

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 1863/2011
(22) Anmeldetag: 21.12.2011
(43) Veröffentlicht am: 15.11.2012

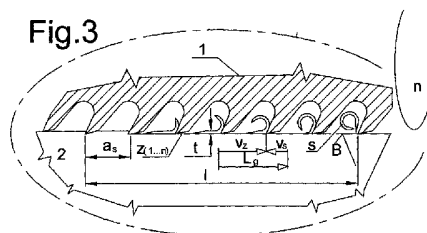
(51) Int. Cl. : **B23C 3/00** (2006.01)
E01B 31/13 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
JP 51130985 A US 2714337 A
US 1587962 A DE 3717702 C1

(73) Patentanmelder:
POMIKACSEK JOSEF DIPL.ING.
3001 MAUERBACH (AT)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BEARBEITUNG VON LÄNGSKANTEN VON METALLISCHEN WERKSTÜCKEN**

(57) Verfahren und Vorrichtung zur Bearbeitung von Längskanten von metallischen Werkstücken, wobei während der Bearbeitung des Werkstückes (2) alle Schneidkanten (z) mit der Bearbeitungsfläche (B) über eine Wirklänge (1) und mit einer Schnittiefe (t) in Eingriff versetzt werden und das Abtrennen der Späne jeweils über eine Länge, die dem Zahnabstand (a_s) entspricht, zwischen den benachbarten Zähnen gleichzeitig mit deren Bewegung entlang der Wirklänge (1) erfolgt.



Zusammenfassung:

Verfahren und Vorrichtung zur Bearbeitung von Längskanten von metallischen Werkstücken, wobei während der Bearbeitung des Werkstückes (2) alle Schneidkanten (z) mit der Bearbeitungsfläche (B) über eine Wirklänge (l) und mit einer Schnitttiefe (t) in Eingriff versetzt werden und das Abtrennen der Späne jeweils über eine Länge, die dem Zahnabstand (a_s) entspricht, zwischen den benachbarten Zähnen gleichzeitig mit deren Bewegung entlang der Wirklänge (l) erfolgt.

(Fig. 3)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bearbeitung von Längskanten von metallischen Werkstücken, mit einem durch spiralförmige Schneiden gebildeten Umfangsfräser.

Die Bearbeitung von Werkstücklängskanten mit Hilfe eines Umfangsfräasers ist bekannt. Gemäß dem Stand der Technik wird die Aufgabe in Verbindung mit hohen Schnittgeschwindigkeiten und langen Spänen bewältigt. Die Schnittgeschwindigkeit ist üblicherweise wesentlich höher als die Vorschubgeschwindigkeit. Die praktisch erzielbaren Vorschubgeschwindigkeiten liegen üblicherweise unterhalb von 100 m/min, teilweise in Verbindung mit schlechten Standzeiten und geringer Wirtschaftlichkeit. Ein Bedarf an Erhöhung der Vorschubgeschwindigkeiten und Verbesserung der Wirtschaftlichkeit liegt in mehreren Anwendungsbereichen vor. Die gleichzeitig im Eingriff befindlichen Zähne der bekannten Werkzeuge kontaktieren das Werkstück mit unterschiedlichen Schnitttiefen und bewegen sich auf Schnittbögen. Infolgedessen sind die Bearbeitungsflächen mit Riffeln behaftet, welche oft anwendungstechnische Nachteile verursachen.

Aus der AT 391989 ist eine Ausführung mit einem Umfangsfräser zur Bearbeitung der Längskanten von zwischen Führungsrollen geführten Blechbändern bekannt. Die Drehachse des Werkzeuges ist zur Blechebene senkrecht angeordnet. Die Schneidkanten kontaktieren die Bearbeitungsfläche zur Vorschubrichtung dem Flugkreis entsprechend gleich- oder gegenläufig. Es entstehen dabei kommaförmige Späne, welche zwangsläufig im Verhältnis zu ihrer Länge nur geringe Abstände des jeweiligen Zähnevorschubes ermöglichen. So entsteht eine Schnittgeschwindigkeit, welche wesentlich höher als die Vorschubgeschwindigkeit ist. Obwohl der Bedarf an hohen Arbeitsgeschwindigkeiten teilweise die technologisch möglichen Grenzwerte der Schnittgeschwindigkeit übersteigt, können solche Aufgaben mit den bekannten Verfahren nicht gelöst werden.

Aus der DE 3435352 ist ein Umfangsfräser zur Bearbeitung von Längskanten mit spiralförmigen Schneiden bekannt. Die Schneiden des Werkzeuges sind zur Drehachse in einem vorbestimmten Winkel angeordnet. Die Drehachse ist so geneigt, daß während dem Eingriff die Lage der Schneidkanten zur Blechebene senkrecht ist. Der elliptische Schnittbogen der Schneiden an der Bearbeitungsfläche ist auf solche Weise flacher als ihr Flugkreis, wodurch lange Späne erzielt werden können. Ähnlich zum bereits geschilderten Fall ist die Schnittgeschwindigkeit hierbei auch wesentlich höher als die Vorschubgeschwindigkeit. Die Bearbeitungsfläche ist aber entsprechend den Schnittbögen

013003

mit Wellen behaftet, was unter Umständen den Bedarf einer Nachbearbeitung notwendig macht.

Die Erfindung zielt darauf ab, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bearbeiten der Längskanten von Werkstücken zu schaffen, die auf eine einfache und kostengünstige Weise die Bearbeitung mit hohen Vorschubgeschwindigkeiten bei gleichzeitig niedrigen Schnittgeschwindigkeiten in Verbindung mit langen Standzeiten der Schneiden ermöglichen. Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der einleitend angegebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß während der Bearbeitung des Werkstückes alle Schneidkanten mit der Bearbeitungsfläche über eine Wirklänge und mit einer Schnittiefe in Eingriff versetzt werden, und das Abtrennen der Späne jeweils über eine Länge, die dem Zahnabstand entspricht, zwischen den benachbarten Zähnen gleichzeitig mit deren Bewegung entlang der Wirklänge erfolgt.

Zur Bearbeitung der Längskanten von Werkstücken wird somit ein Umfangsfräser mit mindestens einer spiralförmig, mit kleinem Steigungswinkel ausgebildeten Schneidkante vorgesehen, welche die Bearbeitungsfläche gleichzeitig mit mehreren in der Vorschubrichtung wirkenden Zähnen mit der gleichen Schnittiefe in gleichmäßigen Abständen kontaktiert. Der Umfangsfräser wird so in Drehung versetzt, daß infolge der Relativgeschwindigkeit zwischen dem Werkstück und den Zähnen im Schnittbereich das Abtrennen der Späne jeweils in einer Länge der Zahnabstände

gleichzeitig mit der Bewegung der Schneidkante entlang der Eingriffslänge erfolgt. Es wird somit erfindungsgemäß im Gegensatz zu anderen Fräsverfahren eine mehrfach höhere Vorschubgeschwindigkeit als die jeweilige Zerspanungsgeschwindigkeit erzielt. Die Bearbeitungsfläche ist sodann frei von Riffeln.

Aufgrund der vorbestimmten Beziehung zwischen der drehzahlbedingten Bewegungsgeschwindigkeit der Schneiden und der Vorschubgeschwindigkeit wird erfindungsgemäß der Schnitt jeweils in einer Länge des Schneidkantenabstandes erzeugt. Während des Schnittes bewegt sich die Schneidkante über die Bearbeitungsfläche entlang der gesamten Kontaktlänge des Werkzeuges mit einer zum Längsvorschub ähnlichen Geschwindigkeit. Die Schnittgeschwindigkeit entsteht aus deren Differenz und ist wesentlich niedriger als die Vorschubgeschwindigkeit. Da alle Schneiden mit der gleichen Schnitttiefe wirken, ist die Bearbeitungsfläche glatt und frei von Restwellen.

Die Einstellung der drehzahlabhängigen Geschwindigkeit der Schneidkanten an der Bearbeitungsfläche erfolgt in Abhängigkeit von der üblicherweise veränderlichen Vorschubgeschwindigkeit und der konstanten Werkzeugdimensionen. Diese Aufgabe kann vorzugsweise durch eine elektronische Steuerung gelöst werden, welche durch kontinuierliche Erfassung der Vorschubgeschwindigkeit mit Hilfe einer Recheneinheit die zur Durchführung der beschriebenen Funktion notwendige Drehzahl einstellt.

Die geschilderten Merkmale ermöglichen im Vergleich zu anderen Umfangsfräser eine Vielzahl von einander unterstützenden Vorteilen, insbesondere die signifikante Erhöhung der Vorschubgeschwindigkeit bei deutlicher Verringerung der Schnittgeschwindigkeit. Dies sind wesentliche Voraussetzungen zur wirtschaftlichen Lösung von Aufgaben bei der Bearbeitung von Längskanten mit besonders hohen Vorschubgeschwindigkeiten.

Gemäß den neuen Verfahrensmerkmalen besteht die Möglichkeit zur Begrenzung der Spanlänge auf das Maß des Abstandes zwischen zwei Werkzeugzähnen. Die kurzen Späne können leicht entsorgt und mit günstiger Raumnutzung gelagert werden.

Es bestehen vielseitige Gestaltungsmöglichkeiten für das Werkzeug. Die Schneidkanten können in Form von ein- oder mehrgängigen Spiralen ausgebildet werden. Die auf die Bearbeitungsfläche gleichzeitig einwirkenden Schneidkanten können auf zylinderförmigen oder konischen Umfangsfräser zum Einsatz gebracht werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Umfangsfräasers gemäß der Erfindung mit dem Werkstück in Vorderansicht;

Fig. 2 die in Fig. 1 dargestellte Ausführung in schematischer Draufsicht;

013035

Fig. 3 eine vergrößerte Darstellung der Bearbeitungsfläche mit den Schneidkanten der in Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführung;

Fig. 4 eine vergrößerte Darstellung der Bearbeitungsfläche mit den Schneidkanten einer Ausführung, welche mit höherer Schneidkantengeschwindigkeit als die Vorschubgeschwindigkeit arbeitet;

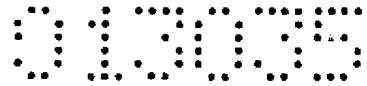
Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Stufenwerkzeuges gemäß der Erfindung;

Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Umfangsfräasers gemäß der Erfindung zur Bearbeitung von tangentialen Teilbereichen der Lauffläche von Bahnschienen, und

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Umfangsfräasers gemäß der Erfindung mit konischer Mantelfläche.

In Fig. 1 sind ein Umfangsfräser 1 gemäß der Erfindung und ein Werkstück 2 schematisch in einer Vorderansicht dargestellt.

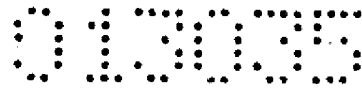
Fig. 2 zeigt den in Fig. 1 dargestellten Umfangsfräser 1 gemäß der Erfindung und ein Werkstück 2 in einer schematischen Draufsicht. Die Drehachse O des zylindrischen Umfangsfräasers 1 ist zur Bearbeitungsfläche B parallel so angeordnet, daß gleichzeitig alle spiralförmig ausgebildeten Schneidkanten z mit der Bearbeitungsfläche B über eine Länge l in Eingriff stehen. Die Schneidkanten sind mehrgängig jeweils mit einem Steigungswinkel α so ausgebildet, daß zwischen den Schneidkan-



ten z ein gleichmäßiger Zahnabstand a_s entsteht. Der Umfangsfräser 1 ist im Bereich der Vorschubrichtung L_g zugewandten Seite über die Länge k entsprechend dem Winkel β konisch ausgebildet, damit ein sanfter Eingriff der Schneiden aus dem schnittlosen Zustand gewährleistet wird.

Der Umfangsfräser besteht jeweils aus einem zylindrischen Bereich l und aus einem konischen Bereich k , welche eine Gesamtwerkzeuglänge L ergeben. Der Umfangsfräser 1 wird in Richtung n in vorbestimmter Weise in Drehung gesetzt, so daß sich die Schneidkanten zur Vorschubrichtung L_g gleichsinnig, jedoch geringfügig langsamer als die Vorschubgeschwindigkeit bewegen.

In Fig. 3 ist der Eingriffsbereich des in Fig. 1 dargestellten Umfangsfräasers ersichtlich. Die Schnittgeschwindigkeit v_s entsteht aus der Differenz der Vorschubgeschwindigkeit L_g und der Bewegungsgeschwindigkeit der Schneiden v_z im Bereich der mit einer Schnitttiefe t beaufschlagten Bearbeitungsfläche B . Die beiden Geschwindigkeiten können vorzugsweise relativ zueinander so festgelegt werden, daß der zwischen zwei Schneiden gelegene Schnittpfad a_s beim Absolvieren des vollen Eingriffsweges l des Werkzeuges mit gleichzeitiger Trennung der Spanes s von der Bearbeitungsfläche B zwischen den angedeuteten Schneidenpositionen erzielt wird. Der Grenzzustand dieser Funktionsweise beruht auf der Gleichheit des Zeitaufwandes einerseits der Schneidkantenbewegung v_z entlang des Eingriffsweges l , und andererseits der Schnittbewegung v_s im Bereich eines



Zahnabstandes a_s . Die Bewegungen können mit Hilfe einer elektronischen Steuerung aufeinander abgestimmt werden. Aufgrund der elektronisch erfaßten Vorschubgeschwindigkeit L_g kann mit Hilfe einer Recheneinheit die Werkzeugdrehzahl n zur Gewährleistung des Vorganges geregelt werden.

Im Vergleich zu den bekannten Fräsverfahren hat das erfindungsgemäße Verfahren die vorteilhafte Eigenschaft, daß die Spanlängen den Zahnabstand a_s nicht übersteigen, so daß der Einsatz von Umfangsfräsern mit kleinem Zahnabstand und mit hoher Zähnezahl begünstigt wird.

Durch den Einsatz von kleinen Zahnabständen an einem Messerkopf kann die Zahl der im Schnitt befindlichen Zähne z im Eingriffsweg l erhöht werden. So kann im Vergleich zu einer Auslegung mit kleinerer Zähnezahl bei gleichbleibender Vorschubgeschwindigkeit L_g eine Verminderung der Schnittgeschwindigkeit v_s erzielt werden. Die höhere Zahl von Schneiden erbringt zusätzlich eine wirksame Verteilung der Schnittenergie. Aufgrund der gekrümmten Form des Werkzeugmantels entsteht die Bearbeitungsfläche in Form einer Längsrille mit geringer Tiefe. In Abhängigkeit vom gewählten Werkzeugdurchmesser D und von der Breite der Bearbeitungsfläche läßt sich die Abweichung im Vergleich zu einer Planfläche minimieren und ist zu vernachlässigen.

In Fig. 4 ist der Eingriffsbereich eines Umfangsfräasers 1 ersichtlich, dessen Schneidengeschwindigkeit v_z größer als die

Vorschubgeschwindigkeit L_g ist. Die Schnittgeschwindigkeit v_s entsteht aus der Differenz der genannten Komponenten. Das Abtrennen der Späne s erfolgt vorzugsweise mit einer der Bearbeitungstiefe t entsprechenden Spanstärke s gleichzeitig mit der Bewegung der Schneidkanten entlang der Bearbeitungskante B . Der Schnittweg entspricht dem um einen Zahnabstand a_s erhöhten Maß der zylindrischen Länge l des Werkzeuges 1 . Die Vorteile im Zusammenhang mit den kurzen Spänen s und mit den niedrigen Zerspanungsgeschwindigkeiten s_z in Verbindung mit hohen Vorschubgeschwindigkeiten L_g treten auch bei dieser Auslegungsvariante auf.

In Fig. 5 ist ein Ausführungsbeispiel eines Stufenwerkzeuges gemäß der Erfindung schematisch dargestellt. Durch einfache Weiterbildung der anhand der Figuren 1 bis 4 beschriebenen Merkmale kann ein zwei- oder mehrstufiges Werkzeug ausgestaltet werden, mit welchem Bearbeitungsfälle, bei denen die notwendige Bearbeitungstiefe t größer als die zulässige Spanstärke ist, bewältigt werden können. Es werden dabei zwei oder mehr Werkzeuge 1 auf der gleichen Drehachse O montiert. Die Funktion ist aufgrund der Gleichheit der Zahnabstände und der Wirklängen l der Werkzeuge gewährleistet. Die Durchmesser der Umfangsfräser sind entsprechend den Spanstärken unterschiedlich getroffen.

Fig. 6 ist eine schematische Darstellung eines gemäß der Erfindung ausgeführten Umfangsfräasers 1 , der zur Bearbeitung

von tangentialen Teilbereichen von gekrümmten Fahrflächenprofilen von Bahnschienen eingesetzt wird. Das Werkzeug 1, dessen spiralförmige Schneidkanten in einer zu seiner Drehachse O parallelen Lage die Bearbeitungsfläche kontaktieren, ähnlich wie in den Fig. 1 bis 5, werden tangential zu einer der Bearbeitungsspuren der Schienenfahrfläche angeordnet. Zwischen dem Umfangsfräser 1 und dem Werkstück 2 wird parallel zur Bearbeitungsfläche B eine Relativbewegung mit der Vorschubgeschwindigkeit L_g entlang der Bearbeitungsfläche B ausgeführt. Die Bearbeitung der gekrümmten Fahrkante erfolgt mit einer zum Schienenprofil tangential verlaufenden Schnittspur.

Beim Einsatz von Schienen entstehen auf deren Fahrfläche geometrische und metallurgische Fehler, welche einen schädlichen Einfluß auf die Standzeit und Fahrqualität haben. Die Schienen werden durch Abarbeiten der fehlerhaften Zonen und Deformationen regeneriert. Zur Durchführung dieser Tätigkeit werden unter anderem Umfangsfrästechnologien verwendet, welche niedrige Produktivität und niedrige Arbeitsgeschwindigkeiten, in der Regel unterhalb von 3 km/h, aufweisen. Diese Werte können jedoch mit hohen Schnittgeschwindigkeiten erreicht werden, welche in Verbindung mit geringen Standzeiten hohe Bearbeitungskosten ergeben. Der Einsatz des erfindungsgemäßen Fräsverfahrens ist verfahrenstechnisch und wirtschaftlich vorteilhaft und ermöglicht eine mehrfach höhere Produktivität, welche die Aufgabe mit der Geschwindigkeit eines langsam fahrenden

- 11 - 013035

Zuges löst. So kann das Regenerieren der Schienen ohne gleis-
sperrbedingten Ausfall des Bahnbetriebes innerhalb des Fahr-
planes durchgeführt werden.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Bearbeitung von Längskanten von metallischen Werkstücken, dadurch gekennzeichnet, daß während der Bearbeitung des Werkstückes (2) alle Schneidkanten (z) mit der Bearbeitungsfläche (B) über eine Wirklänge (l) und mit einer Schnittiefe (t) in Eingriff versetzt werden und das Abtrennen der Späne jeweils über eine Länge, die dem Zahnabstand (a_s) entspricht, zwischen den benachbarten Zähnen gleichzeitig mit deren Bewegung entlang der Wirklänge (l) erfolgt.

2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einem durch spiralförmige Schneiden gebildeten Umfangsfräser (1), dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegungsgeschwindigkeit (v_z) der Schneiden des Umfangsfräasers (1) niedriger als die Vorschubgeschwindigkeit (L_g) ausgelegt ist, wobei das Abtrennen der Späne (s) mit einer dem Zahnabstand entsprechenden Länge zwischen den benachbarten Schneiden während deren Bewegung entlang der Wirklänge (l) erfolgt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegungsgeschwindigkeit der Schneiden (v_z) höher als die Vorschubgeschwindigkeit (L_g) ausgelegt ist, und das Abtrennen der Späne mit einer dem Zahnabstand entsprechenden Länge gleichzeitig mit der Bewegung der Schneidkanten (z) entlang eines den Zahnabstand (a_s) verlängerten Bereiches der Wirklänge (l) erfolgt.

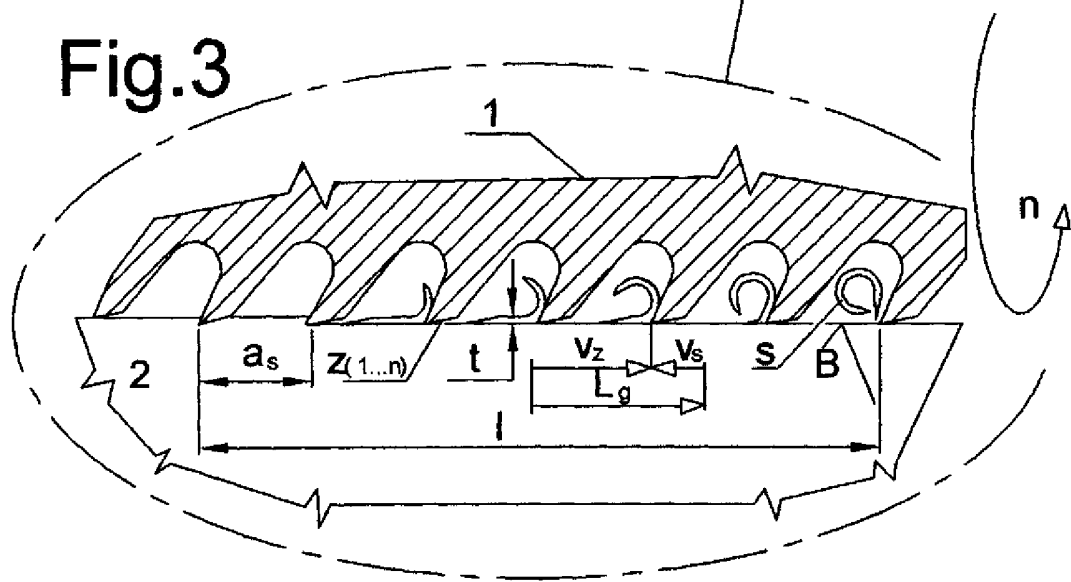
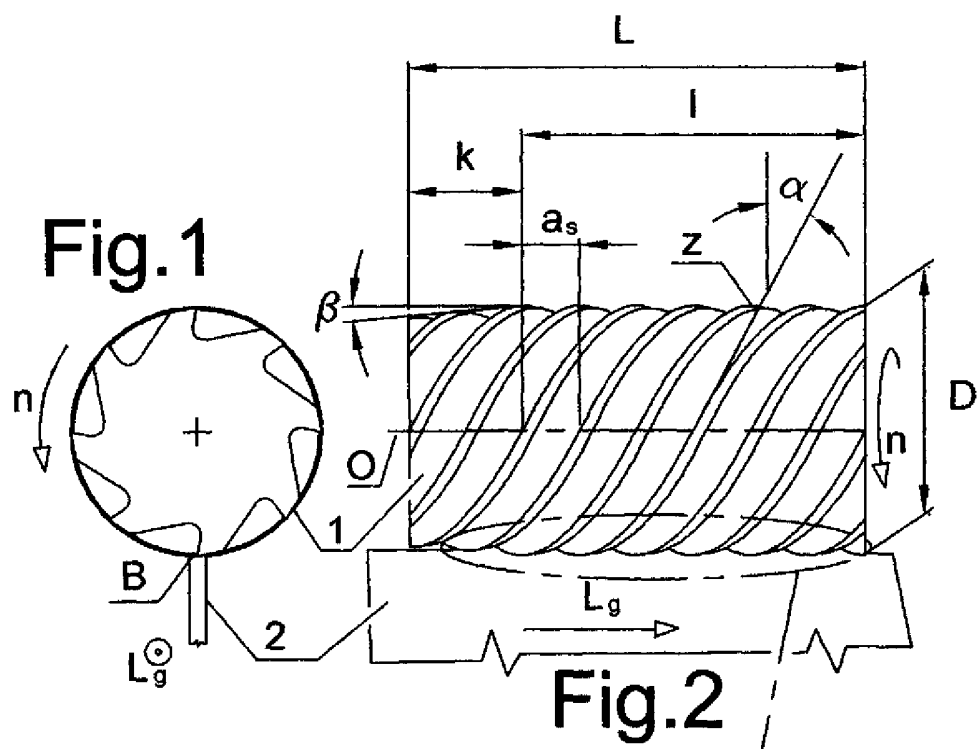
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der mit spiralförmigen Schneiden (s) versehene Umfangsfräser (1) im Bereich deren Wirklänge zylinderförmig ausgebildet ist, und die Schneidkanten (z) die Bearbeitungsfläche (B) jeweils mit übereinstimmenden Profilbereichen kontaktieren.

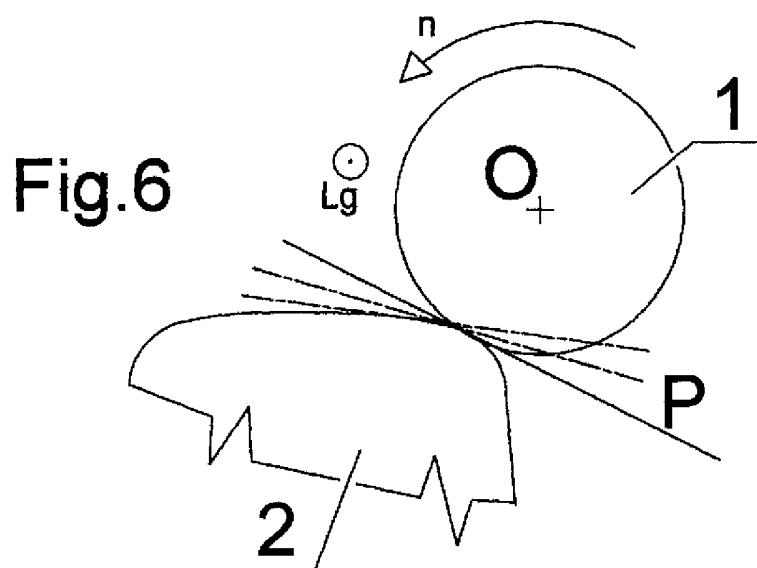
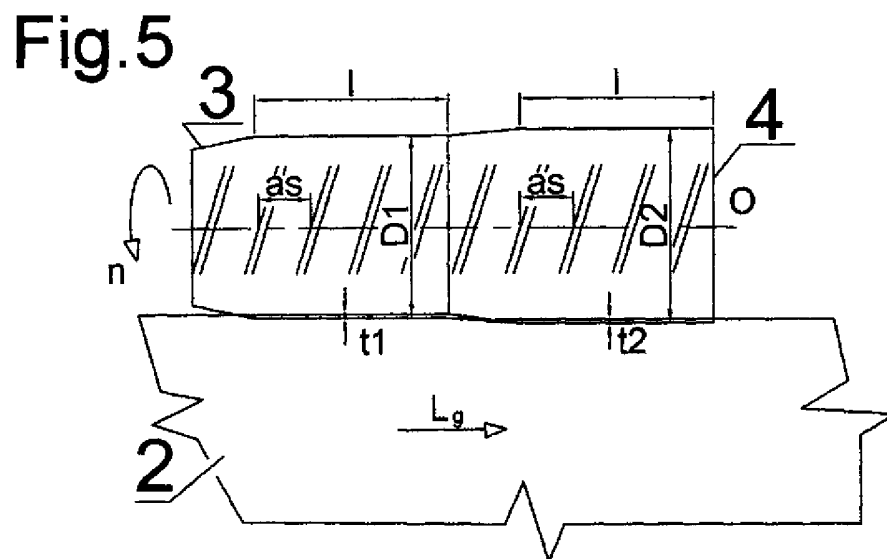
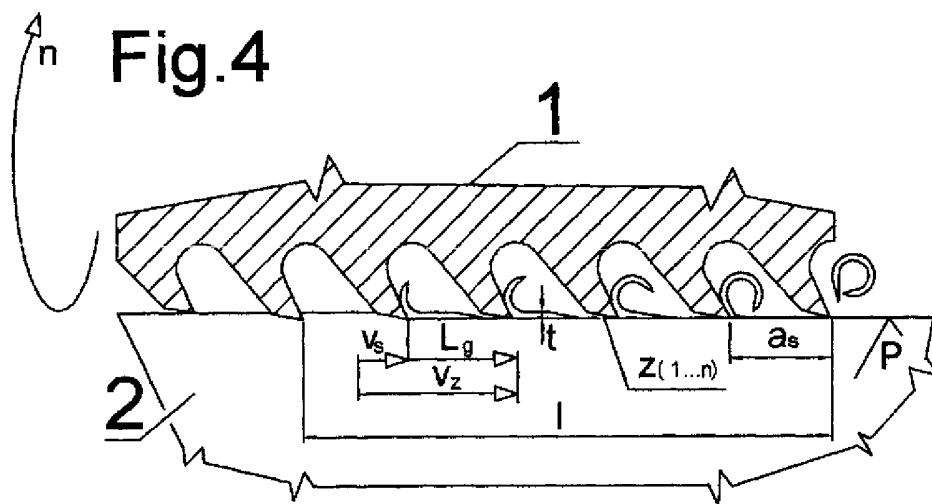
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Umfangsfräser (1) eine konische Mantelfläche aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß im Eingriffsbereich des Umfangsfräasers (1) dessen Mantelfläche über eine vorbestimmte Länge (k) unter einem Winkel (β) ausgelegt ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Verbindung von mindestens zwei mit identischen Wirklängen (l) und Zahnabständen (a_s), jedoch mit unterschiedlichem Durchmesser (D_1) und (D_2) ausgebildeten Umfangsfräsern (3) und (4) auf der gleichen Drehachse (O) ein Stufenwerkzeug gebildet wird.

013036





Österreichische Patentanmeldung A 1863/2011, 2B/B23C

POMIKACSEK, Josef, Dipl.-Ing.
Mauerbach (AT)

Neue Patentansprüche:

1. Verfahren zur Bearbeitung von Längskanten von metallischen Werkstücken, dadurch gekennzeichnet, daß während der Bearbeitung des Werkstückes (2) alle Schneidkanten (z) mit der Bearbeitungsfläche (B) über eine Wirklänge (l) und mit einer Schnittiefe (t) in Eingriff versetzt werden und das Abtrennen der Späne jeweils über eine Länge, die dem Zahnabstand (a_s) entspricht, zwischen den benachbarten Zähnen gleichzeitig mit deren Bewegung entlang der Wirklänge (l) erfolgt.

2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einem durch spiralförmige Schneiden gebildeten Umfangsfräser (1), dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegungsgeschwindigkeit (v_z) der Schneiden des Umfangsfräasers (1) niedriger als die Vorschubgeschwindigkeit (L_g) ausgelegt ist, wobei das Abtrennen der Späne (s) mit einer dem Zahnabstand entsprechenden Länge zwischen den benachbarten Schneiden während deren Bewegung entlang der Wirklänge (l) erfolgt.

3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einem durch spiralförmige Schneiden gebildeten

000001

Umfangsfräser (1), dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegungsgeschwindigkeit der Schneiden (v_z) höher als die Vorschubgeschwindigkeit (L_g) ausgelegt ist, und das Abtrennen der Späne mit einer dem Zahnabstand entsprechenden Länge gleichzeitig mit der Bewegung der Schneidkanten (z) entlang eines den Zahnabstand (a_s) verlängerten Bereiches der Wirklänge (l) erfolgt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der mit spiralförmigen Schneiden (s) versehene Umfangsfräser (1) im Bereich deren Wirklänge (l) zylinderförmig ausgebildet ist, und die Schneidkanten (z) die Bearbeitungsfläche (B) jeweils mit übereinstimmenden Profilbereichen kontaktieren.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Umfangsfräser (1) eine konische Mantelfläche aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß im Eingriffsbereich des Umfangsfräasers (1) dessen Mantelfläche über eine vorbestimmte Länge (k) unter einem Winkel (β) ausgelegt ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Verbindung von mindestens zwei mit identischen Wirklängen (l) und Zahnabständen (a_s), jedoch mit unterschiedlichem Durchmesser (D_1) und (D_2) ausgebildeten Umfangsfräsern (3) und (4) auf der gleichen Drehachse (O) ein Stufenwerkzeug gebildet wird.