



## (12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1  
Patentgesetz der DDR  
vom 27. 10. 1983  
in Übereinstimmung mit den entsprechenden  
Festlegungen im Einigungsvertrag

**(11) DD 291 710 A5**

5(51) B 21 B 45/02

## DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

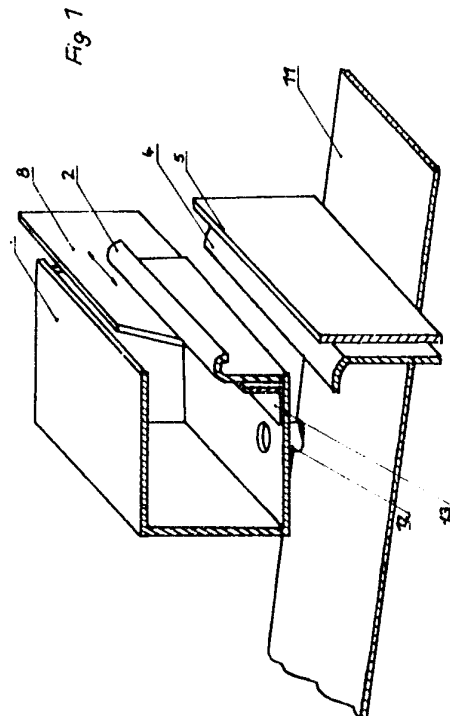
|      |                       |      |          |      |          |
|------|-----------------------|------|----------|------|----------|
| (21) | DD B 21 B / 337 360 6 | (22) | 29.01.90 | (44) | 11.07.91 |
|------|-----------------------|------|----------|------|----------|

(71) VEB Bandstahlkombinat „Hermann Matern“, Werkstraße 1, O - 1220 Eisenhüttenstadt, DE  
(72) Budach, Marina, Dipl.-Ing.; Bathelt, Jürgen, Dr., DE  
(73) VEB Eisenhüttenkombinat Ost, O - 1220 Eisenhüttenstadt, DE

(54) Verfahren und Vorrichtung zur geregelten Abkühlung von Breitflacherzeugnissen

(55) Stahl; Breitflacherzeugnis; Abkühlung; Kühlmittel; Kühlsystem; Kühlbalken; Verstelleinrichtung; Steuern; Regeln

(57) Anwendungsgebiet der Erfindung sind metallurgische Betriebe, in denen die Herstellung von Warmband bzw. Warmbreitband oder Stahlerzeugnissen ähnlicher Geometrie erfolgt. Darüber hinaus ist die Erfindung in gleicher Weise bei der Abkühlung beliebiger metallischer wie auch nichtmetallischer Breitflacherzeugnisse mit flüssigem Kühlmittel anwendbar. Aufgabe der Erfindung ist die Gewährleistung möglichst geringer Temperaturunterschiede zwischen Mitte und Rand in Breitenrichtung und auch in Längsrichtung im Material des abzukühlenden Breitflacherzeugnisses, wobei der Kühlmittelüberschuß insgesamt minimiert wird. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren, welches die Veränderung der Kühlintensität während des Abkühlvorganges eines einzelnen Breitflacherzeugnisses 11 realisiert, gelöst, sowie durch eine Vorrichtung, die Laminarkühlbalken mit Kühlmittelleiteinrichtung zur Ausbildung einer schmalen, geschlossenen Kühlmittelbeaufschlagungsfläche, die neben einer Voreinstellung der Kühlbreite in Abhängigkeit von der Breite des zu kühlenden Breitflacherzeugnisses auch eine feinstufige Änderung der Ausdehnung der Kühlmittelbeaufschlagungsfläche hauptsächlich quer zur Bewegungsrichtung des Breitflacherzeugnisses 11 zu jedem Zeitpunkt eines Durchlaufs durch die Kühlvorrichtung ermöglichen. Fig. 1



**Patentansprüche:**

1. Verfahren zur geregelten Abkühlung von Breitflacherzeugnissen, vorzugsweise aus Stahl, mit einem flüssigen Kühlmittel während ihrer geradlinigen Bewegung, **gekennzeichnet dadurch**, daß nachfolgende Verfahrensschritte in beliebiger Reihenfolge und Anzahl für jeweils einen Abschnitt des abzukühlenden Breitflacherzeugnisses (11) durchgeführt werden:
  - a) Eintritt in eine Kühlvorrichtung, die zur Beaufschlagung der Oberseite des Breitflacherzeugnisses (11) mit dem Kühlmittel quer zur Bewegungsrichtung des Breitflacherzeugnisses (11) Laminarkühlbalken mit Kühlmittelleiteinrichtung (3) (nachfolgend als aktiver Kühlbalken bezeichnet) zur Ausbildung einer schmalen, geschlossenen Kühlmittelbeaufschlagungsfläche angeordnet enthält, wobei mindestens einer dieser aktiven Kühlbalken (3) eine feinstufige Änderung der Ausdehnung der Kühlmittelbeaufschlagungsfläche hauptsächlich quer zur Bewegungsrichtung des Breitflacherzeugnisses (11) zu jedem Zeitpunkt seines Durchlaufs durch die Kühlvorrichtung ermöglicht;
  - b) Beaufschlagung mit Kühlmittel, ohne daß dabei ein aktiver Kühlbalken (3) wirksam wird und/oder Beaufschlagung mit Kühlmittel, wobei mindestens ein aktiver Kühlbalken (3) wirksam wird;
  - c) Passieren einer Meßeinrichtung (16), welche die Oberflächentemperatur mindestens einer Seite, vorzugsweise der Oberseite des Breitflacherzeugnisses (11), quer zu dessen Bewegungsrichtung an mindestens zwei Punkten (15) annähernd gleichzeitig ermittelt und Änderung der Kühlmittelbeaufschlagungsfläche mindestens eines aktiven Kühlbalkens (11), der zur Kühlmittelbeaufschlagung wirksam wird, in Abhängigkeit von den Meßwerten der Oberflächentemperatur der einzelnen Abschnitte des Breitflacherzeugnisses (1);
  - d) Austritt aus der Kühlvorrichtung.
2. Vorrichtung zur geregelten Abkühlung von Breitflacherzeugnissen, vorzugsweise aus Stahl, mit einem flüssigen Kühlmittel während ihrer geradlinigen Bewegung, bestehend aus Laminarkühlbalken mit Kühlmittelleiteinrichtung (nachfolgend auch als aktiver Kühlbalken bezeichnet), **gekennzeichnet dadurch**, daß ein Laminarkühlbalken aus einem Hauptgefäß (1), vorzugsweise rechteckigen Querschnitts, mit in Längsrichtung ausgebildetem, seitlichen, schlitzförmigen Austritt für das Kühlmittel und an dessen Unterkante am Hauptgefäß (1) angeordnetem, vorzugsweise gebogenen Laminarüberlauf (2), der den Kühlmittelfluß stabilisiert und eine Kühlmittelleiteinrichtung (3) lenkt und einer Verstelleinrichtung (8) zur feinstufigen, symmetrischen Änderung der Länge des freien Austritts für das Kühlmittel besteht, und daß zwischen Hauptgefäß (1) und dem Breitflacherzeugnis (11) eine Kühlmittelleiteinrichtung (3) zur Ausbildung einer schmalen, geschlossenen Kühlmittelbeaufschlagungsfläche angeordnet ist, wobei die Kühlmittelleiteinrichtung (3) hauptsächlich aus einer festen Platte (4) mit aufgespannter, verformbarer Membran (5) gebildet wird, welche von zwei längs der festen Platte (4) verschiebbaren Abstandshaltern (6) im dazwischenliegenden Bereich mit vorgegebenem Abstand parallel zur festen Platte (4) fixiert wird, so daß das Kühlmittel durch einen derartigen, fixierten Strömungskanal senkrecht auf das Breitflacherzeugnis (11) gelenkt wird, sowie einer Verstelleinrichtung für die Abstandshalter (6), die eine feinstufige, symmetrische Änderung der Länge des Abschnitts ermöglicht, in dem die Membran (5) im vorgegebenen Abstand zur festen Platte (4) fixiert ist.
3. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß die aufgespannte, verformbare Membran (5) der Kühlmittelleiteinrichtung (3) anstelle der Abstandshalter (6) durch längs der festen Platte (4) verschließbare Andrückvorrichtungen derart fixiert wird, daß im dazwischenliegenden Bereich ein Strömungskanal für das Kühlmittel durch die feste Platte (4) und die konvex gebogene Membran (5) ausgebildet wird und die Kühlmittelleiteinrichtung (3) in analoger Weise eine Verstelleinrichtung für die Andrückvorrichtung (7) aufweist.
4. Vorrichtung gemäß Anspruch 2 oder 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Kühlmittel in der Art und Weise eines Überlaufs (2) aus dem Hauptgefäß (1) ausströmt und/oder daß die Kühlmittelzufuhr (12) in das Hauptgefäß (1) in der Mitte längsseits, vorzugsweise von unten erfolgt und/oder daß die Eintrittszone des Kühlmittels in die Kühlmittelleiteinrichtung (3) trichterförmig ausgebildet ist.
5. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 2 bis 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Kühlmittelaustritt aus dem Hauptgefäß (1) an dessen beiden Längsseiten in jeweils eine Kühlmittelleiteinrichtung (3) erfolgt.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft Verfahren und Vorrichtung zur geregelten Abkühlung von Breitflacherzeugnissen, vorzugsweise aus Stahl, mit einem flüssigen Kühlmittel, während ihrer geradlinigen Bewegung. Vorrichtung und Verfahren werden angewendet, um Kühlmittelbedarf sowie Inhomogenität der Materialeigenschaften und innere Spannungen im Material, welche sich bei seiner Abkühlung ausbilden können, wesentlich zu verringern. Anwendungsgebiet der Erfindung sind metallurgische Betriebe, in denen die Herstellung von Warmband bzw. Warmbreitband oder Stahlerzeugnissen ähnlicher Geometrie erfolgt. Darüber hinaus ist die Erfindung in gleicher Weise bei der Abkühlung beliebiger metallischer wie auch nichtmetallischer Breitflacherzeugnisse mit flüssigem Kühlmittel anwendbar.

## Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Technische Lösungen zur Abkühlung von Breitflacherzeugnissen, insbesondere aus Stahl, während deren geradliniger Bewegung sind bekannt. Die Gestaltung von Vorrichtungen steht offensichtlich im Vordergrund.

Dazu gibt die DD-EB 267 674 einen umfassenden Überblick für die unter dem Begriff „Laminarkühlung“ und „Wasserwand“ etablierten Systeme. Wesentlich ist der den beiden Varianten anhaftende Nachteil, daß sich, konstruktiv bedingt, ein Temperaturgradient in Richtung der Breite des gekühlten Breitflacherzeugnisses ausbildet. Damit entstehen jedoch je nach Sortiment mehr oder weniger große Inhomogenitäten der Materialeigenschaften über den Erzeugnisquerschnitt sowie unerwünschte Eigenspannungen im Material.

Im Ergebnis dieser Situation sind technische Lösungen im Bereich der Laminarkühlsysteme bekannt geworden, die zunächst eine starre (siehe DD-EB 267 674 und DD-EB 269 798), später eine teilweise variable Abstufung der Kühlintensität in Breitenrichtung ermöglichen. Damit sind zwar positive Effekte zur Vergleichmäßigung des Temperaturprofils erreichbar, aber der zunehmende konstruktive Aufwand ist ein deutlicher Hinweis auf die Grenze der technologischen Leistungstätigkeit, die das Grundprinzip „Laminarkühlbalken“ besitzt.

Unter dem Aspekt einer ständigen Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Kühlsysteme für Breitflacherzeugnisse gewinnt neben der Sicherung hoher Produktqualität auch die Senkung der Produktionskosten eine gleichrangige Bedeutung. Dies betrifft einerseits den konstruktiven Aufwand, der zur Realisierung eines möglichst homogenen Temperaturprofils im Breitflacherzeugnis sowohl in Richtung der Breite als auch in Längsrichtung erforderlich wird. Dieser Aufwand geht über die Abschreibung des Anlagenwertes in das Produkt ein.

Andererseits ist der Betriebsmittel- bzw. Energieverbrauch von wesentlicher Bedeutung, da er über die laufenden Kosten in das Produkt eingeht bzw. auf den erzielbaren Gewinn wirkt. Hier ergibt sich hinsichtlich des Kühlmittelverbrauchs ein bedeutsamer Ansatzpunkt, da thermodynamische Überlegungen zeigen, daß etwa 15–25% der in üblichen Kühlsystemen für Breitflacherzeugnisse beaufschlagten Kühlmittelmengen zur Wärmeabfuhr ausreichen würden. Damit kann der Energieaufwand für den Kühlmittelumlauf und damit die Betriebskosten gesenkt werden. Gleichzeitig werden auch die Investitionen für den anlagentechnischen Teil der Kühlvorrichtung deutlich geringer.

In gleicher Weise betrifft dies die derzeit mangelnde Effektivität der vorgeschlagenen Kühlsysteme hinsichtlich der Abstimmung von konstruktiv bedingter Beaufschlagungsbreite mit der tatsächlichen Breite der gekühlten Breitflacherzeugnisse.

Von diesen Überlegungen ausgehend, offenbart die EP-EB 0 235 015 eine Konstruktionsvariante, die den Kühlmittelbedarf im Vergleich zu bisher gebräuchlichen Kühlsystemen für Breitflacherzeugnisse wesentlich senkt. Diesem Vorschlag zur Gestaltung einer Kühlvorrichtung für Breitflacherzeugnisse haften jedoch wesentliche Mängel an. Der Kühlmittelaustritt aus dem Hauptgefäß erfolgt in einer konstruktiv fixierten Breite. Eine Breitereinstellung wird durch beiderseitig angeordnete Auffangvorrichtungen realisiert, die bezüglich der Breite des gekühlten Breitflacherzeugnisses einstellbar sind und den nicht benötigten Kühlwasserstrom ableiten. Insofern bleibt der dem Hauptgefäß zugeführte Kühlmittelstrom unabhängig von der Bandbreite konstant und ist nach deren Maximalwert einzustellen.

Zwar gestatten die beschriebenen Auffangvorrichtungen auch die Verringerung des Kühlmittelstroms für die Kühlung der Ränder der Breitflacherzeugnisse, die Verteilung des Kühlmittels beim Durchströmen der nachfolgenden Leiteinrichtung erfolgt in Breitenrichtung des zu kühlenden Materials passiv. Eine Umverteilung des Kühlmittels zur Mitte der Leiteinrichtung ist nicht möglich.

Erfindungsgemäß zieht deshalb die Vergleichmäßigung der Kühlwirkung über die Bandbreite gleichzeitig deren Absenkung um bis zu 40% nach sich. Dieser Effekt verstärkt sich bei der vorgeschlagenen Neigung der Leiteinrichtung aus der Vertikalen in die Horizontale noch, da die kinetische Energie des Kühlmittels in Reibungswärme dissipiert wird. Damit sinkt die Kühlleistung der Vorrichtung ganz entscheidend, so daß im ungünstigsten Fall insgesamt mehr Kühlzonen als bei den üblichen Kühlvorrichtungen erforderlich werden und damit die Länge der Wasserkühlstrecke vergrößert wird. Ebenso werden für die Kühlung von dickem Material entsprechend mehr Kühlzonen mit den dazugehörigen Kühleinrichtungen benötigt.

Die in der EB dazu dargelegte Ansicht, die je Hauptgefäß beaufschlagte Kühlmittelmenge in Abhängigkeit von der Materialdicke einzustellen, trifft nicht zu, da sie die Dynamik des Wärmetransports aus dem Materialinneren an die Oberfläche ungenügend berücksichtigt. Weiterhin berührt die Erfindung den Aspekt einer Reaktion auf Veränderung des Temperaturprofils in Breitenrichtung längs des zu kühlenden Breitflacherzeugnisses nicht. Sie gibt keine Hinweise auf eine entsprechende Verfahrensgestaltung in Verbindung mit dem zielgerichteten Einsatz der Vorrichtung.

Hauptmangel ist somit weiterhin die konstruktive Gestaltung der Kühlvorrichtung; welche gegenwärtig keinen Ansatzpunkt für eine variable und gleichzeitig in erforderlichem Maße differenzierte, individuelle Gestaltung des Kühlregimes (d. h. der Wasserbeaufschlagung) während der Abkühlvorgänge der einzelnen Breitflacherzeugnisse bietet, um die Abkühlung von Breitflacherzeugnissen aus ihrer aktiven technologischen und damit im Sinne der Wirtschaftlichkeit zu einem effizienten Arbeitsmittel zu machen. Darüber hinaus ist erkennbar, daß die dargestellte Problematik durch alleinige Vorrichtungsgestaltung offensichtlich nicht in dem Maße beherrschbar ist, wie es gegenwärtige und erst recht zukünftige Qualitätsanforderungen verlangen.

## Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit infolge gesteigerter Produktqualität sowie sinkender Betriebs- und Investitionskosten bei der Abkühlung sich geradlinig bewegendes Breitflacherzeugnisse, vorzugsweise aus Stahl, mit einem flüssigen Kühlmittel.

## Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren mit der entsprechenden Vorrichtung zur geregelten Abkühlung von Breitflacherzeugnissen zu entwickeln, so daß eine variable und gleichzeitig in erforderlichem Maße differenzierte, individuelle Gestaltung des Abkühlvorganges und damit die Gewährleistung möglichst geringer Temperaturunterschiede zwischen Mitte und Rand in Richtung der Breite, jedoch auch in Längsrichtung, im Material des abzukühlenden Breitflacherzeugnisses während seiner Abkühlung ermöglicht wird, wobei der Kühlmittelüberschuß minimal ist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß zur geregelten Abkühlung von Breitflacherzeugnissen, vorzugsweise aus Stahl, mit einem flüssigen Kühlmittel (üblicherweise Wasser) während ihrer geradlinigen Bewegung nachfolgende Verfahrensschritte in beliebiger Reihenfolge und Anzahl für jeweils einen Abschnitt des abzukühlenden Breitflacherzeugnisses durchgeführt werden:

- a) Eintritt in eine Kühlvorrichtung, die zur Beaufschlagung der Oberseite des Breitflacherzeugnisses aktive Kühlbalken mit Kühlmittelleiteinrichtung zur Ausbildung einer schmalen, geschlossenen Kühlmittelbeaufschlagungsfläche angeordnet enthält, wobei mindestens einer der aktiven Kühlbalken eine feinstufige Änderung der Ausdehnung der Kühlmittelbeaufschlagungsfläche hauptsächlich quer zur Bewegungsrichtung des Breitflacherzeugnisses zu jedem Zeitpunkt während seines Durchlaufs durch die Kühlvorrichtung ermöglicht;
- b) Beaufschlagung mit Kühlmittel, ohne daß dabei ein aktiver Kühlbalken wirksam wird und/oder Beaufschlagung mit Kühlmittel, wobei mindestens ein aktiver Kühlbalken wirksam wird;
- c) Passieren einer Meßeinrichtung, welche die Oberflächentemperatur mindestens einer Seite, vorzugsweise der Oberseite des Breitflacherzeugnisses quer zu dessen Bewegungsrichtung, an mindestens zwei Punkten zur Änderung der Kühlmittelbeaufschlagungsfläche mindestens eines aktiven Kühlbalkens, der zur Kühlmittelbeaufschlagung wirksam wird, in Abhängigkeit von den Meßwerten der Oberflächentemperatur der einzelnen Abschnitte des Breitflacherzeugnisses, annähernd gleichzeitig erfaßt;
- d) Austritt aus der Kühlvorrichtung.

Die Ausführung der Verfahrensschritte b) und c) in beliebiger Reihenfolge und Anzahl führt zu verschiedenartigen konkreten Verfahrensgestaltungen, die sich je nach metallurgischem Erfordernis ergeben.

Hauptursache dafür ist der Umstand, daß das jeweilige Kühlregime, d. h. welche Kühlbalken bzw. Gruppen davon für die Kühlmittelbeaufschlagung des abzukühlenden Breitflacherzeugnisses einzusetzen sind, primär von der Einstellung des gewünschten Endgefüges bestimmt wird. Da sich demzufolge die Zuschaltung der Kühlbalken zumindest in Abhängigkeit von den einzelnen Produktionssortimenten ändern kann, muß davon ausgegangen werden, daß sich die Position der für die Beeinflussung der Ausbildung der Temperaturunterschiede zwischen Rand und Mitte in Richtung der Breite sowie durch in Längsrichtung des abzukühlenden Breitflacherzeugnisses einsetzbaren aktiven Kühlbalken bezüglich der notwendigerweise fest zu installierenden Meßeinrichtungen für die Oberflächentemperaturen des Breitflacherzeugnisses ändert.

Deshalb muß die Meßwertverarbeitung insbesondere zur Ermittlung der Variation der Kühlmittelbeaufschlagungsfläche der gerade wirksamen aktiven Kühlbalken nach einem variablen Algorithmus erfolgen, der auch die jeweilige(n) Position(en) Meßstelle(n)/aktive(r) Kühlbalken erfaßt.

Erfindungsgemäß ist wesentlich, daß die Positionierung der aktiven Kühlbalken innerhalb der Kühlvorrichtung so erfolgt, daß für jedes sortimentspezifische Kühlmittelregime, d. h. den Schaltzustand der einzelnen Kühlbalken, auch mindestens ein aktiver Kühlbalken wirksam wird.

Hinsichtlich auf bereits in Betrieb befindliche Kühlvorrichtungen ist besonders positiv, daß deren erfindungsgemäße Modernisierung gezielt die bereits vorhandenen Erfahrungen zum Kühlregime einbeziehbar macht und dabei schrittweise möglich ist.

In diesem Sinne ist auch der Erkenntniszuwachs bei der Variation der Kühlmittelbeaufschlagungsfläche und Auswahl der aktiven Kühlbalken in einfacher Weise umsetzbar, indem die aktiven Kühlbalken anstelle bisher passiver Kühlbalken treten oder in ihrer Anordnung in der Kühlstrecke ergänzt werden.

Im Falle einer vollständigen Ausrüstung der Kühlvorrichtung mit den erfindungsgemäßen Laminarkühlbalken mit Kühlmittelleiteinrichtung, um die erfindungsgemäße Verringerung des Kühlmittelumlaufs maximal zu realisieren, ist es zweckmäßig, alle Kühlbalken für die Kühlmittelbeaufschlagung der Bandoberseite mit den erfindungsgemäßen, nachfolgend erläuterten Vorstellvorrichtungen auszuführen, da somit die ständige Anpassung der Beaufschlagungsbreite an die tatsächliche Breite der Breitflacherzeugnisse gewährleistet wird.

Wie bereits aus den vorstehenden Darstellungen erkennbar wird, ist zur Realisierung der erfindungsgemäßen Verfahrensgestaltung die Ausführung der Kühlvorrichtung mit speziellen, erfindungsgemäß gestalteten Kühlbalken erforderlich. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch mehrere Laminarkühlbalken mit Kühlmittelleiteinrichtung gelöst, wobei die aktiven Kühlbalken aus einem Hauptgefäß, vorzugsweise rechteckiger Querschnitt, mit in Längsrichtung ausgebildetem, schlitzförmigen Austritt für das Kühlmittel und an dessen Unterkante am Hauptgefäß angeordnetem, vorzugsweise gebogenen Laminarüberlauf, der den Kühlmittelfluß stabilisiert und in die Kühlmittelleiteinrichtung lenkt und einer zwischen Hauptgefäß und dem Breitflacherzeugnis angeordneten Kühlmittelleiteinrichtung hauptsächlich aus einer festen Platte mit aufgespannter, verformbarer Membran gebildet wird, welche von zwei längs der festen Platte verschiebbaren Abstandshaltern im dazwischenliegenden Bereich mit vorgegebenem Abstand parallel zur festen Platte fixiert wird, so daß das Kühlmittel durch einen derartig fixierten Strömungskanal senkrecht auf das Breitflacherzeugnis gelenkt wird, sowie eine Vorstellvorrichtung im

Hauptgefäß zur feinstufigen, symmetrischen Änderung der Länge des freien Austritts für das Kühlmittel und an der Kühlmittelleiteinrichtung eine Verstellvorrichtung für die Abstandhalter zur feinstufigen symmetrischen Änderung der Länge des Abschnitts, in dem die Membran im vorgegebenen Abstand zur festen Platte fixiert ist, besteht. Der Kühlmittelfluß wird durch einen Laminarüberlauf stabilisiert und an der Unterkante der Austrittsöffnung in die darunter befindliche Kühlmittelleiteinrichtung gelenkt. Diese Leiteinrichtung bewirkt die Ausbildung einer schmalen, geschlossenen Kühlmittelbeaufschlagungsfläche auf der Oberseite des Breitflacherzeugnisses durch die Stabilisierung der Kühlmittelströmung in der Weise, daß sie nach dem Austritt aus der Kühlmittelleiteinrichtung das aufgeprägte, annähernd rechteckige Strömungsprofil bis zum Auftreffen auf die Oberfläche des Breitflacherzeugnisses beibehält. Damit bilden sich infolge der geschlossenen Beaufschlagungsfläche keine Kühlstreifen aus wie beim Einsatz herkömmlicher Kühlbalken.

Außerdem kann die Kühlmittelströmung bei einer Breite des annähernd rechteckigen Strömungsquerschnitts stabilisiert werden, die wesentlich geringer ist als bei den üblichen Wasserwandkühlsystemen. Somit kann die Menge des je Zeiteinheit beaufschlagten Kühlmittels wesentlich besser den thermodynamischen Erfordernissen angepaßt werden, was zu einer Verringerung des Kühlmittelbedarfs um etwa 50% gegenüber herkömmlichen Kühlmittelvorrichtungen führt. Der bisher konstruktiv bzw. hydrodynamisch bedingte Kühlmittelüberschuß wird wesentlich eingeschränkt. Gleichzeitig wird ein „Unterkühlen“ der Oberfläche des Materials (besonders bei Wasserwandkühlsystemen) vermieden, was sich positiv auf den Gefügezustand im Material auswirkt.

Der Kühlmiteleinsatz wird erfindungsgemäß weiterhin verringert, indem die Beaufschlagungsfläche an die Breite des zu kühlenden Breitflacherzeugnisses angepaßt wird.

Dazu besteht die Kühlmittelleiteinrichtung erfindungsgemäß aus einer festen Platte mit aufgespannter verformbarer Membran, die von zwei längs der Platte verschiebbaren Abstandhaltern mit Andrückrolle im dazwischenliegenden Bereich mit vorgegebenem Abstand parallel zur Platte fixiert wird, so daß dadurch der bereits dargestellte annähernd rechteckige Strömungskanal für das Kühlmittel entsteht, durch welchen das Kühlmittel senkrecht auf das Breitflacherzeugnis gelenkt wird. Die Abstandshalter mit Andrückrolle werden durch eine Verstelleinrichtung erfindungsgemäß derart bewegt, daß sich die Länge des Abschnitts, in dem die Membran im vorgegebenen Abstand zur Platte fixiert ist, feinstufig symmetrisch verstellen läßt. Die Verstellvorrichtung an der Kühlmittelleiteinrichtung ist mit einer Verstelleinrichtung im Hauptgefäß gekoppelt, so daß entsprechend der Stellung des Abstandhalters die Länge des freien Kühlmittelaustritts feinstufig symmetrisch eingestellt wird. Neben der Anpassung der Beaufschlagungsfläche an die Breite des zu kühlenden Breitflacherzeugnisses wird die erfindungsgemäße Konstruktion weiterhin eingesetzt, um der Ausbildung von Temperaturgradienten in Richtung der Breite des Breitflacherzeugnisses sowie in dessen Längsrichtung entgegenzuwirken, wodurch die Materialeigenschaften über den Querschnitt gleichmäßiger ausgebildet und Eigenspannungen im Material verringert werden.

Diese Wirkung wird erzielt, indem die Länge der Beaufschlagungsfläche für die aktiven Kühlbalken so eingestellt wird, daß sie unter der tatsächlichen Breite des zu kühlenden Erzeugnisses liegt, wobei das feinstufig, zeitlich variabel in Abhängigkeit von den einzelnen Meßwerten der Oberflächentemperatur der einzelnen Abschnitte des Breitflacherzeugnisses während seines Durchlaufs durch die Kühlvorrichtung erfolgt. Damit können Randstreifen des Breitflacherzeugnisses von der direkten Beaufschlagung mit Kühlmittel ausgeschlossen und deren Unterkühlung vermieden werden.

Die erfindungsgemäße Gestaltung des Kühlmittelaustritts aus dem Hauptgefäß in der Art und Weise eines Überlaufs bewirkt, daß sich die konstant zugeführte Kühlmittelmenge jeweils über die eingestellte Länge der Beaufschlagungsfläche umverteilt. Damit entfällt die Notwendigkeit einer feinstufigen synchronen Dosierung der Kühlmittelmenge in das betreffende Hauptgefäß, so daß eine Voreinstellung der Wassermenge in Abhängigkeit von der Breite des zu kühlenden Materials für den stabilen Betrieb der Laminarkühlbalken mit Kühlmittelleiteinrichtung genügt.

Gegenüber den Wasserwandsystemen besitzt die erfindungsgemäße Konstruktion den Vorteil, daß beim Abschalten eines Kühlbalkens nur solange Kühlmittel abfließt, bis der Füllstand im Hauptgefäß das Niveau des Überlaufs erreicht, während die Wasserkästen der Wasserwandssysteme ohne entsprechende Verschlusseinrichtungen auslaufen. Das ist für die Regelung bzw. Steuerung beim Betrieb der Kühlvorrichtung sehr wesentlich.

Da das Ziel der erfindungsgemäßen Vorrichtung die Realisierung eines laminaren Kühlmittelflusses ist, ist es zweckmäßig, die Kühlmittelzufuhr in der Mitte des Hauptgefäßes von unten vorzunehmen, so daß eine Beruhigung der Strömung erfolgt. Weiterhin ist es günstig, die Eintrittszone des Kühlmittels in die Kühlmittelleiteinrichtung trichterförmig auszubilden, um den Justieraufwand des Laminarauslaufs zu verringern.

In Verbindung mit der Gestaltung einer trichterförmigen Eintrittszone, deren Gesamtlänge der maximalen Breite des zu kühlenden Breitflacherzeugnisses entspricht, ergibt sich eine besonders vorteilhafte Ausgestaltungsvariante der Erfindung, indem auf die Abstandhalter verzichtet und die Membran stärker ausgeführt wird. Der damit gebildete Strömungskanal erzeugt eine Kühlmittelbeaufschlagungsfläche, die in der Mitte eine größere Breite als an den Rändern aufweist. So wird der Abbau der Temperaturgradienten in Breitenrichtung des zu kühlenden Breitflacherzeugnisses verstärkt.

Zur Vermeidung einer konkaven Durchbiegung der Membran ist eine Stützkonstruktion für die Membran, bestehend aus Mittelstütze mit ihren Haltebügeln, vorgesehen.

Es ergibt sich erfindungsgemäß eine weitere konstruktive Lösung, die in vorteilhafter Weise mit beidseitigem Kühlmittelaustritt des Hauptgefäßes in jeweils eine Seitenrichtung ausführbar ist, wodurch auf Grund des geringen Balkenabstandes eine hohe Kühlleistung längs der Kühlvorrichtung erreichbar wird.

Damit kann die Gesamtbaulänge der Kühlvorrichtung gegenüber konventionellen Kühleinrichtungen zumindest teilweise verkürzt werden, so daß auf diese Weise die Wirtschaftlichkeit der Abkühlung von Breitflacherzeugnissen durch die Anwendung der Erfindung gesteigert wird. Eine derartige Ausgestaltung der Erfindung ermöglicht weiterhin durch getrennte Ansteuerung der beidseitigen Verstelleinrichtungen im Hauptgefäß eine wesentlich feinere Abstufung der Kühlintensität. Damit kann eine günstige Anpassung an verschiedene Dicken der jeweils zu kühlenden Breitflacherzeugnisse vorgenommen werden. Darüber hinaus ergibt sich eine bessere Möglichkeit, größere Schwankungen des Temperaturgradienten in Längsrichtung des zu kühlenden Breitflacherzeugnisses durch stufenweises Zu- und Abschalten der Kühlkapazität einzelner Kühlbalken auszugleichen.

### Ausführungsbeispiel

Nachfolgend soll die Erfindung an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Dazu zeigen

Fig. 1: perspektivische Darstellung der Kühleinrichtung

Fig. 2: Vorder- und Seitenansicht der Kühleinrichtung

Fig. 3: Regelkreis

Nachfolgend wird die Anwendung der Erfindung für die Gestaltung der Wasserkühlung im Auslaufrollgang bei der Herstellung von Warmbreitband beschrieben. Zur Wasserbeaufschlagung kommen insgesamt 45 erfindungsgemäße Laminarkühlbalken für die Bandoberseite und in üblicher Weise konstruierte Kühlbalken für die Bandunterseite zum Einsatz.

Tabelle 1 gibt die gebräuchlichsten Kühlarten für die produzierten Sortimente Warmbreitband an.

**Tabelle 1:** Schaltzustände der Kühlbalken (Bandoberseite) für einzelne Warmbandsortimente (E – eingeschaltet; A – ausgeschaltet)

| Sortiment | Schaltzustand | Sortiment | Schaltzustand |
|-----------|---------------|-----------|---------------|
| S 1       | 1–42 A        | S 2       | 1–39 A        |
|           | 43–45 E       |           | 40–45 E       |
| S 3       | 1–18 E        | S 4       | 1–24 A        |
|           | 19–45 A       |           | 25–27 E       |
| S 5       | 1–12 A        |           | 28–45 A       |
|           | 13–24 E       |           | 1–15 A        |
|           | 25–45 A       |           | 16–24 E       |
| S 7       | 1–12 A        | S 6       | 25–45 A       |
|           | 13–39 E       |           |               |
|           | 40–45 A       |           |               |

Diese Zusammenstellung widerspiegelt auch die steuerungstechnisch vorgegebene Zusammenschaltung von je drei Kühlbalken zu einer gemeinsamen zu- bzw. abzuschaltenden Kühlzone.

Als aktive Kühlbalken wurden auf der Bandoberseite die Balken-Nr. 13–18, 22–27 und 40–45 festgelegt. Damit sind gemäß Tabelle 1 außer bei S 1 und S 4 für jedes Sortiment sechs aktive Kühlbalken 3 zur Wasserbeaufschlagung wirksam.

Die Anordnung von zwei Temperaturmeßstellen 15 und 16 zur Bestimmung der Bandtemperatur an der Bandoberseite erfolgte zwischen Kühlbalken-Nr. 18 und 19 sowie 39 und 40. Jede Meßstelle tastet die Bandbreite mit jeweils 13 Meßgebern ab, die neben der Messung der Bandbreite im Abstand von 350 mm auf beiden Seiten, beginnend mit je 100 mm Zwischenraum, angeordnet werden.

Dieser relativ hohe meßtechnische Aufwand ergibt sich aus der Schwankung der Sortimentsbreiten im Bereich von 1850 mm bis 1050 mm.

Aus dieser Anordnung ergibt sich für die Verfahrensdurchführung folgende Situation, die in Figur 3 schematisch dargestellt ist. Variante A in Figur 3 zeigt die Situation, daß die Wasserbeaufschlagung vor der ersten Meßstelle 16 erfolgt. In diesem Falle ergibt sich eine Verfahrensgestaltung im Sinne eines Regelkreises. Die zweite Meßstelle 15 könnte in dieser Situation entfallen, sie kann jedoch auch zur besseren Berücksichtigung des zeitabhängigen Temperatenausgleichs anstelle der ersten Temperaturmessung bzw. gemeinsam mit dieser benutzt werden.

Von dieser Situation ausgehend, zeigt Variante B mit Wasserbeaufschlagung zwischen erster 16 und zweiter Temperaturmeßstelle 15 eine Verfahrensgestaltung im Sinne einer Regelung mit sogenannter Störgrößenaufschaltung. In diesem Falle erreicht die erfindungsgemäße Gestaltung der Kühlvorrichtung ihre maximale Wirksamkeit, da die Meßwertverarbeitung die Temperaturunterschiede im abzukühlenden Breitflacherzeugnis vor und nach der Wasserbeaufschlagung erfaßt.

In diesem Sinne verkörpert Variante C den schwierigsten Fall, in dem die Einstellung der wirksamen aktiven Kühlbalken 3 allein auf Basis der Meßwerte vor der Wasserbeaufschlagung erfolgen muß, so daß dies im Sinne einer Steuerung erfolgt. Somit ergibt sich hinsichtlich der Sortimente folgende Zuordnung zu den vorstehenden drei Grundvarianten.

Variante A: S 3, S 5–S 7

Variante B: S 4

Variante C: S 1, S 2

Die für den Prozeßrechnerbetrieb erforderlichen Einstellalgorithmen wurden auf Basis von Betriebserfahrungen, Modellsimulationen und einer Reihe gezielter experimenteller Untersuchungen an der Kühlstrecke selbst bestimmt.

Die Kühlmittelleiteinrichtung 3 der Laminarkühlbalken wird aus einem Metallrahmen mit aufgeschraubter PVC-Platte, auf welche eine massive Gummibahn aufgespannt ist, gebildet.

Die gegenläufige Bewegung der Verstelleinrichtungen 8 im Hauptgefäß 1, das im wesentlichen kastenförmig ausgebildet wurde, und für die beiden Andrückrollen 7 an der Kühlmittelleiteinrichtung 3 wurde als Spindelmechanismus ausgebildet. Dabei läuft die eine Spindel direkt im Wasserkasten des Hauptgefäßes 1, während die andere, am Rahmen der Kühlmittelleiteinrichtung 3 abgestützt, auf der Seite der Membran 5 fixiert wird.

Der Antrieb erfolgt über Schrittmotore, die für die aktiven Kühlbalken 3 feinstufiger als für die übrigen Kühlbalken ausgeführt sind. Zur Aufnahme der mechanischen Kräfte während des Betriebs der Kühlvorrichtung wurde der überwiegend aus Kunststoff ausgeführte Wasserkasten mit einem Tragerahmen versehen, an dem auch die Wasserzufuhr 12 und Kühlmittelleiteinrichtung 3 befestigt sind.

In Verbindung mit einem flexiblen Zuleitungsabschnitt wurde die Konstruktion nach oben schwenkbar gestaltet, um eine günstige Wartung des Rollgangs zu ermöglichen.

Diese in Figur 1 und Figur 2 als Laminarkühlbalken mit Kühlmittleiteinrichtung bezeichneten Kühlbalken bestehen aus einem Hauptgefäß 1, vorzugsweise rechteckigen Querschnitts, mit in Längsrichtung ausgebildetem, schlitzförmigen Austritt für das Kühlmittel.

Dabei wird der Kühlmittelfluß durch einen in Fig. 1 und Fig. 2 dargestellten Laminarüberlauf 2 stabilisiert und an der Unterkante der Austrittsöffnung in die darunter befindliche Kühlmittleiteinrichtung 3 gelenkt.

Damit bilden sich infolge der geschlossenen Beaufschlagungsfläche keine Kühlstreifen aus wie beim Einsatz herkömmlicher Kühlbalken. Außerdem kann die Kühlmittelströmung bei einer Breite des annähernd rechteckigen Strömungsquerschnitts stabilisiert werden, die wesentlich geringer ist als bei den üblichen Wasserwandkühlssystemen.

Gleichzeitig wird ein „Unterkühlen“ der Oberfläche des Materials (besonders bei Wasserkühlssystemen) vermieden, was sich positiv auf den Gefügezustand im Material auswirkt.

Die Beaufschlagungsfläche wird an die Breite des zu kühlenden Breitflacherzeugnisses 11 angepaßt.

Dazu besteht die Kühlmittleiteinrichtung 3 aus einer festen Platte 4 mit aufgespannter verformbarer Membran 5, die von zwei längs der Platte 4 verschiebbaren Abstandshaltern 6 mit Andrückrolle 7 im dazwischenliegenden Bereich mit vorgegebenem Abstand parallel zur Platte 4 fixiert wird, so daß dadurch der bereits dargestellte annähernd rechteckige Strömungskanal für das Kühlmittel entsteht, durch welchen das Kühlmittel senkrecht auf das Breitflacherzeugnis 11 gelenkt wird.

Die Abstandshalter 6 mit Andrückrolle 7 werden durch eine Verstelleinrichtung (Fig. 2 nicht dargestellt) derart bewegt, daß sich die Länge des Abschnittes, in dem die Membran 5 mit vorgegebenem Abstand zur Platte 4 fixiert ist, feinstufig symmetrisch verstellen läßt.

Die Verstellvorrichtung an der Kühlmittleiteinrichtung ist mit einer Verstelleinrichtung 8 im Hauptgefäß 1 gekoppelt, so daß entsprechend der Stellung des Abstandhalters 7 die Länge des freien Kühlmittelaustritts feinstufig symmetrisch eingestellt wird.

Zweckmäßigerweise wird das Kühlmittel von unten in der Mitte des Hauptgefäßes 1 zugeführt. Die Eintrittszone des Kühlmittels in die Kühlmittleiteinrichtung 3 wurde trichterförmig ausgebildet, um den Justieraufwand des Laminarauslaufs 2 zu verringern.

Zur Vermeidung einer konkaven Durchbiegung der Membran ist in Fig. 2 eine Stützkonstruktion für die Membran 5, bestehend aus Mittelstütze 10 mit ihren Haltebügeln 9, dargestellt.

Fig 1

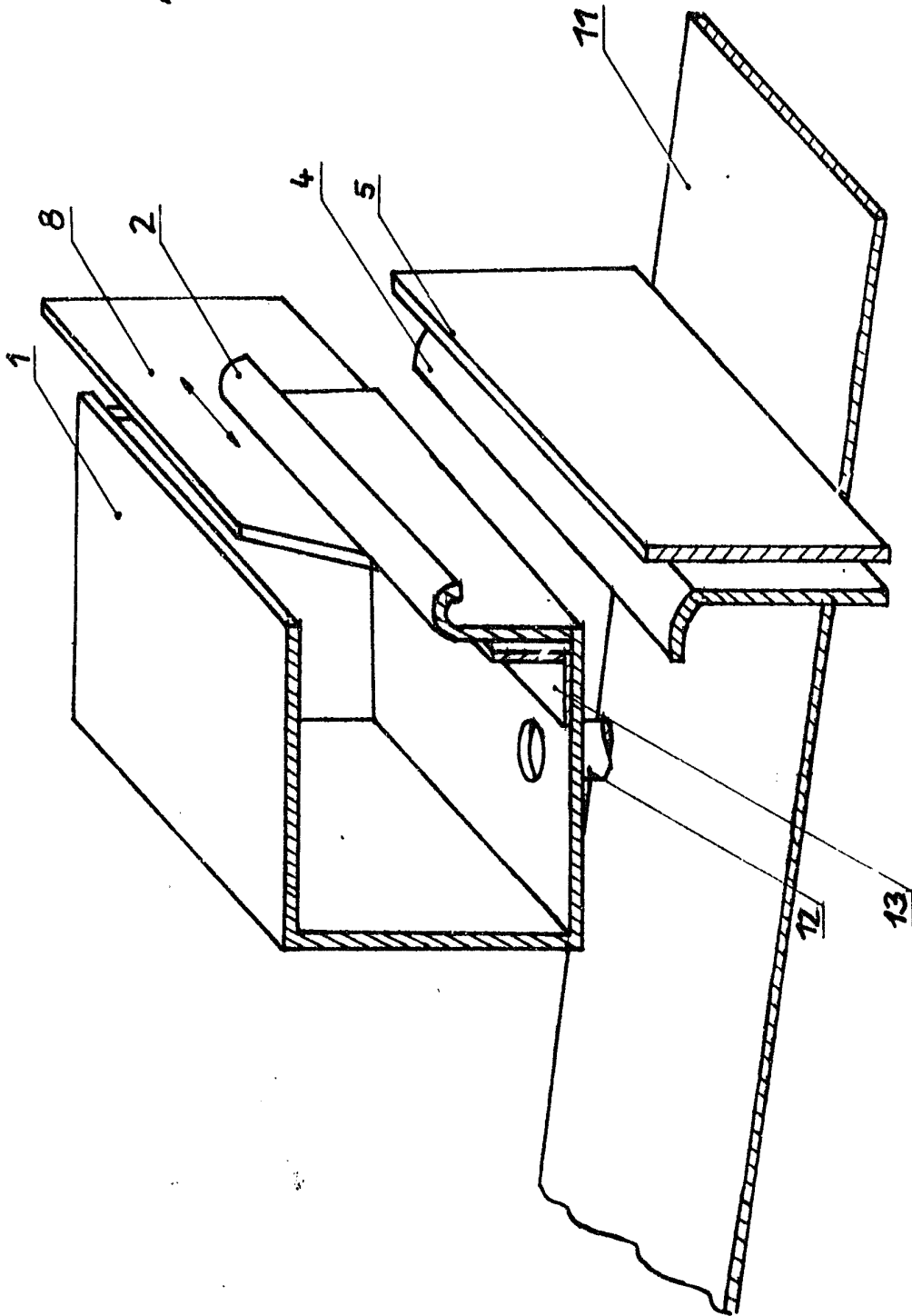


Fig. 2

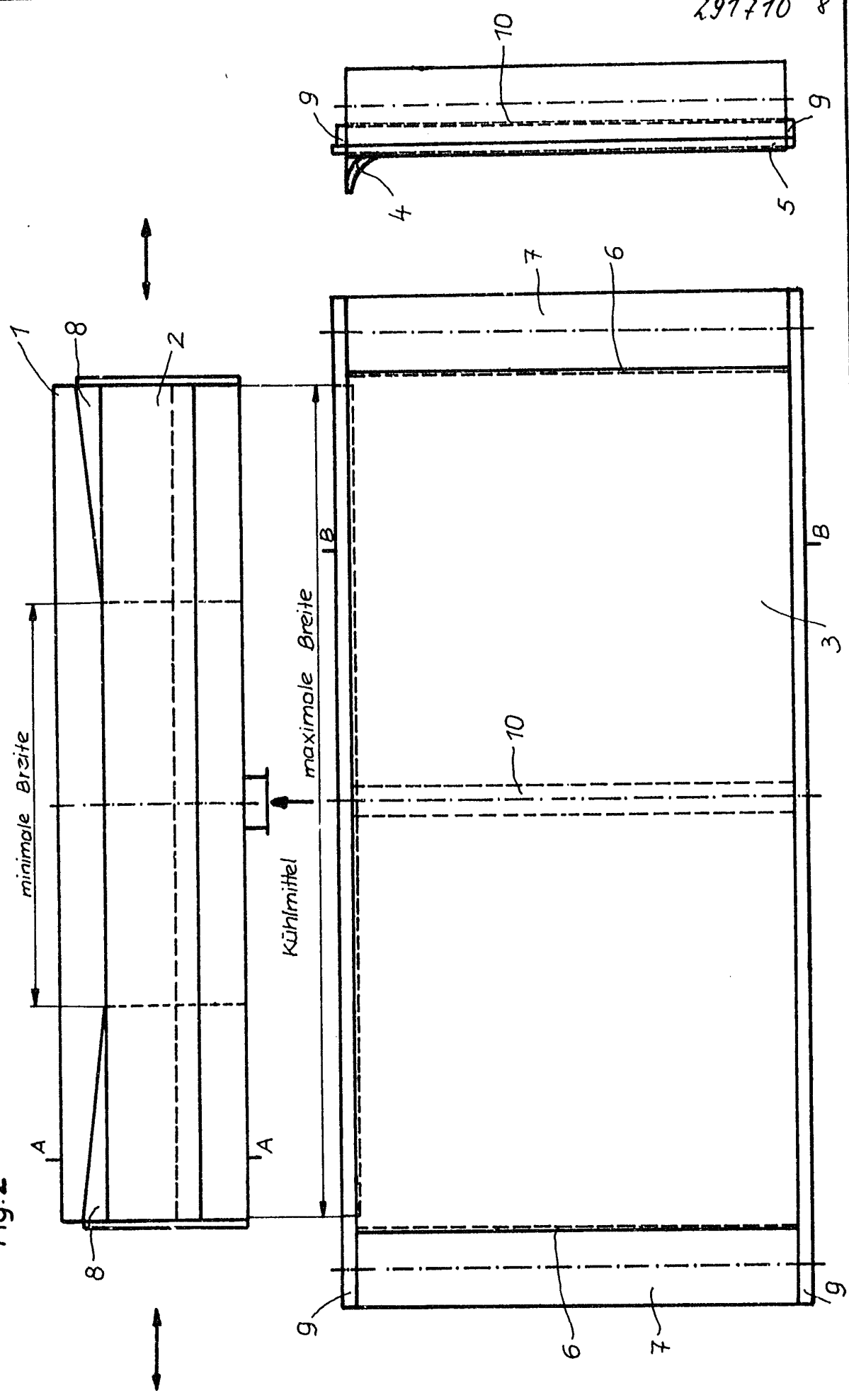


Fig. 3

