



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 04 543 B3** 2004.05.27

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 04 543.0**

(22) Anmeldetag: **04.02.2003**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **27.05.2004**

(51) Int Cl.7: **B22D 11/055**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:

SMS Demag AG, 40237 Düsseldorf, DE

(74) Vertreter:

Hemmerich und Kollegen, 57072 Siegen

(72) Erfinder:

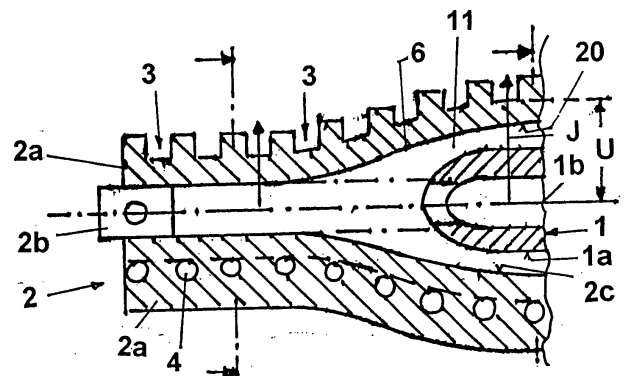
**Pleschiutchnigg, Fritz-Peter, Prof. Dr., 47269
Duisburg, DE; Wosch, Erwin, Dr., 52222 Stolberg,
DE; Rahmfeld, Werner, Dr., 45481 Mülheim, DE;
Parschat, Lothar, 40885 Ratingen, DE; Heidemann,
Rolf-Peter, 09526 Olbernhau, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

WO 02/16 061 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Einrichtung zum Stranggießen von flüssigen Metallen, insbesondere von flüssigen Stahlwerkstoffen**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum Stranggießen von flüssigen Metallen, insbesondere von flüssigen Stahlwerkstoffen (7) durch Eingießen in einen Tauchausguss (1), der in der Stranggießkokille (2) bis unter einen Gießspiegel (5) und ggf. bis zu einem Trichterende (6a) zwischen den Breitseitenplatten (2a) reicht, strebt an, durch eine gleichmäßigere Kühlung der Metallschmelze eine gleichmäßigere Bildung der Strangschale zu erzielen, wobei die Entwicklung unter der Prämisse der thermischen Behandlung von Stranggießkokille und Tauchausguss als Einheit steht, und schlägt als Lösung vor, dass während der Abkühlung in dem Bereich des Wärmestrom-Schattens des Tauchausgusses (1) die Wärmeübergangszahl α [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$] derart abgesenkt wird, dass eine jeweils in einer horizontalen Höhenebene liegende Isotherme eine auf dem Umfang (20) gleichmäßige Strangschale (15) erzeugt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zum Stranggießen von flüssigen Metallen, insbesondere von flüssigen Stahlwerkstoffen, durch Eingießen des Gießwerkstoffs in einen Tauchausguss, der in einer aus wassergekühlten Kupferplatten gebildeten und oszillierenden Stranggießkokille bis unter einen konstanten Gießspiegel und ggfs. bis zu einem Trichterende zwischen den Breitseiten-Kupferplatten reicht und zumindest teilweise mit seiner Außenform der Innenform der Kupferplatten angenähert ist.

Stand der Technik

[0002] Die Anordnung eines solchen Tauchausgusses beeinflusst in erheblichem Maß die Qualität des sich in der Stranggießkokille bildenden Gießstranges. Ein damit verbundener Nachteil sind die Abmessungen, die wegen der Haltbarkeit für eine hohe Anzahl von Schmelzen oder seine Standfestigkeit bei Dauerbetrieb erforderliche dicke Wandungen voraussetzen. Diese Wandungen stellen einen Isolator für die Abführung der Wärme in die Kokillenplatten dar. Außerdem betragen die Zwischenräume zwischen der Tauchausguss-Wandung und der Kokillenplatte nur noch ca. 25 mm. Die Folge der Isolierung ist eine ungleichmäßige Wärmeabfuhr im Einflussbereich des Tauchausgusses, im Vergleich zu dem Bereich außerhalb des Tauchausguss-Schattens, so dass in der Mitte der Breitseiten-Kupferplatten die Strangschale schneller wächst, d.h. es wird dort mehr Energie in Form von Erstarrungswärme abgegeben, da die Überhitzungsenergie durch die Isolation des Tauchausgusses ein Defizit aufweist. Die Folgen einer solch schnellen Unterkühlung wurden bisher unterschätzt. In Extremfällen muss davon ausgegangen werden, dass der erkaltende Gießstrang im Wärmestrom-Schatten des Tauchausgusses „kalt gezogen“ wird. So kann jetzt angenommen werden, dass dieses Abkühlverhalten zu unsymmetrischen, verzogenen, profilverzernten, in der Dicke nicht gleichmäßigen Strängen und Spannungen und damit zu Längsrissen in der Strangschale sowie auch zu inneren Fehlern führt, die sich später bei der Weiterverarbeitung des Materials als große Nachteile darstellen. Wirtschaftliche Schäden in Form von Längsrissen können ferner an besonders empfindlichen Stahlsorten entstehen. So sind besonders peritektische Stahlgüten mit raum- oder flächenzentrierten Kristallgittern gefährdet. Die unterschiedliche Kühlung verursacht schließlich solche Spannungen im Gießstrang, dass die entstehenden Risse, die sogar mittels besonderen Flämm-Maschinen beseitigt werden mussten.

[0003] Normalerweise sind die Stranggießkokillen, insbesondere für dünne und dicke Brammen, für eine konstante Kühlkapazität in der Breite sowie auch in der Dicke, ausgedrückt in W/m^2 , konstant ausgelegt.

Dies erklärt sich über eine Anordnung als Kühlwasserkanäle oder Kühlwasserbohrungen über die Breite und konstante Wassergeschwindigkeit in jedem Kühlwasserkanal.

[0004] Das eingangs bezeichnete Verfahren ist aus der WO 02/16061 A1 bekannt. Dieses Verfahren schlägt vor, die Breite der Kühlwasserkanäle in Gießrichtung in Abhängigkeit vom Wärmestromprofil über die Kokillenhöhe vom Kokilleneingang zum Kokillenausgang zu reduzieren. Diese Maßnahme stellt zwar einen Schritt in die richtige Richtung dar, kann aber noch weiterentwickelt werden.

Aufgabenstellung

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, durch eine gleichmäßigere Kühlung der Metallschmelze eine gleichmäßigere Bildung der Strangschale zu erzielen, wobei die Entwicklung unter der Prämisse der thermischen Behandlung von Stranggießkokille und Tauchausguss als Einheit stehen muss.

[0006] Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass während der Abkühlung in dem Bereich des Wärmestrom-Schattens des Tauchausgusses die Wärmeübergangszahl α [$\text{W/m}^2\cdot\text{K}$] partiell derart abgesenkt wird, dass eine jeweils in einer horizontalen Höhenebene liegende Isotherme eine auf dem Umfang gleichmäßige Strangschale erzeugt. Dadurch wird die Wirkung des Tauchausgusses in der Stranggießkokille berücksichtigt. Bisherige Unterschiede der Abkühlung im Wärmestrom-Schatten und außerhalb des Wärmestromschattens treten nicht mehr auf. Dadurch wird über die Isotherme eine gleichmäßigere Abkühlung des Gießmetalls über den Umfang erzielt, so dass ein gleichmäßigeres Strangschalenwachstum erreicht wird.

[0007] Eine Weiterentwicklung des Erfindungsgedankens besteht ferner darin, dass die in vertikal übereinander und parallel vorausgesetzten horizontalen Höhenlinien auf der Innenform der Breitseiten-Kupferplatte jeweils auf dem vollen Umfang der Innenform verlaufenden Isothermen durch partielle Änderung der Wärmeübergangszahl α [$\text{W/m}^2\cdot\text{K}$] funktional jeweils vom Beginn des Tauchausguss-Einflusses bis zur Mitte des Tauchausgusses erzeugt wird und dass gleichzeitig die Ausbildung der Isotherme durch partielle Wasserbedeckung über unterschiedlich beabstandete Kühlkanäle unterstützt wird. Das Absenken der Wärmeübergangszahl α erfolgt hier in Kombination mit der Wasserbedeckung und führt zu den genannten Vorteilen.

[0008] Eine weitere Variationsmöglichkeit wird ferner dadurch erzielt, dass die Isotherme durch Reduzieren der Wassermenge und/oder der Wassergeschwindigkeit in den Kupferplatten der Stranggießkokille gegenüber dem Tauchausguss erzeugt wird.

[0009] Eine andere Ausgestaltung als weitere Variation kann dahingehend eingesetzt werden, dass die Isotherme durch eine abschnittsweise veränderte Di-

cke der Kupferplatten und/oder einer aufgetragenen Nickel- oder Chromschicht erzeugt wird. Diese Maßnahme ist sowohl auf die konstruktive als auch auf eine wirtschaftliche Bauweise der Stranggießkokille gerichtet.

[0010] Die Ausgestaltungsmöglichkeiten richten sich weiter auf eine Variante, dass alternativ oder zusätzlich die Isotherme durch eine Trichteraufweitung einer mit dem Trichter versehenen Dünnbrammen- oder Dickbrammen-Stranggießkokille im Einflussbereich des Tauchausgusses erzeugt oder unterstützt wird. Auch diese Variante ist eine unter konstruktiven oder wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu prüfende Möglichkeit eines entsprechend höheren Kupfereinsatzes.

[0011] Vorrichtungstechnisch löst die Einrichtung die Erfindungsaufgabe dadurch, dass in den Breitseiten-Kupferplatten auf die Länge des Einflussbereichs des Tauchausgusses die Kühlwasserkanäle oder Kühlwasserbohrungen auf eine derart abgesenkte Kühlwassergeschwindigkeit mittels veränderten Strömungskanal-Querschnitten und oder auf eine partielle Wasserbedeckung ausgelegt sind, dass die Wärmeübergangszahl α [W/m²·K] im Bereich des Tauchausguss-Schattens kleiner als im Bereich außerhalb des Schattens ist. Dadurch wird die Wirkung des Tauchausgusses berücksichtigt. Die isolierende Wirkung des Tauchausgusses kann dadurch ausgeglichen werden.

[0012] Die sich gegenüber den Breitseiten-Kupferplatten und dem Tauchausguss ergebende Einfluss-Fläche wird in der Kokillenplatte dadurch eingegrenzt, dass die Kühlwasserkanäle oder die Kühlwasserbohrungen im Einflussbereich des Tauchausgusses mittels Einlegestücken oder konischen Stangen im Strömungsquerschnitt reduziert wird.

[0013] Dabei können die seitlichen Übergänge des Einfluss-Bereiches des Tauchausgusses niedrig und gestuft ausgeführt sein.

[0014] Eine Alternative oder eine Zusatzmaßnahme zu Wassergeschwindigkeits- Änderungen besteht darin, dass die Kühlwasserkanäle oder die Kühlwasserbohrungen im Einflussbereich des Tauchausgusses im Sinn einer partiell verminderten Wasserbedeckung ausgeführt sind. Diese besteht aus einer Vergrößerung der Abstände der Kühlwasserkanäle oder der Kühlwasserbohrungen und/oder einer Verkleinerung der Strömungsquerschnittsflächen (F).

[0015] Eine andere Alternative oder Zusatzmaßnahme ist ferner dadurch gegeben, dass die Dicke der Breitseiten-Kupferplatten im Einflussbereich des Tauchausgusses partiell vergrößert ausgeführt ist.

[0016] Diese Maßnahme kann, um sehr hohen Kupferdicken zu entsprechen, noch dahingehend ausgeführt sein, dass die Breitseiten-Kupferplatten auf der Heißeite mit einer Nickel- oder Chromschicht versehen ist.

[0017] Die Wärmeübergangszahl α kann aber auch durch eine andere Alternative oder Zusatzmaßnahme gesenkt werden, dass die Breitseiten-Kupferplat-

ten im Einflussbereich des Tauchausgusses bei gegebenem Trichter mit einer Aufweitung des Trichters versehen sind.

[0018] Zur Erläuterung des Verfahrens ist eine Zeichnung beigefügt, die die vorausgesetzten Anlagenteile, Vorrichtungen u. dgl. darstellt.

[0019] Es zeigen:

[0020] **Fig. 1** einen horizontalen Schnitt durch eine symmetrische Hälfte einer Stranggießkokille mit Tauchausguss als Einheit,

[0021] **Fig. 2** den zu **Fig. 1** gehörenden vertikalen Mittenschnitt durch die Stranggießkokille mit dem Tauchausguss,

[0022] **Fig. 3A** einen Teil-Querschnitt durch die Kupferplatte mit Kühlwasserkanälen,

[0023] **Fig. 3B** einen vertikalen Teilschnitt durch den Gießspiegelbereich mit den einzelnen Medien-Längen (-Dicken),

[0024] **Fig. 3C** eine alternative Ausführungsform der Kühlwasserkanäle als Kühlwasserbohrungen,

[0025] **Fig. 4** einen Bereich der anzupassenden Wärmeübergangszahl α als Funktion der Wassergeschwindigkeit,

[0026] **Fig. 5** eine an den Strömungs-Schattenbereich des Tauchausgusses angepasste Wasserbedeckung,

[0027] **Fig. 6** eine an den Schattenbereich des Tauchausgusses angepasste Kupferplattendicke,

[0028] **Fig. 7** einen horizontalen Halbschnitt durch eine Trichteraufweitung in der Stranggießkokille,

[0029] **Fig. 8** ein Wärme-Übergangs-Diagramm zwischen der Kupferplatte und Kühlwasser,

[0030] **Fig. 9** einen senkrechten Schnitt mit Blickrichtung auf die Heißeite einer Breitseiten-Kupferplatte mit einem Horizontalschnitt des Gießstrangs im Zustand am Kokillenausgang,

[0031] **Fig. 10** die Ansicht auf die Breitseiten-Kupferplatte in der Ebene der Kühlwasserkanäle oder Kühlwasserbohrungen,

[0032] **Fig. 10A** einen senkrechten Schnitt durch die Breitseiten-Kupferplatte der **Fig. 10** im Einflussbereich des Tauchausgusses und außerhalb,

[0033] **Fig. 11** einen horizontalen Schnitt A-A durch die Breitseiten-Kupferplatte im Einflussbereich des Tauchausgusses und

[0034] **Fig. 12** einen horizontalen Schnitt B-B durch die Breitseiten-Kupferplatte außerhalb des Einflussbereichs des Tauchausgusses.

Ausführungsbeispiel

[0035] Als Beispiel für eine Stranggießkokille beliebigen Gießquerschnitts ist in **Fig. 1** eine Einheit aus einem Tauchausguss **1** mit einer Dünnbrammen-Stranggießkokille **2**, die aus zwei Breitseiten-Kupferplatten **2a** und zwei Schmalseiten-Kupferplatten **2b** bestehen, vorgesehen. Die Kupferplatten **2a** weisen entweder schlitzförmige Kühlwasserkanäle **3** oder runde Kühlwasserbohrungen **4** auf. Der Tauchausguss **1** ist bis unter einen während des Gie-

ßens konstant geregelten Gießspiegel **5** eingetaucht. Für den Fall, dass die Stranggießkokille **2** einen Trichter **6** mit einem Trichter-Ende **6a** aufweist, reicht der Tauchausguss **1** in die entsprechende Tiefe. Der flüssige Stahlwerkstoff **7** strömt durch die seitlichen Öffnungen **8** in den Pfeilrichtungen **9** in die Seitenräume **10** und um die Außenform **1a** des Tauchausgusses **1** herum auch in den zwischen der Außenform **1a** und der Breitseiten-Kupferplatte **2a** verbleibenden Zwischenraum **11**. Auf dem Gießspiegel **5** wird durch Aufgeben von Gießpulver eine Schlackenschicht **13** zum Schutz gegen Oxidation gebildet (**Fig. 2**). Die Kupferplatten **2a** und **2b** werden durch am Eingang **14a** einfließendes und am Ausgang **14b** abfließendes Kühlwasser gebildet, dessen Fließrichtung (Eingang **14b** und Ausgang **14a**) auch umgekehrt werden kann. In **Fig. 3** ist die Lage des Tauchausgusses **1** von der Seite gesehen, die die Öffnungen **8** zeigt. Die Kupferplatten **2a** bilden den Trichter **6**, in den der Tauchausguss **1** auf einer unveränderbaren Höhe eingestellt ist. Die Abkühlung in den Kühlwasserkanälen **3** bewirkt eine stetig fortschreitende Erstarrung des Gießwerkstoffes von außen her, die zunächst zu einer gleichmäßig dicken Strangschale **15** führt. Die partielle Änderung der Wärmeübergangszahl α und ggfs. die veränderte Wassergeschwindigkeit **16** zusammen mit der partiellen Wasserbedeckung **17** durch das am Eingang **14a** einfließende und am Ausgang **14b** abfließende Kühlwasser bewirken auf den verschiedenen Höhenlinien **18** auf dem vollen Umfang **20** der Innenform **2c** eine zum Wärmestrom-Schatten des Tauchausgusses **1** angepasste Wärmeabfuhr. Die Rückkühlung des erwärmten Kühlwassers, die Mengen und Geschwindigkeiten werden in dem die Kupferplatten **2a** aufnehmenden Wasserkasten **19** durchgeführt bzw. eingestellt. In den **Fig. 3A** und **3C** sind die Kühlwasserkanäle **3** als Kühlwasserschlitze und als Kühlwasser-Bohrungen **4** dargestellt.

[0036] In **Fig. 3B** sind die Medien dargestellt, die die Wärmeströmung bei jeweils unterschiedlichen Widerständen durchdringen müssen. Hierbei werden (von rechts nach links gesehen) der flüssige Stahlwerkstoff **7** (St), der Stahl im Tauchausguss **1** (St/C), der Schlackenschmierfilm (SL), und die Kupferplatte **2** berücksichtigt.

[0037] Die Erfindung wirkt sodann derart, dass eine in vertikal übereinander und parallel vorausgesetzte horizontale Höhenlinien **18** auf der Innenform **2c** jeweils auf den vollen Umfang **20** der Innenform **2c** verlaufende Isotherme durch die partielle Änderung der Wärmeübergangszahl α [W/m²·K] funktional jeweils vom Beginn des Tauchausguss-Einflusses (den äußeren Bereichen) bis zur Mitte **1b** erzeugt wird, wobei gleichzeitig diese Isotherme durch eine partielle Wasserbedeckung **17** (vgl. die **Fig. 4** und **5**) über unterschiedlich beabstandete Kühlkanäle **3; 4** unterstützt wird.

[0038] Die Erfindung beruht auf einer Analogie zum Ohm'schen Gesetz aus der Elektrotechnik, in der die

Spannung U = Widerstand R · der Stromstärke J ist. Dabei wird metallurgisch die Summe aller Teilwiderstände in mehreren Stoffen mit unterschiedlichen spezifischen Leitfähigkeiten λ [W/m·K] ermittelt. Der Gesamtwiderstand ergibt sich zu $R_i = (l/\lambda \cdot F)$, mit l = Länge [m] und F = Fläche [m²], wobei der Medienwiderstand R_i mit den in der Bezugszeichenliste angegebenen natürlichen Leitfähigkeitswerten λ berechnet wird.

[0039] Die angewendete Grundgleichung setzt l/λ gleich, einerseits für

- Stahl (einer Dünnbramme) (St)
- der Schlacke (SL)
- dem Kupfer (Cu)
- dem Kühlwasser und andererseits mit
- Stahl im Tauchausguss (St/C)
- der Keramik (Ref)
- dem Stahl im Verfahren (St)
- der Schlacke (SL)
- dem Kupfer (Cu)
- und dem Kühlwasser.

[0040] Die sich daraus errechnete Isotherme gilt für eine Änderung der Wärmeübergangszahl α bzw. einer anzusetzenden Wassergeschwindigkeit, und führt bspw. zu einem Wert α Wasser = 1/–1,5 = –0,666, d.h. es findet eine Absenkung auf ein α von ca. 2/3 anstelle 1,000 statt.

[0041] Nach einer alternativen Lösung kann eine solche in einer Höhenebene verlaufende Isotherme ergänzend durch Reduzieren der Kühlwassermenge und/oder der Kühlwasser-Geschwindigkeit **16** in den Kupferplatten **2a** der Stranggießkokille **2** in dem Zwischenraum **11** gegenüber dem Tauchausguss **1** erzeugt werden (**Fig. 4**). Nach der vorstehend schon beschriebenen Berechnungsmethode wird die Wärmeübergangszahl α auf den Wert –0,666 von 1,000 gesenkt.

[0042] In **Fig. 5** ist dazu noch eine Zusatzmaßnahme gezeigt, aufgrund deren diese Isotherme durch partielle Wasserbedeckung **17** über unterschiedlich beabstandete Kühlkanäle **3; 4** unterstützt wird. Die Wasserbedeckung **17** wird rechnerisch wiederum ermittelt durch Gleichsetzung der λ -Werte für den Tauchausguss-Werkstoff, die Kupferplatte **2**, der Schlacke SL einerseits mit den Werten des Tauchausgusses **1**, der Keramik, des Gießwerkstoffes **7**, der Schlacke SL und der Kupferplatte Cu. Damit beträgt die Wasserbedeckung durch Änderung der Kühlschlitze ca. –0,034. Somit sind (**Fig. 5**) im Schattenbereich des Tauchausgusses **1** weniger Kühlwasserschlitze mit größerem Abstand anzuordnen.

[0043] Eine weitere Alternative (**Fig. 6**) sieht vor, dass die Isotherme durch eine abschnittsweise veränderte Dicke **2d** der Kupferplatte **2a** erzeugt wird. Dazu werden wiederum die λ -Werte für den Gießwerkstoff Stahl (St), die Schlacke (SL) und für Kupfer (Cu) gleichgesetzt den λ -Werten für den Ausgusswerkstoff (St/C), der Ausguss-Keramik (Ref), dem Gießwerkstoff Stahl (St), der Schlacke (SL) und der

Kupferplatte (Cu). Daraus errechnet sich eine theoretische Kupferdicke im Schattenbereich des Tauchausgusses von – 725 mm als Widerstand, um die Strangschale im Schattenbereich nicht zu unterkühlen.

[0044] Eine weitere Alternative für eine geringere Wärmeabfuhr im Schattenbereich des Tauchausgusses **1** gegenüber Bereichen der Kupferplatten **2** ergibt sich durch die Gestaltung gemäß **Fig. 7**. Danach ist vorgesehen, dass alternativ oder zusätzlich die Isotherme durch eine Trichteraufweitung **21** einer mit dem Trichter **6** versehenen Dünnbrammen- oder Dickbrammen-Stranggießkokille **2** im Einflussbereich des Tauchausgusses **1** erzeugt oder dadurch unterstützt wird. Die Berechnung erfolgt ebenfalls durch den vorgegebenen Berechnungsansatz mit den λ -Werten für Stahl (St), Schlacke (SL) und Kupferplatte (Cu) einerseits, die den λ -Werten für Stahl im Tauchausguss (St/C), der Keramik (Ref), dem Gießwerkstoff (St), der Schlacke (SL) und der Kupferplatte (Cu) gleichgesetzt werden. Aus der Gleichung errechnet sich $l = -100$ mm, so dass der Zwischenraum **11** auf beiden Seiten des Tauchausgusses **1** auf ca. 50 mm aufgeweitet wird.

[0045] Aus **Fig. 8** ist der Wärme-Übergang von der Kupferplatte **2a**; **2b** auf das Kühlwasser dargestellt. Das Diagramm zeigt, dass mit zunehmender Kühlwasser-Geschwindigkeit **16** die Wärmeübergangszahl α [$W/m^2 \cdot K$] ansteigt. Der Wasser-Standard WS liegt bei 46, αS = normiert als „1“. Bei Wasser im Zentrum des Tauchausguss-Schattens mit $\alpha Z = 0,66 \cdot \alpha S$ ergibt sich eine Kühl-Wasser-Geschwindigkeit von ca. 7 m/sec, die außerhalb des Einfluss-Bereichs des Tauchausgusses **1** auf 12 m/sec ansteigt.

[0046] Gemäß **Fig. 9** sind die Wirkungen der Kühlung ohne (linke Hälfte) und mit (rechte Hälfte) der Absenkung der Wärmeübergangszahl a ersichtlich. Im allgemeinen sind in den Breitseiten-Kupferplatten **2a** die Kühlkapazitäten KW gleich im Hinblick auf gleiche Ausführung der Kühlwasserschlitze **3** oder der Kühlwasserbohrungen **4**. Ohne die erfindungsgemäßen Kühlungsmaßnahmen ergibt sich jeweils außen eine Strangoberflächentemperatur S_{N1} und eine gleiche Strangoberflächentemperatur S_{N2} , die beide einen Wert $\alpha = 1$ aufweisen. Ebenso liegen die Strangoberflächentemperaturen T_{N1} und T_{N2} bei $\alpha = 1$ außerhalb des Tauchausguss-Schattens. Jedoch liegen die Strangschalendicke S_{Z1} und die Strangschalentemperatur T_{Z1} links bei $\alpha = 1$ und die Strangschalendicke S_{Z2} und die Strangschalentemperatur T_{Z2} bei $\alpha < 1$. Dementsprechend wird die Strangschalenerstarrung im Einflussbereich des Tauchausgusses **1** auch gleichmäßig.

[0047] Somit ergeben sich folgende Ergebnisse:

- a) Die Strangoberflächentemperatur $T_{N1} > T_{Z1}$ außerhalb des Tauchausguss-Schattens.
- b) Die Strangschalentemperatur T_{Z2} ist gleich der Strangoberflächentemperatur
- c) T_{N2} außerhalb des Tauchausguss-Schattens.
- c) Die Strangoberflächentemperatur S_{N1} (außer-

halb des Tauchausguss-Einflusses) ist kleiner als Strangschalendicke S_{Z1} (innerhalb des Tauchausguss-Einflusses).

d) Die Strangschalendicke S_{Z2} (innerhalb des Einflusses des Tauchausgusses) ist gleich der Strangoberflächentemperatur S_{N1} (außerhalb des Einflusses des Tauchausgusses).

e) Die Kühlkapazität KW_N ist bei $\alpha = 1$ gleich der Kühlkapazität KW_Z .

f) Die Kühlkapazität KW_Z ist bei $\alpha = 0,66$ kleiner der Kühlkapazität KW_N .

[0048] In **Fig. 10** in Verbindung mit den **Fig. 10A**, **11** und **12** werden die vorrichtungstechnischen Maßnahmen deutlich. Gemäß **Fig. 10A** sind Einlegestücke **23** und **24** zur Änderung der Strömungsgeschwindigkeit in die Kühlwasserkanäle **3** eingefügt. Entsprechende konische Stangen **22** befinden sich in den Kühlwasserbohrungen **4**. In **Fig. 10A** sind die im Einflussbereich des Tauchausgusses **1** befindlichen Kühlwasserkanäle **3** für Kühlwassergeschwindigkeiten **16** ausgelegt bei einem $\alpha = 0,66$.

[0049] Die außerhalb des Tauchausguss-Einflusses befindlichen Kühlwasserkanäle **3** sind mit den Einlegestücken **24** versehen (**Fig. 12**) oder mit den konischen Stangen **22** und arbeiten bei einer Wärmeübergangszahl $\alpha = 1$. Entsprechendes gilt für die Kühlwasserbohrungen **4** mit den konischen Stangen **22**.

[0050] Der hier wesentliche Bereich des Einflusses des Tauchausgusses **1** (**Fig. 11**) zeigt einen stufenförmigen Anstieg von Einlegestücken **23** bis zum Bereich außerhalb des Tauchausguss-Einflusses mit den Einlegestücken **24** und mit Werten für $\alpha = 0,66$ bis $\alpha = 1,0$.

Bezugszeichenliste

1	Tauchausguss
1a	Außenform
1b	Mitte
2	(Dünnbrammen-) Stranggießkokille
2a	Breitseiten-Kupferplatte
2b	Schmalseiten-Kupferplatte
2c	Innenform
2d	veränderte Dicke
3	schlitzförmiger Kühlwasserkanal
4	Kühlwasserbohrung
5	Gießspiegel
6	Trichter
6a	Trichter-Ende
7	(flüssiger) Stahlwerkstoff
8	seitliche Öffnung
9	(Strömungs- oder) Pfeilrichtung
10	Seitenraum
11	Zwischenraum
12	Schlackeschmierfilm
13	Schlackeschicht
14a	Eingang
14b	Ausgang
15	Strangschale

16	Wassergeschwindigkeit
17	partielle Wasserbedeckung
18	Höhenlinie
19	Wasserkasten
20	Umfang der Innenform
21	Trichteraufweitung
22	konische Stange
23	Einlegestück
24	Einlegestück
T_{N1}	Strangoberflächentemperatur außerhalb des Tauchausguss-Schattens bei $\alpha = 1$
T_{N2}	Strangoberflächentemperatur außerhalb des Tauchausguss-Schattens bei $\alpha < 1$
T_{Z1}	Strangschalentemperatur im Tauchausguss-Schatten bei $\alpha = 1$
T_{Z2}	Strangschalentemperatur im Tauchausguss-Schatten bei $\alpha < 1$
S_{N1}	Strangoberflächentemperatur außerhalb des Tauchausguss-Schattens bei $\alpha = 1$
S_{N2}	Strangoberflächentemperatur außerhalb des Tauchausguss-Schattens bei $\alpha = 1$
S_{Z1}	Strangschalendicke innerhalb des Tauchausguss-Schattens bei $\alpha = 1$
S_{Z2}	Strangschalendicke innerhalb des Tauchausguss-Schattens bei $\alpha < 1$
KW	Kühlkapazität [W/m ²]
α	Wärmeübergangszahl [W/m ² ·K]
ws	Wasser-Standard
αS	Wärmeübergangszahl/Standard = 1 (normiert)
αZ	im Zentrum des Tauchausguss-Schattens
wZ	Wasser im Zentrum des Tauchausgusses
U	Potentialdifferenz, Stahltemperatur und Wassertemperatur
R	Widerstand in allen Medien
R_i	Widerstand im Einzel-Medium
J	Wärmestrom in [W/m ²]
λ	spezifische Wärmeleitfähigkeit in [W/m·K]
l	Dicke der spezifischen Medien zwischen Brammenmitte und Kokillenwasserkühlung in [mm]
St	flüssiger Stahlwerkstoff
St/C	Stahl im Tauchausguss
Ref	Keramik; Feuerfest
SL	Schlackenschmierfilm
Cu	Kupferplatte zwischen Stahlwerkstoff und Kühlwasser
F	Strömungsquerschnittsfläche
$\lambda_{St/C}$	= 50 W/m·K
λ_{Ref}	= 10 W/m·K
λ_{St}	= 50 W/m·K
λ_{SL}	= 10 W/m·K
λ_{Cu}	= 300 W/m·K

Patentansprüche

1. Verfahren zum Stranggießen von flüssigen Metallen, insbesondere von flüssigen Stahlwerkstoffen, durch Eingießen des Gießwerkstoffs in einen Tauchausguss (1), der in einer aus wassergekühlten

Kupferplatten (2a; 2b) gebildeten Stranggießkokille (2) bis unter einen konstanten Gießspiegel (5) und ggfs. bis zu einem Trichterende (6a) zwischen den Breitseiten-Kupferplatten (2a) reicht und zumindest teilweise mit seiner Außenform (1a) der Innenform (2c) der Kupferplatten (2a) angenähert ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass während der Abkühlung in dem Bereich des Wärmestrom-Schattens des Tauchausgusses (1) die Wärmeübergangszahl α [W/m²·K] partiell derart abgesenkt wird, dass eine jeweils in einer horizontalen Höhenebene liegende Isotherme eine auf dem Umfang (20) gleichmäßige Strangschale (15) erzeugt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die in vertikal übereinander und parallel vorausgesetzten horizontalen Höhenlinien (18) auf der Innenform (2c) der Breitseiten-Kupferplatte (2) jeweils auf dem vollen Umfang (20) der Innenform (2b) verlaufenden Isothermen durch partielle Änderung der Wärmeübergangszahl α [W/m²·K] funktional jeweils vom Beginn des Tauchausguss-Einflusses bis zur Mitte (1b) des Tauchausgusses (1) erzeugt wird und dass gleichzeitig die Ausbildung der Isotherme durch partielle Wasserbedeckung (17) über unterschiedlich beabstandete Kühlkanäle (3; 4) unterstützt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Isotherme durch Reduzieren der Wassermenge und/oder der Wassergeschwindigkeit (16) in den Kupferplatten (2a) der Stranggießkokille (2) gegenüber dem Tauchausguss (1) erzeugt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Isotherme durch eine abschnittsweise veränderte Dicke (2d) der Kupferplatten (2a) und/oder einer aufgetragenen Nickel- oder Chromschicht erzeugt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass alternativ oder zusätzlich die Isotherme durch eine Trichteraufweitung (21) einer mit dem Trichter (6) versehenen Dünnbrammen- oder Dickbrammen-Stranggießkokille (2) im Einflussbereich des Tauchausgusses (1) erzeugt oder unterstützt wird.

6. Einrichtung zum Stranggießen von flüssigen Metallen, insbesondere von Stahlwerkstoffen, mit einer Stranggießkokille (2) und einem unter einen konstanten Gießspiegel (5) eingestellten Tauchausguss (1), der bis zu einem Trichterende (6a) zwischen den Breitseiten-Kupferplatten (2a) reicht und im Wesentlichen mit seiner Außenform (1a) der Innenform (2c) der Kupferplatten (2a) angenähert ist, dadurch gekennzeichnet, dass in den Breitseiten-Kupferplatten (2a) auf die Länge des Einflussbereichs des Tauchausgusses (1) die Kühlwasserkanäle (3) oder Kühlwasserbohrungen (4) auf eine derart abgesenkte

Kühlwassergeschwindigkeit mittels veränderbaren Strömungskanalquerschnitten (F) und/oder auf eine partielle Wasserbedeckung ausgelegt sind, dass die Wärmeübergangszahl α [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$] im Bereich des Tauchausgusses-Schattens kleiner als im Bereich außerhalb des Schattens ist.

7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlwasserkanäle (3) oder die Kühlwasserbohrungen (4) im Einflussbereich des Tauchausgusses (1) mittels Einlegestücken (23; 24) oder konischen Stangen (22) im Strömungsquerschnitt reduziert sind.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Einlegestücke (23) im Einflussbereich des Tauchausgusses (1) niedrig und gestuft ausgeführt sind.

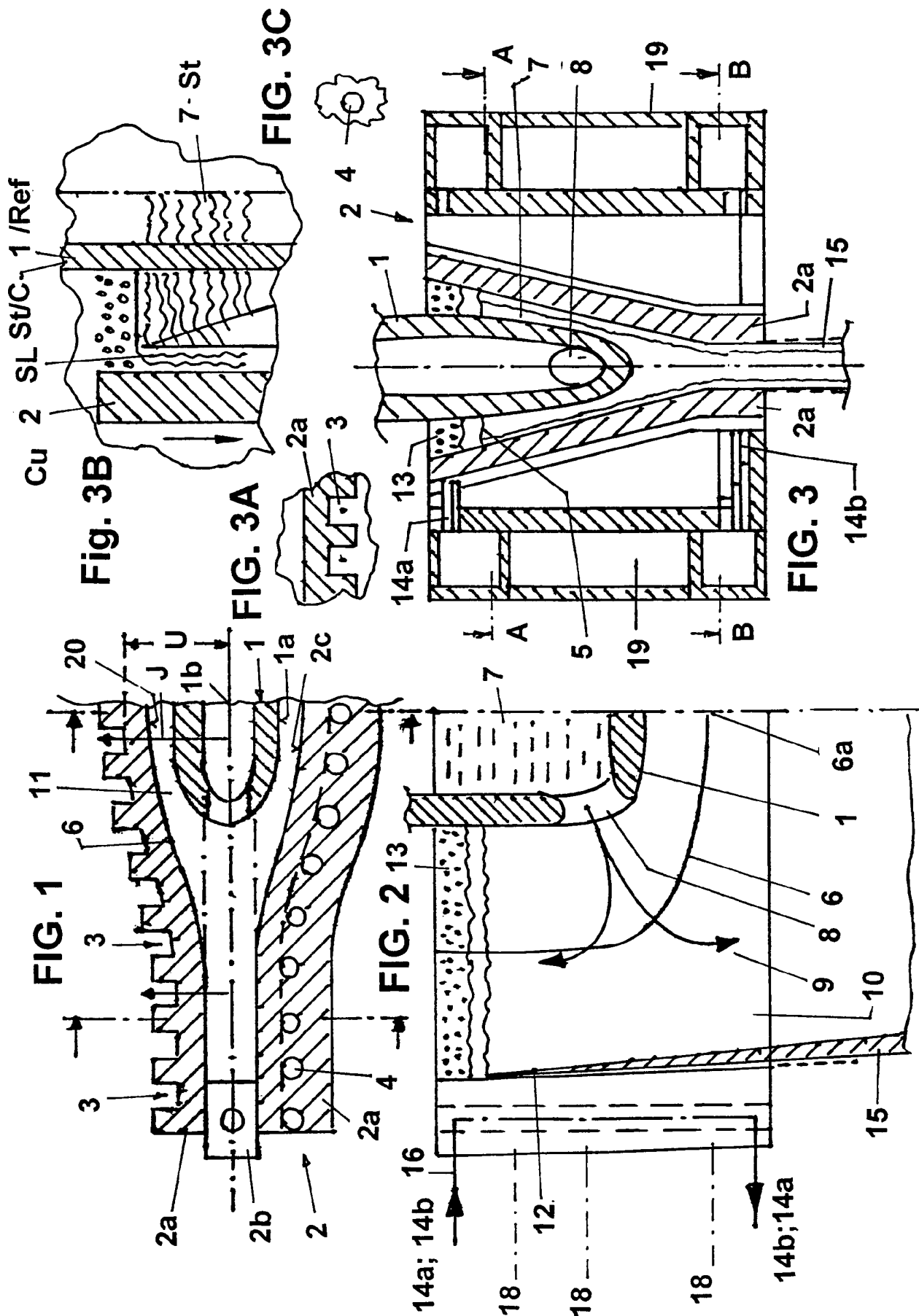
9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlwasserkanäle (3) oder die Kühlwasserbohrungen (4) im Einflussbereich des Tauchausgusses (1) im Sinn einer partiell verminderten Wasserbedeckung ausgeführt sind.

10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke (2d) der Breitseiten-Kupferplatten (2a) im Einflussbereich des Tauchausgusses (1) partiell vergrößert ausgeführt ist.

11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Breitseiten-Kupferplatten (2a) auf der Heißeite mit einer Nickel- oder Chromschicht versehen ist.

12. Einrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Breitseiten-Kupferplatten (2a) im Einflussbereich des Tauchausgusses (1) bei gegebenem Trichter (6) mit einer Aufweitung (25) des Trichters (6) versehen sind.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen



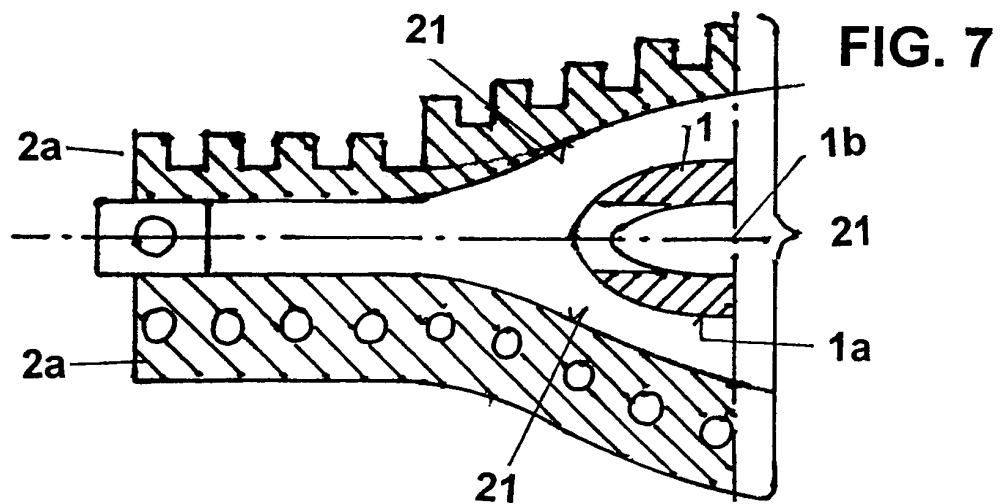
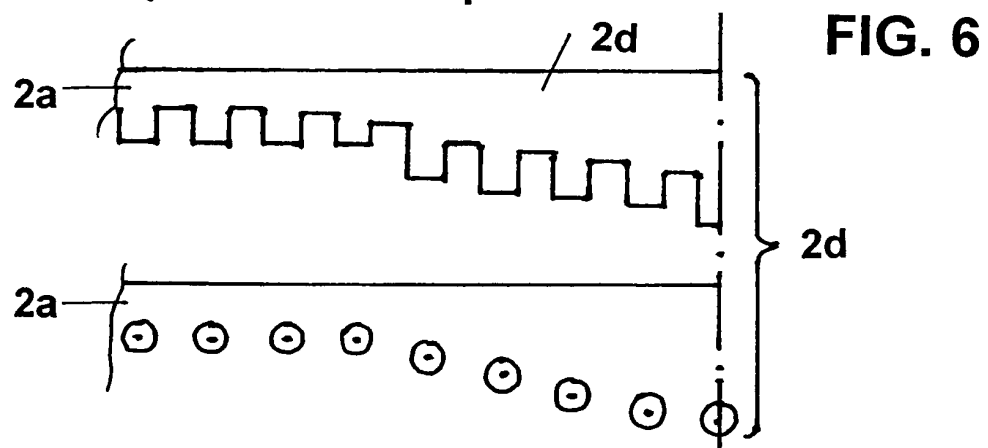
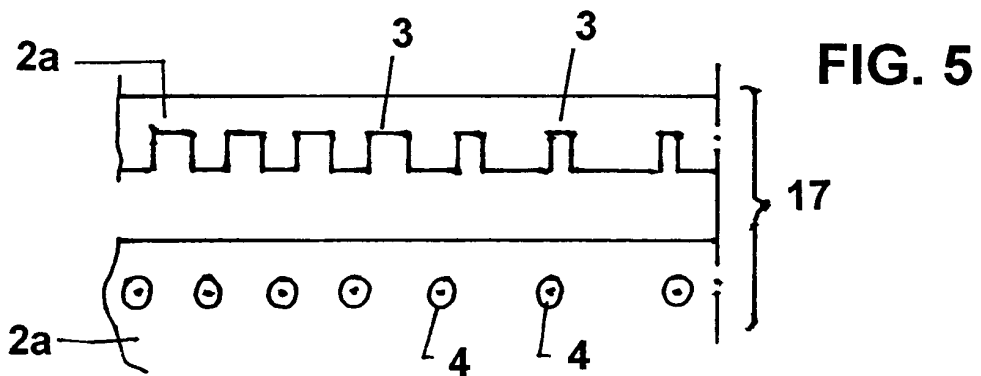
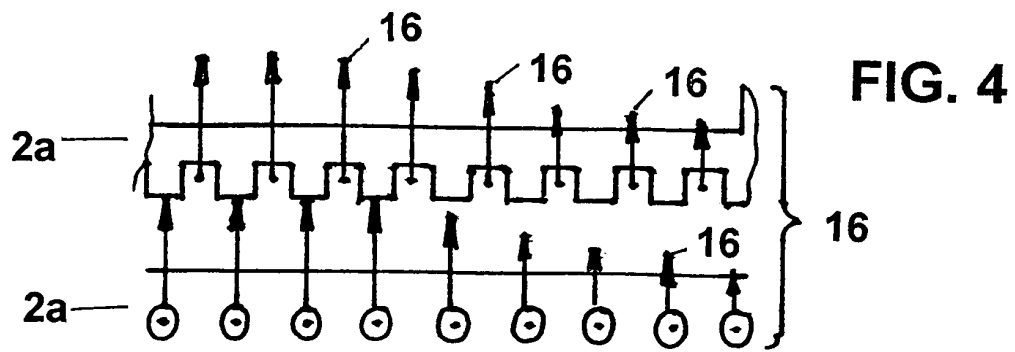


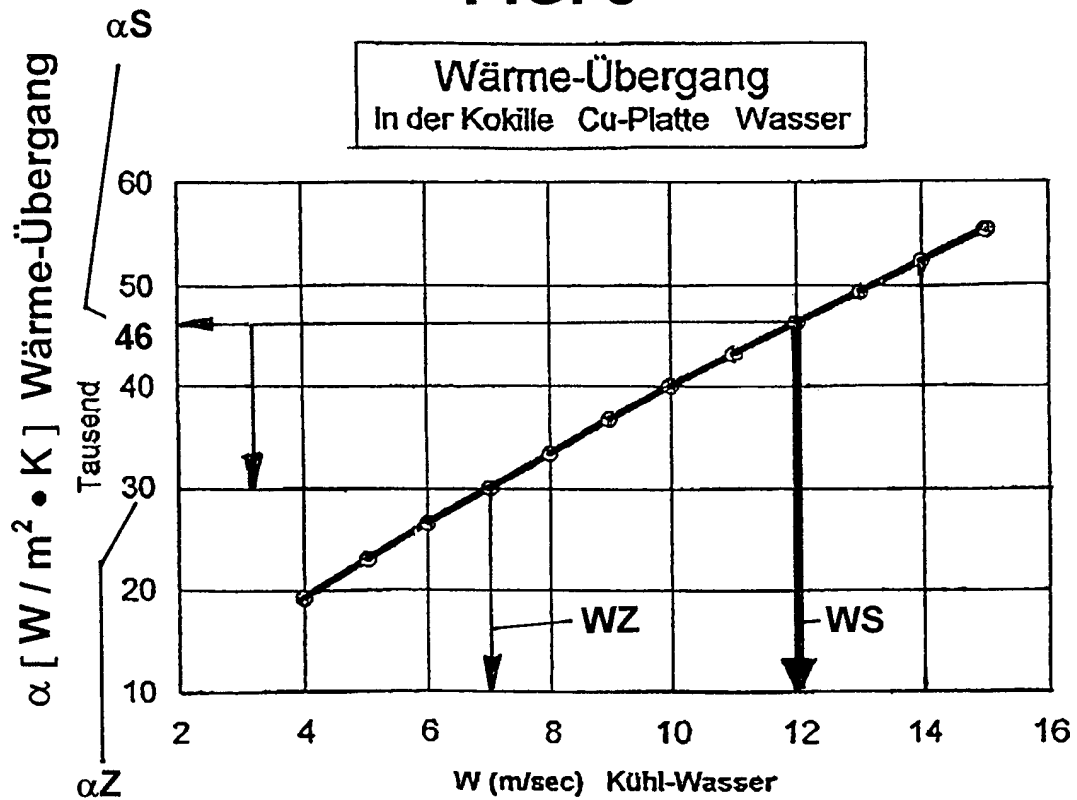
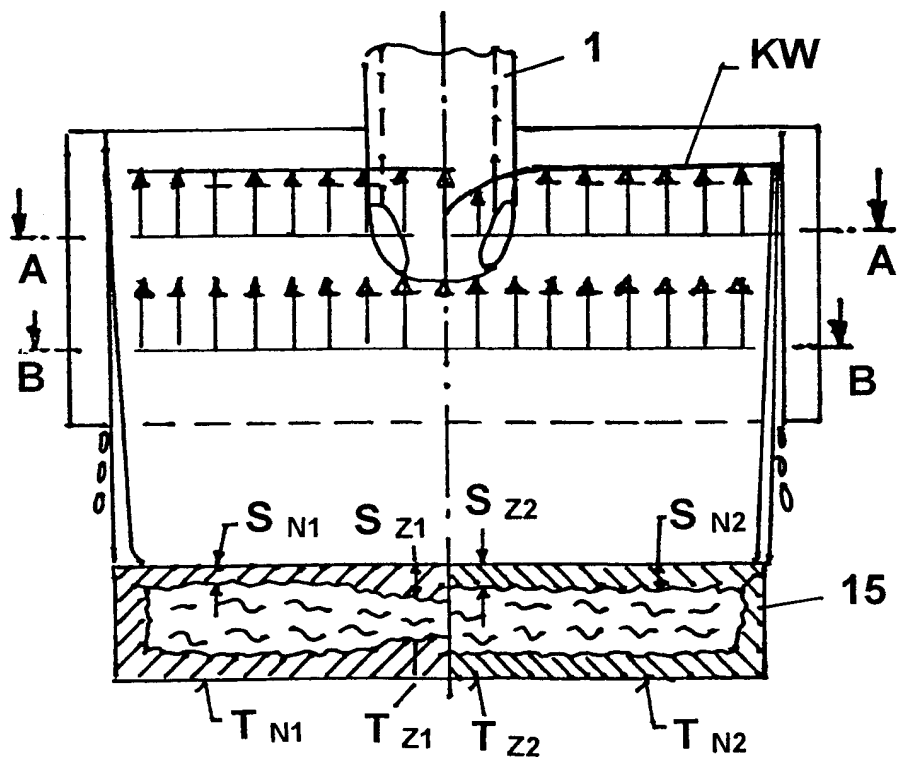
FIG. 8**FIG. 9**

FIG. 10

FIG. 10A

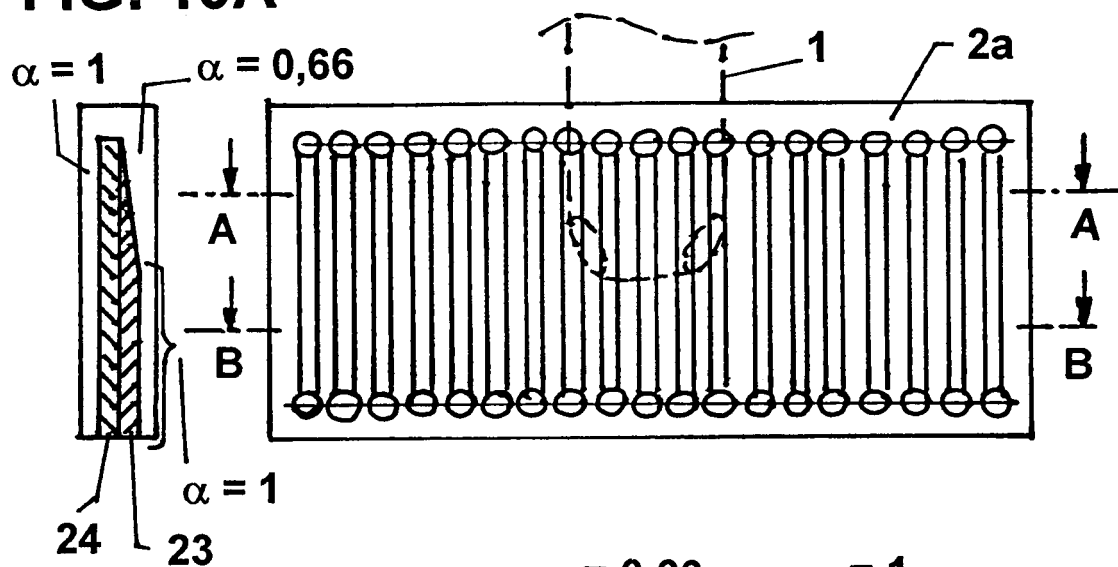


FIG. 11

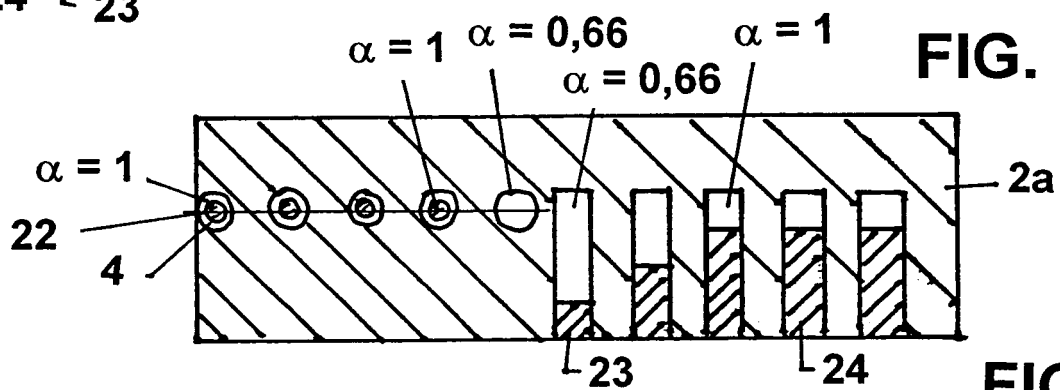


FIG. 12

