



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 714 436 B1**

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(51) Int. Cl.: **B23F 5/04** (2006.01)
B23P 15/14 (2006.01)
B24B 55/02 (2006.01)
B23Q 11/10 (2006.01)

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 01520/18

(22) Anmeldedatum: 10.12.2018

(43) Anmeldung veröffentlicht: 14.06.2019

(30) Priorität: 12.12.2017
DE 10 2017 129 649.2
05.12.2018
DE 10 2018 131 041.2

(24) Patent erteilt: 15.06.2022

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.06.2022

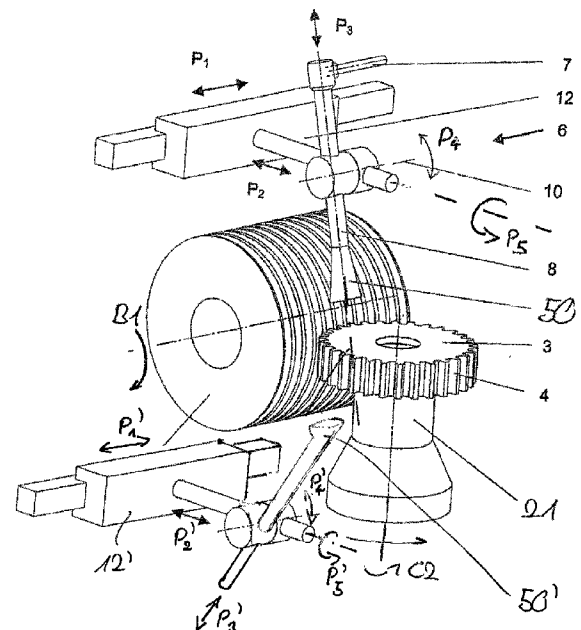
(73) Inhaber:
Liebherr-Verzahntechnik GmbH, Kaufbeurer Strasse 141
87437 Kempten (DE)

(72) Erfinder:
Hansjörg Geiser, 87487 Wiggensbach (DE)
Johannes Weixler, 87471 Durach (DE)
Matthias Plessing, 87437 Kempten (DE)

(74) Vertreter:
Keller Schneider Patent- und Markenanwälte AG (Bern),
Eigerstrasse 2 Postfach
3000 Bern 14 (CH)

(54) **Verfahren zur Verzahnbearbeitung eines Werkstücks mit einem Werkzeug, wobei während der Verzahnbearbeitung mittels einer Kühlmitteldüse Kühlmittel auf das Werkzeug aufgebracht wird.**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verzahnbearbeitung eines Werkstücks (4) mit einem an einer Zahnmaschine angeordneten Werkzeug, wobei während der Verzahnbearbeitung mittels einer Kühlmitteldüse (50, 50') Kühlmittel auf das Werkzeug aufgebracht wird, wobei die Ausrichtung und/oder Position der Kühlmitteldüse (50, 50') in Abhängigkeit von einem Steigungswinkel des Werkzeuges eingestellt wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verzahnbearbeitung eines Werkstücks mit einem an einer Verzahnmaschine angeordneten Werkzeug, wobei während der Verzahnbearbeitung mittels einer Kühlmitteldüse Kühlmittel auf das Werkzeug aufgebracht wird. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung eine entsprechende Verzahnmaschine.

[0002] Die Verzahnbearbeitung erfordert die Kühlung des Werkzeugs über ein Kühlmittel, welches üblicherweise mittels einer Kühlmitteldüse auf das Werkzeug aufgebracht wird. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass der Kühlmittelstrahl mittels der Kühlmitteldüse auf den Bearbeitungsspalt zwischen Werkzeug und Werkstück gerichtet wird.

[0003] Aus US 2008/0076339 A1 ist es bekannt, eine solche Kühlmitteldüse um eine Achse, welche senkrecht auf der Drehachse des Werkzeuges und des Werkstückes steht, um 180° zu verschwenken, um bei einem Bearbeitungsstopp das Tropfen des in der Kühlmitteldüse verbleibenden Kühlmittels auf das Werkzeug zu vermeiden. Hierdurch soll eine durch das Einziehen der Tropfen in das Werkzeug entstehende Unwucht des Werkzeugs vermieden werden.

[0004] Weiterhin ist es aus dem Stand der Technik bekannt, die Ausrichtung und/oder Position der Kühlmitteldüse für die Bearbeitung des Werkstückes einzustellen. So sieht die EP 1 870 202 A1 beispielsweise vor, die Kühlmitteldüse entweder linear entlang einer Achse, welche in einer Ebene senkrecht zur Drehachse des Werkzeugs verläuft, zu verfahren, oder um eine Achse zu verschwenken, welche parallel zur Drehachse des Werkzeugs verläuft. Insbesondere kann so die Position bzw. Ausrichtung der Kühlmitteldüse an unterschiedliche Werkzeugdurchmesser angepasst werden.

[0005] Aus der DE 10 2006 009 547 A1 ist eine Verzahnmaschine bekannt, bei welcher die Kühlmitteldüse über zwei Linearachsen parallel und senkrecht zur Drehachse des Werkzeugs verfahren werden kann, sowie um eine Schwenkachse, welche parallel zur Drehachse des Werkzeugs verläuft, verschwenkt werden kann. Gemäß dieser Druckschrift wird die vom Einrichter bzw. Bediener der Maschine vorgenommene Einstellung der Kühlmitteldüse in einem besonderen Kontrollzyklus automatisch durch Messung an der Maschine überprüft und der Bearbeitungsprozess nur dann freigegeben, wenn die an der Maschinensteuerung vorgegebenen Prüfkriterien erfüllt sind. Hierdurch soll sichergestellt werden, dass der Kühlmittelstrahl das Werkzeug tangential berührt und so in den Schleifspalt zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück hineingezogen wird.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein eingangs genanntes Verfahren zur Verzahnbearbeitung zu verbessern, bzw. eine verbesserte Verzahnmaschine zur Verfügung zu stellen.

[0007] Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Ansprüche der vorliegenden Anmeldung gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Anmeldung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0008] In einem ersten Aspekt umfasst die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Verzahnbearbeitung eines Werkstücks mit einem an einer Verzahnmaschine angeordneten Werkzeug, wobei während der Verzahnbearbeitung mittels einer Kühlmitteldüse Kühlmittel auf das Werkzeug aufgebracht wird. Erfindungsgemäß ist hierbei vorgesehen, dass die Ausrichtung und/oder Position der Kühlmitteldüse in Abhängigkeit von einem Steigungswinkel des Werkzeuges eingestellt wird.

[0009] Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben erkannt, dass es aufgrund des Steigungswinkels des Werkzeuges zu Abschattungen kommen kann, welche dazu führen, dass zumindest eine der beiden Flanken des Werkzeuges nicht optimal mit Kühlmittel versorgt wird. Dies kann beispielsweise zu Schleifbrand auf einer der beiden Flanken des Werkstücks oder zu einer unterschiedlichen Schleifbrandverteilung zwischen linker und rechter Werkstückflanke führen.

[0010] Bevorzugt wird die Kühlmitteldüse daher in einem definierten Winkel relativ zur Steigung des Werkstückes eingestellt. Hierdurch kann eine verbesserte Kühlmittelversorgung der beiden Flanken erreicht werden.

[0011] Bevorzugt wird die Kühlmitteldüse in einem Winkelbereich von $\pm 10^\circ$ zur Steigung des Werkstücks eingestellt.

[0012] Je nach Anwendungsfall kann eine exakte Anpassung an den Steigungswinkel des Werkzeugs bzw. eine bewusste Abweichung von diesem Steigungswinkel von besonderem Vorteil sein. In einer möglichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die Kühlmitteldüse daher in Richtung der Steigung des Werkstücks eingestellt werden. Alternativ kann die Kühlmitteldüse in einem definierten Winkel ungleich Null zur Steigung des Werkzeugs aufweisen.

[0013] Weiterhin kann in einer möglichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die Ausrichtung der Kühlmitteldüse nach einem oder mehreren Abrichtvorgängen, bei welchen der Steigungswinkel verändert wird, nachgeführt werden. Damit wird berücksichtigt, dass beim Abrichten bei abnehmendem Schneckendurchmesser auch der Steigungswinkel der Schnecke geändert werden kann. Bisher wurde die Kühlmitteldüse lediglich dem sich verringernden Durchmesser nachgeführt. Erfindungsgemäß kann nun die Kühlmitteldüse auch dem veränderten Steigungswinkel nachgeführt werden.

[0014] In einem zweiten Aspekt umfasst die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Verzahnbearbeitung eines Werkstücks mit einem an einer Verzahnmaschine angeordneten Werkzeug, wobei während der Verzahnbearbeitung mittels einer Kühlmitteldüse Kühlmittel auf das Werkzeug aufgebracht wird. Gemäß einer ersten Variante des zweiten Aspekts ist vorgesehen, dass die Ausrichtung der Kühlmitteldüse während der Verzahnbearbeitung des Werkstücks verändert wird.

[0015] Bisher war es lediglich bekannt, die Kühlmitteldüse so zu montieren, dass sie immer auf die Werkstückmitte ausgerichtet ist und daher bei einem Vershiften des Werkzeugs nicht mitgeführt werden musste, oder für den Fall, dass die Kühlmitteldüse eine eigene Shift-Achse aufwies, diese während der Verzahnbearbeitung in Shift-Richtung des Werkzeuges linear mit dem Werkzeug mitzuführen, so dass diese immer auf den Spalt zwischen Werkzeug und Werkstück aus-

gerichtet ist. Weiterhin war es bekannt, die Ausrichtung der Kühlmitteldüse vor Beginn der Verzahnbearbeitung an das Werkzeug anzupassen.

[0016] Gemäß der ersten Variante des zweiten Aspekts der vorliegenden Erfindung wird dagegen die Ausrichtung der Kühlmitteldüse während der Verzahnbearbeitung des Werkstücks verändert. Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben dabei erkannt, dass hierdurch eine verbesserte Kühlmittelversorgung über den gesamten Bearbeitungsprozess erreicht werden kann.

[0017] Insbesondere kann vorgesehen sein, die Ausrichtung der Kühlmitteldüse über eine oder mehrere Schwenkachsen während der Verzahnbearbeitung des Werkstücks zu verändern.

[0018] Bevorzugt wird die Ausrichtung der Kühlmitteldüse über eine Schwenkachse geändert, welche in einer Ebene verläuft, die senkrecht auf Drehachse des Werkzeugs steht. Die Schwenkachse kann weiterhin senkrecht zu der Drehachse des Werkstücks verlaufen.

[0019] In einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird die Ausrichtung der Kühlmitteldüse in Abhängigkeit von einem Werkzeugvorschub und/oder der Bearbeitungsposition des Werkzeugs relativ zum Werkstück eingestellt. Insbesondere erfolgt erfindungsgemäß eine Veränderung der Ausrichtung in Abhängigkeit von einem Werkzeugvorschub in Achsrichtung des Werkstücks, d.h. die Ausrichtung der Kühlmitteldüse wird beim Verfahren entlang der Werkstückbreite verändert.

[0020] Alternativ oder zusätzlich kann beim Anschnitt des Werkstücks und/oder beim Austritt des Werkzeugs aus dem Werkstück mit einer anderen Ausrichtung der Kühlmitteldüse gearbeitet werden als bei der Bearbeitung der Werkstückmitte.

[0021] Eine solche Modifikation der Ausrichtung der Kühlmitteldüse über die Werkstückbreite ermöglicht es, bspw. beim Anschnitt und beim Austritt des Werkzeugs aus der Verzahnung die Bedingungen für den Kühlmittelstrahl zu optimieren, da häufig bei Schrägverzahnungen bedingt durch die Eingriffsverhältnisse vom Werkzeug mit dem Werkstück, eine ungünstige Versorgung der Eingriffsstelle mit Kühlschmiermittel in diesen Bereichen auftreten kann. Von daher wird die Ausrichtung der Kühlmitteldüse bevorzugt so gewählt, dass mehr Kühlmittel auf jene Flanke des Werkzeugs gelangt, welche beim Anschnitt bzw. beim Austritt tatsächlich zur Bearbeitung eingesetzt wird.

[0022] In einer zweiten Variante des zweiten Aspektes kann anstelle oder zusätzlich zur Veränderung der Ausrichtung der Kühlmitteldüse die Relativposition zwischen der Kühlmitteldüse und einem Eingriffsbereich zwischen Werkzeug und Werkstück während der Verzahnbearbeitung des Werkstücks verändert werden.

[0023] Mit Eingriffsbereich sind dabei jene beiden Flanken gemeint, welche im Rahmen des entsprechenden Bearbeitungshubes verzahnbearbeitet werden. Bei einer Verzahnbearbeitung gemäß dem Stand der Technik war die Kühlmitteldüse immer auf einen bestimmten Punkt dieses Eingriffsbereichs, insbesondere auf die Drehachse des Werkstücks, ausgerichtet. Insbesondere war die Mitte des von der Kühlmitteldüse erzeugten Strahls mittig auf einen Bereich zwischen den beiden während dieses Hubes bearbeiteten Zahnflanken und/oder auf die Drehachse des Werkstücks gerichtet.

[0024] Erfindungsgemäß ist die Kühlmitteldüse nunmehr jedoch zumindest nicht mehr über den gesamten Bearbeitungshub auf den gleichen Punkt des Eingriffsbereichs und/oder auf die Drehachse des Werkstücks ausgerichtet.

[0025] Insbesondere kann die Relativposition und/oder der Abstand zwischen der Kühlmitteldüse und einer Ebene, welche senkrecht auf der Drehachse des Werkzeugs steht und in welcher die Drehachse des Werkstücks verläuft, während der Verzahnbearbeitung des Werkstücks verändert werden.

[0026] Insbesondere kann die Veränderung der Relativposition über eine Bewegungsachse der Kühlmitteldüse, und insbesondere über eine nur der Kühlmitteldüse zugeordnete Bewegungsachse erfolgen.

[0027] Die Kühlmitteldüse kann zur Veränderung der Relativposition entlang einer Linearachse verfahren werden. Insbesondere kann die Linearachse parallel zur Drehachse des Werkzeugs und/oder parallel zur Shiftachse des Werkzeugs verlaufen.

[0028] Bevorzugt erfolgt die Einstellung der Relativposition zwischen Kühlmitteldüse und Eingriffsbereich in Abhängigkeit von einem Werkzeugvorschub, insbesondere in Abhängigkeit von einem Werkzeugvorschub in Breitenrichtung des Werkstücks.

[0029] Insbesondere kann vorgesehen sein, die Kühlmitteldüse in Shift-Richtung des Werkzeugs, abhängig von der Bearbeitungsposition des Werkstücks relativ zum Werkzeug, relativ zum Werkstück zu vershiften, um eine bessere Kühlmittelversorgung an der Werkzeugeingriffsstelle zu erzielen.

[0030] Bevorzugt wird die Kühlmitteldüse zumindest abschnittsweise mit einer Geschwindigkeit bewegt, welche sich von der Vorschubgeschwindigkeit des Werkzeugs in Achsrichtung, das heißt der Shift-Geschwindigkeit, unterscheidet.

[0031] Alternativ oder zusätzlich kann über die Werkstückbreite das Verhältnis zwischen Shift-Geschwindigkeit des Werkzeugs und Verfahrgeschwindigkeit der Kühlmitteldüse verändert werden.

[0032] Bei der zweiten Variante kann insbesondere beim Austritt des Werkzeugs aus dem Werkstück und/oder beim Anschnitt des Werkstücks mit einer anderen Relativposition zwischen Kühlmitteldüse und Eingriffsbereich gearbeitet werden als bei der Bearbeitung der Werkstückmitte.

[0033] Bevorzugt erfolgt insbesondere beim Austritt und/oder beim Eintritt des Werkzeuges in die Verzahnung einer Veränderung der Relativposition in Richtung auf die in diesem Bereich tatsächlich bearbeitete Zahnflanke. Auch hierdurch kann der Tatsache Rechnung getragen werden, dass beim Anschnitt und beim Austritt des Werkzeuges aus der Verzahnung de facto nur noch eine der beiden Zahnflanken bearbeitet wird.

[0034] Bevorzugt wird daher in diesem Bereich die Kühlmitteldüse auf die jeweils tatsächlich bearbeitete Zahnflanke ausgerichtet. In der Werkstückmitte wird die Kühlmitteldüse dagegen bevorzugt auf einen Bereich zwischen den beiden zu bearbeitenden Flanken ausgerichtet.

[0035] Die erste und die zweite Variante des zweiten Aspekts der vorliegenden Erfindung sind zunächst unabhängig voneinander Gegenstand der vorliegenden Erfindung, In einer möglichen Ausgestaltung werden die beiden Aspekte jedoch kombiniert.

[0036] Der erste und der zweite Aspekt der vorliegenden Erfindung sind zunächst unabhängig voneinander Gegenstand der vorliegenden Erfindung. Besonders bevorzugt werden die beiden Aspekte jedoch kombiniert. Insbesondere kann die erste Variante des zweiten Aspektes mit dem ersten Aspekt kombiniert werden.

[0037] Insbesondere kann eine Abweichung zwischen der Ausrichtung der Kühlmitteldüse und dem Steigungswinkel des Werkzeuges während der Verzahnbearbeitung und insbesondere über die Werkstückbreite variiert werden.

[0038] Besonders bevorzugt wird beim Anschnitt des Werkstücks oder beim Austritt des Werkzeugs aus dem Werkstück mit einer von dem Steigungswinkel abweichenden Ausrichtung der Kühlmitteldüse gearbeitet, während im Bereich der Werkstückmitte mit einer Ausrichtung gearbeitet wird, welche näher am Steigungswinkel des Werkzeugs liegt und bevorzugt dem Steigungswinkel entspricht.

[0039] Die vorliegende Erfindung umfasst weiterhin ein Verfahren zur Verzahnbearbeitung eines Werkstücks mit einem an einer Verzahnmaschine angeordneten Werkzeug, wobei während der Verzahnbearbeitung mittels einer Kühlmitteldüse Kühlmittel auf das Werkzeug aufgebracht wird. Gemäß dem dritten Aspekt ist vorgesehen, dass der Winkel, welchen die Kühlmitteldüse relativ zu einer senkrecht zur Drehachse des Werkzeugs verlaufenden Ebene aufweist, für die Verzahnbearbeitung eingestellt wird.

[0040] Gemäß dem Stand der Technik war die Kühlmitteldüse allenfalls in einer senkrecht zur Drehachse des Werkzeugs verlaufenden Ebene verschwenkbar. Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben jedoch erkannt, dass durch Einstellung des Winkels, welchen die Kühlmitteldüse relativ zu dieser Ebene aufweist, eine verbesserte Versorgung mit Kühlmittel erreicht wird.

[0041] Insbesondere erfolgt die Einstellung dieses Winkels in Abhängigkeit von Parametern des Werkzeugs und/oder des Werkstücks und/oder der Verzahnbearbeitung. Der dritte Aspekt der vorliegenden Erfindung ist zunächst unabhängig vom ersten und zweiten Aspekt Gegenstand der vorliegenden Erfindung. Besonders bevorzugt erfolgt jedoch die Einstellung der Ausrichtung der Kühlmitteldüse gemäß dem ersten und zweiten Aspekt zumindest auch durch Einstellung des Winkels, welchen die Kühlmitteldüse relativ zu der senkrecht zur Drehachse des Werkzeugs verlaufenden Ebene aufweist.

[0042] Im Folgenden werden nun bevorzugte Ausgestaltungen der oben beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben. Soweit nichts anderes angegeben, handelt es sich dabei um Ausgestaltungen, welche bei jedem der oben beschriebenen Aspekte zum Einsatz kommen können.

[0043] In einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird die Kühlmitteldüse um eine Schwenkachse verschwenkt, deren Richtung einen Winkel ungleich Null zur Richtung der Drehachse des Werkzeugs aufweist. Hierdurch ergeben sich weitere Einstellmöglichkeiten, welche im Stand der Technik nicht zur Verfügung standen. Insbesondere wird diese Schwenkachse zur Einstellung bzw. Veränderung der Ausrichtung der Kühlmitteldüse bzw. des oben beschriebenen Winkels der Kühlmitteldüse eingesetzt.

[0044] Bevorzugt verläuft die Schwenkachse der Kühlmitteldüse in einer senkrecht zur Drehachse des Werkzeugs verlaufenden Ebene. In einer möglichen Ausführungsform kann die Richtung der Schwenkachse senkrecht zur Richtung der Drehachse des Werkzeugs und/oder senkrecht zur Richtung der Drehachse des Werkstücks verlaufen.

[0045] Gemäß einem weiteren bevorzugten Aspekt der vorliegenden Erfindung erfolgt die Einstellung und/oder Änderung gemäß dem oben beschriebenen Verfahren auf der Grundlage mindestens eines oder bevorzugt mehrerer der folgenden Parameter: Steigungswinkel des Werkzeugs, Steigungsrichtung des Werkzeugs, Werkzeugdurchmesser und/oder Gangzahl des Werkzeugs. Die Steigungsrichtung definiert dabei, ob die Steigung nach links oder nach rechts ausgerichtet ist. Es handelt sich daher um eine sehr einfache, grobe Angabe des Steigungswinkels.

[0046] In einer bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung erfolgt die Einstellung oder Änderung gemäß dem oben beschriebenen Verfahren über mindestens eine Maschinenachse der Verzahnmaschine. Insbesondere handelt es sich um eine NC-Achse.

[0047] Zusätzlich zu den oben beschriebenen Einstellungen oder Änderungen kann erfindungsgemäß eine Position der Kühlmitteldüse in Werkzeugbreitenrichtung eingestellt oder verändert werden. Alternativ oder zusätzlich kann eine Position und/oder Schwenkstellung der Kühlmitteldüse in einer Ebene senkrecht zur Drehachse des Werkzeugs eingestellt oder verändert werden.

[0048] Insbesondere können erfindungsgemäß mehrere Bewegungsachsen angesteuert werden, um die Position und/oder Ausrichtung der Kühlmitteldüse einzustellen oder zu verändern.

[0049] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist die Kühlmitteldüse so an der Verzahnmaschine angeordnet, dass das Kühlmittel von oben in den Eingriffsbereich von Werkzeug und Werkstück eingesprüht wird, insbesondere schräg von oben. Insbesondere kann die Kühlmitteldüse an einem Schlitten angeordnet sein, welcher an einer Führung verfahrbar ist, wobei die Führung oberhalb der Werkzeugaufnahme an einem Bearbeitungskopf der Verzahnmaschine angeordnet ist.

[0050] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist die Kühlmitteldüse oder eine zweite Kühlmitteldüse so an der Verzahnmaschine angeordnet, dass das Kühlmittel von unten in den Eingriffsbereich von Werkzeug und Werkstück eingesprüht wird, insbesondere schräg von unten. Insbesondere kann diese Kühlmitteldüse an einem Schlitten angeordnet sein, welcher an einer Führung verfahrbar ist, wobei die Führung unterhalb der Werkzeugaufnahme an einem Bearbeitungskopf der Verzahnmaschine angeordnet ist.

[0051] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist diese Kühlmitteldüse so an der Verzahnmaschine angeordnet, dass das Kühlmittel schräg von unten unter einem Winkel eingesprüht wird, welcher von dem Schrägungswinkel der Verzahnung und/oder dem Steigungswinkel des Werkzeuges abhängt.

[0052] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird diese Kühlmitteldüse so eingestellt, dass sie in einem Winkelbereich von $\pm 10^\circ$ zu dem Schrägungswinkel der Verzahnung und/oder zur Steigung des Werkzeugs ausgerichtet ist.

[0053] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung sind zwei Kühlmitteldüsen vorgesehen, welche so an der Verzahnmaschine angeordnet sind, dass die eine Kühlmitteldüse das Kühlmittel von oben in den Eingriffsbereich von Werkzeug und Werkstück einsprüht und die andere Kühlmitteldüse das Kühlmittel von unten in den Eingriffsbereich von Werkzeug und Werkstück einsprüht, insbesondere schräg von oben und schräg von unten.

[0054] Bevorzugt sind beide Kühlmitteldüsen jeweils an einem Schlitten angeordnet, welcher an einer Führung verfahrbar ist, wobei die Führungen oberhalb und unterhalb der Werkzeugaufnahme an einem Bearbeitungskopf der Verzahnmaschine angeordnet sind.

[0055] In einer ersten Variante werden beide Kühlmitteldüsen erfindungsgemäß eingestellt und/oder verfahren. In einer zweiten Variante wird nur eine der beiden Kühlmitteldüsen erfindungsgemäß eingestellt und/oder verfahren.

[0056] Die vorliegende Erfindung umfasst in einem vierten, unabhängigen Aspekt ein Verfahren zur Verzahnbearbeitung eines Werkstücks mit einem an einer Verzahnmaschine angeordneten Werkzeug, wobei während der Verzahnbearbeitung mittels mindestens einer Kühlmitteldüse Kühlmittel auf das Werkzeug aufgebracht wird. Gemäß dem vierten Aspekt ist vorgesehen, dass die mindestens eine Kühlmitteldüse so an der Verzahnmaschine angeordnet ist, dass das Kühlmittel seitlich in den Eingriffsbereich von Werkzeug und Werkstück eingesprüht wird.

[0057] Insbesondere für Werkstücke mit einem kleinen Durchmesser und/oder geringer axialer Länge, bei welchen es bei herkömmlicher Einsprührichtung schwierig ist, ausreichend Kühlflüssigkeit zum Eingriffsbereich zu bekommen, kann das seitliche Einsprühen von Vorteil sein.

[0058] Die Kühlmitteldüse gemäß dem vierten Aspekt wird bevorzugt zusätzlich zu einer weiteren Kühlmitteldüse eingesetzt, welche Kühlmittel von oben und/oder von unten in den Eingriffsbereich einsprüht.

[0059] Diese weitere Kühlmitteldüse kann dabei so betrieben werden, wie dies oben gemäß einem der anderen Aspekte der vorliegenden Erfindung beschrieben wurde. Die weitere Kühlmitteldüse kann jedoch auch gemäß einem beliebigen Verfahren gemäß dem Stand der Technik betrieben werden.

[0060] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist die mindestens eine Kühlmitteldüse in Umfangsrichtung des Werkstücks ausgerichtet.

[0061] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung weist eine Hauptsprührichtung der Kühlmitteldüse einen Winkel von weniger als 60° , weiter bevorzugt von weniger als 45° , weiter bevorzugt von weniger als 35° zur Drehachse der Werkzeugaufnahme auf.

[0062] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung weist eine Hauptsprührichtung der Kühlmitteldüse einen Winkel von mehr als 5° , weiter bevorzugt von mehr als 10° zur Drehachse der Werkzeugaufnahme.

[0063] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird das Kühlmittel nur auf einer Seite in den Eingriffsbereich eingesprüht. Vorteilhafterweise wird das Kühlmittel in diesem Fall nur auf der Einlaufenden Seite des Werkstücks in den Eingriffsbereich eingesprüht.

[0064] In einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist jedoch auf beiden Seiten des Eingriffsbereichs eine Kühlmitteldüse vorgesehen, so dass das Kühlmittel beidseitig in den Eingriffsbereich von Werkzeug und Werkstück eingesprüht wird.

[0065] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird das Werkstück über Greifelemente an der Werkstückaufnahme angeordnet, wobei die Greifelemente auf ihrer dem Werkzeug zugewandten Seite zum Eingriffsbereich hin angeschrägt sind, so dass das von der mindestens einen Kühlmitteldüse versprühte Kühlmittel über eine Schräge der Greifelemente zum Eingriffsbereich geleitet wird.

[0066] Die Greifelemente sind bevorzugt Teil einer Automation, welche zu bearbeitende Werkstücke zu der Werkstückaufnahme hin transportiert und bearbeitete Werkstücke abtransportiert. Insbesondere sind die Greifelemente an einer Ringautomation angeordnet.

[0067] Zur Bearbeitung des Werkstücks werden die Greifelemente bevorzugt um eine vorgegebene Strecke von dem Werkstück weg bewegt, umgeben das Werkstück jedoch weiterhin zumindest teilweise.

[0068] Zur Bearbeitung des Werkstücks verbleiben die Greifelemente bevorzugt mit unverändertem Abstand zum Werkzeug neben dem Werkstück und/oder werden lediglich in einer Ebene vom Werkstück weg bewegt, welche parallel zur Drehachse der Werkstückaufnahme und zur Drehachse der Werkzeugaufnahme verläuft.

[0069] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung verläuft die mindestens eine Kühlmitteldüse keilförmig zwischen dem Werkzeug und einem Greifelement zum Greifen des Werkstücks.

[0070] Bevorzugt sind zwei Greifelemente vorgesehen, welche das Werkstück von gegenüberliegenden Seiten aus greifen.

In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist die mindestens eine Kühlmitteldüse am Maschinentisch, am Gegenhalterarm und/oder am Gegenhalterständer der Werkstückaufnahme angeordnet. Bei einer solchen Ausgestaltung ist die Kühlmitteldüse nicht zusammen mit der Werkzeugaufnahme am Bearbeitungskopf angeordnet, sondern an anderer Stelle der Verzahnmaschine. Hierdurch bleibt die Zugänglichkeit der Werkzeugaufnahme gewahrt.

[0071] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist die mindestens eine Kühlmitteldüse an einer Linearachse angeordnet, welche parallel zur Richtung der Drehachse der Werkstückaufnahme verläuft.

[0072] Bevorzugt wird die mindestens eine Kühlmitteldüse während eines Bearbeitungshubs parallel zu einem Bearbeitungskopf der Verzahnmaschine verfahren, um dem Eingriffsbereich zu folgen.

[0073] Der vierte Aspekt kann auch in Kombination mit einem der anderen oben beschriebenen Aspekte verwirklicht sein. Dabei wird entweder die seitliche Kühlmitteldüse gemäß dem vierten Aspekt so betrieben werden, wie dies oben gemäß einem der vorangegangenen Aspekte beschrieben wurde, oder sie ist zusätzlich zu einer weiteren Kühlmitteldüse vorhanden, welche gemäß einem der vorangegangenen Aspekte betrieben wird.

[0074] Im Folgenden werden nun weitere bevorzugte Ausgestaltungen der oben beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben. Soweit nichts anderes angegeben, handelt es sich dabei um Ausgestaltungen, welche bei jedem der oben beschriebenen Aspekte zum Einsatz kommen können.

[0075] Besonders bevorzugt kommt das erfindungsgemäße Verfahren beim Verzahnschleifen zum Einsatz. Insbesondere kann das erfindungsgemäße Verfahren dabei beim Wälzschleifen zum Einsatz kommen. Bei dem Werkzeug handelt es sich bevorzugt um ein Schleifwerkzeug, insbesondere eine Schleifschnecke.

[0076] Das erfindungsgemäße Verfahren dient insbesondere zur Verzahnbearbeitung stirnverzahnter Werkstücke. Alternativ oder zusätzlich können erfindungsgemäß Zahnräder verzahnbearbeitet werden.

[0077] Besonders bevorzugt kommen die erfindungsgemäßen Verfahren beim zweiflankigen Verzahnbearbeiten zum Einsatz.

[0078] Insbesondere kann die vorliegende Erfindung zum Verzahnbearbeiten schräg verzahnter Werkstücke eingesetzt werden.

[0079] Wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung von einer Ausrichtung der Kühlmitteldüse gesprochen, so wird hierunter bevorzugt die Ausrichtung einer Mittelachse des durch die Kühlmitteldüse erzeugten Kühlmittelstrahls verstanden. Bei der Mittelachse des Kühlmittelstrahls handelt es sich bevorzugt um jene Achse, welche im Hinblick auf die durch die Kühlmitteldüse ausgestoßene Kühlmittelmenge den Massenschwerpunkt des Kühlmittelstrahls definiert.

[0080] Die vorliegende Erfindung umfasst weiterhin eine Verzahnmaschine mit einer Werkzeugaufnahme zur Aufnahme eines Werkzeugs und einer Werkstückaufnahme zur Aufnahme eines Werkstücks, welche jeweils um eine Drehachse antreibbar sind. Weiterhin bevorzugt sind Werkstückaufnahme und Werkzeugaufnahme über ein oder mehrere Bewegungsachsen der Verzahnmaschine relativ zueinander bewegbar, um ein in der Werkstückaufnahme aufgenommenes Werkstück durch ein in der Werkzeugaufnahme aufgenommenes Werkzeug verzahnbearbeiten zu können. Die erfindungsgemäße Verzahnmaschine weist weiterhin eine Kühlmitteldüse zum Aufbringen von Kühlmittel auf das Werkzeug auf, sowie mindestens eine Bewegungsachse zur Einstellung einer Ausrichtung und/oder Position der Kühlmitteldüse, sowie mit einer Steuerung zum Ansteuerung der Bewegungsachse. Erfindungsgemäß ist die Verzahnmaschine dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuerung eine Funktion zur Durchführung mindestens eines der Verfahren, wie sie oben beschrieben wurden, aufweist.

[0081] Gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist die Steuerung eine Funktion zum Einstellen der Ausrichtung und/oder Position der Kühlmitteldüse in Abhängigkeit von einem Steigungswinkel des Werkzeuges auf.

[0082] Insbesondere ist der Steigungswinkel in die Steuerung eingebbar, wobei die Funktion zur Einstellung der Ausrichtung und/oder Position auf den in die Steuerung eingegebenen Steigungswinkel zugreift. Das Eingeben des Steigungswinkels kann beispielsweise über eine Eingabemaske und/oder durch Laden von Verzahnungsdaten in die Verzahnmaschine erfolgen.

[0083] Bevorzugt weist die Funktion eine Eingabemöglichkeit für die Ausrichtung der Kühlmitteldüse relativ zu einem Steigungswinkel des Werkzeuges auf. Insbesondere kann es sich um eine Eingabemaske handeln.

[0084] Alternativ oder zusätzlich kann die Funktion die Einstellung der Kühlmitteldüse in einem definierten Winkelbereich relativ zur Steigerung des Werkzeuges ermöglichen, insbesondere in einem Winkelbereich von mindestens $\pm 5^\circ$ zur Steigerung des Werkzeuges.

[0085] Weiterhin alternativ oder zusätzlich kann die Funktion eine oder mehrere Optionen zur Einstellung der Kühlmitteldüse in Richtung der Steigerung des Werkzeuges oder mit einem definierten Winkel zur Steigerung des Werkzeuges vorsehen. Beispielsweise kann eine erste Option eine Ausrichtung der Kühlmitteldüse in Richtung des Steigungswinkels des Werkzeuges, zumindest eine weitere Option eine Ausrichtung mit einem definierten Winkel ungleich Null zur Steigerung des Werkzeuges vorsehen.

[0086] Weiterhin alternativ oder zusätzlich kann die Funktion eine Nachführung der Ausrichtung und/oder der Position der Kühlmitteldüse nach einem oder mehreren Abrichtvorgängen vornehmen.

[0087] Gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann die Steuerung eine Funktion zum Verändern der Ausrichtung der Kühlmitteldüse und/oder der Relativposition zwischen Kühlmitteldüse und Eingriffsbereich während der Verzahnbearbeitung des Werkstücks umfassen.

[0088] Bevorzugt verändert die Funktion die Ausrichtung der Kühlmitteldüse und/oder die Relativposition zwischen Kühlmitteldüse und Eingriffsbereich in Abhängigkeit von einem Werkzeugvorschub, insbesondere in Abhängigkeit von einem Werkzeugvorschub in Achsrichtung des Werkstücks und/oder des Werkzeuges.

[0089] Alternativ oder zusätzlich kann die Funktion beim Anschnitt des Werkstücks und/oder beim Austritt des Werkzeuges aus dem Werkstück eine gegenüber der Bearbeitung der Werkstückmitte veränderte Ausrichtung und/oder Relativposition zwischen Kühlmitteldüse und Eingriffsbereich einstellen.

[0090] Bevorzugt erfolgt die Ansteuerung der Ausrichtung und/oder Relativposition während der Verzahnbearbeitung automatisch durch die Steuerung.

[0091] Gemäß dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst die Steuerung eine Funktion zur Einstellung eines Winkels, welchen die Kühlmitteldüse während der Verzahnbearbeitung relativ zu einer senkrecht zur Drehachse des Werkzeuges verlaufenden Ebene aufweist.

[0092] Bevorzugt ist mindestens ein Parameter des Werkzeuges und/oder des Werkstücks und/oder der Verzahnbearbeitung in die Steuerung eingebbar, wobei die Funktion zur Einstellung des Winkels auf den in die Steuerung eingegebenen Parameter zugreift. Die Eingabe kann beispielsweise über eine Benutzerschnittstelle und/oder durch das Hochladen von Verzahnungsdaten auf die Verzahnmaschine erfolgen.

[0093] Bevorzugt sind die Verzahnmaschine und/oder die Funktionen so ausgestaltet, wie dies bereits oben im Hinblick auf die erfindungsgemäßen Verfahren näher beschrieben wurde.

[0094] Bevorzugt weisen die erfindungsgemäßen Funktionen jeweils spezifisch zur Durchführung der erfindungsgemäßen Verfahren angepasste Eingabemasken und/oder Steuerungsfunktionen auf.

[0095] Die vorliegende Erfindung umfasst gemäß einem vierten Aspekt eine Verzahnmaschine mit einer Werkzeugaufnahme zur Aufnahme eines Werkzeuges und einer Werkstückaufnahme zur Aufnahme eines Werkstücks, welche jeweils um eine Drehachse antreibbar sind, mit mindestens einer Kühlmitteldüse zum Aufbringen von Kühlmittel auf das Werkzeug. Gemäß dem vierten Aspekt ist die mindestens eine Kühlmitteldüse so an der Verzahnmaschine angeordnet, dass das Kühlmittel seitlich in den Eingriffsbereich von Werkzeug und Werkstück eingesprüht wird.

[0096] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist die Kühlmitteldüse so angeordnet, dass ihre Hauptprührichtung einen Winkel von weniger als 60° , weiter bevorzugt von weniger als 45° , weiter bevorzugt von weniger als 35° zur Drehachse der Werkzeugaufnahme aufweist.

[0097] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist die Kühlmitteldüse so angeordnet, dass ihre Hauptprührichtung einen Winkel von mehr als 5° , weiter bevorzugt von mehr als 10° zur Drehachse der Werkzeugaufnahme aufweist.

[0098] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist auf beiden Seiten des Eingriffsbereichs eine Kühlmitteldüse vorgesehen ist, so dass das Kühlmittel beidseitig in den Eingriffsbereich von Werkzeug und Werkstück eingesprüht wird.

[0099] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung weist die Verzahnmaschine Greifelemente zum Anordnen eines Werkstücks an der Werkstückaufnahme auf, wobei die Greifelemente auf ihrer dem Werkzeug zugewandten Seite zum Eingriffsbereich hin angeschrägt sind, so dass das von der mindestens einen Kühlmitteldüse versprühte Kühlmittel über eine Schräge der Greifelemente zum Eingriffsbereich geleitet wird.

[0100] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung verläuft die mindestens eine Kühlmitteldüse keilförmig zwischen dem Werkzeug und einem Greifelement zum Greifen des Werkstücks.

[0101] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung umfasst die Verzahnmaschine einen Maschinentisch und/oder einen Gegenhalterarm und/oder Gegenhalterständer, wobei die mindestens eine Kühlmitteldüse am Maschinentisch, am Gegenhalterarm und/oder am Gegenhalterständer der Werkstückaufnahme angeordnet ist.

[0102] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist die mindestens eine Kühlmitteldüse an einer Linearachse angeordnet ist, welche parallel zur Richtung der Drehachse der Werkstückaufnahme verläuft.

[0103] Bevorzugt ist eine Steuerung der Verzahnmaschine vorgesehen, welche die mindestens eine Kühlmitteldüse während eines Bearbeitungshubs parallel zu einem Bearbeitungskopf der Verzahnmaschine verfährt, um dem Eingriffsbereich zu folgen.

[0104] Die Verzahnmaschine ist bevorzugt so ausgestaltet und/oder wird bevorzugt so angesteuert, wie dies bereits oben im Hinblick auf das erfindungsgemäße Verfahren gemäß dem vierten Aspekt beschrieben wurde.

[0105] Die vorliegende Erfindung umfasst gemäß einem fünften Aspekt eine Verzahnmaschine mit einer Werkzeugaufnahme zur Aufnahme eines Werkzeugs und einer Werkstückaufnahme zur Aufnahme eines Werkstücks, welche jeweils um eine Drehachse antreibbar sind. Weiterhin bevorzugt sind Werkstückaufnahme und Werkzeugaufnahme über ein oder mehrere Bewegungsachsen der Verzahnmaschine relativ zueinander bewegbar, um ein in der Werkstückaufnahme aufgenommenes Werkstück durch ein in der Werkzeugaufnahme aufgenommenes Werkzeug verzahnbearbeiten zu können. Die erfindungsgemäße Verzahnmaschine weist weiterhin eine Kühlmitteldüse zum Aufbringen von Kühlmittel auf das Werkzeug auf, sowie mindestens eine Bewegungsachse zur Einstellung einer Ausrichtung und/oder Position der Kühlmitteldüse, sowie mit einer Steuerung zum Ansteuerung der Bewegungsachse. Dabei handelt es sich bei der Bewegungsachse gemäß einem ersten unabhängigen Aspekt um eine Schwenkachse, welche in einer Ebene verläuft, welche senkrecht auf der Drehachse der Werkzeugaufnahme steht. Gemäß einem zweiten unabhängigen Aspekt handelt es sich bei der Bewegungsachse um eine Linearachse, welche parallel zu der Drehachse der Werkzeugaufnahme verläuft und bevorzugt auf dem feststehenden Schlitten der Shift-Achse der Werkzeugaufnahme angeordnet ist.

[0106] Die Verzahnmaschinen gemäß den oben beschriebenen fünf Aspekten werden durch die vorliegende Erfindung zunächst unabhängig voneinander unter Schutz gestellt. Besonders bevorzugt sind jedoch mindestens zwei der Aspekte in Kombination verwirklicht, besonders bevorzugt drei unter weiter bevorzugt vier oder fünf Aspekte.

[0107] Insbesondere ist der fünfte Aspekt bevorzugt in Kombination mit einem der vorangegangenen Aspekte verwirklicht.

[0108] Bevorzugte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Verzahnmaschinen, welche sich auf die Verzahnmaschinen gemäß sämtlichen Aspekten beziehen, werden im Folgenden näher beschrieben:

Bevorzugt handelt es sich bei der Bewegungsachse der Kühlmitteldüse um eine Maschinenachse der Verzahnmaschine, insbesondere um eine NC-Achse.

[0109] Bevorzugt weist die Verzahnmaschine neben der Bewegungsachse mindestens eine weitere Bewegungsachse zur Einstellung der Ausrichtung und/oder Position der Kühlmitteldüse auf. Insbesondere kann es sich um eine Bewegungsachse zur Einstellung einer Position der Kühlmitteldüse in Werkzeugbreitenrichtung und/oder zur Einstellung einer Position und/oder Schwenkstellung in einer Ebene senkrecht zur Drehachse des Werkzeugs handeln. Bevorzugt sind auch diese Bewegungsachsen NC-Achsen.

[0110] Besonders bevorzugt handelt es sich bei der erfindungsgemäßen Verzahnmaschine um eine Verzahnungsschleifmaschine. Insbesondere kann es sich um eine Wälzschleifmaschine handeln.

[0111] Bevorzugt kommt bei der erfindungsgemäßen Verzahnmaschine eine Schleifschnecke als Werkzeug zum Einsatz.

[0112] Bevorzugt ist durch die Verzahnmaschine ein stirnverzahntes Werkstück und/oder ein Zahnrad verzahnbearbeitbar.

[0113] Bevorzugt weist die Verzahnmaschine eine Funktion zum zweiflankigen Verzahnbearbeiten eines Werkstücks auf. Alternativ oder zusätzlich kann die Verzahnmaschine eine Funktion zum Bearbeiten schräg verzahnter Werkstücke aufweisen.

[0114] Weiterhin bevorzugt sind zusätzliche Parameter des Werkzeugs, des Werkstücks und/oder des Bearbeitungsvorgangs in die Verzahnmaschine eingebbar, wobei die erfindungsgemäßen Funktionen auf die Parameter zugreifen und in

Abhängigkeit von diesen Parametern die Einstellung und/oder Veränderung vornehmen. Insbesondere handelt es sich bei diesen Parametern um die Steigungsrichtung, den Schneckendurchmesser und/oder die Werkzeuggangzahl.

[0115] Bevorzugt ist die Kühlmitteldüse über die Bewegungsachse an einem Bearbeitungskopf der Verzahnmaschine angeordnet.

[0116] In einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird die Kühlmitteldüse über sämtliche Bewegungsachsen des Bearbeitungskopfes, über welche die Werkzeugaufnahme bewegbar ist, zusammen mit der Werkzeugaufnahme mit bewegt. Die Bewegungsachse bzw. Bewegungsachsen der Kühlmitteldüse dienen daher bevorzugt zur Erzeugung einer Relativbewegung zwischen Kühlmitteldüse und Werkzeugaufnahme.

[0117] Alternativ kann die Kühlmitteldüse jedoch auch so am Bearbeitungskopf angeordnet werden, dass mindestens eine Bewegungsachse zur Bewegung der Werkzeugaufnahme keinen Einfluss auf die Absolutposition der Kühlmitteldüse aufweist. In diesem Fall kann die Relativposition zwischen Werkzeug und Kühlmitteldüse auch über diese Bewegungsachse eingestellt werden.

[0118] Besonders bevorzugt ist die erfindungsgemäße Bewegungsachse ausschließlich zum Erzeugen einer Relativbewegung zwischen Kühlmitteldüse und Werkzeugaufnahme und/oder Werkstückaufnahme bzw. zur Einstellung der Ausrichtung und/oder Relativposition der Kühlmitteldüse relativ zur Werkzeugaufnahme und/oder Werkstückaufnahme vorgesehen.

[0119] Bevorzugt umfasst die erfindungsgemäße Steuerung der Verzahnmaschine einen Mikroprozessor sowie einen Speicher, in welchem ein Computerprogramm mit Befehlen abgespeichert ist, welche durch den Mikroprozessor abgearbeitet werden. Bevorzugt implementiert das Computerprogramm die oben näher beschriebenen Funktionen der erfindungsgemäßen Verzahnmaschine und/oder führt ein erfindungsgemäßes Verfahren durch.

[0120] Die vorliegende Erfindung umfasst neben der Verzahnmaschine weiterhin ein Computerprogramm, welches auf eine Verzahnmaschine geladen werden kann, um eine oder mehrere oben näher beschriebene verbindungsgemäße Funktionen zu implementieren.

[0121] Die vorliegende Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen sowie Zeichnungen näher beschrieben.

[0122] Dabei zeigen:

- Fig. 1 den Grundaufbau einer erfindungsgemäßen Verzahnmaschine mit den Achsen des Bearbeitungskopfes,
- Fig. 2 die Ausrichtung und Position einer erfindungsgemäßen Kühlmitteldüse relativ zu linker und rechter Flanke eines Werkzeugs, und
- Fig. 3 ein erstes Ausführungsbeispiel der Bewegungsachsen zum Einstellen der Ausrichtung und/oder Position der Kühlmitteldüse,
- Fig. 4 ein zweites Ausführungsbeispiel der Bewegungsachsen zum Einstellen der Ausrichtung und/oder Position der Kühlmitteldüse,
- Fig. 5 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Verzahnmaschine in einer ersten perspektivischen Ansicht,
- Fig. 6 das in Fig. 5 gezeigte Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Verzahnmaschine in einer Schnittansicht entlang einer Ebene, welche senkrecht auf der Drehachse der Werkstückaufnahme steht,
- Fig. 7 das in Fig. 5 gezeigte Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Verzahnmaschine in einer zweiten perspektivischen Ansicht und
- Fig. 8 das in Fig. 5 gezeigte Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Verzahnmaschine in der ersten perspektivischen Ansicht, wobei die Greifelemente nicht dargestellt sind.

[0123] In Figur 1 ist der grundlegende Aufbau einer Verzahnmaschine, wie sie zur Implementierung der vorliegenden Erfindung beispielhaft zum Einsatz kommen kann, gezeigt.

[0124] Die Verzahnmaschine weist eine Werkzeugaufnahme 41 auf, welche um die Rotationsachse B1 antreibbar ist. Weiterhin weist die Verzahnmaschine eine Werkstückaufnahme 21 auf, welche um die Drehachse C2 antreibbar ist. Bevorzugt ist die Steuerung der Verzahnmaschine so ausgelegt, dass die Rotationsbewegung der Werkzeugaufnahme mit der Rotationsbewegung der Werkstückaufnahme gekoppelt werden kann.

[0125] Die Werkzeugaufnahme 41 ist an einem Bearbeitungskopf 40 angeordnet, welcher Bewegungsachsen der Verzahnmaschine relativ zur Werkstückaufnahme 21 bewegt werden kann.

[0126] Bei den Bewegungsachsen handelt es sich im Ausführungsbeispiel um eine Linearachse X1, durch welche der Bearbeitungskopf 40 in einer Richtung senkrecht zur Drehachse C2 der Werkstückaufnahme 21 und senkrecht zur Richtung der Drehachse B1 der Werkzeugaufnahme 41 verfahren werden kann. Über diese Achse kann die Eingriffstiefe verändert werden.

[0127] Weiterhin ist eine Linearachse Z1 vorgesehen, über welche der Bearbeitungskopf 40 parallel zur Drehachse C2 der Werkstückaufnahme 21 verfahren werden kann. Hierdurch kann das Werkzeug entlang der Zahnbreite des Werkstücks verfahren werden.

[0128] Weiterhin ist eine Schwenkachse A1 vorgesehen, welche bevorzugt senkrecht auf der Drehachse B1 der Werkzeugaufnahme 41 und der Drehachse C2 der Werkstückaufnahme 21 steht. Über diese Schwenkachse kann der Achskreuzwinkel zwischen Werkstück und Werkzeug eingestellt werden.

[0129] Weiterhin ist eine Linearachse V1 vorgesehen, über welche die Werkzeugaufnahme 41 entlang ihrer Drehachse B1 verschifft werden kann. Hierdurch kann der Bereich des Werkzeuges 2, welcher in Eingriff mit dem Werkstück kommen soll, ausgewählt werden.

[0130] Am Bearbeitungskopf 40 ist gemäß einigen Aspekten der vorliegenden Erfindung eine Kühlmitteldüse 50 vorgesehen, über welche Kühlmittel auf das Werkzeug aufgebracht wird. Dies erfolgt insbesondere dadurch, dass während der Verzahnbearbeitung der durch die Kühlmitteldüse erzeugte Kühlmittelstrahl in den Spalt zwischen Werkstück und Werkzeug eingestrahlt wird.

[0131] Bei der erfindungsgemäßen Verzahnmaschine handelt es sich insbesondere um eine Wälzschleifmaschine. Als Werkzeug 2, welches in der Werkzeugaufnahme 41 aufgenommen ist, wird bevorzugt eine Schleifschnecke eingesetzt.

[0132] Bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Bearbeitungskopf 40 über einen oder mehrere Schlitten an einem Werkzeugständer 30 angeordnet, welcher wiederum über einen Schlitten gegenüber einem Maschinenbett 20 verfahrbar ist, auf welchem die Werkstückaufnahme 21 angeordnet ist.

[0133] Figur 1 stellt jedoch lediglich eine beispielhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Verzahnmaschine dar. Die vorliegende Erfindung ist auch bei einer anderen mechanischen und/oder kinematischen Ausgestaltung der Verzahnmaschine eingesetzt werden.

[0134] Zur näheren Erläuterung der vorliegenden Erfindung und der dieser zugrundeliegenden Problematik ist in Figur 2 schematisch der von einer Kühlmitteldüse 50 beim Verzahnbearbeiten vorgesehene Kühlmittelstrahl mit den beiden Kühlmittelstrahl-teilbereichen 51 und 52 relativ zu den zur Verzahnbearbeitung eingesetzten Flanken LF und RF des Werkzeuges 2 dargestellt.

[0135] Die Kühlmitteldüse 50 wird gemäß dem Stand der Technik so eingestellt, dass die Mittelachse 53 des Kühlmittelstrahles auf den Zahngrund zwischen den beiden Zahnflanken LF und RF, welche zur Verzahnbearbeitung eingesetzt werden, ausgerichtet ist. Hierdurch soll die eine Hälfte 51 des Kühlmittelstrahls auf die linke Flanke LF, die zweite Hälfte 52 des Kühlmittelstrahls auf die rechte Flanke RF gelangen.

[0136] Wird nun jedoch ein Werkzeug mit einem Steigungswinkel α ungleich Null eingesetzt, wie dies beim Einsatz einer Schleifschnecke immer der Fall ist, kann es bei einer Ausrichtung der Mittelachse 53 des Kühlmittelstrahls in einer Ebene senkrecht zur Drehachse B1 des Werkzeugs zu Verschattungen auf einer der beiden Flanken kommen, weil der Kühlmittelstrahl 52 für diese Flanke in einem zu spitzen Winkel auf diese Flanke auftrifft.

[0137] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird diesem Problem dadurch Rechnung getragen, dass die Position und/oder Ausrichtung der Kühlmitteldüse 50 in Abhängigkeit von dem Steigungswinkel α des Werkzeugs eingestellt wird. In einer möglichen Ausgestaltung können hierdurch Abschattungen im Kühlmittelstrahl, welche durch zu große Unterschiede in den Richtungen von Steigungswinkel und Kühlmittelstrahl hervorgerufen werden, verhindert werden. Dies sorgt dafür, dass beide Flanken der Schleifschnecke optimal mit Kühlmittel versorgt werden.

[0138] Gemäß dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann die Kühlmitteldüse bezüglich einer Ebene senkrecht zur Drehachse B1 des Werkzeugs um einen gewissen Winkel verschwenkt werden. Die Verschwenkung erfolgt dabei bevorzugt in Steigungsrichtung oder mit einem definierten Winkel zur Steigungsrichtung. Insbesondere muss nicht notwendigerweise eine exakte Anpassung der Ausrichtung der Kühlmitteldüse an den Steigungswinkel der Schnecke erfolgen. Hierbei handelt es sich lediglich um eine mögliche Option. Alternativ oder zusätzlich kann auch eine bewusste Abweichung vom exakten Steigungswinkel eingesetzt werden, insbesondere um bestimmten Bedingungen am Kühlmittellein- und -auslauf in die Zahnücke entgegen zu wirken.

[0139] Zum Einstellen der Ausrichtung der Kühlmitteldüse 50 wird bevorzugt eine Schwenkachse P5 der Verzahnmaschine eingesetzt. Hierbei handelt es sich bevorzugt um eine NC-Achse, welche von der Steuerung der Verzahnmaschine angesteuert wird. Die Schwenkachse P5 liegt bevorzugt in einer Ebene, welche senkrecht zur Drehachse B1 der Werkzeugaufnahme 41 verläuft.

[0140] Alternativ oder zusätzlich kann durch eine Verschwenkung um die Schwenkachse P5 der Winkel zwischen Mittelachse 53 der Kühlmitteldüse 50 und der Drehachse B1 der Werkzeugaufnahme bzw. einer hierzu senkrechten Ebene eingestellt werden.

[0141] Die Ausrichtung der Kühlmitteldüse kann insbesondere in Abhängigkeit von einem oder mehreren der folgenden Parameter eingestellt werden: Steigungswinkel des Werkzeugs, Steigungsrichtung (links/rechts), Schneckendurchmesser und/oder Werkzeuganzahl.

[0142] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann eine Anpassung der Ausrichtung der Kühlmitteldüse nach einem oder mehreren Abrichtvorgängen erfolgen. Dabei wird berücksichtigt, dass mit abnehmendem Schneckendurchmesser beim Abrichten auch der Steigungswinkel der Schnecke geändert wird. Bisher war es lediglich bekannt, die Kühlmitteldüse dem Durchmesser nachzuführen. Erfindungsgemäß wird nun jedoch auch die Ausrichtung dem sich ändernden Steigungswinkel nachgeführt.

[0143] Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung, welcher mit dem ersten Aspekt kombiniert werden kann, erfolgt eine Veränderung der Ausrichtung der Kühlmitteldüse während des Bearbeitungsvorgangs und insbesondere über einen Bearbeitungshub. Alternativ oder zusätzlich kann die Relativposition zwischen Kühlmitteldüse 50 und den beiden zur Bearbeitung eingesetzten Flanken LF und RF des Werkzeugs während der Bearbeitung und insbesondere über den Bearbeitungshub erfolgen.

[0144] Gemäß dem Stand der Technik war es zwar bekannt, die Kühlmitteldüse beim Verschiffen des Werkzeugs mit dem Werkzeug mitzubewegen bzw. die Kühlmitteldüse fest auf die Werkstückmitte auszurichten und das Werkzeug separat zu verschiffen. Hierdurch sollte sichergestellt werden, dass die Relativposition zwischen der Kühlmitteldüse und den beiden zur Bearbeitung des Werkzeugs eingesetzten Flanken über den gesamten Bearbeitungshub identisch bleibt.

[0145] Erfindungsgemäß erfolgt nun dagegen eine Veränderung der Ausrichtung und/oder Relativposition während der Bearbeitung und insbesondere über den Bearbeitungshub. Bevorzugt wird beim Anschnitt und/oder beim Austritt des Werkzeugs aus der Verzahnung die Ausrichtung und/oder die Relativposition verändert. Hierdurch kann der Tatsache Rechnung getragen werden, dass beim Anschliff bzw. beim Austritt lediglich eine der beiden Flanken tatsächlich in Eingriff mit dem Werkstück ist. In diesem Bereich kann die Kühlmitteldüse daher stärker auf die tatsächlich zum Bearbeiten verwendete Flanke gerichtet werden.

[0146] Bevorzugt erfolgt dies ebenfalls über eine Verschwenkung die Verschwenkachse P5. Alternativ oder zusätzlich kann die Relativposition zwischen Kühlmitteldüse und Werkzeug jedoch auch über eine Linearachse P1 verändert werden, welche ein Verfahren der Kühlmitteldüse parallel zur Drehachse B1 des Werkzeugs ermöglicht.

[0147] Beispielsweise kann bei der Bearbeitung eines Mittelteils des Werkstücks die Mittelachse 53 des Kühlmittelstrahls auf den Boden der Zahnücke zwischen den beiden zur Verzahnbearbeitung eingesetzten Flanken des Werkzeugs ausgerichtet und/oder die Mittelachse 53 parallel zur Steigung des Werkzeugs oder mit einem ersten Winkel zwischen der Mittelachse 53 und der Steigung eingesetzt werden, insbesondere einem Winkel, durch welchen die beiden Flanken des Werkzeugs gleichmäßig mit Kühlmittel versorgt werden. Insbesondere kann es sich bei dem Mittelteil des Werkstücks um einen Bereich handeln, in welchem die Verzahnbearbeitung tatsächlich zweiflankig erfolgt.

[0148] Weiterhin kann beim Eintritt und/oder beim Austritt aus der Verzahnung die Mittelachse stärker auf die tatsächlich zum Bearbeiten eingesetzte Flanke ausgerichtet und/oder mit einem Winkel zwischen der Mittelachse 53 der Kühlmitteldüse 50 und der Drehachse B1 des Werkzeugs gearbeitet werden, durch welchen der Kühlmittelstrahl weniger schräg auf die Flanke trifft, welche tatsächlich zur Bearbeitung eingesetzt wird. Bevorzugt ist in diesem Bereich nur eine Flanke des Werkzeugs mit dem Werkstück in Eingriff.

[0149] Bevorzugt erfolgt beim Anschnitt eine Veränderung der Ausrichtung und/oder Relativposition in eine erste Richtung und beim Austritt des Werkzeugs aus der Verzahnung in eine zweite, entgegengesetzte Richtung. Im mittleren Bereich der Verzahnung des Werkstücks kann dagegen mit einer konstanten Ausrichtung und/oder Relativposition gearbeitet werden.

[0150] Eine mögliche konstruktive Ausgestaltung der zusätzlichen Bewegungsachsen der erfindungsgemäßen Kühlmitteldüse, welche zur Umsetzung jeder der oben beschriebenen Vorgehensweisen zum Einsatz kommen kann, wird nun anhand von Figur 3 näher beschrieben.

[0151] Dabei ist in Fig. 3 zunächst das Werkzeug 2 gezeigt, welches um die Drehachse B1 drehbar in einer nicht gezeigten Werkzeugaufnahme 41 aufgenommen ist, sowie das Werkstück 4, welches in der Werkstückaufnahme 21 um die Drehachse C2 drehbar aufgenommen ist.

[0152] Gemäß dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist die Kühlmitteldüse 50 nunmehr eine Schwenkachse P5 auf, über welche der Winkel zwischen der Mittelachse 53 des durch die Kühlmitteldüse 50 abgestrahlten Kühlmittelstrahls und einer Ebene, welche senkrecht auf der Drehachse B1 des Werkzeugs steht, verändert werden kann.

[0153] Im Ausführungsbeispiel verläuft die Schwenkachse P5 in einer Ebene, welche senkrecht auf der Drehachse B1 der Werkzeugaufnahme steht. Im Ausführungsbeispiel steht die Schwenkachse P5 weiterhin senkrecht auf der Drehachse C2 der Werkstückaufnahme bzw. verläuft in einer Ebene, welche senkrecht zur Werkstückaufnahme C2 liegt.

[0154] Bevorzugt ist die Kühlmitteldüse 50 über die Schwenkachse P5 an dem Werkzeugkopf der Verzahnmaschine angeordnet. Insbesondere erlaubt die Schwenkachse P5 daher eine Relativbewegung zwischen der am Bearbeitungskopf angeordneten Werkzeugaufnahme 41 und der Kühlmitteldüse 50.

[0155] Insbesondere kann die Kühlmitteldüse 50 über die Schwenkachse P5 an einem Bearbeitungskopf 40 einer Verzahnmaschine angeordnet sein, wie er in Figur 1 dargestellt ist. Bevorzugt ist die Kühlmitteldüse 50 so am Bearbeitungskopf 40 angeordnet, dass sie gemeinsam mit der Werkzeugaufnahme 41 über die X1-Achse, die Z1-Achse und die A-Achse mit der Werkzeugaufnahme 41 mitbewegt werden kann.

[0156] In einer ersten Ausführungsform kann die Kühlmitteldüse am feststehenden Schlitten der V1-Achse des Bearbeitungskopfes 40 montiert sein und wird daher nicht über die Shiftachse V1 des Werkzeugs verschifft.

[0157] In einer ersten Variante ist die Schwenkachse P5 starr an dem Bearbeitungskopf 40 angeordnet und schneidet die Drehachse C2 des Werkstücks.

[0158] In einer zweiten Variante ist die Kühlmitteldüse über eine Linearachse P1 an dem feststehenden Schlitten der V1-Achse des Bearbeitungskopfes 40 montiert, und kann hierdurch relativ zur Werkstückmitte linear verschifft werden.

[0159] In einer zweiten Ausführungsform kann die Kühlmitteldüse am beweglichen Schlitten der V1-Achse des Bearbeitungskopfes 40 montiert sein und wird daher über die Shiftachse V1 verschifft. Die Kühlmitteldüse ist in diesem Fall über eine Linearachse P1 an dem beweglichen Schlitten der V1-Achse des Bearbeitungskopfes 40 montiert, und kann hierdurch relativ zum Werkzeug linear verschifft werden.

[0160] Erfindungsgemäß können weitere Bewegungsachsen zur Einstellung der Ausrichtung und/oder Position der Kühlmitteldüse 50 relativ zur Werkzeugaufnahme 41 vorgesehen sein. In Figur 3 sind drei Linearachsen P1 bis P3 und eine Schwenkachse P4 vorgesehen.

[0161] Die Linearachse P1 erlaubt eine Verfahrbewegung der Kühlmitteldüse 50 parallel zur Drehachse B1 der Werkzeugaufnahme bzw. parallel zur V1-Shiftachse.

[0162] Die Linearachse P2 erlaubt eine Verfahrbewegung der Kühlmitteldüse 50 in einer Richtung senkrecht zur Drehachse B1 der Werkzeugaufnahme und zur Drehachse C2 der Werkzeugaufnahme. Die Linearachse P2 verläuft im Ausführungsbeispiel parallel zur Richtung der Schwenkachse P5.

[0163] Die Linearachse P3 erlaubt eine Verfahrbewegung der Kühlmitteldüse 50 parallel zu deren Mittelachse 53.

[0164] Die Schwenkachse P4 erlaubt ein Verschwenken der Kühlmitteldüse um eine Schwenkachse, welche parallel zur Drehachse B1 der Werkzeugaufnahme verläuft.

[0165] Die Veränderung der Relativposition zwischen Kühlmitteldüse 50 und Eingriffsbereich gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann durch eine oder mehrere der oben genannten Bewegungsachsen der Kühlmitteldüse erfolgen. Besonders bevorzugt kann dies durch Ansteuerung der P5-Achse und/oder P1-Achse erfolgen.

[0166] In möglichen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung könnten auch nur eine, zwei, drei oder vier der Bewegungsachsen P1 bis P5 vorgesehen sein.

[0167] In einer ersten Ausgestaltung ist zumindest die Schwenkachse P5 vorgesehen, um die Ausrichtung der Kühlmitteldüse erfindungsgemäß zu verändern. Bevorzugt ist weiterhin die Linearachse P2 vorgesehen, weiter bevorzugt die Schwenkachse D4. Ist die Kühlmitteldüse am feststehenden Schlitten der V1-Achse des Bearbeitungskopfes 40 montiert, wird die Linearachse P1 nicht unbedingt benötigt, kann jedoch als zusätzliche Verstellmöglichkeit der Kühlmitteldüse relativ zur Werkstückmitte vorgesehen sein. Ist die Kühlmitteldüse am beweglichen Schlitten der V1-Achse des Bearbeitungskopfes 40 montiert, wird eine Linearachse P1 benötigt, um die Kühlmitteldüse gegensinnig zu dem Werkstück zu verschiften, so dass diese auf den Eingriffsbereich gerichtet ist, und kann ggf. auch als zusätzliche Verstellmöglichkeit der Kühlmitteldüse relativ zur Werkstückmitte eingesetzt werden.

[0168] In einer zweiten Ausgestaltung ist zumindest die Linearachse P1 vorgesehen. Bevorzugt ist weiterhin die Linearachse P2 vorgesehen, weiter bevorzugt die Schwenkachse D4. Ist die Kühlmitteldüse am feststehenden Schlitten der V1-Achse des Bearbeitungskopfes 40 montiert, wird die Linearachse P1 dazu eingesetzt, um die Relativposition zwischen Kühlmitteldüse und Werkstückmitte zu verändern. Ist die Kühlmitteldüse am beweglichen Schlitten der V1-Achse des Bearbeitungskopfes 40 montiert, wird eine Linearachse P1 zum einen benötigt, um die Kühlmitteldüse gegensinnig zu dem Werkstück zu verschiften, so dass diese auf den Eingriffsbereich gerichtet ist, und andererseits, um erfindungsgemäß die Relativposition zwischen Kühlmitteldüse und Werkstückmitte zu verändern.

[0169] In beiden Fällen handelt es sich bei der Linearachse P3 um eine mögliche Option.

[0170] Bei dem in Figuren 1 - 3 dargestellten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist die Kühlmitteldüse so an der Verzahnmaschine angeordnet, dass das Kühlmittel von oben in den Eingriffsbereich zwischen Werkzeug und Werkstück eingesprüht wird. Das Einspritzen des Kühlmittels erfolgt daher mit der Drehrichtung des Werkstücks.

[0171] In Figur 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gezeigt, bei welchem eine Kühlmitteldüse 50' vorgesehen ist, welche so an der Verzahnmaschine angeordnet ist, dass der Kühlmittelstrom von unten in den Eingriffsbereich eingesprüht wird. Das Einsprühen erfolgt damit zwar gegen die Drehrichtung des Werkzeugs. Wird jedoch ein ausreichend großer Kühlmittelstrom gewährt, kann der Eingriffsbereich dennoch von unten geflutet werden.

[0172] Eine solche Kühlmitteldüse 50' kann in einer ersten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung in gleicher Art und Weise betrieben werden wie die Kühlmitteldüse 50, welche bisher beschrieben wurde. Insbesondere kann die Kühlmittel-

düse 50' über eine oder mehrere der Bewegungsachsen P1' bis P5', welche in Figur 4 dargestellt sind, eingestellt und/oder verfahren werden. Dies kann in gleicher Weise erfolgen, wie dies bereits oben für die entsprechenden Achsen P1 bis P5 der Kühlmitteldüse 50 beschrieben wurde.

[0173] Die Kühlmitteldüse 50' kann in einer ersten Ausgestaltung anstelle der Kühlmitteldüse 50 vorgesehen sein.

[0174] Weiterhin kann in einer zweiten Ausgestaltung sowohl eine Kühlmitteldüse 50, welche Kühlmittel von oben einsprüht, als auch eine Kühlmitteldüse 50', welche Kühlmittel von unten einsprüht, vorgesehen sein.

[0175] Bei dieser zweiten Ausgestaltung müssen nicht beide Kühlmitteldüsen so ausgestaltet sein und/oder betrieben werden, wie dies oben beschrieben wurde. Ist eine der Kühlmitteldüsen 50 und/oder 50' gemäß einem der Aspekte der vorliegenden Erfindung ausgestaltet bzw. wird gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung betrieben, kann die andere Kühlmitteldüse vielmehr auch nicht erfindungsgemäß ausgestaltet sein und/oder betrieben werden.

[0176] Bevorzugt sind die Kühlmitteldüsen 50 und/oder 50' jeweils an einem Schlitten 12 bzw. 12' angeordnet, welcher entlang einer Führung parallel zur Drehachse B1 der Werkzeugaufnahme verfahrbar ist. Bei der Kühlmitteldüse 50 ist der Schlitten oberhalb der Werkzeugaufnahme am Bearbeitungskopf angeordnet, bei der Kühlmitteldüse 50' unterhalb.

[0177] Der Aufbau und die Ansteuerung der Kühlmitteldüse bzw. der zusätzlichen Bewegungsachsen, wie sie im Ausführungsbeispiel in Figur 3 dargestellt sind, kann in einer möglichen Ausgestaltung auch so erfolgen, wie dies aus der Druckschrift DE 10 2006 009 547 A1 bekannt ist.

[0178] In Figuren 5 - 8 ist ein Ausführungsbeispiel einer Verzahnmaschine bzw. eines erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß dem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung dargestellt. Die Verzahnmaschine kann dabei den generellen Aufbau aufweisen, welcher bereits oben im Hinblick auf Figur 1 näher beschrieben wurde. Eine Anordnung der Kühlmitteldüse am Bearbeitungskopf, wie sie in Figur 1 dargestellt ist, ist bei dieser Ausgestaltung jedoch, wie im Folgenden noch näher beschrieben wird, zumindest im Ausführungsbeispiel nicht vorgesehen.

[0179] Bei dem in Figuren 5 - 8 dargestellten Ausführungsbeispiel sind Kühlmitteldüsen 60 und 60' vorgesehen, welche das Kühlmittel seitlich in den Eingriffsbereich einspritzen. Das Einspritzen erfolgt daher nicht in Umfangsrichtung des Werkzeuges, sondern in Umfangsrichtung des Werkstückes.

[0180] Die Hauptsprührichtung 65 der Kühlmitteldüsen weist dabei einen Winkel α zur Drehachse B1 der Werkzeugaufnahme 41 auf, welcher im Ausführungsbeispiel weniger als 60° und mehr als 5° beträgt.

[0181] Bevorzugt ist der Winkel, welcher die Hauptsprührichtung 65 zur Drehachse C2 der Werkstückaufnahme aufweist, größer 45° , bevorzugt größer 60° und weiterhin bevorzugt größer 80° .

[0182] Im Ausführungsbeispiel ist auf beiden Seiten des Werkstücks 3 jeweils eine Kühlmitteldüse 60 bzw. 60' angeordnet. In alternativen Ausgestaltungen könnte jedoch auch nur eine dieser beiden Kühlmitteldüsen vorgesehen sein. In diesem Fall würde bevorzugt jene Kühlmitteldüse gewählt, welche auf der einlaufenden Seite des Werkstücks 3 angeordnet ist.

[0183] Im Ausführungsbeispiel sind die Kühlmitteldüsen 60 und 60' zusätzlich zu einer Kühlmitteldüse 50 vorgesehen, welche Kühlmittel von oben und damit in Umfangsrichtung des Werkzeugs in den Eingriffsbereich einsprüht. Diese Kühlmitteldüse 50 kann dabei in einer möglichen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung so ausgestaltet sein, wie dies oben im Hinblick auf die übrigen Aspekte der vorliegenden Erfindung näher beschrieben wurde. Die Kühlmitteldüse 50 bei dem in Figuren 5 bis 8 dargestellten Ausführungsbeispiel kann jedoch auch konventionell gemäß dem Stand der Technik ausgestaltet sein und/oder betrieben werden. Weiterhin kann auf eine solche Kühlmitteldüse gegebenenfalls auch verzichtet werden.

[0184] Bei dem in Figuren 5 - 8 dargestellten Ausführungsbeispiel weist die Verzahnmaschine Greifelemente 70 auf, mit welchen die Werkstücke 3 gegriffen und zur Werkstückaufnahme 21 transportiert werden. Es handelt sich dabei bevorzugt um einen Teil einer Automation, welche zu bearbeitende Werkstücke zur Werkstückaufnahme 21 transportiert und bereits bearbeitete Werkstücke abtransportiert. Die Greifelemente 70 und 70' können beispielsweise an einer Ringautomation angeordnet sein.

[0185] Die Greifelemente bleiben auch während der Bearbeitung des Werkstücks neben dem Werkstück angeordnet. Die Greifelemente werden zum Absetzen des Werkstücks auf der Werkstückaufnahme beispielsweise lediglich geringfügig in radialer Richtung des Werkstücks von diesem weg bewegt und gegebenenfalls etwas abgesenkt. Die Greifelemente sind daher für die Zugänglichkeit des Werkstücks eigentlich störend.

[0186] Daher erstrecken sich die Kühlmitteldüsen 60 und 60' im Ausführungsbeispiel zwischen dem Werkzeug und den Greifelementen 70 und 70' in Richtung auf das Werkstück 3. Insbesondere verlaufen die Kühlmitteldüsen 60 und 60' im Ausführungsbeispiel keilförmig zwischen Werkzeug und Greifelement.

[0187] Die Greifelemente 70 und 70' weisen jeweils auf ihrer dem Werkzeug zugewandten Seite Schrägen 71 auf, welche näher am Werkstück angeordnet sind als die Düsenöffnungen der Kühlmitteldüsen 60 und 60', so dass der Kühlmittelstrom von der Kühlmitteldüse mittels der Schrägen 71 auf den Eingriffsbereich gelenkt wird.

[0188] Im Ausführungsbeispiel weisen die Kühlmitteldüsen 60 und 60' jeweils eine im mittleren Bereich vergrößerte Düsenöffnung 61 auf. Weiterhin verläuft entlang der zu den Greifelementen 70 und 70' gewandten Seiten der Kühlmitteldüsen

60 und 60' jeweils ein Leitungsabschnitt 62, welcher zum Greifelement hin ausgewölbt ist, um möglichst viel Kühlmittel in diesen Bereich zu transportieren.

[0189] Das Kühlmittel wird über Zuleitungen 63 zu den Kühlmitteldüsen 60 und 60' geleitet.

[0190] Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Kühlmitteldüsen 60 und 60' nicht am Bearbeitungskopf angeordnet, sondern am Gegenhalterarm 23 des Gegenhalters 22 der Werkstückaufnahme 21 bzw. am nicht dargestellten zugehörigen Gegenhalterständer. Diese Anordnung ist bauraumbedingt gegenüber einer Anordnung am Bearbeitungskopf zu bevorzugen.

[0191] Bevorzugt sind die Düsen 60 und 60' über eine Linearachse parallel zur Drehachse C2 der Werkstückaufnahme 21 verfahrbar, um den Mittelpunkt des Kühlmittelstroms immer auf die Eingriffsstelle ausgerichtet zu halten. Fährt daher das Werkzeug in Breitenrichtung entlang des Werkstücks, werden die Kühlmitteldüsen 60 und 60' mit dem Werkzeug mit verfahren. Bei relativ kurzen Werkstücken kann man auf eine solche Verfahrbarkeit gegebenenfalls auch verzichten.

[0192] Im Ausführungsbeispiel weist die Verzahnmaschine einen Gegenhalter 22 für die Werkstückaufnahme 21 auf, sodass das Werkstück 3 zwischen der Werkstückaufnahme 21 und dem Gegenhalter 22 eingespannt werden kann. Der Gegenhalter 22 ist an einem Gegenhalterarm 23 angeordnet, welcher wiederum an einem Gegenhalterständer angeordnet ist.

[0193] Auch ohne einen Gegenhalter 22 und gegebenenfalls ohne einen Gegenhalterarm 23 kann ein Gegenhalterständer vorgesehen sein, an welchem dann die Düsen 60 und 60' angebracht sind. Der Gegenhalterständer kann auch die Automation, an welcher die Greifelemente 70 und 70' angeordnet sind, tragen.

[0194] Im Ausführungsbeispiel weist auch die Werkzeugaufnahme 41 einen Gegenhalter 42 auf, sodass das Werkzeug zweiseitig eingespannt werden kann.

[0195] Die erfindungsgemäße Verzahnmaschine weist unabhängig vom Ausführungsbeispiel bevorzugt eine Steuerung mit Funktionen auf, welche die oben beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren implementieren.

[0196] Die vorliegende Erfindung erlaubt gerade bei höheren Schnittgeschwindigkeiten, insbesondere bei Schnittgeschwindigkeiten von mehr als 80 m pro Sekunde und bevorzugt mehr als 100 m pro Sekunde eine verbesserte Versorgung der Werkzeugeingriffsstelle mit Kühlmittel.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verzahnbearbeitung eines Werkstücks mit einem an einer Verzahnmaschine angeordneten Werkzeug, wobei während der Verzahnbearbeitung mittels einer Kühlmitteldüse Kühlmittel auf das Werkzeug aufgebracht wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausrichtung der Kühlmitteldüse, das heisst die Ausrichtung einer Mittelachse des durch die Kühlmitteldüse abgegebenen Kühlmittelstrahls und/oder die Position der Kühlmitteldüse in Abhängigkeit von einem Steigungswinkel des Werkzeuges eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Ausrichtung der Kühlmitteldüse in einem definierten Winkel relativ zur Steigung des Werkzeugs eingestellt wird, insbesondere in einem Winkelbereich von $\pm 10^\circ$ zur Steigung des Werkzeugs, wobei die Kühlmitteldüse bevorzugt in Richtung der Steigung des Werkzeugs eingestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Ausrichtung der Kühlmitteldüse nach einem oder mehreren Abrichtvorgängen, bei welchen der Steigungswinkel des Werkzeugs verändert wird, nachgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche wobei die Ausrichtung der Kühlmitteldüse und/oder die Relativposition zwischen Kühlmitteldüse und Eingriffsbereich während der Verzahnbearbeitung des Werkstücks verändert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Ausrichtung der Kühlmitteldüse und/oder die Relativposition zwischen Kühlmitteldüse und Eingriffsbereich in Abhängigkeit von einem Werkzeugvorschub eingestellt wird, insbesondere in Abhängigkeit von einem Werkzeugvorschub in Achsrichtung des Werkstücks und/oder Werkzeugs, und/oder wobei beim Anschnitt des Werkstücks und/oder beim Austritt des Werkzeuges aus dem Werkstück mit einer anderen Ausrichtung der Kühlmitteldüse und/oder einer anderen Relativposition zwischen Kühlmitteldüse und Eingriffsbereich gearbeitet wird als bei der Bearbeitung der Werkstückmitte.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche wobei der Winkel, welchen die Kühlmitteldüse relativ zu einer senkrecht zur Drehachse des Werkzeugs verlaufenden Ebene aufweist, für die Verzahnbearbeitung eingestellt wird, insbesondere in Abhängigkeit von Parametern des Werkzeugs und/oder des Werkstücks und/oder der Verzahnbearbeitung.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Kühlmitteldüse um eine Schwenkachse verschwenkt wird, deren Richtung einen Winkel ungleich Null zur Richtung der Drehachse des Werkzeugs aufweist und bevorzugt in einer senkrecht zur Drehachse des Werkzeugs verlaufenden Ebene verläuft, wobei die Richtung der Schwenkachse weiter bevorzugt senkrecht zur Richtung der Drehachse des Werkzeugs oder senkrecht zur Richtung der Drehachse des Werkstücks verläuft.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Ausrichtung der Kühlmitteldüse und/oder die Position der Kühlmitteldüse auf Grundlage der folgenden Parameter erfolgt: Steigungsrichtung des Werkzeugs und Werkzeugdurchmesser und/oder Gangzahl des Werkzeugs, wobei die Einstellung und/oder Änderung vorzugsweise über mindestens eine NC-Achse der Verzahnmaschine erfolgt.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zusätzlich eine Position der Kühlmitteldüse in Werkzeugbreitenrichtung und/oder eine Position und/oder Schwenkstellung in einer Ebene senkrecht zur Drehachse des Werkzeugs eingestellt und/oder verändert wird.
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Kühlmitteldüse so an der Verzahnmaschine angeordnet ist, dass das Kühlmittel von oben in den Eingriffsbereich von Werkzeug und Werkstück eingesprüht wird, insbesondere schräg von oben.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Kühlmitteldüse oder eine zweite Kühlmitteldüse so an der Verzahnmaschine angeordnet ist, dass das Kühlmittel von unten in den Eingriffsbereich von Werkzeug und Werkstück eingesprüht wird, insbesondere schräg von unten, insbesondere unter einem Winkel, welcher von dem Schrägungswinkel der Verzahnung und dem Steigungswinkel des Werkzeuges abhängt, wobei diese Kühlmitteldüse bevorzugt so eingestellt wird, dass sie in einem Winkelbereich von $\pm 10^\circ$ zu dem Schrägungswinkel der Verzahnung und zur Steigung des Werkzeugs ausgerichtet ist.
12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zwei Kühlmitteldüsen vorgesehen sind, welche so an der Verzahnmaschine angeordnet sind, dass die eine Kühlmitteldüse das Kühlmittel von oben in den Eingriffsbereich von Werkzeug und Werkstück einsprüht und die andere Kühlmitteldüse das Kühlmittel von unten in den Eingriffsbereich von Werkzeug und Werkstück einsprüht, insbesondere schräg von oben und schräg von unten.
13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche wobei die mindestens eine Kühlmitteldüse so an der Verzahnmaschine angeordnet ist, dass das Kühlmittel in Umfangsrichtung des Werkstücks in den Eingriffsbereich von Werkzeug und Werkstück eingesprüht wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei eine Hauptprührichtung der Kühlmitteldüse einen Winkel von weniger als 60° , weiter bevorzugt von weniger als 45° , weiter bevorzugt von weniger als 30° zur Drehachse der Werkzeugaufnahme aufweist und/oder wobei eine Hauptprührichtung der Kühlmitteldüse einen Winkel von mehr als 5° , weiter bevorzugt von mehr als 10° zur Drehachse der Werkzeugaufnahme aufweist und/oder wobei auf beiden Seiten des Eingriffsbereichs eine Kühlmitteldüse vorgesehen ist, so dass das Kühlmittel in Umfangsrichtung des Werkstücks beidseitig in den Eingriffsbereich von Werkzeug und Werkstück eingesprüht wird.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, wobei das Werkstück über Greifelemente an der Werkstückaufnahme angeordnet wird, wobei die Greifelemente auf ihrer dem Werkzeug zugewandten Seite zum Eingriffsbereich hin angeschrägt sind, so dass das von der mindestens einen Kühlmitteldüse versprühte Kühlmittel über eine Schräge der Greifelemente zum Eingriffsbereich geleitet wird, und/oder wobei die mindestens eine Kühlmitteldüse keilförmig zwischen dem Werkzeug und einem Greifelement zum Greifen des Werkstücks verläuft.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei die mindestens eine Kühlmitteldüse an einem Maschinentisch, an einem Gegenhalter und/oder an einem Gegenhalterständer der Werkstückaufnahme angeordnet ist und/oder wobei die mindestens eine Kühlmitteldüse an einer Linearachse angeordnet ist, welche parallel zur Richtung der Drehachse der Werkstückaufnahme verläuft, wobei bevorzugt die mindestens eine Kühlmitteldüse während eines Bearbeitungshubs parallel zu einem Bearbeitungskopf der Verzahnmaschine verfahren wird, um dem Eingriffsbereich zu folgen.
17. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei es sich bei der Verzahnbearbeitung um Verzahn schleifen, insbesondere um Wälzschleifen handelt, und/oder wobei als Werkzeug eine Schleifschnecke zum Einsatz kommt, und/oder wobei ein stirnverzahntes Werkstück und/oder ein Zahnrad verzahnbearbeitet wird, und/oder wobei die Verzahnbearbeitung zweiflankig erfolgt und/oder wobei eine Schrägverzahnung verzahnbearbeitet wird.
18. Verzahnmaschine mit einer Werkzeugaufnahme zur Aufnahme eines Werkzeugs und einer Werkstückaufnahme zur Aufnahme eines Werkstücks, welche jeweils um eine Drehachse antreibbar sind, mit einer Kühlmitteldüse zum Aufbringen von Kühlmittel auf das Werkzeug, mit mindestens einer Bewegungsachse zur Einstellung einer Ausrichtung und/oder Position der Kühlmitteldüse, und mit einer Steuerung zum Ansteuern der Bewegungsachse, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung eine Funktion zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorangegangenen Ansprüche aufweist.
19. Verzahnmaschine nach Anspruch 18, wobei die Steuerung eine Funktion zum Einstellen der Ausrichtung und/oder Position der Kühlmitteldüse in Abhängigkeit von einem Steigungswinkel des Werkzeuges aufweist.
20. Verzahnmaschine nach Anspruch 18 oder 19, wobei die Steuerung eine Funktion zum Verändern der Ausrichtung der Kühlmitteldüse und/oder der Relativposition zwischen Kühlmitteldüse und Eingriffsbereich während der Verzahnbearbeitung eines Werkstücks umfasst.

21. Verzahnmaschine nach einem der Ansprüche 18 bis 20, wobei die Steuerung eine Funktion zur Einstellung eines Winkels, welchen die Kühlmitteldüse während der Verzahnbearbeitung relativ zu einer senkrecht zur Drehachse des Werkzeugs verlaufenden Ebene aufweist, umfasst, wobei bevorzugt mindestens ein Parameter des Werkzeugs und/oder des Werkstücks und/oder der Verzahnbearbeitung in die Steuerung eingebbar ist, wobei die Funktion zur Einstellung des Winkels auf den in die Steuerung eingegebenen Parameter zugreift.
22. Verzahnmaschine nach einem der Ansprüche 18 bis 21, wobei es sich bei der Bewegungsachse der Kühlmitteldüse um eine Schwenkachse handelt, wobei die Richtung der Schwenkachse einen Winkel ungleich Null zur Richtung der Drehachse des Werkzeugs aufweist und bevorzugt in einer senkrecht zur Drehachse des Werkzeugs verlaufenden Ebene verläuft, wobei die Richtung der Schwenkachse bevorzugt senkrecht zur Richtung der Drehachse des Werkzeugs oder senkrecht zur Richtung der Drehachse des Werkstücks verläuft.
23. Verzahnmaschine nach einem der Ansprüche 18 bis 22, mit einer Werkzeugaufnahme zur Aufnahme eines Werkzeugs und einer Werkstückaufnahme zur Aufnahme eines Werkstücks, welche jeweils um eine Drehachse antreibbar sind, mit mindestens einer Kühlmitteldüse zum Aufbringen von Kühlmittel auf das Werkzeug, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Kühlmitteldüse so an der Verzahnmaschine angeordnet ist, dass das Kühlmittel in Umfangsrichtung des Werkstücks in den Eingriffsbereich von Werkzeug und Werkstück eingesprüht wird.
24. Verzahnmaschine nach Anspruch 23, wobei eine Hauptprührichtung der Kühlmitteldüse einen Winkel von weniger als 60° , weiter bevorzugt von weniger als 45° , weiter bevorzugt von weniger als 30° zur Drehachse der Werkzeugaufnahme aufweist und/oder wobei eine Hauptprührichtung der Kühlmitteldüse einen Winkel von mehr als 5° , weiter bevorzugt von mehr als 10° zur Drehachse der Werkzeugaufnahme aufweist und/oder wobei auf beiden Seiten des Eingriffsbereichs eine Kühlmitteldüse vorgesehen ist, so dass das Kühlmittel in Umfangsrichtung des Werkstücks beidseitig in den Eingriffsbereich von Werkzeug und Werkstück eingesprüht wird.
25. Verzahnmaschine nach Anspruch 23 oder 24, mit Greifelementen zum Anordnen eines Werkstücks an der Werkstückaufnahme, wobei die Greifelemente auf ihrer dem Werkzeug zugewandten Seite zum Eingriffsbereich hin angeschrägt sind, so dass das von der mindestens einen Kühlmitteldüse versprühte Kühlmittel über eine Schräge der Greifelemente zum Eingriffsbereich geleitet wird, und/oder wobei die mindestens eine Kühlmitteldüse keilförmig zwischen dem Werkzeug und einem Greifelement zum Greifen des Werkstücks verläuft.
26. Verzahnmaschine nach einem der Ansprüche 23 bis 25, wobei die Verzahnmaschine einen Maschinentisch, einen Gegenhalterarm und/oder Gegenhalterständer der Werkstückaufnahme aufweist, wobei die mindestens eine Kühlmitteldüse am Maschinentisch, am Gegenhalter und/oder am Gegenhalterständer der Werkstückaufnahme angeordnet ist und/oder wobei die mindestens eine Kühlmitteldüse an einer Linearachse angeordnet ist, welche parallel zur Richtung der Drehachse der Werkstückaufnahme verläuft, wobei bevorzugt eine Steuerung der Verzahnmaschine vorgesehen ist, welche die mindestens eine Kühlmitteldüse während eines Bearbeitungshubs parallel zu einem Bearbeitungskopf der Verzahnmaschine verfährt, um dem Eingriffsbereich zu folgen.

Fig. 1

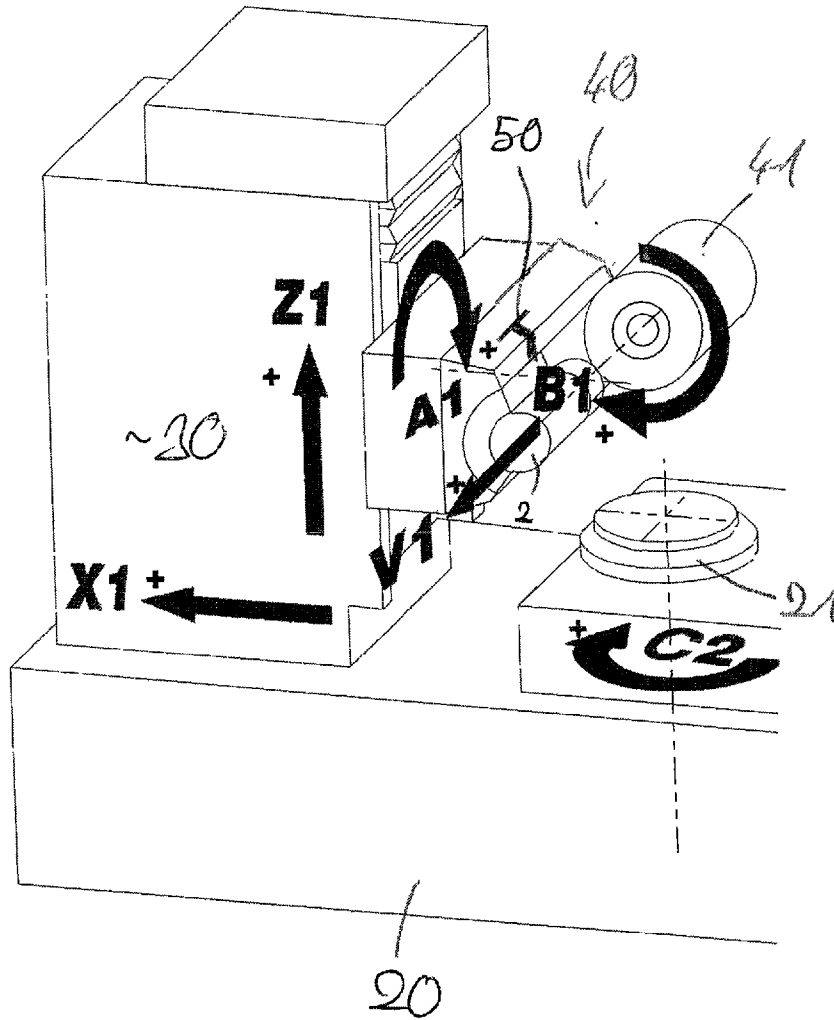


Fig. 2

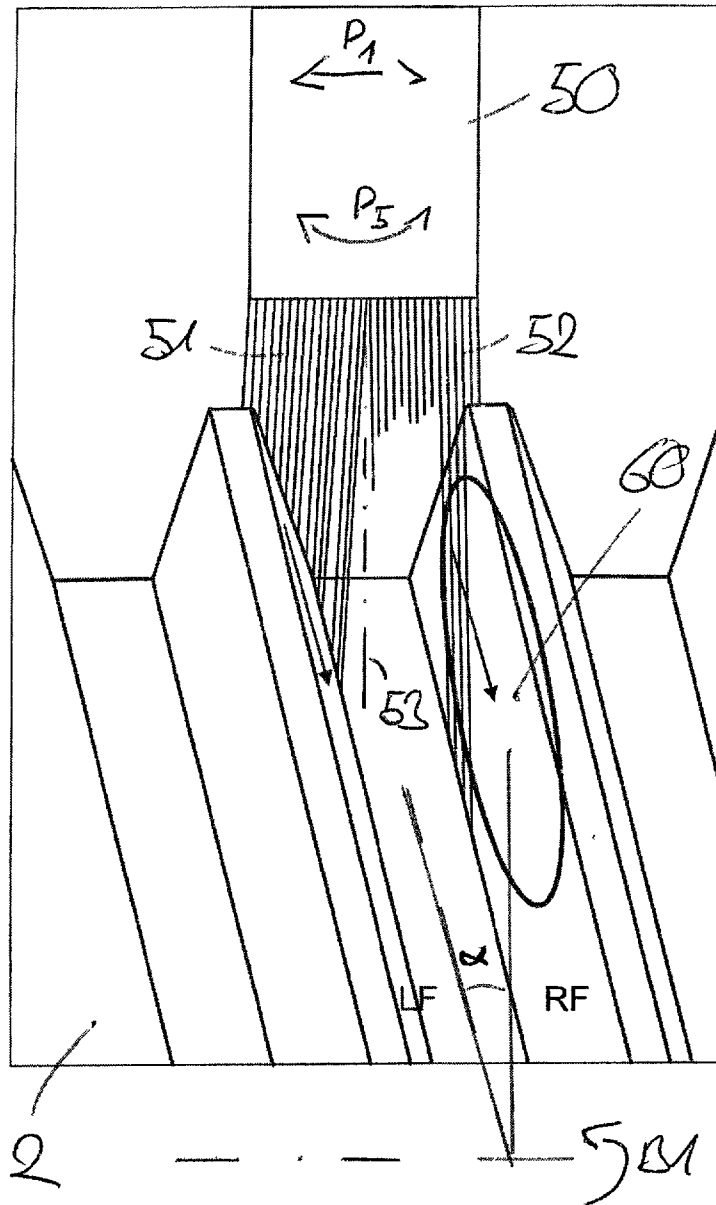


Fig. 3

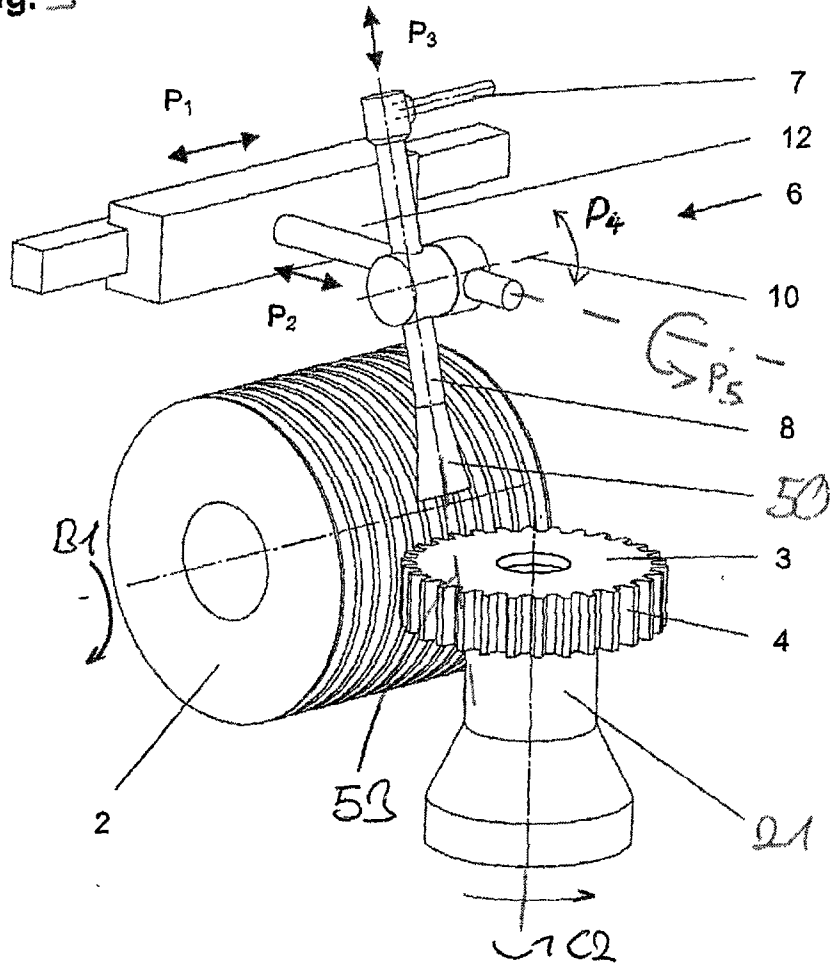


Fig. 4

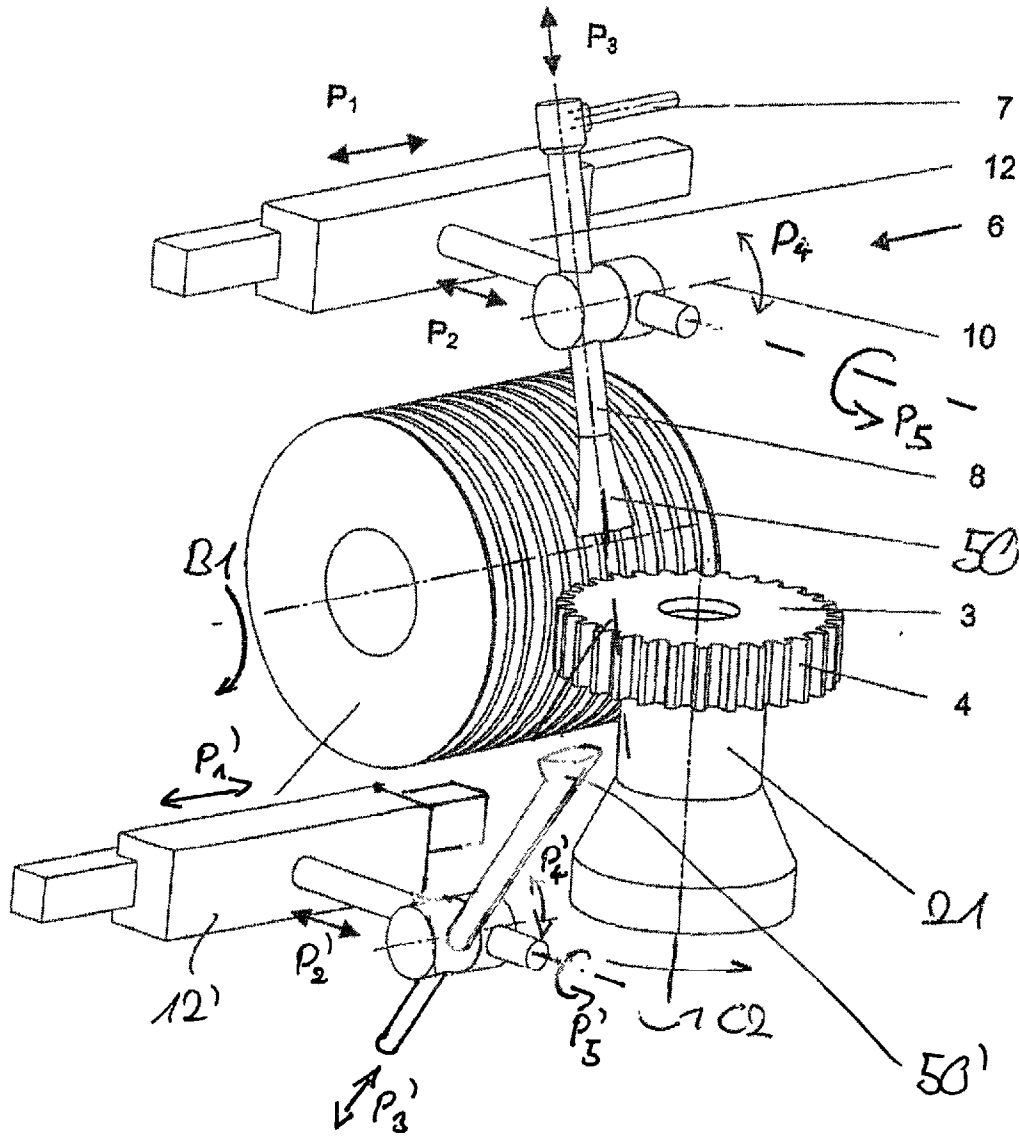


Fig. 6

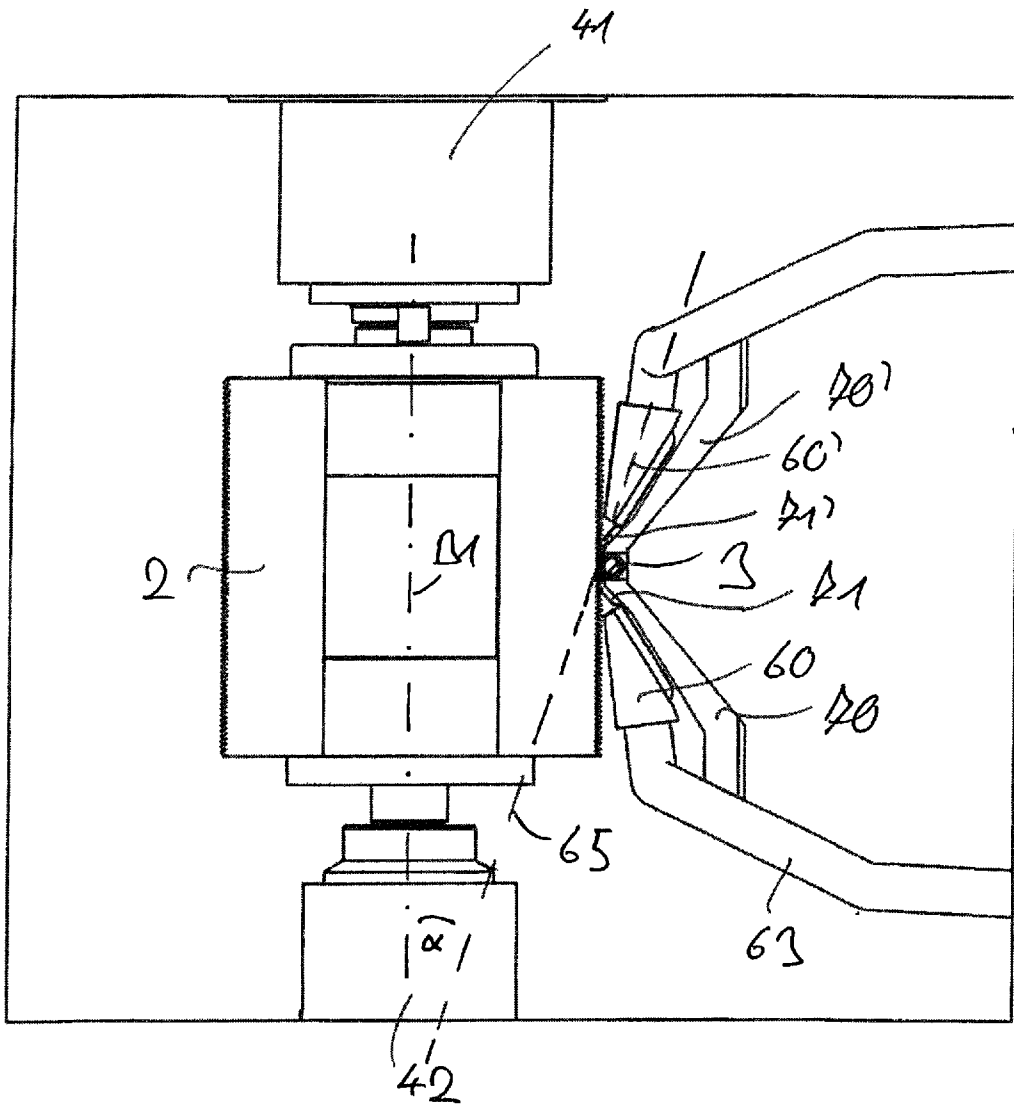


Fig. 7

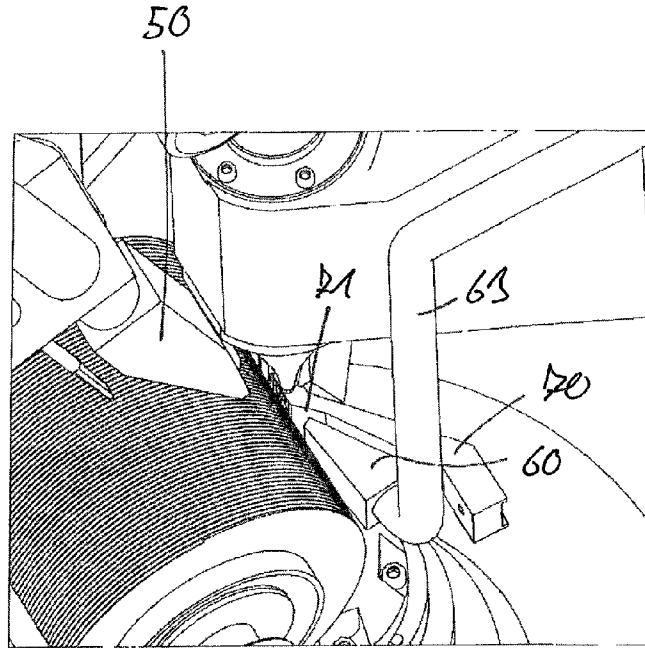


Fig. 8

