

Ponticon GmbH

Verfahren zur Werkstückbearbeitung innerhalb einer
5 Bearbeitungsmaschine

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

20 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
25 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
30 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
5 Bearbeitungsparameter und/oder die Verfahrgeschwindigkeit
entlang der Bearbeitungsstrecke zeit- oder orts aufgelöst
anpassbar sind.

Häufig ist die Kinematik der Bearbeitungsmaschinen aufgrund
10 der zu bewegendenden 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,
15 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
20 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 durchgeführt wird, was
25 unmittelbar zu einem abweichenden Bearbeitungsergebnis führen
kann.

Des Weiteren können während des Bearbeitungsvorgangs bei
hohen Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeiten
30 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

5

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
10 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
15 der bereits aufgetragenen Schicht entsteht.

In einer Variante des Laserauftragschweißens, dem Extremen
Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen (kurz: EHLA), wird
der pulverförmige Zusatzwerkstoff durch die gebündelte
20 Laserstrahlung aufgeschmolzen, bevor er in das durch die
Laserstrahlung erzeugte Schmelzbad gelangt. Damit können sehr
hohe Verfahrensgeschwindigkeiten 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
25 hergestellt werden.

Dabei kann das Werkstück gegenüber dem Laserstrahl und dem
Pulvergasstrahl bewegt werden, sodass eine Schmelzspur auf
der Werkstückoberfläche erzeugt wird. Durch das
30 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
5 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
10 Verfahrbewegung zu berücksichtigen.

Als Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird es angesehen,
eine Verfahrensstrategie für einen Bearbeitungsprozess
bereitzustellen, mit dem die Bearbeitung eines Werkstücks an
15 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
20 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
25 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
30 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

5 Bearbeitungsabschnitts können die hohen auftretenden Impulse und Beschleunigungen reduziert werden, da eine verlängerte Beschleunigungsstrecke zur Erreichung der vorgegebenen Bearbeitungsverfahrensgeschwindigkeit zur Verfügung steht. Somit können die Beschleunigungen des Werkzeugs und der

10 Werkzeugaufnahme oder Beschleunigungen des Werkstücks unterhalb der maximal zulässigen Beschleunigung eingestellt werden.

Dabei ist erfindungsgemäß aber auch vorgesehen, dass entlang

15 des Beschleunigungsabschnitts neben einer Vergrößerung der Verfahrensgeschwindigkeit auch eine Verringerung der Verfahrensgeschwindigkeit vorgesehen ist. Ebenso ist es vorgesehen, dass die Verfahrensgeschwindigkeit entlang des Beschleunigungsabschnitts gar nicht verändert wird und die

20 Verfahrensbewegung des Werkstücks oder des Werkzeugs entlang der Beschleunigungsbahn mit konstanter Geschwindigkeit durchgeführt wird.

Um eine gesteigerte Bearbeitungsverfahrensgeschwindigkeit

25 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

30 jeweils voneinander verschiedenen Fahrrichtungen oder in verschiedenen Verfahrensgeschwindigkeiten bewegt werden. Somit

kann eine Verdopplung der Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit erreicht werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist
5 vorgesehen, dass die Verfahrensbewegung 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
10 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.

15 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
20 vorgebar 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
25 erfolgen.

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

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

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Erfindungsgedankens
ist vorgesehen, dass sich der Beschleunigungsabschnitt in
allen drei Raumrichtungen erstreckt, sodass keine Ebene
10 existiert in der der Beschleunigungsabschnitt vollständig
liegt. Erfindungsgemäß ist vorteilhafterweise vorgesehen,
dass zumindest ein Beschleunigungsbahnabschnitt in einer
Beschleunigungsbahnebene angeordnet ist, die sich von einer
den Startpunkt oder den Endpunkt des Bearbeitungsabschnitts
15 umfassenden Bearbeitungsbahnebene unterscheidet. Dadurch,
dass Verfahrensbewegungen des Werkzeugs und/oder des Werkstücks
in den drei Raumrichtungen (x, y, z) möglich sind, kann somit
eine flexible Ausgestaltung der Verfahrensbewegung und
Verfahrensgeschwindigkeit entlang der
20 Beschleunigungsbahnabschnitte erfolgen. Dadurch wird auch
ermöglicht, dass die Verfahrensgeschwindigkeit entlang der
Beschleunigungsabschnitte konstant gehalten wird, da eine
geometrische Form der Beschleunigungsabschnitte gewählt ist,
wodurch die maschinenbezogene maximal zulässige
25 Beschleunigung nicht überschritten wird. Auch kann in
Abhängigkeit der durch das Werkstück oder durch das Werkzeug
begrenzten und zur Verfügung stehenden Platzverhältnisse
durch eine Ausgestaltung der Beschleunigungsbahnabschnitte in
den drei Raumrichtungen (x, y, z) optimal ausgenutzt werden.

30

Insbesondere bei großen Unterschieden zwischen der
Bearbeitungsverfahrensgeschwindigkeit in einem Endpunkt eines

Bearbeitungsabschnitts und der
Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit in einem Startpunkt eines
darauffolgenden Bearbeitungsabschnitts ist eine große
Beschleunigung des Werkzeugs oder des Werkstücks notwendig,
5 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,
10 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
15 Hyperbelabschnitt erfolgen, sodass die maschinenbezogene
maximal zulässige Beschleunigung unterschritten werden kann.

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

Damit ist eine Vergrößerung der Verfahrgeschwindigkeit auf
25 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
30 ermöglichen, ist bei einer vorteilhaften Ausgestaltung des
erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass der in
Verfahrriichtung dem Startpunkt des Bearbeitungsabschnitts

vorgelagerten Beschleunigungsbahnabschnitt so ausgerichtet ist, dass in Fahrtrichtung gesehen in dem Startpunkt des Bearbeitungsabschnitts ein von dem Beschleunigungsbahnabschnitt und der

- 5 Bearbeitungsverfahrtrichtung 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
- 10 abweichenden Form ausgestaltet ist. Besonders vorteilhaft ist der vorgelagerte Beschleunigungsbahnabschnitt ohne Versatz an den Bearbeitungsabschnitt angeschlossen, sodass eine beschleunigungsfreie und ohne sprunghafte Fahrbewegungen Überfahrt über den Startpunkt möglich ist.

15

Um eine besonders schnelle Werkstückbearbeitung zu ermöglichen, ist in einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass die Werkstückbearbeitung innerhalb des Bearbeitungsabschnitts mit einer

- 20 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

- 25 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

- 30 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

5 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

10 Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen:

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

15

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

20 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 Verfahrensgeschwindigkeit in einer durch die

25 Bewegungsbahn 3 vorgegeben Verfahrriichtung 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

30 Bearbeitungsabschnitt 4 eine Werkstückbearbeitung mit dem nicht dargestellten Werkzeug mit einer Bearbeitungsverfahrensgeschwindigkeit 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 Verfahrensgeschwindigkeit
5 so angepasst, sodass an dem Startpunkt 6 des
Bearbeitungsabschnitts 4 die vorgegebene
Bearbeitungsverfahrensgeschwindigkeit erreicht ist. Dabei ist
ein erster Beschleunigungsabschnitt 11 halbkreisförmig
ausgestaltet. Ein zweiter Beschleunigungsabschnitt 12 ist in
10 zwei Beschleunigungsbahnabschnitte 10 unterteilt. Wobei der
erste Beschleunigungsbahnabschnitt 10 als Kreissegment
ausgestaltet ist und der zweite
Beschleunigungsbahnabschnitt 10 als Gerade ausgestaltet ist.
Der in Fahrtrichtung dem Startpunkt 6 eines dritten
15 Bearbeitungsabschnitts 13 vorgelagerte zweite
Beschleunigungsbahnabschnitt 10 ist ohne Versatz und in
Fahrtrichtung unterbrechungsfrei an den dritten
Bearbeitungsabschnitt 13 angeordnet, sodass das nicht
dargestellte Werkzeug ohne sprunghafte Fahrbewegungen von
20 dem Beschleunigungsbahnabschnitt 10 des zweiten
Beschleunigungsabschnitts 12 in den dritten
Bearbeitungsabschnitt 13 verfahren wird.

In Fig. 2 ist das Werkstück 1 in einer schematischen
25 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 dargestellte Werkzeug mit der
vorgebbaren Verfahrensgeschwindigkeit in der durch die
30 Bewegungsbahn 3 vorgegeben Fahrtrichtung 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

5 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

10 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
5 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 Verfahrriichtung mit einer vorgebbaren
Verfahrgeschwindigkeit verfahren wird, wobei die
10 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
15 Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit in einer
Bearbeitungsverfahrriichtung durchgeführt wird, wobei entlang
des durch den Endpunkt (7) eines ersten
Bearbeitungsabschnitts (4) und dem Startpunkt (6) eines
zweiten Bearbeitungsabschnitts (4) festgelegten
20 Beschleunigungsabschnitts (5) die Verfahrgeschwindigkeit so
angepasst wird, sodass an dem Startpunkt (6) des
Bearbeitungsabschnitts (4) die vorgegebene
Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit erreicht ist.
- 25 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 Verfahrriichtungen oder in
30 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.

5 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
10 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
15 Startpunkt (6) und an dem Endpunkt (7) des Bearbeitungsabschnitts (4) vorgegebenen Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeiten erfolgt.

6. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Ansprüche,
20 dadurch gekennzeichnet, dass sich der Beschleunigungsabschnitt (4) in allen drei Raumrichtungen erstreckt, sodass keine Ebene existiert in der der Beschleunigungsabschnitt vollständig liegt.

25 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
30 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,
5 dadurch gekennzeichnet, dass die Werkstückbearbeitung innerhalb des Bearbeitungsabschnitts (4) mit einer Bearbeitungsverfahrgeschwindigkeit im Bereich von 10 m/min bis 500 m/min durchgeführt wird.
- 10 9. Verfahren gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitungsmaschine so ausgestaltet ist, dass mit der Bearbeitungsmaschine Extrem-Hochgeschwindigkeitsauftragschweißen (EHLA) durchführbar ist.