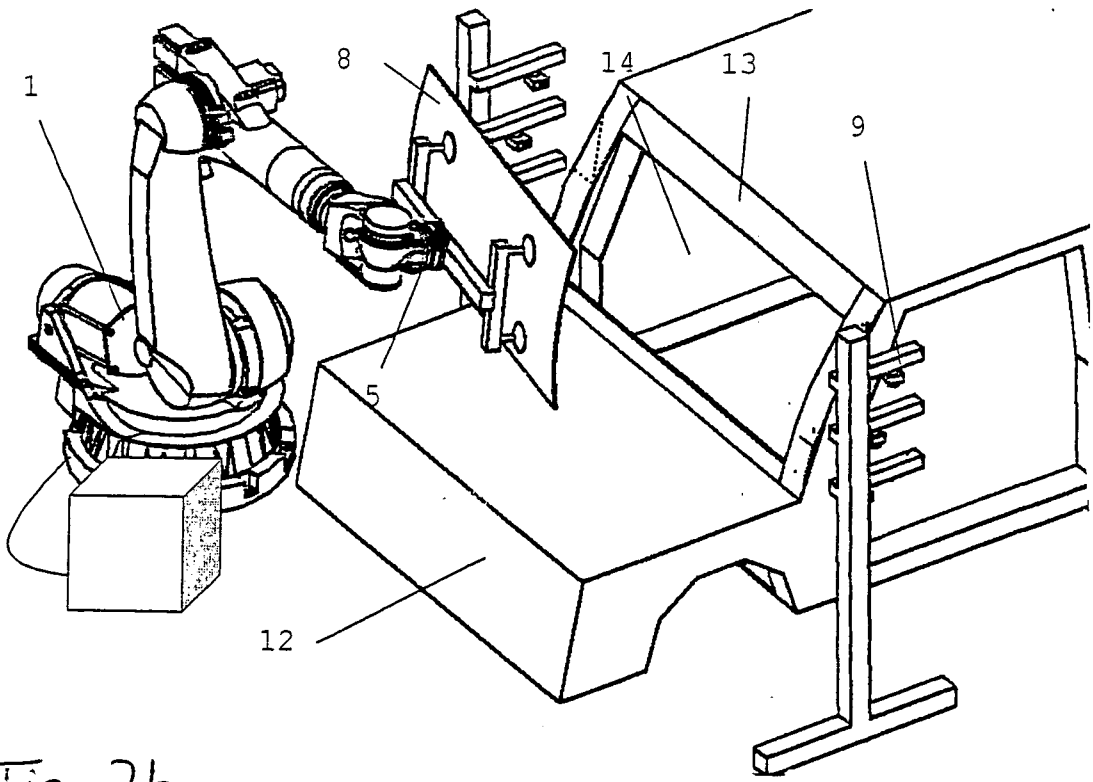


Fig. 2b

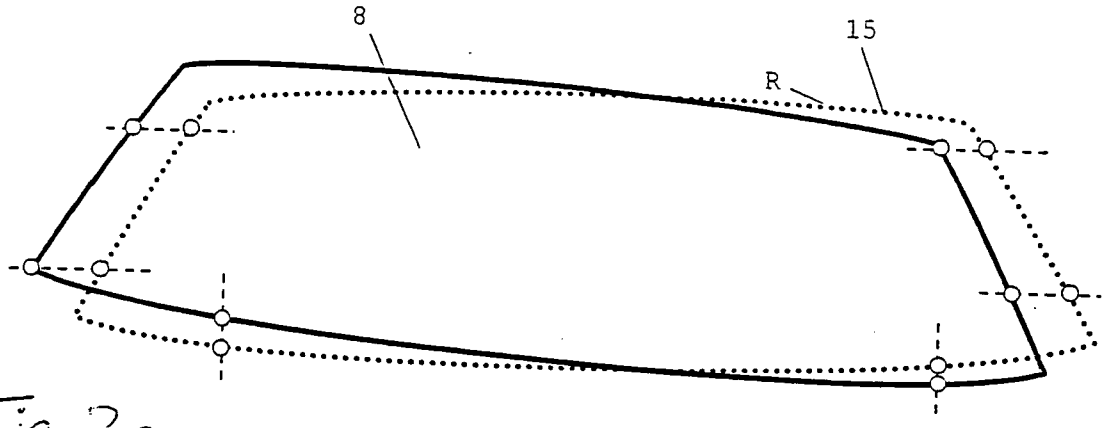


Fig. 3a

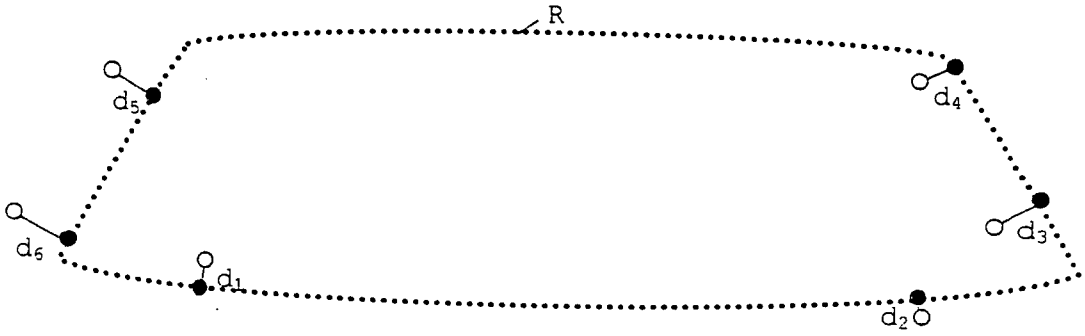


Fig. 3b

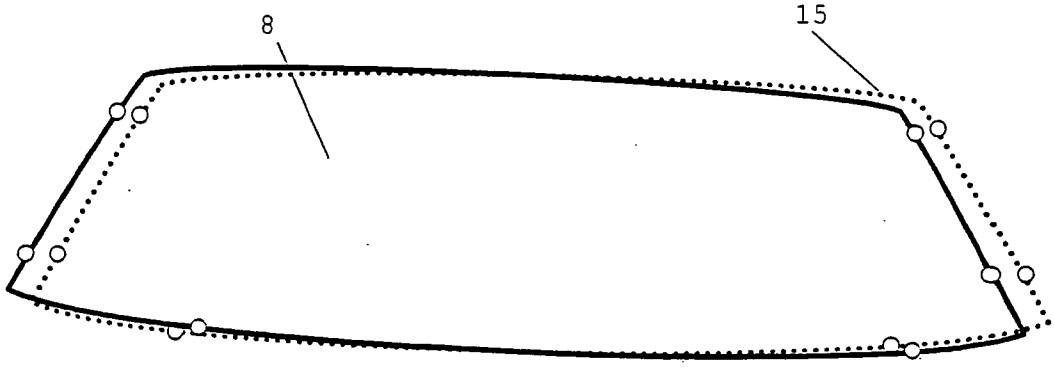


Fig. 3c

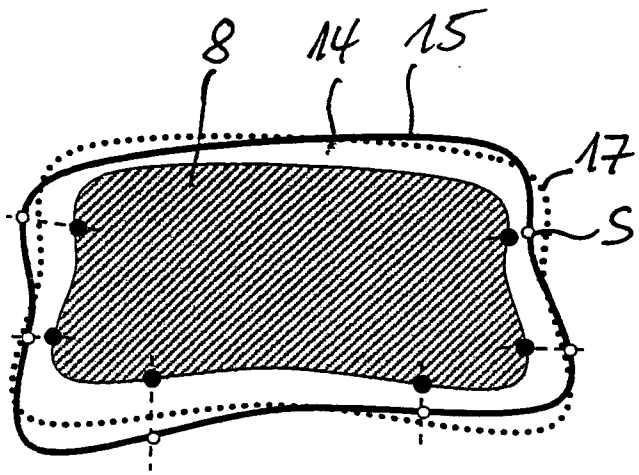


Fig. 4

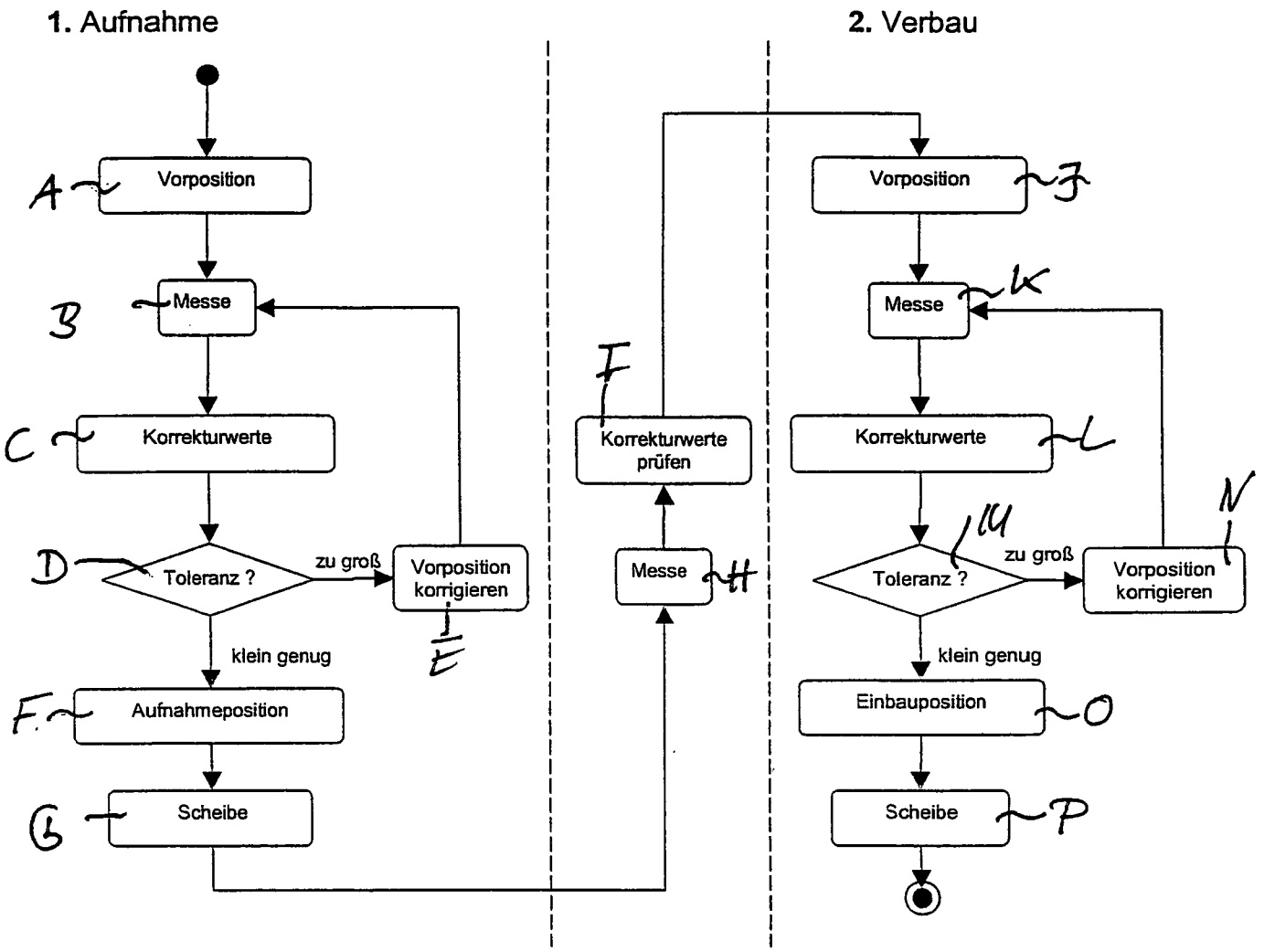

1. Aufnahme
2. Verbau
A
Vorposition
B
Messe
C
Korrekturwerte
D
Toleranz ?
zu groß
Vorposition korrigieren
E
klein genug
F
Aufnahmeposition
G
Scheibe
F
Korrekturwerte prüfen
H
Messe
J
Vorposition
K
Messe
L
Korrekturwerte
M
Toleranz ?
zu groß
N
Vorposition korrigieren
klein genug
O
Einbauposition
P
Scheibe

Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/000637

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B25J9/16 G05B19/402 B62D65/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G05B B25J B62D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 320 315 A (NISSAN MOTOR [JP]) 14 June 1989 (1989-06-14) column 1, lines 3-6 column 2, line 34 - column 3, line 10 column 3, line 38 - column 4, line 18 column 4, lines 41-59 column 7, line 40 - column 9, line 23 column 9, line 58 - column 10, line 45; figures 3,4	1,15
Y		2-4, 6-10,12, 16-18, 20-23

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
8 Juni 2009	17/06/2009

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Hristov, Stefan

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/000637

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102 42 710 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 8 April 2004 (2004-04-08) paragraphs [0004], [0005], [0008], [0012] - [0015], [0021], [0022], [0034], [0037], [0038], [0042] - [0048], [0053], [0057]; figures 1-4	1,15
Y		5-12, 19-23
Y	US 2006/167587 A1 (READ DALE [GB]) 27 July 2006 (2006-07-27) paragraphs [0010], [0011], [0014] - [0018], [0044], [0045], [0054], [0065], [0069] - [0071], [0077] - [0080], [0083], [0086] - [0088]; claims 5-11	1,5,6,8, 9,12,16, 18-20, 22,23
Y	US 2006/181236 A1 (BROGARDH TORGNY [SE] BROGAARDH TORGNY [SE]) 17 August 2006 (2006-08-17) paragraphs [0005] - [0018], [0022], [0023], [0045] - [0047], [0076] - [0082]	1,3,15, 17
Y	US 5 208 763 A (HONG JIAWEI [US] ET AL) 4 May 1993 (1993-05-04) the whole document	1,2,4, 11,15
A	US 2005/172470 A1 (COBB JAMES M [US] ET AL) 11 August 2005 (2005-08-11) the whole document	1-24
A	DE 35 39 797 A1 (KUKA SCHWEISSANLAGEN & ROBOTER [DE]) 21 May 1987 (1987-05-21) the whole document	1-24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2009/000637

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0320315 A	14-06-1989	DE 3883356 D1	23-09-1993
		DE 3883356 T2	02-12-1993
		JP 1153388 A	15-06-1989
		JP 2105902 C	06-11-1996
		JP 8015877 B	21-02-1996
		US 5010634 A	30-04-1991
DE 10242710 A1	08-04-2004	WO 2004026669 A2	01-04-2004
		WO 2004026670 A2	01-04-2004
		WO 2004026537 A2	01-04-2004
		WO 2004026671 A2	01-04-2004
		WO 2004026672 A2	01-04-2004
		WO 2004026673 A2	01-04-2004
		EP 1537008 A2	08-06-2005
		EP 1537009 A2	08-06-2005
		EP 1537010 A2	08-06-2005
		EP 1537011 A2	08-06-2005
		EP 1539562 A2	15-06-2005
		JP 2006514588 T	11-05-2006
		JP 2005537988 T	15-12-2005
		JP 2005537939 T	15-12-2005
		JP 2005537989 T	15-12-2005
		JP 2005537990 T	15-12-2005
		US 2007017081 A1	25-01-2007
		US 2006107507 A1	25-05-2006
		US 2006107508 A1	25-05-2006
		US 2006015211 A1	19-01-2006
		US 2006137164 A1	29-06-2006
US 2006167587 A1	27-07-2006	EP 1472580 A1	03-11-2004
		WO 03034165 A1	24-04-2003
US 2006181236 A1	17-08-2006	AT 412495 T	15-11-2008
		AU 2003289695 A1	06-09-2004
		CN 1747816 A	15-03-2006
		EP 1592536 A1	09-11-2005
		SE 524818 C2	05-10-2004
		SE 0300409 A	14-08-2004
		WO 2004071717 A1	26-08-2004
US 5208763 A	04-05-1993	WO 9205399 A1	02-04-1992
US 2005172470 A1	11-08-2005	AT 412207 T	15-11-2008
		EP 1719030 A1	08-11-2006
		WO 2005078543 A1	25-08-2005
DE 3539797 A1	21-05-1987	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/000637

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B25J9/16 G05B19/402 B62D65/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G05B B25J B62D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 320 315 A (NISSAN MOTOR [JP]) 14. Juni 1989 (1989-06-14) Spalte 1, Zeilen 3-6 Spalte 2, Zeile 34 - Spalte 3, Zeile 10 Spalte 3, Zeile 38 - Spalte 4, Zeile 18 Spalte 4, Zeilen 41-59 Spalte 7, Zeile 40 - Spalte 9, Zeile 23 Spalte 9, Zeile 58 - Spalte 10, Zeile 45; Abbildungen 3,4	1,15
Y		2-4, 6-10,12, 16-18, 20-23

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
8. Juni 2009	17/06/2009

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Hristov, Stefan

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/000637

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 102 42 710 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 8. April 2004 (2004-04-08) Absätze [0004], [0005], [0008], [0012] - [0015], [0021], [0022], [0034], [0037], [0038], [0042] - [0048], [0053], [0057]; Abbildungen 1-4	1,15
Y		5-12, 19-23
Y	US 2006/167587 A1 (READ DALE [GB]) 27. Juli 2006 (2006-07-27) Absätze [0010], [0011], [0014] - [0018], [0044], [0045], [0054], [0065], [0069] - [0071], [0077] - [0080], [0083], [0086] - [0088]; Ansprüche 5-11	1,5,6,8, 9,12,16, 18-20, 22,23
Y	US 2006/181236 A1 (BROGARDH TORGNY [SE] BROGAARDH TORGNY [SE]) 17. August 2006 (2006-08-17) Absätze [0005] - [0018], [0022], [0023], [0045] - [0047], [0076] - [0082]	1,3,15, 17
Y	US 5 208 763 A (HONG JIAWEI [US] ET AL) 4. Mai 1993 (1993-05-04) das ganze Dokument	1,2,4, 11,15
A	US 2005/172470 A1 (COBB JAMES M [US] ET AL) 11. August 2005 (2005-08-11) das ganze Dokument	1-24
A	DE 35 39 797 A1 (KUKA SCHWEISSANLAGEN & ROBOTER [DE]) 21. Mai 1987 (1987-05-21) das ganze Dokument	1-24

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/000637

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0320315	A	14-06-1989	DE	3883356 D1	23-09-1993
			DE	3883356 T2	02-12-1993
			JP	1153388 A	15-06-1989
			JP	2105902 C	06-11-1996
			JP	8015877 B	21-02-1996
			US	5010634 A	30-04-1991
DE 10242710	A1	08-04-2004	WO	2004026669 A2	01-04-2004
			WO	2004026670 A2	01-04-2004
			WO	2004026537 A2	01-04-2004
			WO	2004026671 A2	01-04-2004
			WO	2004026672 A2	01-04-2004
			WO	2004026673 A2	01-04-2004
			EP	1537008 A2	08-06-2005
			EP	1537009 A2	08-06-2005
			EP	1537010 A2	08-06-2005
			EP	1537011 A2	08-06-2005
			EP	1539562 A2	15-06-2005
			JP	2006514588 T	11-05-2006
			JP	2005537988 T	15-12-2005
			JP	2005537939 T	15-12-2005
			JP	2005537989 T	15-12-2005
			JP	2005537990 T	15-12-2005
			US	2007017081 A1	25-01-2007
			US	2006107507 A1	25-05-2006
			US	2006107508 A1	25-05-2006
			US	2006015211 A1	19-01-2006
			US	2006137164 A1	29-06-2006
US 2006167587	A1	27-07-2006	EP	1472580 A1	03-11-2004
			WO	03034165 A1	24-04-2003
US 2006181236	A1	17-08-2006	AT	412495 T	15-11-2008
			AU	2003289695 A1	06-09-2004
			CN	1747816 A	15-03-2006
			EP	1592536 A1	09-11-2005
			SE	524818 C2	05-10-2004
			SE	0300409 A	14-08-2004
			WO	2004071717 A1	26-08-2004
US 5208763	A	04-05-1993	WO	9205399 A1	02-04-1992
US 2005172470	A1	11-08-2005	AT	412207 T	15-11-2008
			EP	1719030 A1	08-11-2006
			WO	2005078543 A1	25-08-2005
DE 3539797	A1	21-05-1987	KEINE		