



(19)

REPUBLIK  
ÖSTERREICH  
Patentamt

(10) Nummer:

AT 410 766 B

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer:

A 1541/2001

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: B22D 11/04

(22) Anmeldetag:

28.09.2001

B22D 11/041

(42) Beginn der Patentdauer:

15.12.2002

(45) Ausgabetag:

25.07.2003

(56) Entgegenhaltungen:

DE 19753537A1 EP 1002599A1

(73) Patentinhaber:

VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU GMBH  
& CO  
A-4020 LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).

(72) Erfinder:

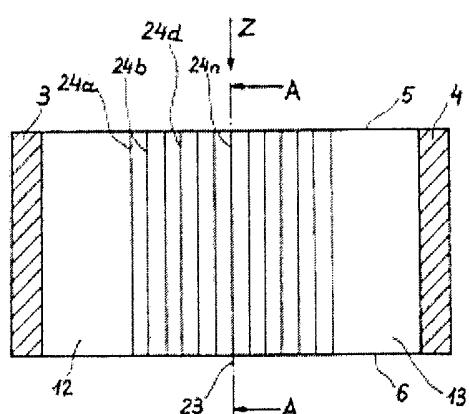
FLICK ANDREAS DIPL.ING.  
LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).  
LETTMAYR GERNOT ING.  
ST. FLORIAN, OBERÖSTERREICH (AT).  
WIMMER FRANZ DIPL.ING.  
RIEDAU, OBERÖSTERREICH (AT).  
SHAN GUOXIN DIPL.ING. DR.  
LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).

(54) DURCHLAUFKOKILLE

AT 410 766 B

(57) Um bei einer Durchlaufkokille zum Gießen von Metallsträngen mit Dünnbrammenquerschnitt, bei der die Breitseitenwände (1, 2) einen zentralen Erweiterungsbereich (11) bilden, der sich von der Kokilleneingangskante (5) bis zur Kokillenausgangskante (6) erstreckt und dort in einem rechteckigen Austrittsquerschnitt (22) mündet, Strangabhebungen von den Breitseitenwänden weitgehend zu verhindern, wird vorgeschlagen, dass die Kontur des Formhohlraumes (7) im Erweiterungsbereich (11) in normal zu einer Kokillenlängssachse (23) gelegten Schnittebenen von Kurven (15) gebildet ist, die zumindest in Teilbereichen Klothoiden (18, 19, 20, 21) oder klothoidenähnlichen Kurven bilden, innerhalb deren die Krümmungssprünge ( $\Delta k$ ) minimiert oder auf Null reduziert sind.

Fig. 1a



Die Erfindung betrifft eine Durchlaufkokille für eine Stranggießanlage, insbesondere eine Stahlstrang-Durchlaufkokille, zum Gießen eines Metallstranges mit einem Dünnbrammenquerschnitt mit maximal 150 mm Dicke, mit einem von gekühlten Breitseitenwänden und Schmalseitenwänden gebildeten Formhohlraum, wobei die einander gegenüberliegenden Breitseitenwände einen zentralen Erweiterungsbereich bilden, der sich von der Kokilleneingangskante bis zur Kokillenausgangskante erstreckt und dort in einem rechteckigen Austrittsquerschnitt der Durchlaufkokille endet und der in Richtung zu den einander gegenüberliegenden Schmalseitenwänden in Schmalseiten-Verstellbereiche übergeht.

Durchlaufkokillen dieser Art werden in der Praxis als „Trichterkokillen“ bezeichnet und sind mit unterschiedlichen Ausgestaltungen des trichterförmigen Erweiterungsbereiches in der Literatur beschrieben. Die vielen Ausführungsformen, die von der ursprünglichen Rossi-Kokille (DE-C 887 990) und der ersten Verstellkokille mit einem trichterförmigen Erweiterungsbereich (EP-B 149 734) abgeleitet wurden, reflektieren die Probleme bei der Strangschalenbildung und der Umformung dieser Strangschale im räumlich gekrümmten Erweiterungsbereich.

Eingangsseitig weisen die bekannten Durchlaufkokillen im Bereich des Meniskus einen spindelförmigen Formhohlraumquerschnitt auf, der in Richtung zu den Schmalseitenwänden auf das Maß des zu gießenden Stranges kontinuierlich verengt ist und der in Strangausziehrichtung bzw. Gießrichtung entweder noch innerhalb der Kokillenlänge oder direkt im Austrittsquerschnitt oder im nachfolgenden Stütz- und Führungsrollengerüst der Stranggießanlage auf das Maß der gewünschten Strangdicke zurückgeführt ist.

Durch diese Ausgestaltung ist es möglich, in einer derartigen Kokille Stahlstränge zu erzeugen, die bei üblichen Brammenbreiten Strangdicken von weniger als 150 mm, vorzugsweise jedoch 30 bis 100 mm aufweisen und gleichzeitig Schmelze mit Tauchgießrohren in die Durchlaufkokille einzubringen, die dicker sind, als die Zieldicke für den Gussstrang.

Aus der EP-A 1 002 599, der DE-A 39 07 351 und der EP-A 552 501 sind bereits Durchlaufkokillen bekannt, deren trichterförmiger Erweiterungsbereich in normal zur Kokillenlängsachse gelegten Schnittebenen von Kreisbogenabschnitten gebildet ist, die die konkav-konvex-gekrümmte Spindelform nachbilden. Insbesondere in den Wendepunkten, in denen Kreisbögen mit voneinander abweichenden Radien fluchtend ineinander übergehen, kommt es zu großen Radius- und Krümmungssprüngen. An diesen Unstetigkeitsstellen hebt die Strangschale von der Kokillenwand ab, wodurch inhomogene Temperaturverhältnisse in der Strangschale und daraus resultierend ein ungleichmäßiges Strangschalenwachstum auftritt. In weiterer Folge führt dies zu Temperaturspannungen zwischen benachbarten Strangzone und erhöhten Belastungen, sowie unter Umständen zu Schädigungen der Strangschale.

Aus der EP-A 552 501, der EP-A 909 597 und der DE-A 39 07 351 sind beispielsweise Durchlaufkokillen bekannt, bei denen sich die Kontur des trichterförmigen Erweiterungsbereiches in Längsrichtung, d. h. entlang von Schnittebenen parallel zur Kokillenlängsachse sprunghaft bzw. mit großer Krümmungsänderung verändern. Zumeist betrifft dies Kokillen, deren trichterförmiger Erweiterungsbereich bereits in einem größeren Abstand von der Kokillenausgangskante endet. Neben den bereits zuvor beschriebenen Nachteilen der plötzlichen bzw. großen Radius- und Krümmungsänderungen der den Erweiterungsbereich beschreibenden Kurven, ergeben sich zusätzliche Belastungen der Strangschale durch die Kokillenoszillation. Das lokal verstärkte Klopfen der Kokille auf den trichterförmigen Keil des Stranges bewirkt eine zusätzliche Beeinträchtigung der Strangschale in diesem Bereich.

Eine Durchlaufkokille der eingangs beschriebenen Art, mit einem Erweiterungsbereich, der sich von der Kokilleneingangskante über die gesamte Kokillenlänge erstreckt und erst im Kokillenausgangsquerschnitt auf den Rechteckquerschnitt des zu gießenden Stranges zurückgenommen wird, ist bereits aus der DE-C 35 01 422 bekannt. Auch bei dieser Kokille ist die Kontur des Erweiterungsbereiches in normal zur Kokillenlängsachse gelegten Schnittebenen von aneinander fluchtend anschließenden Kreisbögen gebildet und weist ebenfalls die zuvor beschriebenen Nachteile auf. Der durch die Rückformung des Erweiterungsbereiches zwangsweise auftretenden Verkürzung der Strangumfangslänge wird durch eine entsprechende Anstellung der Schmalseitenwände entgegengewirkt und so bereits eine Strangschalenverwerfung vermieden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, die beschriebenen Nachteile des bekannten Standes der Technik zu vermeiden und eine Durchlaufkokille vorzuschlagen, bei der die Kontur

des Formhohlraumes derart optimiert ist, dass ein Abheben des Stranges von der Kokillenwand vom Meniskus bis zur Kokillenaustrittskante weitgehend verhindert wird und somit eine homogene Strangschalenbildung in der Kokille gewährleistet ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Kontur des Formhohlraumes im Erweiterungsbereich in normal zu einer Kokillenlängsachse gelegten Schnittebenen von Kurven gebildet ist, die zumindest in Teilbereichen Klothoiden oder klothoidenähnliche Kurven bilden, innerhalb deren die Krümmungssprünge minimiert oder auf Null reduziert sind. Eine weitgehende Vermeidung von Krümmungssprüngen schafft die besten Bedingungen für eine optimale Strangschalenausbildung.

In besonderem Maße kommt es zu einer Verminderung des Abhebens der Strangschale, wenn die Kontur des Formhohlraumes im Erweiterungsbereich in normal zur Kokillenlängsachse gelegten Schnittebenen zumindest in Teilbereichen von Klothoiden oder klothoidenähnlichen Kurven gebildet ist, insbesondere auch, wenn näherungsweise oder exakt von Kreisbögen oder Geraden gebildete Kurvenabschnitte durch von Klothoiden oder klothoidenähnliche Kuven gebildete Kurvenabschnitte verbunden sind und Krümmungssprünge dieser Kurvenabschnitte an deren Übergangsstellen minimiert oder auf Null reduziert sind.

Eine bevorzugte Ausgestaltung im Mittenbereich des Erweiterungsbereiches ist dann gegeben, wenn die Kontur des Formhohlraumes im Erweiterungsbereich in normal zur Kokillenlängsachse gelegten Schnittebenen von zu den Schmalseitenwänden symmetrisch verlaufenden Kurven mit konvex-konkavem Verlauf gebildet ist, die ausgehend von der Mitte der Formhohlraumkontur mit nur geringer oder keiner Krümmung in einen Bereich mit stetig zunehmender Krümmung übergehen. Damit wird Abhebetendenzen der Strangschale in diesem Zentralbereich wirksam entgegengewirkt.

Günstige Bedingungen stellen sich hierbei ein, wenn die Krümmung ( $k$ ) in der Mitte der Formhohlraumkontur der Bedingung  $k < 0,3 * (4H) / (H^2 + L^2)$  entspricht, wobei  $k$  = Krümmung (mm)

$H$  = halbe maximale Formhohlraumerweiterung (mm)

$L$  = halbe Breite des Erweiterungsbereiches  $B_1$  (mm)

Eine Verbesserung der Strangschalenbildung und -führung entlang der Breitseitenwände stellt sich ein, wenn die Krümmungssprünge beim Übergang vom zentralen Erweiterungsbereich zu den Schmalseiten-Verstellbereichen und am Ort der Wendetangenten im Kurvenverlauf minimiert sind, vorzugsweise gegen Null gehen. Hierbei ergeben sich günstige Bedingungen, wenn die Krümmungssprünge ( $\Delta k$ ) beim Übergang vom zentralen Erweiterungsbereich (11) zu den Schmalseiten-Verstellbereichen (12, 13) der Bedingung  $\Delta k < 0,5 * (4H) / (H^2 + L^2)$  entsprechen, oder wenn die Krümmungssprünge ( $\Delta k$ ) am Ort der Wendetangenten (25) der Bedingung  $\Delta k < 0,4 * (8H) / (H^2 + L^2)$  entsprechen.

Das Abheben der Strangschale von der Breitseitenwand der Kokille wird weitgehend vermieden, wenn die Kontur des Formhohlraumes im Erweiterungsbereich in parallel zur Kokillenlängsachse und den Schmalseitenwänden gelegten Schnittebenen zwischen der Kokilleneingangskante und der Kokillenausgangskante von Geraden gebildet ist. Durch diese lineare Ausbildung des zentralen Erweiterungsbereiches in Längsrichtung der Kokille tritt eine das Abheben der Strangschale fördernde Krümmungsänderung erst am Kokillenaustritt auf. Dort ist jedoch keine negative Auswirkung durch eine inhomogene Temperaturverteilung zu erwarten, da in diesem Bereich die Einwirkung der direkten Spritzkühlung auf den gegossenen Strang einsetzt.

Kritische Bereiche hinsichtlich der Abhebung der Strangschale von der Kokillen-Breitseitenwand bilden die maximale Erweiterung, der Übergang vom zentralen Erweiterungsbereich zu den anschließenden Schmalseiten-Verstellbereichen und die Bereiche des Formhohlraumes, die Wendepunkte aufweisen. Hier wird eine Minimierung der Strangschalenabhebung einerseits dadurch erreicht, dass der Übergang von zentralem Erweiterungsbereich und daran seitlich anschließendem Schmalseiten-Verstellbereich von einer Geraden gebildet ist, die in einer parallel zur Kokillenlängsachse und den Schmalseitenwänden gelegten Schnittebene die Kokilleneingangskante und die Kokillenausgangskante verbindet, andererseits dadurch erreicht, dass die Orte der Wendetangenten in der Kontur des Formhohlraumes bei normal zur Kokillenlängsachse gelegten Schnittebenen zwischen Kokilleneingangskante und Kokillenausgangskante Geraden bilden, die in einer parallel zur Kokillenlängsachse gelegten Schnittebene liegen.

In Anlehnung an die betriebliche Praxis ist es vorteilhaft, wenn die Geraden im Ausmaß der Strangschrumpfung geneigt angeordnet sind. Die Neigung entspricht in ihrer räumlichen Orientierung und Größenordnung den für die Konuseinstellung der Schmalseiten üblichen Werten. Durch diese Maßnahme soll vermieden werden, dass die Strangschale in Strangabzugsrichtung einen Übergang von einem parallelen Wandbereich in den Erweiterungsbereich durchlaufen muss.

Um speziellen Erstarrungs- und Schrumpfbedingungen besonderer Stahlqualitäten zu entsprechen ist es zweckmäßig, wenn die Kontur des Formhohlraumes im Erweiterungsbereich in parallel zur Kokillenlängsachse und den Schmalseitenwänden gelegten Schnittebenen zwischen der Kokilleneingangskante und der Kokillenausgangskante in Abhängigkeit von den Erstarrungsbedingungen des zu vergießenden Metalles einen kurvenförmigen, vorzugsweise parabolischen Verlauf aufweist. Dies gilt speziell auch für die Bereiche des Überganges vom zentralen Erweiterungsbereich zu den anschließenden Schmalseiten-Verstellbereichen und den Orten der Wendepunkte bzw. Wendetangenten, gegebenenfalls unter Berücksichtigung einer schrumpfungsabhängigen Neigung.

Weitere günstige Einflüsse auf die Qualität des zu gießenden Stranges ergeben sich, wenn die Krümmungsradien der Kontur des Formhohlraumes im Erweiterungsbereich in normal zur Kokillenlängsachse gelegten Schnittebenen zwischen der Kokilleneingangskante und der Kokillenausgangskante in Richtung zur Kokillenausgangskante größer werden und an der Ausgangskante unendlich betragen. Unter Bedachtnahme auf ein Kokillen-Gesamtkonzept ist es zweckmäßig, wenn die Breitseitenwände in den Schmalseiten-Verstellbereichen im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind und die Schmalseitenwände in Abhängigkeit vom Schrumpfverhalten des jeweils zu vergießenden Metalls konvex ausgebildet sind.

Weiter Einzelheiten, Merkmale und Vorteile ergeben sich aus den nachstehenden Erläuterungen und Darstellungen eines den Schutzmfang nicht einschränkenden Ausführungsbeispiels.

Es zeigen:

- Fig. 1a, 1b, 1c, eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Durchlaufkokille in Grundriss (Ansicht Z), Aufriss und Kreuzriss (Schnitt A-A) nach einer möglichen Ausführungsform der Erfindung,
- Fig. 1d eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Durchlaufkokille im Kreuzriss (analog zu Schnitt A-A in Fig. 1c),
- Fig. 2 die erfindungsgemäße Durchlaufkokille in einem Längsschnitt mit Tauchgießrohr und gegossenem Strang,
- Fig. 3 das Abhebeverhalten des Stranges von der Breitseitenwand bei großen Krümmungsänderungen in einem rechteckig ausgeformten zentralen Erweiterungsbereich in einer Stranggießkokille nach dem Stand der Technik,
- Fig. 4 das Abhebeverhalten des Stranges von der Breitseitenwand bei großen Krümmungsänderungen in einem trapezförmig ausgeformten zentralen Erweiterungsbereich in einer Stranggießkokille nach dem Stand der Technik,
- Fig. 5 das Abhebeverhalten des Stranges von der Breitseitenwand bei minimierten Krümmungsänderungen in einem rechteckig ausgeformten zentralen Erweiterungsbereich in einer Stranggießkokille nach der Erfindung,
- Fig. 6 einen Vergleich der Kontur des zentralen Erweiterungsbereiches und der zugehörigen Krümmungsverläufe bei der erfindungsgemäßen Kokille und einer Kokille nach dem Stand der Technik.

In Fig. 1a bis 1c ist in einer schematischen Darstellungen eine Durchlaufkokille der erfindungsgemäßen Art dargestellt. Sie besteht aus zwei einander gegenüberliegenden Breitseitenwänden 1, 2 und zwei einander ebenfalls gegenüberliegenden und im Sinne einer Formatverstellung zwischen zwei Positionen B, B1 verstellbaren Schmalseitenwänden 3, 4. Von den Breitseitenwänden 1, 2 und den Schmalseitenwänden 3, 4 wird zwischen den Kokilleneingangskanten 5 und den Kokillenausgangskanten 6 der Formhohlraum 7 der Durchlaufkokille begrenzt, in dem zwischen einem Meniskus (Gießspiegel) 8 und der Kokillenausgangskante 6 ein Gussstrang, bestehend aus einer Strangschale 9 und einem flüssigen Kern 10, geformt wird, wie in Fig. 2 veranschaulicht.

Die Breitseitenwände 1, 2 weisen einen zentralen Erweiterungsbereich 11 auf, der im wesentlichen vom engsten Verstellbereich B1 der Schmalseitenwände 3, 4 begrenzt ist und beidseitig in die Schmalseiten-Verstellbereiche 12, 13 übergeht. Diese Schmalseiten-Verstellbereiche sind von

zueinander planparallelen Wandteilen der Breitseitenwände 1, 2 gebildet und erstrecken sich von der Kokilleneingangskante 5 bis zur Kokillenausgangskante 6. In Abweichung von dieser Ausführungsform ist es durchaus möglich, dass die Breitseitenwände im Bereich der Schmalseiten-Verstellbereiche in Strangabzugsrichtung oder in Richtung zu den Schmalseitenwänden konvergierend angeordnete ebene Flächen bilden.

Der zentrale Erweiterungsbereich 11 weist an den Kokilleneingangskanten 5 einen spindelförmig zu den Schmalseiten-Verstellbereichen 12, 13 verjüngten Querschnitt auf. Er ist in seinem Mittenbereich mit einer für die Aufnahme eines Tauchgießrohres 14 ausreichende Breite ausgestattet und zu den Schmalseiten-Verstellbereichen 12, 13 hin durch Kurven 15 mit weitgehend sprungfreiem Krümmungsverlauf auf die Dicke D des zu gießenden Metallstranges reduziert. Diese Kurven 15 bestehen beispielsweise aus Kreisbögen 16, 17, die durch Klothoiden 18, 19, 20, 21 oder klothoidenähnliche Kurven fluchtend verbunden sind und deren Krümmungsverlauf sprungfrei oder sprungminimierend verläuft.

Der zentrale Erweiterungsbereich 11 ist zwischen Kokilleneingangskante 5 und Kokillenausgangskante 6 kontinuierlich verengt und wird an der Kokillenausgangskante 6 auf das Maß eines rechteckigen Austrittsquerschnittes 22 reduziert, der dem gewünschten Gießquerschnitt entspricht. Der Konturverlauf des zentralen Erweiterungsbereiches 11 zwischen Kokilleneingangskante 5 und Kokillenausgangskante 6 wird, bezogen auf eine Schnittebene, die parallel zur Kokillenlängsachse 23 und parallel zu den Schmalseitenwänden 3, 4 gelegt ist, von Geraden 24a, 24b,... 24n gebildet. Diese lineare Ausgestaltung des zentralen Erweiterungsbereiches in Gießrichtung gewährleistet Verformungsfreiheit in der vertikalen Strangabzugsrichtung. Dieser Festlegung der Schnittebene liegt die Annahme zugrunde, dass die Schmalseitenwände 3, 4 planparallel zueinander angeordnet sind und daher keine Konusanstellung vorliegt. Somit sind die Stirnseiten der ebenen Schmalseitenwände parallel zur Kokillenlängsachse orientiert. Eine in der Praxis vorgesehene Konusanstellung der Schmalseitenwände ändert daher nichts an der Orientierung der beschriebenen Geraden. Der zentrale Erweiterungsbereich 11 kann zwischen Kokilleneingangskante 5 und Kokillenausgangskante 6 auch durch eine Kurve mit parabolischem Verlauf 26 verengt werden. (Fig. 1d)

Fig. 3 veranschaulicht Ergebnisse von numerischen Untersuchungen auf Finite-Elemente-Basis in einem Halbschnitt einer Breitseitenwand zwischen Meniskus und Kokillenausgangskante am Beispiel einer Durchlaufkokille nach dem Stand der Technik mit einem zentralen in der Stirnsicht rechteckig ausgeformten Erweiterungsbereich, der sich in Querrichtung zwischen der Linie I, die der Kokillenlängsachse (23) in Fig. 1a entspricht, und dem Schmalseiten-Verstellbereich und in Längsrichtung zwischen Meniskus und der Linie A erstreckt. Die hellen Flächen zeigen Bereiche, an denen das Abheben der Strangschale von der Breitseitenwand besonders markant hervortritt. In diesen Bereichen tritt eine große Krümmungsänderung in der Kontur des zentralen Erweiterungsbereiches auf. An diesen Stellen ist mit inhomogenen Temperaturverhältnissen und verringertem Strangschalenwachstum zu rechnen. Es können hier im wesentlichen drei Bereiche in Querrichtung, angedeutet durch die vertikalen Linien I, II, III, und ein Bereich in Längsrichtung, angedeutet durch die horizontale Linie A unterschieden werden. Besonders gefährdet ist der Bereich mit der größten Erweiterung in der Kokille (Linie I), gefolgt von zwei Bereichen (Linien II, III) an den Kurvenübergängen zum Rand der Kokille hin. In Längsrichtung folgt am Ende des Trichters ein ausgedehnter Bereich (Linie A) mit verschwindendem Kontakt der Strangschale zur Breitseitenwand. Dies kann als gravierender Nachteil von Trichterkokillen angesehen werden, deren Trichter innerhalb der Kokille endet.

Fig. 4 zeigt analoge Ergebnisse bezüglich einer Trichterkokille mit V-förmiger Verengung der Erweiterungsbereiches zwischen Meniskus und Kokillenausgangskante, wie sie ebenfalls aus dem Stand der Technik bekannt ist. Der strukturelle Aufbau der Darstellung entspricht der Fig. 3. Auch bei diesem Kokillentyp stellen sich große Bereiche mit gestörtem Kontakt zwischen Strangschale und Kokillenwand ein. Der Grund liegt in der V-förmigen Trichterkante (Linie V), die schräg zur Gießrichtung liegt und die der Strang / die Strangschale passieren muss. Die damit verbundenen Krümmungsänderungen in Längsrichtung verursachen diese Störungen des Kontaktverhaltens.

Fig. 5 zeigt die Ergebnisse der numerischen Untersuchung auf Finite-Elemente-Basis an Hand einer erfindungsgemäßen Durchlaufkokille. Der strukturelle Aufbau dieser Darstellung entspricht wiederum dem der Fig. 3. Infolge der erfindungsgemäßen Optimierung der Kontur des Formhohlräumes der Kokille stellen sich helle Bereiche mit gestörtem Kontakt zwischen Strangschale und

Breitseitenwand nur mehr in unmittelbarer Nähe der Kokillenaustrittskante ein, wo keine negativen Auswirkungen auf die Strangschalenbildung mehr auftreten.

Ein Vergleich der Konturen des Formhohlraumes im Erweiterungsbereich bei einer Trichterkokille nach dem Stand der Technik und einer erfindungsgemäßen Kokille in einer normal zur Kokillenlängsachse gelegten Schnittebene ist in Fig. 6 dargestellt. In der oberen Bildhälfte ist der Konturverlauf über die Kokillenbreite ausgehend von der Kokillenmitte (Kokillenlängsachse) dargestellt und die unteren Bildhälfte zeigt den zugeordneten Krümmungsverlauf über die Kokillenbreite. Der mit punktierten Linien dargestellte Konturverlauf nach dem Stand der Technik ist von zwei ineinander übergehenden Kreisbogenabschnitten gebildet und endet in einer Geraden, die den Schmalseiten-Verstellbereich kennzeichnet. Der zugehörige mit punktierter Linie dargestellte Krümmungsverlauf springt im Kontaktpunkt der beiden Kreisbogenabschnitt (Wendepunkt 25') von einem bis dorthin konstanten negativen Wert zu einem konstanten positiven Wert. Hier tritt die als nachteilig beschriebene massive Unstetigkeitsstelle im Krümmungsverlauf auf, die wesentlich zum Abheben der Strangschale beiträgt. Wirkungsgleiche Verhältnisse liegen am Übergang vom Kreisbogen zur Geraden am Übergang zum Schmalseiten-Verstellbereich auf. Hier springt die Krümmung in einer Unstetigkeitsstelle auf den Wert Null zurück. Im Vergleich dazu ist mit durchgehender Linie der Konturverlauf nach einer Ausführungsform der Erfindung dargestellt, der ausgehend von der Kokillenmitte von einer Klohoide 18 oder klohoidenähnlichen Kurve mit konstant anwachsender Krümmung gebildet ist, an die sich ein Kreisbogenabschnitt 16 mit konstanter Krümmung anschließt. Daran schließt ein von zwei Klohoiden 19,20 oder klohoidenähnlichen Kurven gebildeter Übergangsabschnitt an, in dessen Verlauf die Krümmung von einem negativen Maximalwert bei Durchlaufen eines Wendepunktes 25 kontinuierlich zu einem positiven Maximalwert verändert wird. In weiterer Folge schließt ein Kreisbogenabschnitt 17 mit einem positiven Krümmungswert an, der im weiteren mit einer Klohoide 21 oder klohoidenähnlichen Übergangskurve auf den Krümmungswert Null einer Gerade übergeführt wird. Die Vermeidung von Krümmungssprüngen ist durch diesen Konturverlauf gegeben.

Anstelle der in diesem Ausführungsbeispiel angegebenen Kreisbogenabschnitte im Konturverlauf können auch näherungsweise kreisbogenförmig ausgebildete Kurvenabschnitte verwendet werden. Im Bereich der maximalen Erweiterung im Erweiterungsbereich kann ein von einer Geraden oder näherungsweise von einer Geraden gebildeter Kurvenabschnitt vorgesehen werden. Alle diese Abwandlungen liegen im Schutzbereich der Erfindung.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Durchlaufkokille für eine Stranggießanlage, insbesondere eine Stahlstrang-Durchlaufkokille, zum Gießen eines Metallstranges mit einem Dünnbrammenquerschnitt mit maximal 150 mm Dicke, mit einem von gekühlten Breitseitenwänden (1, 2) und Schmalseitenwänden (3, 4) gebildeten Formhohlraum (7), wobei die einander gegenüberliegenden Breitseitenwände einen zentralen Erweiterungsbereich (11) bilden, der sich von der Kokilleneingangskante (5) bis zur Kokillenausgangskante (6) erstreckt und dort in einem rechteckigen Austrittsquerschnitt (22) der Durchlaufkokille endet und der in Richtung zu den einander gegenüberliegenden Schmalseitenwänden (3, 4) in Schmalseiten-Verstellbereiche (12, 13) übergeht, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kontur des Formhohlraumes (7) im Erweiterungsbereich (11) in normal zu einer Kokillenlängsachse (23) gelegten Schnittebenen von Kurven (15) gebildet ist, die zumindest in Teilbereichen Klohoiden (18, 19, 20, 21) oder klohoidenähnlichen Kurven bilden, innerhalb deren die Krümmungssprünge ( $\Delta k$ ) minimiert oder auf Null reduziert sind.
2. Durchlaufkokille nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass näherungsweise oder exakt von Kreisbögen (16, 17) oder Geraden gebildete Kurvenabschnitte durch von Klohoiden (18, 19, 20, 21) oder klohoidenähnliche Kuven gebildete Kurvenabschnitte verbunden sind und Krümmungssprünge ( $\Delta k$ ) dieser Kurvenabschnitte an deren Übergangsstellen minimiert oder auf Null reduziert sind.
3. Durchlaufkokille nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kontur des Formhohlraumes (7) im Erweiterungsbereich (11) in normal zur Kokillenlängsachse (23) gelegt

- ten Schnittebenen von zu den Schmalseitenwänden (3, 4) symmetrisch verlaufenden Kurven (15) mit konvex-konkavem Verlauf gebildet ist, die ausgehend von der Mitte der Formhohlraumkontur mit nur geringer oder keiner Krümmung (k) in einen Bereich mit stetig zunehmender Krümmung übergehen.
- 5        4. Durchlaufkokille nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Krümmung (k) in der Mitte der Formhohlraumkontur der Bedingung  $k \leq 0,3 * (4H) / (H^2 + L^2)$  entspricht, wobei k = Krümmung (mm)  
             H = halbe Formhohlraumerweiterung (mm)  
             L = halbe Breite des Erweiterungsbereiches  $B_1$  (mm)
- 10      5. Durchlaufkokille nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Krümmungssprünge ( $\Delta k$ ) beim Übergang vom zentralen Erweiterungsbereich (11) zu den Schmalseiten-Verstellbereichen (12, 13) und am Ort der Wendetangenten (25) im Kurvenverlauf minimiert sind, vorzugsweise gegen Null gehen.
- 15      6. Durchlaufkokille nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Krümmungssprünge ( $\Delta k$ ) beim Übergang vom zentralen Erweiterungsbereich (11) zu den Schmalseiten-Verstellbereichen (12, 13) der Bedingung  $\Delta k < 0,5 * (4H) / (H^2 + L^2)$  entsprechen.
- 20      7. Durchlaufkokille nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Krümmungssprünge ( $\Delta k$ ) am Ort der Wendetangenten (25) der Bedingung  $\Delta k < 0,4 * (8H) / (H^2 + L^2)$  entsprechen.
- 25      8. Durchlaufkokille nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kontur des Formhohlraumes (7) im Erweiterungsbereich (11) in parallel zur Kokillenlängsachse (23) und den Schmalseitenwänden (3, 4) gelegten Schnittebenen zwischen der Kokilleneingangskante (5) und der Kokillenausgangskante (6) von Geraden (24a, 24b, 24n) gebildet ist.
- 30      9. Durchlaufkokille nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Übergang von zentralem Erweiterungsbereich (11) und daran seitlich anschließendem Schmalseiten-Verstellbereich (12, 13) von einer Geraden (24a) gebildet ist, die in einer parallel zur Kokillenlängsachse (23) und den Schmalseitenwänden (3, 4) gelegten Schnittebene die Kokilleneingangskante (5) und die Kokillenausgangskante (6) verbindet.
- 35      10. Durchlaufkokille nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Orte der Wendetangenten in der Kontur des Formhohlraumes (7) bei normal zur Kokillenlängsachse (23) gelegten Schnittebenen zwischen Kokilleneingangskante (5) und Kokillenausgangskante (6) Geraden (24d) bilden, die in einer parallel zur Kokillenlängsachse (23) gelegten Schnittebene liegen.
- 40      11. Durchlaufkokille nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Geraden (24a, 24b, 24n) im Ausmaß der Strangschrumpfung geneigt angeordnet sind.
- 45      12. Durchlaufkokille nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kontur des Formhohlraumes (7) im Erweiterungsbereich (11) in parallel zur Kokillenlängsachse (23) und den Schmalseitenwänden (3, 4) gelegten Schnittebenen zwischen der Kokilleneingangskante (5) und der Kokillenausgangskante (6) in Abhängigkeit von den Erstarrungsbedingungen des zu vergießenden Metalles einen kurvenförmigen, vorzugsweise parabolischen Verlauf (26) aufweist.
- 50      13. Durchlaufkokille nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Übergang vom zentralen Erweiterungsbereich (11) und daran seitlich anschließendem Schmalseiten-Verstellbereich (12, 13) von einer Kurve mit im wesentlichen parabolischem Verlauf (26) gebildet ist, die in einer parallel zur Kokillenlängsachse (23) und den Schmalseitenwänden (3, 4) gelegten Schnittebene die Kokilleneingangskante (5) und die Kokillenausgangskante (6) verbindet.
- 55      14. Durchlaufkokille nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Orte der Wendetangenten in der Kontur des Formhohlraumes (7) bei normal zur Kokillenlängsachse (23) gelegten Schnittebenen zwischen Kokilleneingangskante (5) und Kokillenausgangskante (6) Kurven mit im wesentlichen parabolischem Verlauf (26) bilden, die in einer parallel zur Kokillenlängsachse (23) gelegten Schnittebene liegen.
- 55      15. Durchlaufkokille nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kurven mit im wesentlichen parabolischem Verlauf (26) im Ausmaß der Strangschrumpfung geneigt angeordnet sind.

16. Durchlaufkokille nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Krümmungsradien der Kontur des Formhohlraumes (7) im Erweiterungsbereich (11) in normal zur Kokillenlängsachse (23) gelegten Schnittebenen zwischen der Kokilleneingangskante (5) und der Kokillenausgangskante (6) in Richtung zur Kokillenausgangskante größer werden und an der Ausgangskante unendlich betragen.  
5
17. Durchlaufkokille nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Breitseitenwände (1, 2) in den Schmalseiten-Verstellbereichen (12, 13) im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind.
18. Durchlaufkokille nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schmalseitenwände (3, 4) in Abhängigkeit vom Schrumpfverhalten des jeweils zu vergießenden Metalls konvex ausgebildet sind.  
10

HIEZU 6 BLATT ZEICHNUNGEN

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1a

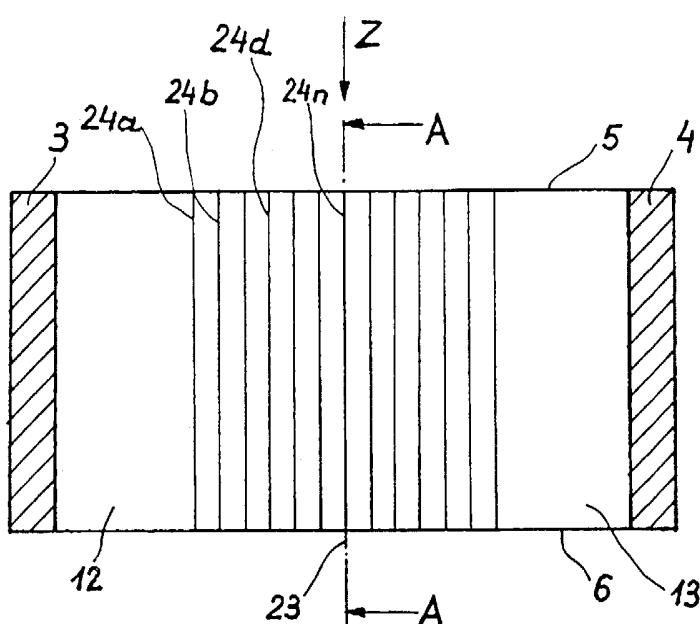
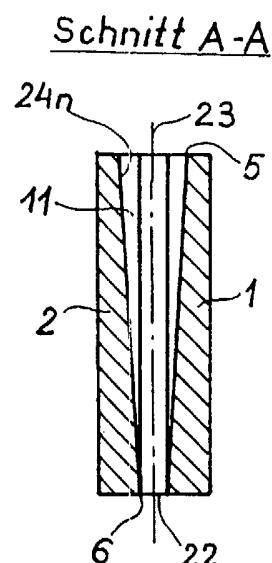


Fig. 1c



Ansicht Z

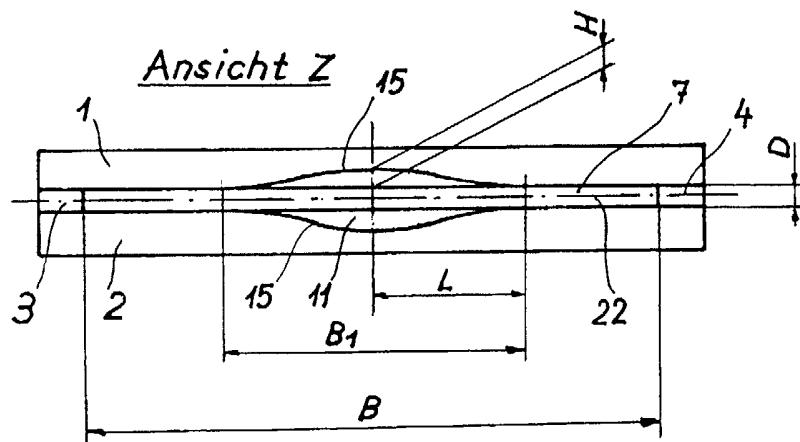


Fig. 1b

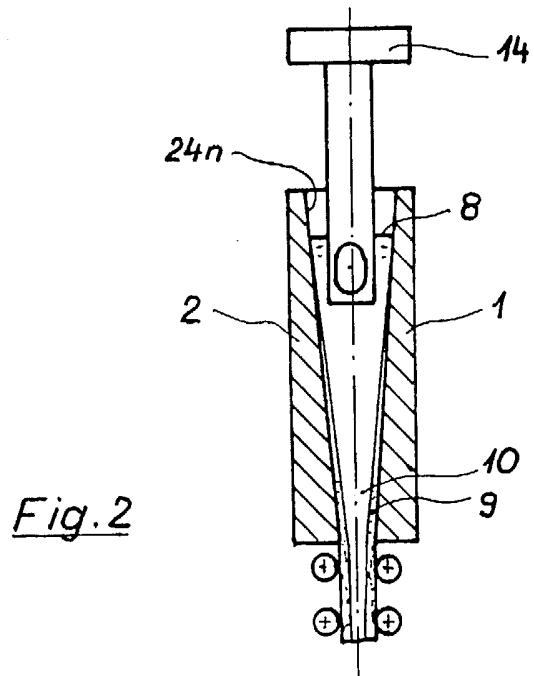
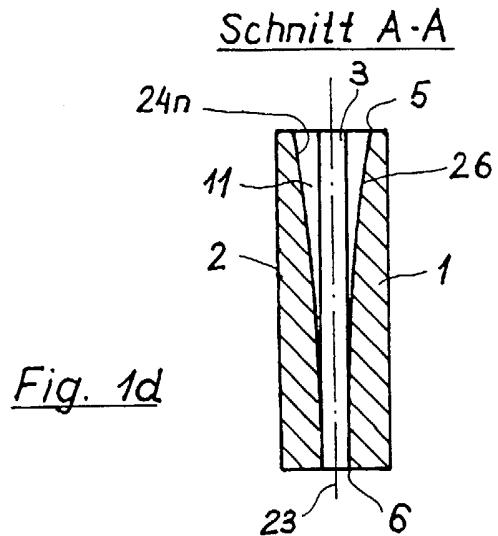


Fig. 3

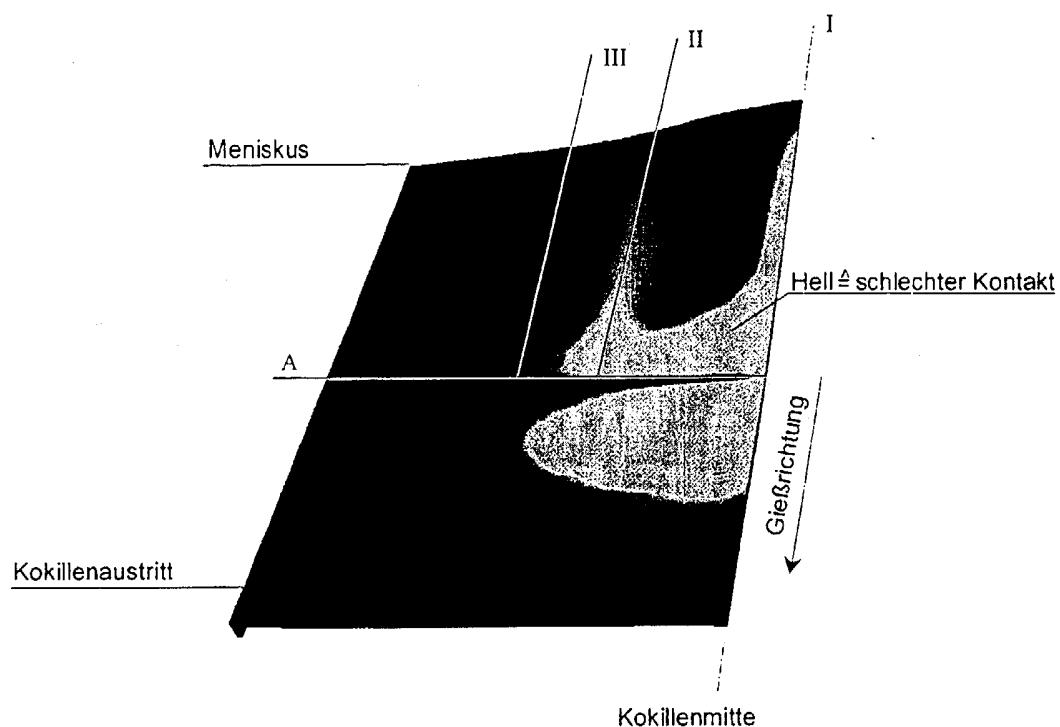


Fig. 4

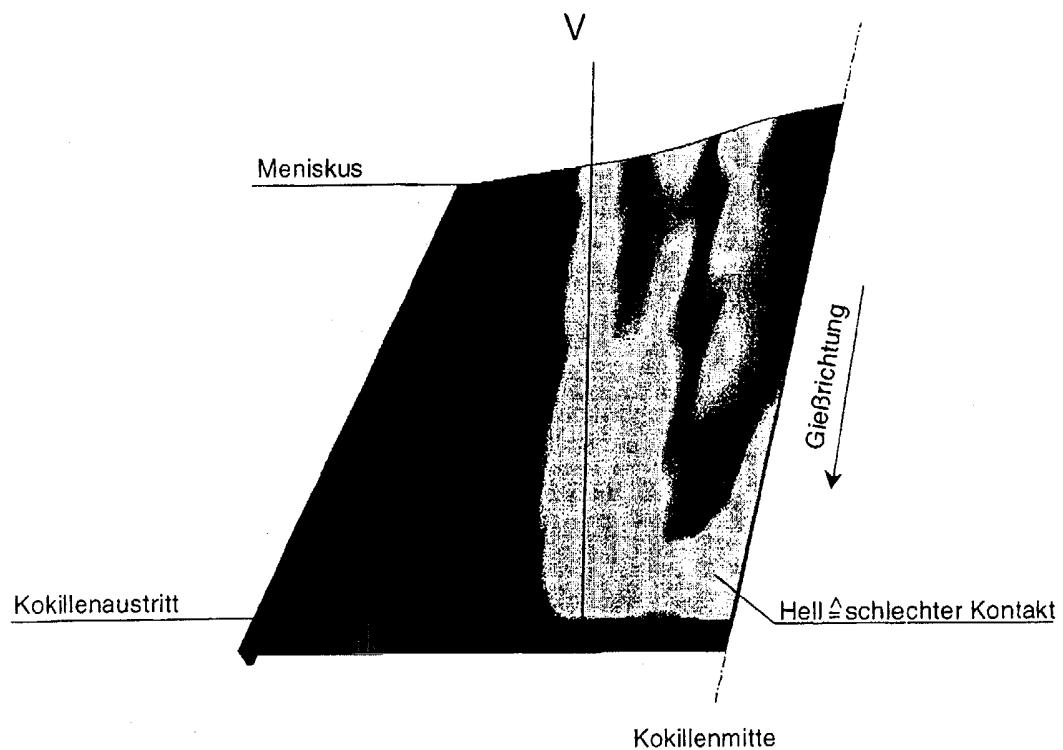
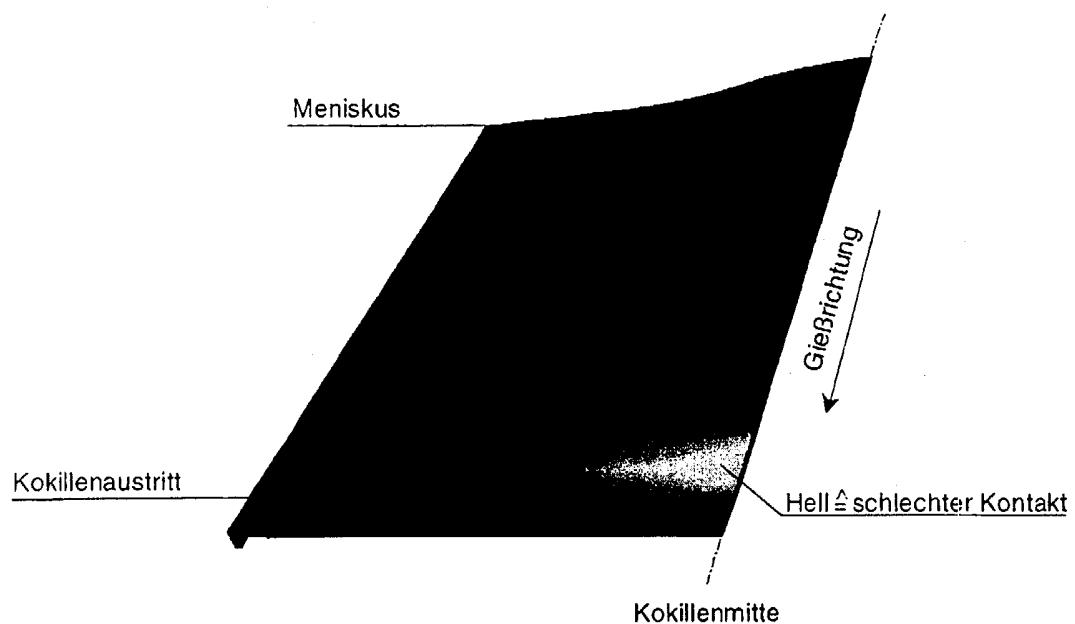


Fig. 5



## Profil des zentralen Erweiterungsbereiches

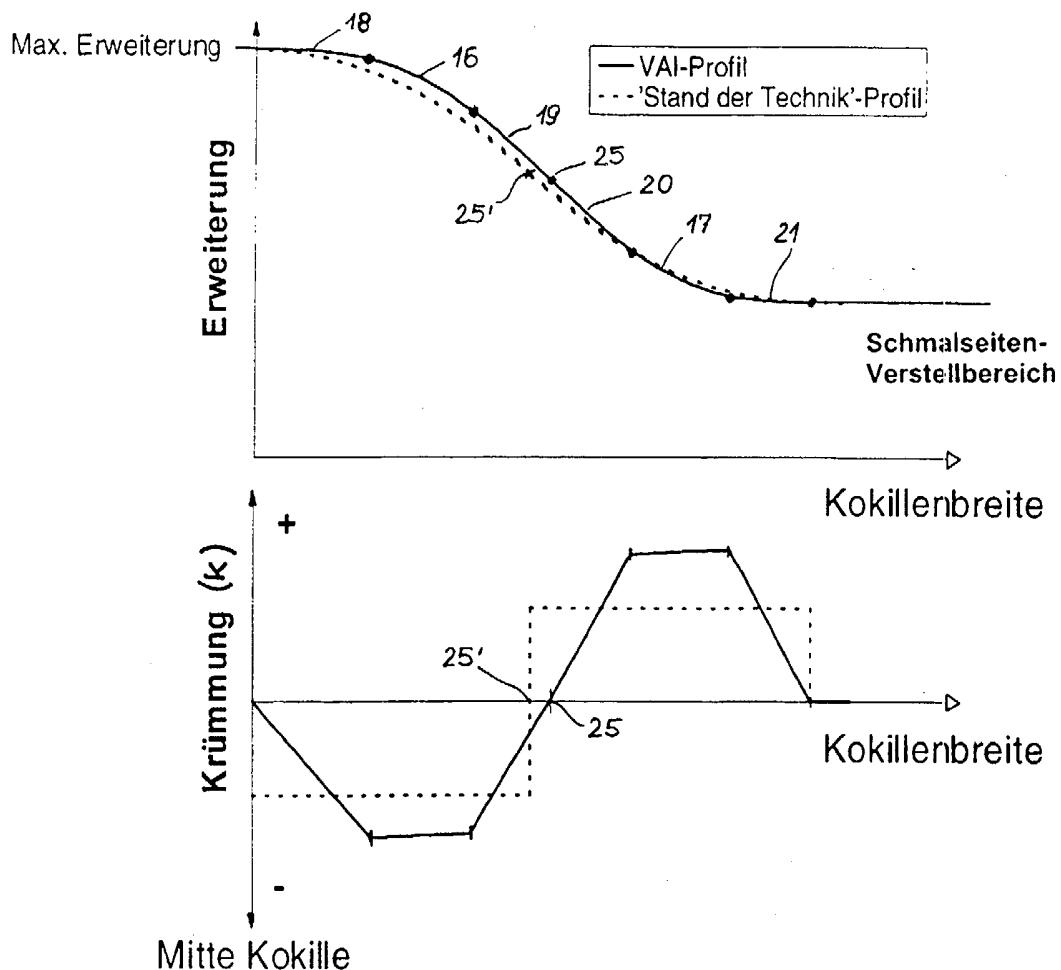


Fig. 6