(19) LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Économie

(11) N° de publication : **LU502569**

(12) **BREVET D'INVENTION** **B1**

(21) N° de dépôt: LU502569

(22) Date de dépôt: 26/07/2022

(51) Int. Cl.:
G05B 19/416

(30) Priorité:

(43) Date de mise à disposition du public: 26/01/2024

(47) Date de délivrance: 26/01/2024

(73) Titulaire(s):
PONTICON GMBH – 65201 Wiesbaden (Deutschland)

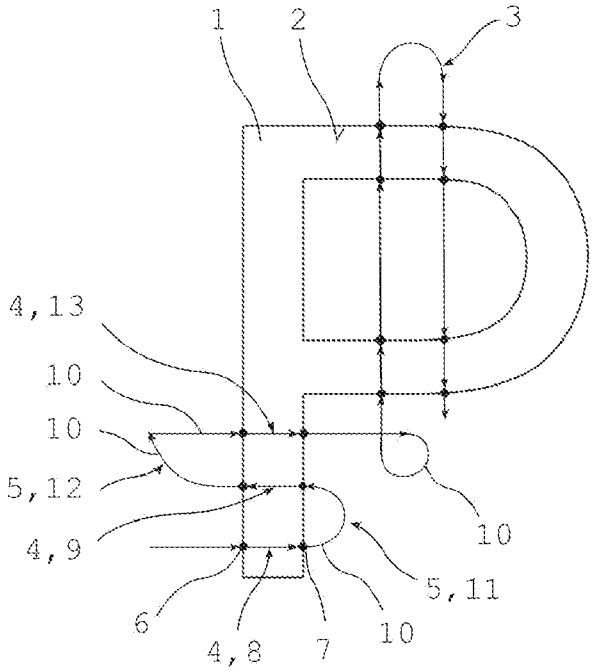
(72) Inventeur(s):
Dr. Tobias STITTGEN – Deutschland, Thomas HORR – Deutschland

(74) Mandataire(s):
HABERMANN INTELLECTUAL PROPERTY PARTNERSCHAFT VON PATENTANWÄLTEN MBB – 64293 Darmstadt (Deutschland)

(54) **Verfahren zur Werkstückbearbeitung innerhalb einer Bearbeitungsmaschine.**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Werkstückbearbeitung innerhalb einer Bearbeitungsmaschine, bei dem ein Werkzeug relativ zu einem Werkstück (1) bewegt wird. Das Werkzeug oder das Werkstück (1) wird in einer durch eine Bewegungsbahn (3) vorgegebenen Verfahrrichtung mit einer vorgebbaren Verfahrgeschwindigkeit verfahren. Die Bewegungsbahn (3) ist in Bearbeitungsabschnitte (4) und Beschleunigungsabschnitte (5) unterteilt. Innerhalb der Bearbeitungsabschnitte (4) wird zwischen einem Startpunkt (6) und einem Endpunkt (7) des Bearbeitungsabschnitts (4) eine Werkstückbearbeitung mit einer vorgebbaren Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit in einer Bearbeitungsverfahrrichtung durchgeführt. Entlang des durch den Endpunkt (7) eines ersten Bearbeitungsabschnitts (11) und dem Startpunkt (6) eines zweiten Bearbeitungsabschnitts (12) festgelegten Beschleunigungsabschnitts (5) wird die Verfahrgeschwindigkeit so angepasst, sodass an dem Startpunkt (6) des Bearbeitungsabschnitts (4) die vorgegebene Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit erreicht ist.

FIG 1



LU502569

Ponticon GmbH

Verfahren zur Werkstückbearbeitung innerhalb einer Bearbeitungsmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Werkstückbearbeitung innerhalb einer Bearbeitungsmaschine, bei dem ein Werkzeug relativ zu einem Werkstück bewegt wird, wobei das Werkzeug oder das Werkstück in einer durch eine Bewegungsbahn vorgegebenen Verfahrrichtung mit einer vorgebbaren Verfahrgeschwindigkeit verfahren wird, wobei die Bewegungsbahn in Bearbeitungsabschnitte und Beschleunigungsabschnitte unterteilt ist, wobei innerhalb der Bearbeitungsabschnitte zwischen einem Startpunkt und einem Endpunkt des Bearbeitungsabschnitts eine Werkstückbearbeitung mit einer vorgebbaren Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit in einer Bearbeitungsverfahrrichtung durchgeführt wird.

Bei dem hier verwendeten Oberbegriff der Bearbeitungsmaschine werden auch Schneidmaschinen, Lackiermaschinen, Fräsmaschinen oder Laserauftragschweißmaschinen verstanden. Allen Bearbeitungsmaschinen ist gemeinsam, dass diese über ein Achssystem verfügen, mit dem entweder das Werkzeug oder das Werkstück bewegt wird, um für den Bearbeitungsprozess notwendige Verfahrbewegung zu realisieren. Dabei werden für den jeweiligen Bearbeitungsabschnitt zur Werkstückbearbeitung neben der Verfahrgeschwindigkeit weitere verfahrensspezifisch Bearbeitungsparameter vorgegeben. Beim Laserauftragschweißen werden beispielsweise die Laserleistung, ein Grad der Defokussierung der Laserstrahlung, ein Abstand zum Werkstück oder ein Pulvermassenstrom vorgegeben.

Dabei sind in Maschinensteuerungen die angegebenen Bearbeitungsparameter jeweils am Startpunkt und am Endpunkt des Bearbeitungsabschnitts vorgebbar, sodass die Bearbeitungsparameter und/oder die Verfahrgeschwindigkeit entlang der Bearbeitungsstrecke zeit- oder ortsaufgelöst anpassbar sind.

Häufig ist die Kinematik der Bearbeitungsmaschinen aufgrund der zu bewegenden Massen und der dadurch entstehenden Trägheitskräfte dahingehend eingeschränkt, dass maximale Beschleunigung und damit die Geschwindigkeitszunahme entlang eines definierten Abschnittes der Bewegungsbahn durch den maschinenbedingten maximal zulässigen Ruck begrenzt ist, sodass in einem Startpunkt des Bearbeitungsabschnitts die vorgegebenen Bearbeitungsparameter nicht erreicht sind. Beispielsweise kann es der Fall sein, dass eine in dem Startpunkt der Bearbeitungsstrecke vorgegebene Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit aufgrund einer zu geringen Beschleunigung unterschritten ist und der Bearbeitungsvorgang mit den sich von den vorgegebenen Soll-Bearbeitungsparametern unterscheidenden Ist-Bearbeitungsparametern durchgeführt wird. Die Folge ist ein Bearbeitungsprozess, der unter abweichenden Prozessbedingungen durgeführt wird, was unmittelbar zu einem abweichenden Bearbeitungsergebnis führen kann.

Des Weiteren können während des Bearbeitungsvorgangs bei hohen Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeiten massenträgheitsbedingte Bahnabweichungen entstehen. Dabei wird die vorgegebene Bewegungsbahn des Werkzeugs oder des Werkstücks nicht eingehalten. Dies führt unmittelbar zu einer

Abweichung zu der Sollgeometrie oder aber zu einem Bearbeitungsprozess, der unter abweichenden Prozessbedingungen durchgeführt wird, was unmittelbar zu einem abweichenden Bearbeitungsergebnis führen kann

Das Laserauftragschweißen wird in bekannten Ausführungsvarianten für die Beschichtung oder die Reparatur eines Werkstücks oder für die additive Fertigung von Bauteilen verwendet. Dabei wird ein pulverförmiger Zusatzwerkstoff, beispielsweise ein Metallpulver, mit Hilfe einer Pulverzufuhrdüse in die Wechselwirkungszone der Laserstrahlung mit dem Metallpulver eingebracht und dort mittels Laserstrahlung aufgeschmolzen, sodass ein Verbund des geschmolzenen Metallpulvers und dem Werkstück beziehungsweise der bereits aufgetragenen Schicht entsteht.

In einer Variante des Laserauftragschweißens, dem Extremen Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen (kurz: EHLA), wird der pulverförmige Zusatzwerkstoff durch die gebündelte Laserstrahlung aufgeschmolzen, bevor er in das durch die Laserstrahlung erzeugte Schmelzbad gelangt. Damit können sehr hohe Verfahrgeschwindigkeiten im Bereich von 10 m/min bis 500 m/min realisiert werden und Schichten mit einer Schichtdicke im Bereich von 10 µm bis 250 µm pro Schicht hergestellt werden.

Dabei kann das Werkstück gegenüber dem Laserstrahl und dem Pulvergasstrahl bewegt werden, sodass eine Schmelzspur auf der Werkstückoberfläche erzeugt wird. Durch das Übereinanderlegen einzelner Schichten lassen sich dreidimensionale Strukturen additiv aufbauen. Der Aufbau solcher Strukturen geschieht entweder auf vorhandenen

Bauteilen oder bei der Erzeugung ganzer Objekte auf einer Werkstückträgerplatte, die dann als Basis dient.

Um solche hohe Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit zu erreichen, sind hohe Anforderungen an die Prozesstechnik sowie Kinematik der dafür verwendeten Vorrichtungen zu erfüllen. Insbesondere sind die meist großen Werkstückgewichte und die großen Massen des Werkzeugs, wie die Pulverdüse beziehungsweise die Laseroptik bei der Verfahrbewegung zu berücksichtigen.

Als Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird es angesehen, eine Verfahrensstrategie für einen Bearbeitungsprozess bereitzustellen, mit dem die Bearbeitung eines Werkstücks an einem Startpunkt der Bearbeitungsstrecke mit vorgegebenen Bearbeitungsparametern und bei Verfahrgeschwindigkeiten von 10 m/min bis 500 m/min durchführbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass entlang des durch den Endpunkt eines ersten Bearbeitungsabschnitts und dem Startpunkt eines zweiten Bearbeitungsabschnitts festgelegten Beschleunigungsabschnitts die Verfahrgeschwindigkeit so angepasst wird, sodass an dem Startpunkt des Bearbeitungsabschnitts die vorgegebene Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit erreicht ist.

Bei den bei dem EHLA-Verfahren auftretenden Relativgeschwindigkeiten zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück im Bereich von 10 m/min bis 200 m/min, vorzugsweise mehr als 500 m/min, und Beschleunigungen von mehr als 50 m/s2 entstehen durch die sich bewegenden Massen hohe Impulse. Diese Impulse können die Umgebung der Vorrichtung

beeinflussen und zu unerwünschten Störungen bei dem Laserauftragschweißvorgang führen. Durch die Beschleunigung des Werkzeugs oder des Werkstücks entlang der Beschleunigungsbahnabschnitte und damit außerhalb des Bearbeitungsabschnitts können die hohen auftretenden Impulse und Beschleunigungen reduziert werden, da eine verlängerte Beschleunigungsstrecke zur Erreichung der vorgegebenen Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit zur Verfügung steht. Somit können die Beschleunigungen des Werkzeugs und der Werkzeugaufnahme oder Beschleunigungen des Werkstücks unterhalb der maximal zulässigen Beschleunigung eingestellt werden.

Dabei ist erfindungsgemäß aber auch vorgesehen, dass entlang des Beschleunigungsabschnitt neben einer Vergrößerung der Verfahrgeschwindigkeit auch eine Verringerung der Verfahrgeschwindigkeit vorgesehen ist. Ebenso ist es vorgesehen, dass die Verfahrgeschwindigkeit entlang des Beschleunigungsabschnitts gar nicht verändert wird und die Verfahrbewegung des Werkstücks oder des Werkzeugs entlang der Beschleunigungsbahn mit konstanter Geschwindigkeit durchgeführt wird.

Um eine gesteigerte Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück einstellen zu können, ist in einer vorteilhaften Umsetzung des Erfindungsgedankens vorgesehen, dass für die Bewegung des Werkzeugs relativ zu dem Werkstück sowohl das Werkzeug als auch das Werkstück bewegt werden, wobei das Werkzeug und das Werkstück in jeweils voneinander verschiedenen Verfahrrichtungen oder in verschiedenen Verfahrgeschwindigkeiten bewegt werden. Somit

kann eine Verdopplung der Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit erreicht werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Verfahrbewegung des Werkzeugs und/oder des Werkstücks in drei Raumrichtungen (x, y, z) erfolgt. Maßgeblich ist dabei die relative Bewegung zwischen dem Werkstück und dem Bearbeitungswerkzeug der Bearbeitungsmaschine. Je nach Ausgestaltung und Typ der Bearbeitungsmaschine findet eine Bewegung des Werkstücks und/oder eine Bewegung des Bearbeitungswerkzeugs statt. Dazu werden die Bewegungen in den drei Raumrichtungen (x, y, z), vorzugsweise Bahnbewegungen, durchgeführt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Beschleunigungsabschnitt in mehrere Beschleunigungsbahnabschnitte unterteilt ist, wobei die Beschleunigungsbahnabschnitte jeweils durch eine geometrische Form und eine Länge des Beschleunigungsbahnabschnitts vorgebbar sind. Somit ist eine besonders flexible Ausgestaltung der Beschleunigungsabschnitte möglich. Die geometrische Gestaltung des Beschleunigungsabschnitts kann beispielsweise als Gerade, als Kreissegment mit einem bestimmten Radius, als Abschnitt einer Hyperbel und so weiter erfolgen.

Um in Abhängigkeit der gewünschten Optimierung der Werkstückbearbeitung zu erreichen, ist bei einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass die geometrische Form und die Länge der Beschleunigungsbahnabschnitte in Abhängigkeit der an dem Startpunkt und an dem Endpunkt des Bearbeitungsabschnitts

vorgegebenen Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeiten erfolgt. Damit ist eine Auslegung der Beschleunigungsbahnabschnitte mit dem Ziel konstanter Verfahrgeschwindigkeiten, konstanter Beschleunigung, reduzierter Bahnabweichung im Prozess, reduziertem Ruck oder verkürzter Bearbeitungszeit möglich.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Erfindungsgedankens ist vorgesehen, dass zumindest ein Beschleunigungsbahnabschnitt in einer Beschleunigungsbahnebene angeordnet ist, die sich von einer den Startpunkt oder den Endpunkt des Bearbeitungsabschnitts umfassenden Bearbeitungsbahnebene unterscheidet. Dadurch, dass Verfahrbewegungen des Werkzeugs und/oder des Werkstücks in den drei Raumrichtungen (x, y, z) möglich sind, kann somit eine flexible Ausgestaltung der Verfahrbewegung und Verfahrgeschwindigkeit entlang der Beschleunigungsbahnabschnitte erfolgen. Dadurch wird auch ermöglicht, dass die Verfahrgeschwindigkeit entlang der Beschleunigungsabschnitte konstant gehalten wird, da eine geometrische Form der Beschleunigungsabschnitte gewählt ist, wodurch die die maschinenbezogene maximal zulässige Beschleunigung nicht überschritten wird. Auch kann in Abhängigkeit der durch das Werkstück oder durch das Werkzeug begrenzte und zur Verfügung stehende Platzverhältnisse durch eine Ausgestaltung der Beschleunigungsbahnabschnitte in den drei Raumrichtungen (x, y, z) optimal ausgenutzt werden.

Insbesondere bei großen Unterschieden zwischen der Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit in einem Endpunkt eines Bearbeitungsabschnitts und der Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit in einem Startpunkt eines darauffolgenden Bearbeitungsabschnitts ist eine große

Beschleunigung des Werkzeugs oder des Werkstücks notwendig, um die Verfahrgeschwindigkeitsdifferenz ausgleichen zu können, um die vorgegebene Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit im Startpunkt zu erreichen. Dabei kann ein Beschleunigungsbahnabschnitt so an dem Bearbeitungsabschnitt angeordnet werden und eine geometrische Form aufweisen, sodass die Verfahrgeschwindigkeit entlang des Beschleunigungsabschnitts beispielsweise durch eine konstante Beschleunigung des Werkzeugs oder des Werkstücks erfolgen kann. Dies kann beispielsweise durch die geometrische Gestaltung als Kreis mit einem großen Radius oder durch einen Hyperbelabschnitt erfolgen, sodass die maschinenbezogene maximal zulässige Beschleunigung unterschritten werden kann.

Denkbar ist aber auch eine Vergrößerung der Verfahrgeschwindigkeit entlang eines Beschleunigungsabschnitts und eine Verringerung der Verfahrgeschwindigkeit, sodass insgesamt eine verringerte Bearbeitungszeit möglich ist.

Damit ist eine Vergrößerung der Verfahrgeschwindigkeit auf die Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit des Startpunkts nicht oder nur in geringem Umfang notwendig, sodass eine verkürzte Bearbeitungszeit möglich ist.

Um eine beschleunigungsfreie Überfahrt über den Startpunkt zu ermöglichen, ist bei einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass der in Verfahrrichtung dem Startpunkt des Bearbeitungsabschnitts vorgelagerten Beschleunigungsbahnabschnitt so ausgerichtet ist, dass in Verfahrrichtung gesehen in dem Startpunkt des Bearbeitungsabschnitts ein von dem

Beschleunigungsbahnabschnitt und der Bearbeitungsverfahrrichtung eingeschlossener Übergangswinkel einen Wert von 0 Grad bis 1 Grad beträgt. Beispielsweise kann der vorgelagerte Beschleunigungsbahnabschnitt tangential an den Bearbeitungsabschnitt angeordnet sein, wobei dieser kreisförmig, ellipsenförmig oder von einer Gerade abweichenden Form ausgestaltet ist. Besonders vorteilhaft ist der vorgelagerte Beschleunigungsbahnabschnitt ohne Versatz an den Bearbeitungsabschnitt angeschlossen, sodass eine beschleunigungsfreie und ohne sprunghafte Verfahrbewegungen Überfahrt über den Startpunkt möglich ist.

Um eine besonders schnelle Werkstückbearbeitung zu ermöglichen, ist in einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass die Werkstückbearbeitung innerhalb des Bearbeitungsabschnitts mit einer Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit im Bereich von 10 m/min bis 500 m/min durchgeführt wird.

In einer vorteilhaften Umsetzung des Erfindungsgedankens ist vorgesehen, dass die Bearbeitungsmaschine so ausgestaltet ist, dass mit der Bearbeitungsmaschine Extrem-Hochgeschwindigkeitsauftragschweißen (EHLA) durchführbar ist.

Dazu wird das Werkstück in den drei Raumrichtungen (x, y, z) relativ zu einem parallel zum Werkstückträger angeordneten Schweißkopfes bewegt. Bei dem Extrem-Hochgeschwindigkeitsauftragschweißen wird als Werkzeug eine Pulverdüse verwendet, durch die ein pulverförmiger Zusatzwerkstoff in die Laserstrahlung injiziert wird, noch bevor das geschmolzene Pulver in das auf der Werkstückoberfläche erzeugte Schmelzbad gelangt. Somit werden

auf der Werkstückoberfläche sehr dünne Schichten mit Schichtdicken im Bereich von 10 µm bis 250 µm pro Schicht erzeugt.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung wird anhand des in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer auf einem Werkstück vorgegebenen Bewegungsbahn in einer Draufsicht auf das Werkstück und

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer auf dem Werkstück vorgegebenen Bewegungsbahn in einer perspektivischen Ansicht.

In Fig. 1 ist ein Werkstück 1 in einer schematischen Darstellung in einer Draufsicht gezeigt. Außerdem ist eine auf einer Werkstückoberfläche 2 des Werkstücks 1 schematisch dargestellte Bewegungsbahn 3 gezeigt. Entlang der Bewegungsbahn 3 wird ein nicht dargestelltes Werkzeug mit einer vorgebbaren Verfahrgeschwindigkeit in einer durch die Bewegungsbahn 3 vorgegeben Verfahrrichtung bewegt. Die Bewegungsbahn 3 ist in Bearbeitungsabschnitte 4 und Beschleunigungsabschnitte 5 unterteilt. Die Bearbeitungsabschnitte 4 sind jeweils durch einen Startpunkt 6 und einen Endpunkt 7 definiert, wobei in dem Bearbeitungsabschnitt 4 eine Werkstückbearbeitung mit dem nicht dargestellten Werkzeug mit einer Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit durchgeführt wird. Entlang des durch den Endpunkt 7 eines ersten Bearbeitungsabschnitts 8 und dem Startpunkt 6 eines zweiten Bearbeitungsabschnitts 9 festgelegten

Beschleunigungsabschnitts 5 wird die Verfahrgeschwindigkeit so angepasst, sodass an dem Startpunkt 6 des Bearbeitungsabschnitts 4 die vorgegebene Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit erreicht ist. Dabei ist ein erster Beschleunigungsabschnitt 11 halbkreisförmig ausgestaltet. Ein zweiter Beschleunigungsabschnitt 12 ist in zwei Beschleunigungsbahnabschnitte 10 unterteilt. Wobei der erste Beschleunigungsbahnabschnitt 10 als Kreissegment ausgestaltet ist und der zweite Beschleunigungsbahnabschnitt 10 als Gerade ausgestaltet ist. Der in Verfahrrichtung dem Startpunkt 6 eines dritten Bearbeitungsabschnitts 13 vorgelagerte zweite Beschleunigungsbahnabschnitt 10ist ohne Versatz und in Verfahrrichtung unterbrechungsfrei an den dritten Bearbeitungsabschnitt 13 angeordnet, sodass das nicht dargestellte Werkzeug ohne sprunghafte Verfahrbewegungen von dem Beschleunigungsbahnabschnitt 10 des zweiten Beschleunigungsabschnitts 12 in den dritten Bearbeitungsabschnitt 13 verfahren wird.

In Fig. 2 ist das Werkstück 1 in einer schematischen Darstellung in einer perspektivischen Ansicht gezeigt. Außerdem ist die auf Werkstückoberflächen 2 des Werkstücks 1 schematisch dargestellte Bewegungsbahn 3 gezeigt. Entlang der Bewegungsbahn 3 wird das nicht dargestelltes Werkzeug mit der vorgebbaren Verfahrgeschwindigkeit in der durch die Bewegungsbahn 3 vorgegeben Verfahrrichtung bewegt. Die in Fig. 2 gezeigte Bewegungsbahn 3 ist in den ersten Bearbeitungsabschnitt 8, einen zweiten Bearbeitungsabschnitt 9 und in Beschleunigungsabschnitte 5 unterteilt. Dabei ist der Beschleunigungsabschnitt 5 in zwei Beschleunigungsbahnabschnitte 10 unterteilt. Dabei ist der

zweite Beschleunigungsbahnabschnitt 10 in einer Beschleunigungsbahnebene angeordnet, die sich von einer den Startpunkt oder den Endpunkt des Bearbeitungsabschnitts umfassenden Bearbeitungsbahnebene unterscheidet.

In den Darstellungen der Fig. 1 und Fig. 2 sind lediglich jeweils einzelne mehrerer gleichartiger Elemente exemplarisch mit einem Bezugszeichen gekennzeichnet.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Werkstückbearbeitung innerhalb einer Bearbeitungsmaschine, bei dem ein Werkzeug relativ zu einem Werkstück (1) bewegt wird, wobei das Werkzeug oder das Werkstück (1) in einer durch eine Bewegungsbahn (3) vorgegebenen Verfahrrichtung mit einer vorgebbaren Verfahrgeschwindigkeit verfahren wird, wobei die Bewegungsbahn (3) in Bearbeitungsabschnitte (4) und Beschleunigungsabschnitte (5) unterteilt ist, wobei innerhalb der Bearbeitungsabschnitte (4) zwischen einem Startpunkt (6) und einem Endpunkt (7) des Bearbeitungsabschnitts (4) eine Werkstückbearbeitung mit einer vorgebbaren Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit in einer Bearbeitungsverfahrrichtung durchgeführt wird, wobei entlang des durch den Endpunkt (7) eines ersten Bearbeitungsabschnitts (4) und dem Startpunkt (6) eines zweiten Bearbeitungsabschnitts (4) festgelegten Beschleunigungsabschnitts (5) die Verfahrgeschwindigkeit so angepasst wird, sodass an dem Startpunkt (6) des Bearbeitungsabschnitts (4) die vorgegebene Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit erreicht ist.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für die Bewegung des Werkzeugs relativ zu dem Werkstück (1) sowohl das Werkzeug als auch das Werkstück (1) bewegt werden, wobei das Werkzeug und das Werkstück (1) in jeweils voneinander verschiedenen Verfahrrichtungen oder in verschiedenen Verfahrgeschwindigkeiten bewegt werden.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Verfahrbewegung des Werkzeugs und/oder des Werkstücks (1) in drei Raumrichtungen (x, y, z) erfolgt.

4. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Beschleunigungsabschnitt (5) in mehrere Beschleunigungsbahnabschnitte (10) unterteilt ist, wobei die Beschleunigungsbahnabschnitte (10) jeweils durch eine geometrische Form und eine Länge des Beschleunigungsbahnabschnitts (10) vorgebbar sind.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die geometrische Form und die Länge der Beschleunigungsbahnabschnitte (10) in Abhängigkeit der an dem Startpunkt (6) und an dem Endpunkt (7) des Bearbeitungsabschnitts (4) vorgegebenen Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeiten erfolgt.

6. Verfahren gemäß Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Beschleunigungsbahnabschnitt (10) in einer Beschleunigungsbahnebene angeordnet ist, die sich von einer den Startpunkt (6) oder den Endpunkt (7) des Bearbeitungsabschnitts (4) umfassenden Bearbeitungsbahnebene unterscheidet.

7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der in Verfahrrichtung dem Startpunkt (6) des Bearbeitungsabschnitts (4) vorgelagerten Beschleunigungsbahnabschnitt (10) so ausgerichtet ist, dass in Verfahrrichtung gesehen in dem Startpunkt (6) des Bearbeitungsabschnitts (4) ein von dem Beschleunigungsbahnabschnitt (10) und der

Bearbeitungsverfahrrichtung eingeschlossener Übergangswinkel (17) einen Wert von 0 Grad bis 1 Grad beträgt.

8. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkstückbearbeitung innerhalb des Bearbeitungsabschnitts (4) mit einer Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit im Bereich von 10 m/min bis 500 m/min durchgeführt wird.

9. Verfahren gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitungsmaschine so ausgestaltet ist, dass mit der Bearbeitungsmaschine Extrem-Hochgeschwindigkeitsauftragschweißen (EHLA) durchführbar ist.

FIG 1

LU502569

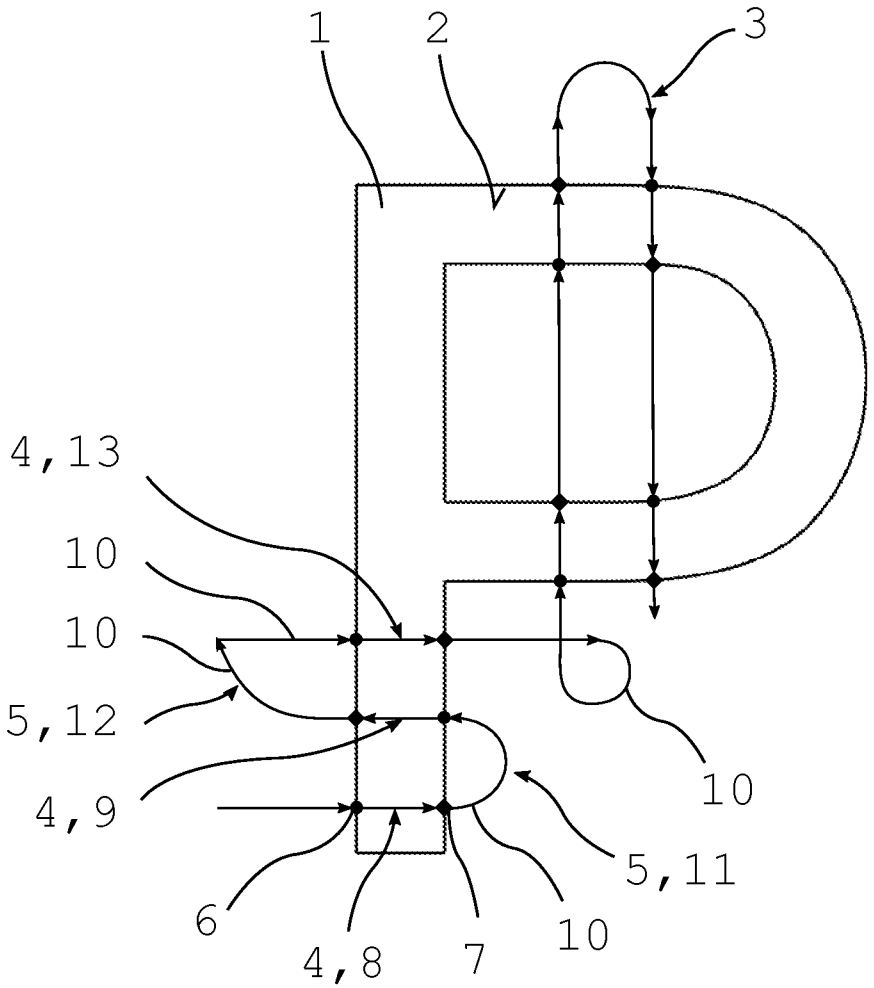


FIG 2

