



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 066 898 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
10.01.2001 Patentblatt 2001/02

(51) Int. Cl.⁷: B22D 11/20

(21) Anmeldenummer: 00114274.4

(22) Anmeldetag: 04.07.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 06.07.1999 DE 19930909

(71) Anmelder: **SMS Demag AG
40237 Düsseldorf (DE)**

(72) Erfinder:
• **Pleschiutschnigg, Fritz-Peter, Prof. Dr.
47269 Duisburg (DE)**
• **Feldhaus, Stephan, Dr.
40237 Düsseldorf (DE)**

• **Parschat, Lothar
40885 Ratingen (DE)**
• **Vonderbank, Michael, Dr.
46509 Xanten (DE)**
• **Wosch, Erwin, Dr.
52222 Stolberg (DE)**

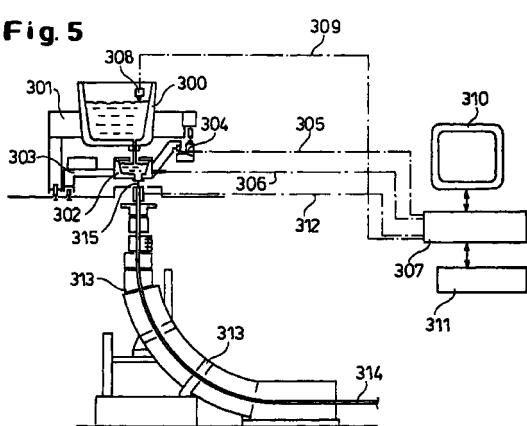
(74) Vertreter:
**Valentin, Ekkehard, Dipl.-Ing.
Patentanwälte
Hemmerich-Müller-Grosse-
Pollmeier-Valentin-Gihske
Hammerstrasse 2
57072 Siegen (DE)**

(54) Verfahren und System zur Schmelzenführung in einer Stranggiessmaschine

(57) Um ein Verfahren zur Schmelzenführung in einer Stranggiessmaschine, wobei die Schmelze einer bestimmten Legierung mit einer Liquidus-Temperatur T_{liq} über einen Verteiler in eine Gießform gegossen wird und der innerhalb der Gießform erstarrte Strang abgezogen wird, bereitzustellen, mit dem eine genaue Temperatur- und Gießgeschwindigkeitsführung für ein betriebssicheres und insbesondere automatisierbares Gießen möglich ist, wird auf Grundlage der Temperatur der Schmelze im Verteiler als Vorhersagemittel für die sich in der Kokille einstellende Temperatur folgender Prozeßablauf vorgeschlagen: Erfassen der Ist-Temperatur der Schmelze im Verteiler bei einer Ist-Gießgeschwindigkeit, Ermittlung des Ist-Wärmeverlustes der Schmelze im Verteiler und während ihrer Verweilzeit zwischen Verteiler und Gießspiegel in der Gießform, Ermitteln einer äquivalenten Liquidus-Temperatur T_{liq}^* als Grenztemperatur für die Temperatur der Schmelze im Verteiler, bei der bereits im Gießspiegelbereich der Gießform die Liquidus-Temperatur T_{liq} bei einer gegebenen Gießgeschwindigkeit erreicht wird, sowie der Isothermen der äquivalenten Liquidus-Temperatur $T_{liq}^* + x$ in Abhängigkeit von Überhitzungstemperaturen x mit $x > 0$, die Isothermen jeweils im Verhältnis zu den Schmelztemperaturen im Verteiler und Gießgeschwindigkeiten, Anpassen der Ist-Stranggießgeschwindigkeit an eine Soll-Stranggießgeschwindigkeit innerhalb eines vorgegebenen Isothermenfensters, dessen unterste

Grenze oberhalb des äquivalenten Liquidus-Temperaturverlaufs T_{liq}^* liegt.

Fig. 5



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Schmelzenführung in einer Stranggießmaschine, wobei die Schmelze einer bestimmten Legierung mit einer Liquidus-Temperatur T_{liq} über einen Verteiler in eine Gießform gegossen wird und der innerhalb der Gießform erstarrte Strang abgezogen wird, sowie ein System hierzu. Zudem betrifft die Erfindung eine Stranggießmaschine mit einem erfindungsgemäßen System.

[0002] Die Stranggießprozesse nach den herkömmlichen Stranggießverfahren mit einer oszillierenden Kokille über das Dünnbrämmengießen, das Bandgießen oder 2-Rollen-Gießen machen mit der ständig dünner werdenden Erstarrungsdicke des Gußproduktes mit kürzer werdenden Erstarrungszeiten und steigenden Gießgeschwindigkeiten eine genaue Prozeßführung notwendig.

[0003] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren sowie ein System zur Schmelzenführung in einer Stranggießmaschine bereitzustellen, mit denen eine genaue Temperatur- und Gießgeschwindigkeitsführung für ein betriebssicheres und insbesondere automatisierbares Gießen möglich ist.

[0004] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie ein System mit den Merkmalen des Anspruchs 10 erreicht. Vorteilhafte Weiterentwicklungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0005] Im einzelnen wird verfahrensgemäß vorgeschlagen, daß die Ist-Temperatur der Schmelze im Verteiler bei einer Ist-Gießgeschwindigkeit erfaßt wird, wobei die Erfassung der Temperatur diskontinuierlich oder kontinuierlich mittels geeigneter bekannter Temperaturaufnahmemittel, beispielsweise Thermoelementen oder Temperatursensoren, erfolgt. Es wird der Ist-Wärmeverlust der Schmelze im Verteiler und während ihrer Verweilzeit zwischen Verteiler und Gießspiegel in der Gießform, beispielsweise einer oszillierenden Kokille, durch Eingehen von Faktoren, die für den Wärmeverlust verantwortlich sind, ermittelt. Unter Kenntnis der Liquidustemperatur T_{liq} der zu vergießenden Schmelze und des aktuellen Wärmeverlustes wird eine äquivalente Liquidus-Temperatur T^*_{liq} (+ 0°C) als Grenzbereich für die Temperatur der Schmelze im Verteiler ermittelt, bei dem Stranggußfehler in der Kokille auftreten. Das heißt, es wird die Temperatur der Schmelze im Verteiler bzw. der Temperaturverlauf über die Gießgeschwindigkeit ermittelt, bei der die Schmelze in der Gießform bereits in einem unerwünscht frühen Stadium erstarrt, d.h. im Gießspiegel bzw. im Gießspiegelbereich. Wird nämlich die Liquidus-Temperatur bereits im Gießspiegel der Kokille erreicht, besteht die Gefahr einer Brückenbildung im erstarrenden Gefüge verbunden mit einem Strangdurchbruch durch fehlende Schlackenschmierung oder schadhafte Strangoberflächen. Die sich in der Kokille einstellende Stahltemperatur muß also so

gewählt sein, daß keine Vorerstarrung im Gießspiegel stattfindet und das Gießpulver ausreichend aufgeschmolzen wird, um eine gute Schmierung sowie Isolation des Stranges bei seiner Reise durch die Kokille sicherzustellen.

[0006] Es werden in Abhängigkeit dieser Grenztemperatur bzw. des Grenzverlaufs die Isothermen hierzu ermittelt, d.h. die äquivalenten Liquidus-Temperaturverläufe $T^*_{liq} + x(^{\circ}C)$ in Abhängigkeit der Überhitzungstemperatur $x(^{\circ}C)$ mit $x>0$, jeweils in Abhängigkeit von der Gießgeschwindigkeit. Es entsteht auf diese Weise ein Raster, welches unter Verwendung der Temperatur der Schmelze im Verteiler als Maß eine Vorhersage für die Temperaturverhältnisse in der Kokille zuläßt, indem das Verhältnis der Schmelztemperaturen im Verteiler und der Kokille über die Überhitzung und die jeweilige Gießgeschwindigkeit ausgenutzt wird. Es folgt ein Anpassen der Ist-Stranggießgeschwindigkeit an eine Soll-Stranggießgeschwindigkeit oder auch eines Soll-Stranggießgeschwindigkeitsbereichs innerhalb eines vorgegebenen Isothermenfensters, dessen unterste Grenze oberhalb des äquivalenten Liquidus-Temperaturverlaufs T^*_{liq} (+ 0°C) verläuft. Damit ist sichergestellt, daß zu keiner Zeit in Abhängigkeit der Temperatur der Schmelze im Verteiler und des Wärmeverlustes mit einer Gießgeschwindigkeit gefahren wird, die zu einem Durchbruch des Stranges in der Kokille aufgrund zu niedriger Temperaturen führen könnte.

[0007] Insgesamt wird damit die Temperatur der Schmelze im Verteiler als Maß zur Vorhersage der Temperaturverhältnisse in der Gießform verwendet. Auf diese Weise können die aktuellen Temperaturverhältnisse in der Kokille vorhergesagt werden bzw. mittelbar innerhalb einer "Inkubationszeit" erfaßt werden und zur Einstellung einer optimalen Gießgeschwindigkeit bzw. eines Gießgeschwindigkeitsbereiches genutzt werden. Die Gießgeschwindigkeit wird demnach nicht unmittelbar in Abhängigkeit von der Temperatur der Schmelze in der Kokille, sondern mittelbar über die Verteilertemperatur eingestellt.

[0008] Durch diese Vorhersagemöglichkeit bietet das Verfahren die Möglichkeit, auf eine sich abzeichnende, beispielsweise zu starke, Abkühlung der Schmelze im Gießspiegel der Kokille, welche durch die Bestimmung der äquivalenten T^*_{liq} -Temperatur im Verteiler, die auf der Schmelztemperaturmessung im Verteiler basiert, angezeigt wird, durch eine entsprechende Gießgeschwindigkeitserhöhung zu reagieren, um eine Gießstörung in der Kokille in Form von Oberflächenfehlern auf dem Gußprodukt oder eines Durchbruchs zu vermeiden. Diese relativ früh erkennbare Problematik bzw. Vorhersage der Geschehnisse in der Gießform bzw. Kokille wird besonders deutlich mit Hilfe einer Temperatur-Dauermessung der Schmelze im Verteiler und basiert auf der langen Verweilzeit des Stahles von beispielsweise 8 Minuten im Verteiler, die ausreichend Zeit für eine entsprechende Änderung der Gießgeschwindigkeit gibt.

[0009] Verfahrensgemäß werden zum Erreichen einer guten Prozeßführung Daten "online" gemessen werden, die den Erstarrungsvorgang in der Kokille bei einer hierzu optimalen Gießgeschwindigkeit und gleichzeitig einer störungsfreien Produktion und guten Oberflächenqualität sicherstellen.

[0010] Die Erfindung macht deutlich, daß mit der Erfassung der Schmelztemperatur im Verteiler durch diskontinuierliche und/oder kontinuierliche Messung sowie durch die qualitative "online"-Erfassung der Wärmeeverluste der Schmelze im Verteiler und zwischen Verteiler und Gießform eine optimale, durchbruchsichere und ggf. vollautomatische Schmelzenführung allein auf den Daten der Schmelztemperatur im Verteiler und der äquivalenten T^*_{liq} -Temperatur der Schmelze im Verteiler, $T^*_{liq} + 0^\circ\text{C}$ und ihren Isothermen +5 bis $+20^\circ\text{C}$, vorzugsweise in einem Schrittintervall von jeweils 5°C , bzw. die Temperaturverläufe über die Gießgeschwindigkeit zur Erzeugung eines Isothermenfensters sichergestellt werden kann.

[0011] Um ein sicheres Gießen zu erreichen, wird die Gießgeschwindigkeit so gewählt, daß die Temperatur der Schmelze im Verteiler entlang oder oberhalb der Isothermen des äquivalenten Liquidus-Temperaturverlaufs $T^*_{liq} + 5^\circ\text{C}$ verläuft. Vorzugsweise soll die Temperatur der Schmelze im Verteiler entlang oder unterhalb der Isothermen des äquivalenten Liquidus-Temperaturverlaufs $T^*_{liq} + 20^\circ\text{C}$ verlaufen, besonders vorzugsweise unterhalb der Isothermen des äquivalenten Liquidus-Temperaturverlaufs $T^*_{liq} + 15^\circ\text{C}$.

[0012] Insgesamt sollen diese ermittelten äquivalenten Liquidus-Temperaturverläufe $T^*_{liq} + 0^\circ\text{C}$ bzw. $x^\circ\text{C}$ einer Schmelze mit vorgegebenen Isothermenfenster in einem Verteilertemperatur-/Gießgeschwindigkeitsdiagramm über die Gießzeit einer Schmelze dargestellt werden und optisch sichtbar gemacht werden. Auf diese Weise ist eine Prozeßbeobachtung stets möglich. Gleichzeitig wird vorgeschlagen, daß in dieses Verteilertemperatur-/Gießgeschwindigkeitsdiagramm Einflußgrößen einfließen, die das Verteilertemperatur-/Gießgeschwindigkeitsdiagramm zu höheren oder niedrigeren Temperaturen verschiebt und somit dynamisch verändert. Spezielle Einflußgrößen und deren Auswirkungen werden in der BFigurenbeschreibung erläutert.

[0013] In den Wärmeverlust der Schmelze im Verteiler gehen die Verweilzeit der Schmelze im Verteiler ein, wobei die Verweilzeit der Schmelze im Verteiler abhängig ist von der Gießleistung, die wiederum bestimmt wird von der Gießbreite, der Erstarrungsdicke, der Gießgeschwindigkeit, dem aktuellem Verteilerfüllstand sowie dem Verhältnis von Verteileroberfläche zu dessen Volumen bzw. der Verteilergröße, das Absinken des Schmelzegewichts im Verteiler in Abhängigkeit zu dessen Oberflächen/Volumenverhältnis, die anfängliche Aufheizungszeit des Verteilers zur Einstellung der Schmelztemperatur entsprechenden Gleichgewichtstemperatur sowie die Isolation bzw. der Isolationszustand des Verteilers und somit die

Wärmeabstrahlung des Verteilers.

[0014] Das erfindungsgemäß vorgeschlagene System findet Anwendung in einer Stranggießmaschine mit einer oszillierenden Standkokille oder Wanderkokille, auch in Stranggießmaschinen mit einer Gießform, die als 2-Rollen-Kokille (Twin Roller) oder Bandkokille ausgebildet sind. Gerade bei den letzten beiden Verfahren erlaubt das vorgeschlagene System bei den notwendigen hohen Gießgeschwindigkeiten mit kürzeren Erstarrungszeiten bei kleinerer Erstarrungsdicke eine optimale Prozeßführung.

[0015] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung: Hierbei zeigen:

15 Fig. 1 schematisch einen Querschnitt eines Ausschnitts einer Stranggießmaschine mit einem Verteiler und einer oszillierenden Kokille;

20 Fig. 1a schematisch einen Längsschnitt einer Bandgießanlage mit Bandkokille;

25 Fig. 1b schematisch einen Querschnitt einer 2-Rollen-Anlage mit 2-Rollen-Kokille;

30 Fig. 2a ein Verteilertemperatur-/Gießgeschwindigkeitsdiagramm bzw. T/v_c -Raster nach der Erfindung;

35 Fig. 2b das Verteilertemperatur-/Gießgeschwindigkeitsdiagramm bzw. T/v_c -Raster der Fig. 2a mit eingetragenen äquivalenten T^*_{liq} -Verläufen;

40 Fig. 3 ein dynamisches Verteilertemperatur-/Gießgeschwindigkeitsdiagramm (T/v_c -Raster) nach der Erfindung;

45 Fig. 3a die schematische Darstellung des Einflusses der Verteilerisolation (E) und der Gießleistung (D) auf das Verteilertemperatur-/Gießgeschwindigkeitsdiagramm;

50 Fig. 3b die schematische Darstellung des Einflusses der anfänglichen Aufheizphase des Verteilers zur Einstellung eines Temperatur-Gleichgewichtszustands (A), des Absinkens des Gewichts der Schmelze im Verteiler (B) sowie einer Liquid-Core-Reduction (C);

55 Fig. 4 dynamisches Verteilertemperatur-/Gießgeschwindigkeitsdiagramm (T/v_c -Raster) mit einer Häufigkeitsverteilung von ordnungsgemäßen Schmelzen und einem Durchbruch über einen Zeitabschnitt;

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer

Stranggießmaschine mit einer oszillierenden Kokille sowie einer Steuerungs- und Darstellungseinheit.

[0016] Figur 1a stellt schematisch einen Teil des Gießprozeßablaufs einer Stahlschmelze in einer Stranggießmaschine dar, während Figur 5 einen Überblick über eine vollständige Stranggießmaschine gibt. Für den Gießprozeßablauf wird die Schmelze über eine Pfanne 1 in einen Verteiler 2 gegossen, aus dem sie anschließend über einen Tauchausguß (auch SEN) 3 in die Kokille 4 einströmt. Nach der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform des Gießverfahrens handelt es sich um eine in der Vertikalen gegenüber der erstarrenden Strangschale 5a, b oszillierende (vgl. Pfeile in den Kokillenseitenwänden 6a, b) Standkokille, beispielsweise eine Dünnbrammenkokille. Die Ausflußgeschwindigkeit der Schmelze aus dem Verteiler wird mittels eines vertikal verfahrbaren Stopfens 7 mit Verfahreinrichtung 7a oder eines Schiebers 8 geregelt. Das Tauchrohr 3 taucht in die Kokille 4 ein. Mit 9 ist der sich einstellende Gießspiegel, mit 10 das Gießpulver bzw. sich bildende Gießschlacke gekennzeichnet. Insgesamt ergibt sich die Gießgeschwindigkeit v_c . Mit x ist die sich durch die Kokillenabmessungen ergebende Brammenbreite beim Austritt aus der Kokille bezeichnet.

[0017] Der Verteiler 2 weist im thermischen Gleichgewicht mit der Schmelze eine Wärmeabstrahlung, hier gekennzeichnet durch 11, auf, die mit einer Hauttemperatur von beispielsweise 100°C angegeben werden kann und die somit zu einem Wärmeverlust des Stahls während seiner Verweilzeit im Verteiler führt. Der Verteiler 2 ist weiterhin gekennzeichnet durch ein maximales Gewicht der Schmelze mit einer maximalen Füllhöhe (h_{max}) im Verhältnis zu der jeweiligen Ist-Füllhöhe h_{ist} .

[0018] Verfahrensgemäß werden neben der Messung der Schmelztemperatur ($T_{Verteiler}$) im Verteiler, hier gekennzeichnet durch eine Meßeinrichtung 12, bei der es sich um eine diskontinuierlich oder kontinuierliche Messung handeln kann, die Wärmeverluste der Schmelze im Tauchrohr (SEN) 3, hier durch 13 gekennzeichnet, sowie ggf. die Ist-Füllhöhe h_{ist} des Verteilers erfaßt, die unmittelbar auf den Wärmeverlust des Stahles im Verteiler Einfluß hat.

[0019] In den weiteren Fig. 1a und 1b wird deutlich, daß das erfindungsgemäße Verfahren bzw. System nicht auf ein Stranggießen mit einer oszillierenden Kokille beschränkt ist, es sind ebenfalls Gießprozesse nach dem Bandgießverfahren (Fig. 1a), bei dem die Schmelze aus einem Verteiler 102 auf ein gekühltes Endlosband 104, welches um zwei Rollen 114, 115 läuft, gegossen und abgezogen wird, oder beispielsweise das 2-Rollen-Gießen (Fig. 1b), bei der die Schmelze aus einem Verteiler 202 zwischen zwei gegenläufig rotierende Rollen 214, 215 gegossen wird und anschließend abgezogen wird, denkbar.

[0020] Ausgehend von dem mittels Fig. 1 darge-

stellten Stofffluß stellen die Fig. 2 und 2a die Zusammenhänge zwischen der Schmelztemperatur im Verteiler bzw. der Überhitzung der Schmelze im Verteiler (oder des Wärmeverlustes der Schmelze im Verteiler und zwischen Verteiler und Badspiegel der Kokille) und der Gießgeschwindigkeit dar sowie die Nutzbarmachung dieser Zusammenhänge für die rechnerische Vorhersage der Temperatur der Schmelze im Badspiegel in der Kokille. Fig. 2a zeigt einen Ausschnitt aus Fig. 2 im Gießgeschwindigkeitsbereich von 3,5 bis 6,0 m/min. Unter Verteilertemperatur ist jeweils die Temperatur der Schmelze im Verteiler zu verstehen.

[0021] Aus Fig. 2 ist ersichtlich, daß beispielsweise bei konstantem Gießformat, bei konstanter Verteilertemperatur und bei konstantem Verteilervolumen der Verlust der Wärme einer Schmelze einer bestimmten Legierung zwischen Verteiler und Kokille bei einer Gießgeschwindigkeit von 4 m/min mit 30 °C und bei einer Gießgeschwindigkeit von 6 m/min mit 20°C ermittelt wurde. Die weiteren Abhängigkeiten sind mit 14 bezeichnet. Hieraus wird das Verhältnis sichtbar, daß bei niedriger Gießgeschwindigkeit der Schmelze im Verteiler bzw. zwischen Verteiler und Kokille mehr Wärme entzogen wird und deshalb die Überhitzung der Schmelze im Verteiler konsequenterweise höher sein muß, um eine zu frühe Erstarrung in der Kokille und somit Brückebildung zu vermeiden. Faßt man zusammen, so kann quantitativ gesagt werden, daß sich mit halber Verweilzeit der Stahlschmelze oder bei Verdopplung der Gießgeschwindigkeit bzw. der Strangbreite bei konstanter Erstarrungsdicke und bei konstanter Stahlmenge im Verteiler der Wärmeverlust halbiert und mit kleinerem Verteilervolumen sich der Wärmeverlust entsprechend dem Oberflächen/Volumen-Verhältnis und der Verweilzeit in der Summe verringert.

[0022] Die in das Diagramm eingezeichnete äquivalente T_{liq}^* -Temperatur der Schmelze im Verteiler (15) bzw. der äquivalente T_{liq}^* -Temperatur-Verlauf ($T_{liq}^* + 0^\circ\text{C}$) zeigen auf, bei welcher Temperatur im Verteiler die Stahltemperatur in der Kokille die Liquidus-Temperatur erreichen wird. Wird die Liquidus-Temperatur (hier etwa 1500°C) in der Kokille zu früh erreicht, so findet die Erstarrung bereits im Gießspiegel und nicht erst bei Kontakt mit den Kokillenwänden zur Ausbildung der erwünschten Strangschale statt, womit eine Brückebildung und damit ein Durchbruch durch fehlende Schlakkerischmierung oder schadhafte Strangoberflächen verbunden sind. Ein sicheres Gießen ist nur gegeben, wenn die Gießgeschwindigkeit so eingestellt wird, daß die Temperatur der Schmelze oberhalb der Isotherme $T_{liq}^* + 0^\circ\text{C}$, insbesondere oberhalb der Isothermen $T_{liq}^* + 5^\circ\text{C}$, verläuft. Verfahrensgemäß wird vorgeschlagen, auf Grundlage dieses äquivalenten Temperaturverlaufs deren Isothermen schrittweise für 5°C in dieses Diagramm einzutragen, so daß sich das in Fig. 2a dargestellte Isothermenfenster mit $T_{liq}^* + x^\circ\text{C}$ für $x = +5, +10, +15$ und $+20^\circ\text{C}$ ergibt (16). Vorteilhafterweise ergibt sich dann das Gießenfenster mit einer Verteilertemperatur

zwischen T_{liq}^* +5°C und T_{liq}^* +15°C bzw. den entsprechenden Temperaturverläufen. Das bevorzugte Gießfenster 17 ist schraffiert dargestellt.

[0023] Das in Fig. 2 bzw. 2a dargestellte Verhältnis der Temperatur der Schmelze zur Gießgeschwindigkeit ist von verschiedenen Faktoren beeinflußbar, die das T/v_c -Raster zu höheren oder niedrigeren Temperaturen verschieben und somit eine Dynamik einbringen. Der Einfluß verschiedener Faktoren ist in Figur 3 dargestellt. So wächst der Wärmeverlust mit dem Absinken des Verteilergewichtes in Funktion zum Oberflächen/Volumen-Verhältnis des Verteilers und zur Verweilzeit (Einfluß B), wie schematisch in Fig. 3b dargestellt. Ebenfalls erhöht sich der Wärmeverlust und damit die notwendige Überhitzung durch die sogenannte "Liquid Core Reduction", wobei der Strang mit noch flüssigem Sumpf von einer Kokillenaustrittsdicke x auf eine kleinere Erstarrungsdicke y reduziert wird (Einfluß C).

[0024] Dagegen verringert sich der Wärmeverlust mit größerer Gießleistung durch einen anfänglich zunehmenden Aufheizvorgang des Verteilers 2 beim Gießen der ersten Schmelze, wobei die Temperatur sich nach einer bestimmten Zeit auf eine Gleichgewichtstemperatur einstellt (vgl. Fig. 2b). Beispielsweise beträgt die Zeit t_{GG} ca. 20 - 30 min, bis ein Temperatur-Gleichgewicht zwischen Verteiler und Schmelze eingestellt ist (Einfluß A). Zudem verringert sich der Wärmeverlust mit zunehmender Gießbreite, in Fig. 3a mit dem Verhältnis D zu D1 dargestellt) sowie mit zunehmender Erstarrungsdicke (D2) und mit verbesserter Isolation des Verteilers der Verteilerausmauerung (Einfluß E, Fig. 3a) oder sinkende äußere Verteilerhauttemperatur und des Tauchausgusses.

[0025] Mit diesen Einflüssen A bis E wird das T/v_c -Raster dynamisch und kann während des Gießens mit Hilfe von 'online'-aufgenommenen Prozeßdaten ständig aktualisiert werden.

[0026] Nach Fig. 4 ist in einem solchen dynamischen Temperatur-Gießgeschwindigkeitssystem das Gießeigenschaftsverhalten einer Schmelze mit bestimmter Zusammensetzung wiedergegeben, wobei die jeweilige Gießgeschwindigkeit nach dem erfindungsgemäßen Verfahren optimal angepaßt wird, hier dargestellt durch 18. Des weiteren ist in Fig. 4 die Häufigkeitsverteilung (19) der Temperaturen der Schmelze im Verteiler im gegebenen Diagramm einer hier - Monatsproduktion - von guten und damit unauffälligen Schmelzen eingetragen, um eine Optimierung der Schmelzenführung statistisch ermitteln zu können.

[0027] Es ist zudem ein weiterer Schmelzenverlauf dargestellt (20), bei dem der Strang zu langsam gegossen oder eine zu geringe Überhitzung aufwies, und die Temperatur der Schmelze bereits im Gießspiegel der Kokille T_{liq} erreicht wurde. Die Temperatur der Schmelze im Verteiler entspricht der äquivalenten Temperatur T_{liq}^* oder ist kleiner als T_{liq}^* , (21); es kommt zum Durchbruch des Strangs durch eine Vorerstarrung im Gießspiegel und damit zu einer Störung der Schlak-

kenschmierung zwischen Strangschale und Kokillenwand und somit zum Ausschuß.

[0028] Fig. 5 zeigt eine Übersicht einer Stranggießmaschine mit einer Pfanne 300 sowie einer die Pfanne 300 aufnehmenden Haltevorrichtung 301 und einem Verteiler 302 mit entsprechender Haltevorrichtung 303. Der Wärmeverlust der Schmelze im Verteiler wird mittels geeigneter Meßeinrichtungen 304 ermittelt und die Daten über entsprechende Leitungen 305, 306 in einen Computer 307 eingespeist. Ebenfalls ist es denkbar, bereits den Wärmeverlust der Schmelze in der Pfanne mittels Meßeinrichtungen 308 zu messen und über die Leitung 309 in den Computer einzuspeisen. Es ist auch denkbar, in einer ersten Näherung von einer konstanten Stahltemperatur in der Pfanne mit einem Temperaturabfall von beispielsweise 0,1°C/min auszugehen. Verfahrensgemäß wird bei Kenntnis der aktuellen Überhitzung in der Schmelze, die um so sicherer ermittelbar ist, je mehr Faktoren erfaßt werden, und der Liquidus-Temperatur der Legierung die äquivalente Liquidus-Temperatur berechnet und im Temperatur-/Gießgeschwindigkeitsdiagramm mittels eines Monitors 310 dargestellt. Es wird nun automatisch oder halbautomatisch oder auch durch Bedienpersonal manuell durch Eingabemittel 311 eine Soll-Gießgeschwindigkeit, die im dargestellten Isothermenfenster liegt, eingestellt, und über eine Leitung 312 der Schieber oder Stopfen des Verteilers als Einstellemittel (315) für die Gießgeschwindigkeit gesteuert. Nach Erstarren der Strangschale wird der Strang 314 kontinuierlich über Rolleneinheiten 313 (Biege- und Richteinheiten) abgezogen.

[0029] Vorzugsweise sind das erfindungsgemäße Verfahren und das System eingesetzt für das Dünnbrammengießen. Eine Dünnbramme von beispielsweise 50 mm Erstarrungsdicke benötigt eine Erstarrungszeit von etwa 1 min. Die Vorgänge in der Kokille bei Gießgeschwindigkeiten von bisher maximal 8 m/min und in naher Zukunft 10 m/min machen für ein betriebssicheres Gießen eine genaue Temperatur- und Geschwindigkeitsführung notwendig, welche erfindungsgemäß bereitgestellt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Schmelzenführung in einer Stranggießmaschine, wobei die Schmelze einer bestimmten Legierung mit einer Liquidus-Temperatur T_{liq} über einen Verteiler (2, 102, 202, 302) in eine Gießform (4, 104, 214, 215) gegossen wird und der innerhalb der Gießform erstarrte Strang (314) abgezogen wird, gekennzeichnet durch

Erlassen der Ist-Temperatur der Schmelze im Verteiler bei einer Ist-Gießgeschwindigkeit, Ermittlung des Ist-Wärmeverlustes der Schmelze im Verteiler und während ihrer Ver-

- weilzeit zwischen Verteiler und Gießspiegel (9) in der Gießform,
- Ermitteln einer äquivalenten Liquidus-Temperatur $T^*_{liq} + 0$ (15) als Grenztemperatur für die Temperatur der Schmelze im Verteiler, bei der bereits im Gießspiegelbereich der Gießform die Liquidus-Temperatur T_{liq} bei einer gegebenen Gießgeschwindigkeit erreicht wird, sowie der Isothermen der äquivalenten Liquidus-Temperatur $T^*_{liq} + x$ in Abhängigkeit von Überhitzungstemperaturen x mit $x > 0$, die Isothermen jeweils im Verhältnis zu den Schmelztemperaturen im Verteiler und Gießgeschwindigkeiten,
- Anpassen der Ist-Stranggießgeschwindigkeit an eine Soll-Stranggießgeschwindigkeit innerhalb eines vorgegebenen Isothermenfensters, dessen unterste Grenze oberhalb des äquivalenten Liquidus-Temperaturverlaufs $T^*_{liq} + 0$ liegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
- daß die Isothermen der äquivalenten Liquidus-Temperatur $T^*_{liq} + x$ schrittweise in Intervallen von 5°C ermittelt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
- daß die Gießgeschwindigkeit so gewählt wird, daß die Temperatur der Schmelze im Verteiler entlang oder oberhalb der Isothermen des äquivalenten Liquidus-Temperaturverlaufs $T^*_{liq} + 5^\circ\text{C}$ verläuft.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
- daß die Gießgeschwindigkeit so gewählt wird, daß die Temperatur der Schmelze im Verteiler entlang oder oberhalb der Isothermen des äquivalenten Liquidus-Temperaturverlaufs $T^*_{liq} + 5^\circ\text{C}$ verläuft und daß die Temperatur der Schmelze im Verteiler entlang oder unterhalb der Isothermen des äquivalenten Liquidus-Temperaturverlaufs $T^*_{liq} + 20^\circ\text{C}$, vorzugsweise $+ 15^\circ\text{C}$, verläuft.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,
- daß in den Wärmeverlust der Schmelze im Verteiler eingehen: Verweilzeit der Schmelze im Verteiler und/oder Absinken des Schmelzegewichts im Verteiler in Abhängigkeit zu dessen Oberflächen/Volu-
- men-Verhältnis und/oder anfängliche Aufheizungszeit des Verteilers zur Einstellung der der Schmelztemperatur entsprechenden Temperatur und/oder Isolation bzw. der Isolationszustand des Verteilers.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet,
- daß in die Ermittlung des Wärmeverlustes der Schmelze während ihrer Verweilzeit zwischen Verteiler und Gießspiegel in der Gießform die Wärmeabstrahlung eines Tauchausgusses des Verteilers, der in die Kokille als Gießform eintaucht, eingeht.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet,
- daß die äquivalenten Liquidus-Temperaturverläufe $T^*_{liq} + 0$ sowie $+ T^*_{liq} + x$ einer Schmelze mit vorgegebenen Isothermenfenster in einem Verteilertemperatur-/Gießgeschwindigkeitsdiagramm über die Gießzeit einer Schmelze dargestellt werden und optisch sichtbar gemacht werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,
- daß in dem Verteilertemperatur-/Gießgeschwindigkeitsdiagramm Faktoren, die den Wärmeverlust beeinflussen, eingehen und optisch dargestellt werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet,
- daß die Soll-Stranggießgeschwindigkeit innerhalb des vorgegebenen Isothermenfensters, dessen unterste Grenze oberhalb des äquivalenten Liquidus-Temperaturverlaufs $T^*_{liq} + 0$ verläuft, automatisch eingestellt wird.
10. System zur Schmelzenführung in einer Stranggießmaschine, mit einem Verteiler (2, 102, 202, 302), von dem die Schmelze in eine Gießform (4, 104, 214, 215) gegossen wird, aus der der erstarrte Strang (314) abgezogen wird, sowie mit Mitteln (315) zur Einstellung der Stranggießgeschwindigkeit,
- mit Mitteln (12) zum Erfassen der Ist-Temperatur der Schmelze im Verteiler bei einer Ist-Gießgeschwindigkeit,
- Mitteln (304) zum Ermitteln des Wärmeverlustes der Schmelze im Verteiler und während

ihrer Verweilzeit zwischen Verteiler und Gießspiegel in der Kokille,
 Steuerungsmitteln für die Einstellungsmittel (7, 8) der Stranggießgeschwindigkeit zur Anpassung der Ist-Stranggießgeschwindigkeit an 5 eine Soll-Stranggießgeschwindigkeit innerhalb eines vorgegebenen Isothermenfensters, dessen unterste Grenze oberhalb des äquivalenten Liquidus-Temperaturverlaufs $T^*_{liq} +0$ liegt, wobei sich das Isothermenfenster ergibt durch 10 Ermitteln einer äquivalenten Liquidus-Temperatur $T^*_{liq} +0$ (15) als Grenztemperatur für die Temperatur der Schmelze im Verteiler, bei der bereits im Gießspiegelbereich der Gießform die Liquidus-Temperatur T_{liq} bei einer gegebenen Gießgeschwindigkeit erreicht wird, sowie 15 der Isothermen der äquivalenten Liquidus-Temperatur $T^*_{liq} +x$ in Abhängigkeit von Überhitzungstemperaturen x mit $x>0$, die Isothermen jeweils im Verhältnis zu den 20 Schmelztemperaturen im Verteiler und Gießgeschwindigkeiten.

11. System nach Anspruch 10, 25
 gekennzeichnet durch Mittel (310) zur optischen Darstellung der isothermen Temperaturverläufe in einem Verteilertemperatur-/Gießgeschwindigkeitsdiagramms und deren Einflußgrößen.
12. Stranggießmaschine mit einem System nach 30
 einem der Ansprüche 10 und 11 mit einer oszillierenden Standkokille (4, 304) oder Wanderkokille oder 2-Rollen-Kokille (214, 215) oder Bandkokille (104) als Gießform.

35

40

45

50

55

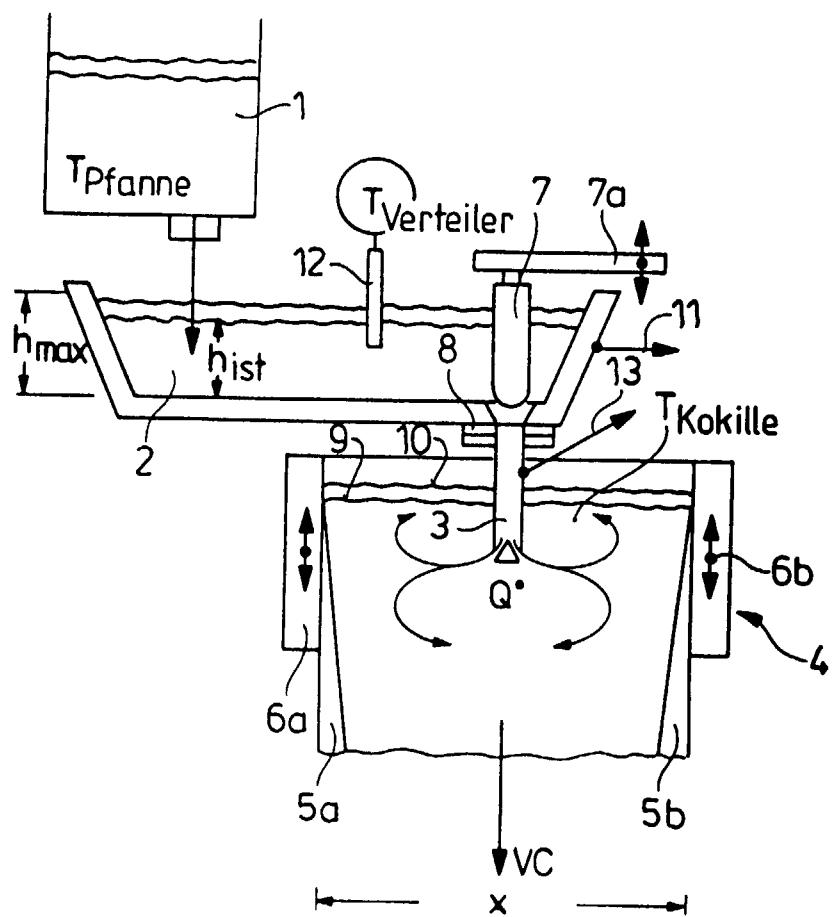
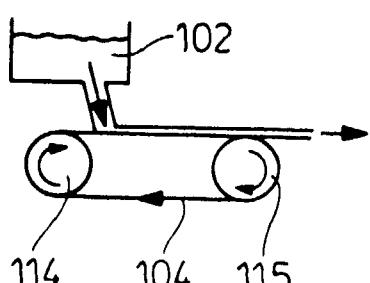
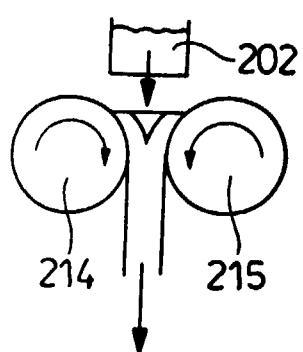
Fig. 1**Fig. 1a****Fig. 1b**

Fig. 2

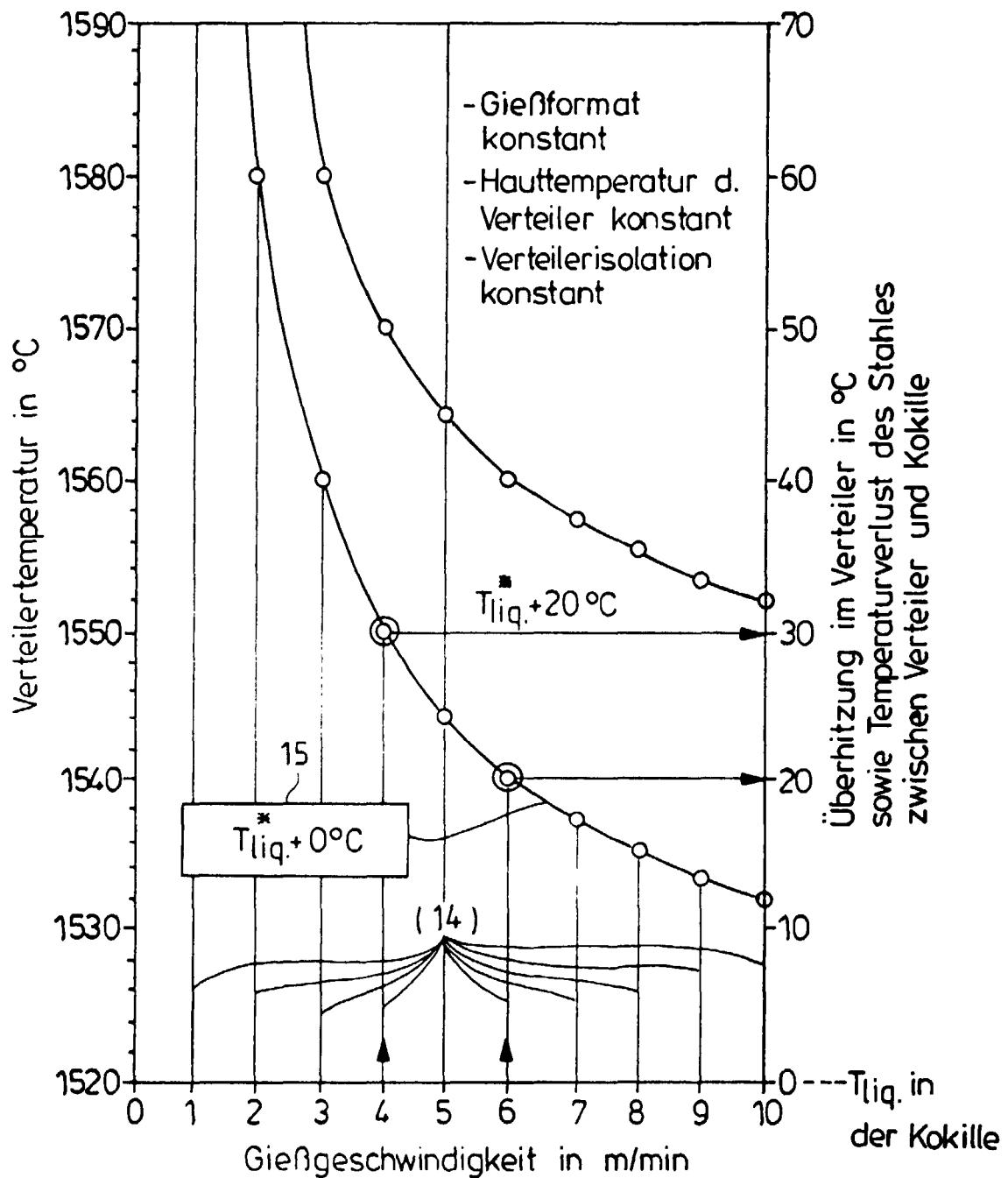


Fig. 2.1

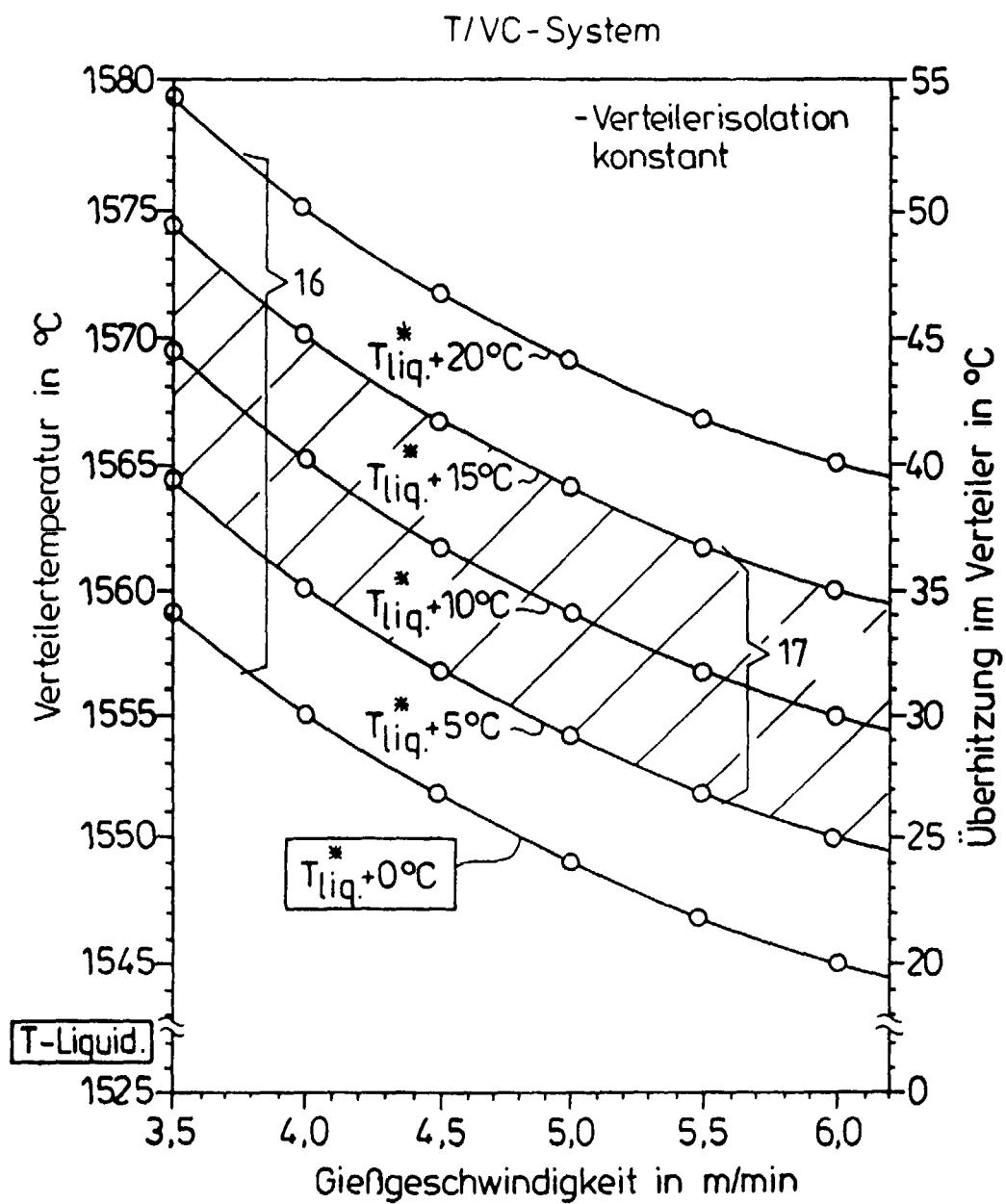


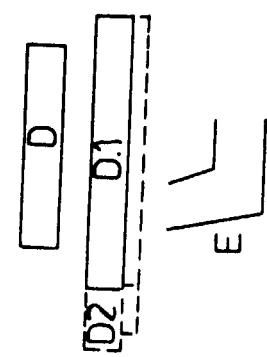
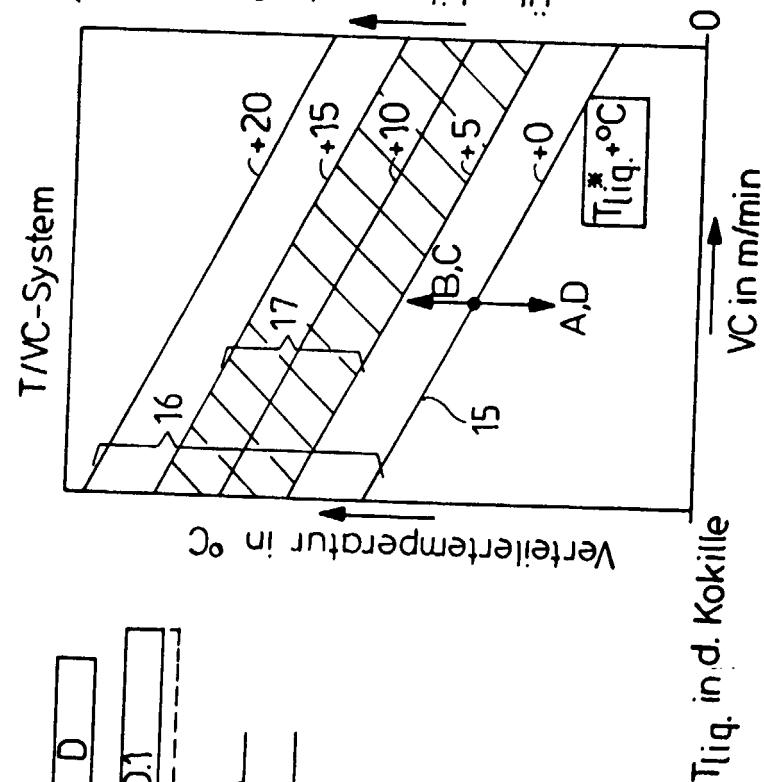
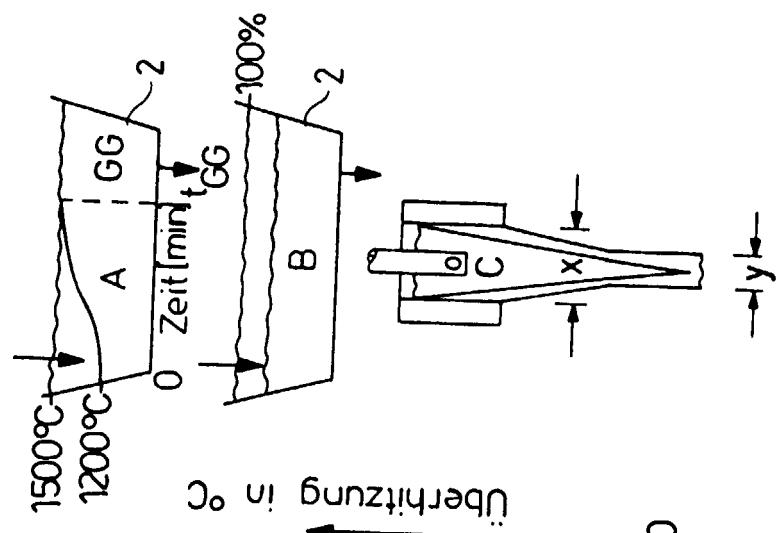
Fig. 3a**Fig. 3****Fig. 3b**

Fig. 4

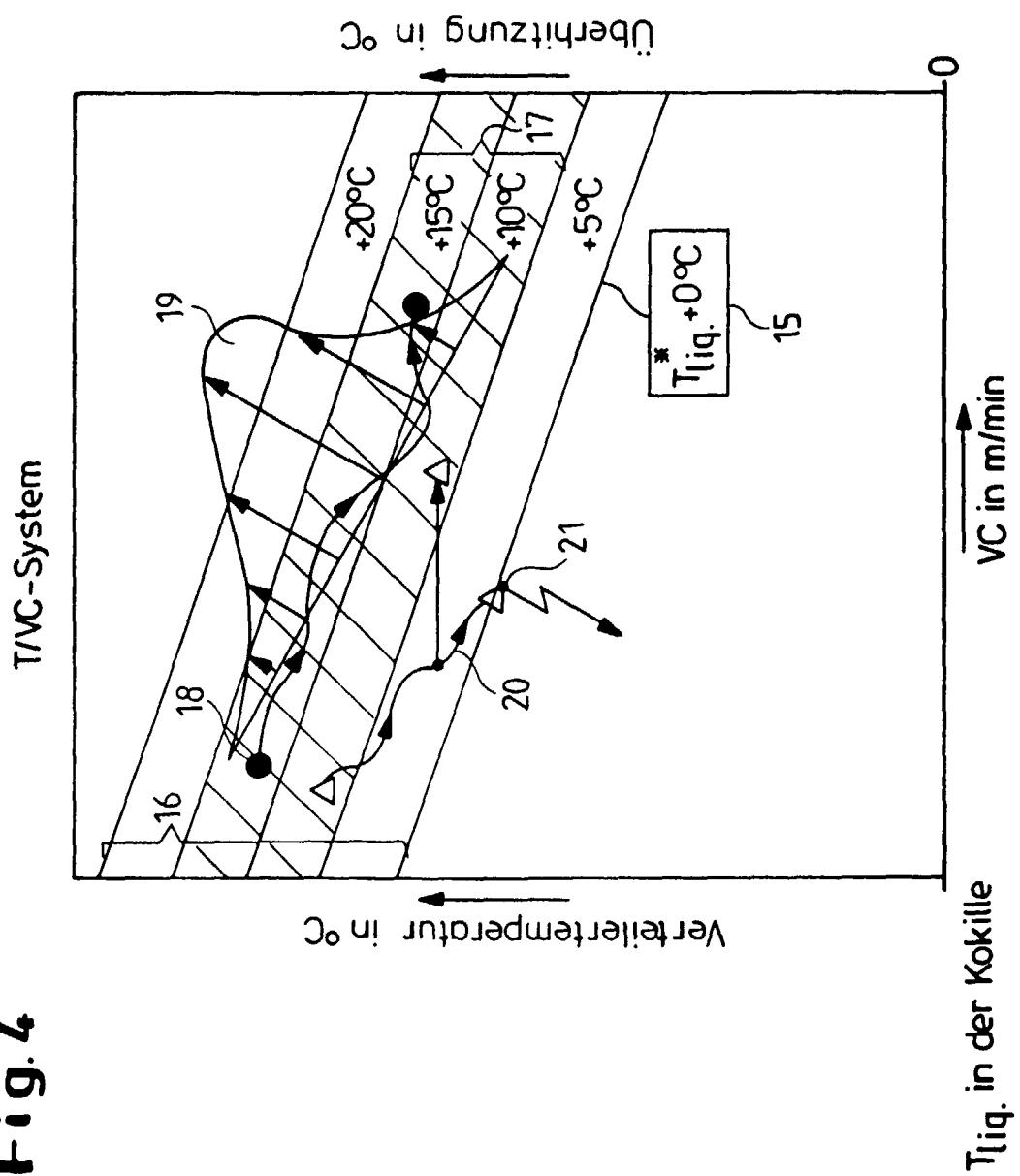
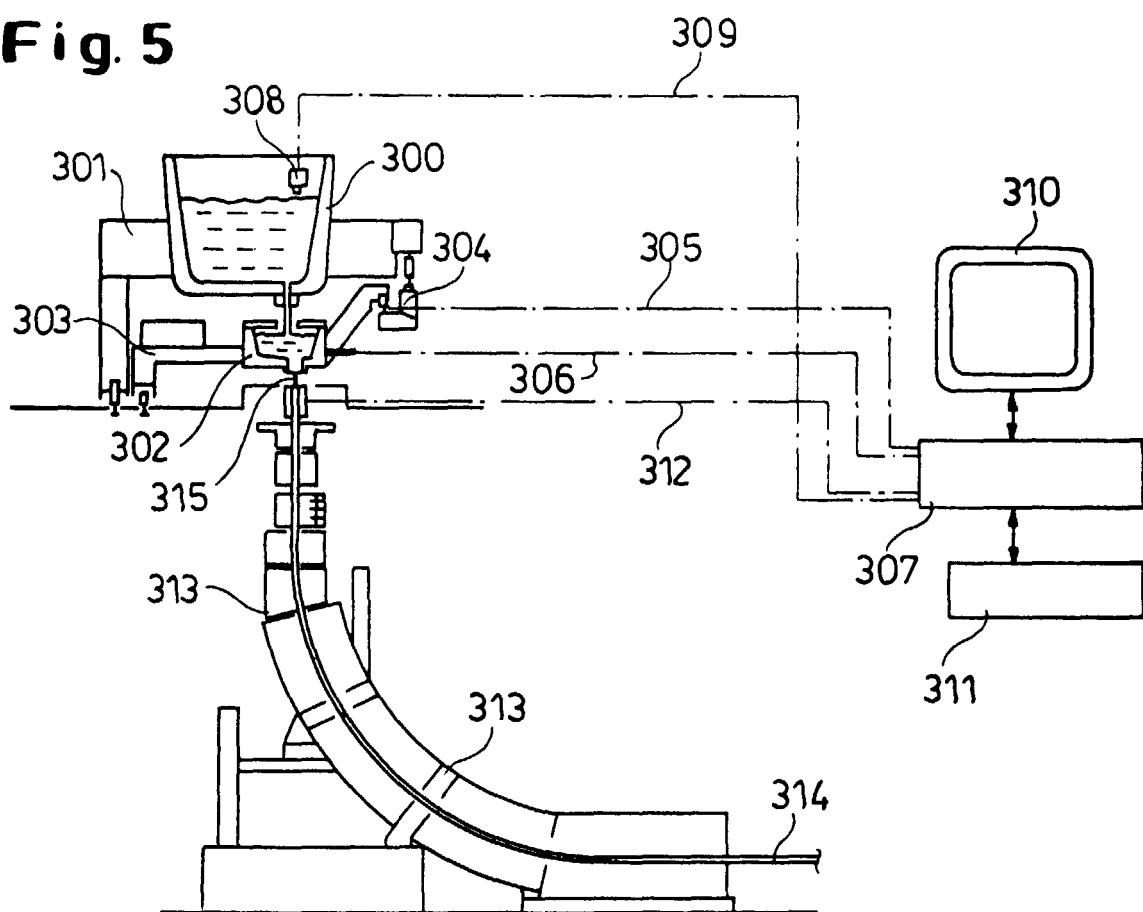


Fig. 5



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE									
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.CI7)						
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 08, 29. September 1995 (1995-09-29) & JP 07 112260 A (NIPPON STEEL CORP), 2. Mai 1995 (1995-05-02) * Zusammenfassung * ---	1	B22D11/20						
A	US 4 235 276 A (GILLES HERBERT L ET AL) 25. November 1980 (1980-11-25) * Ansprüche 1-24; Abbildungen 1-3 *	1							
A	CH 646 352 A (VNII AVTOM CHERNOI METALLURG) 30. November 1984 (1984-11-30) * Abbildungen 1,2 *	1							
			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int.CI7)						
			B22D						
<p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Recherchenort</td> <td style="width: 33%;">Abschlußdatum der Recherche</td> <td style="width: 34%;">Prüfer</td> </tr> <tr> <td>DEN HAAG</td> <td>27. Oktober 2000</td> <td>Mailliard, A</td> </tr> </table>				Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	DEN HAAG	27. Oktober 2000	Mailliard, A
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer							
DEN HAAG	27. Oktober 2000	Mailliard, A							
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument							
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur									

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 00 11 4274

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

27-10-2000

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 07112260	A	02-05-1995	KEINE	
US 4235276	A	25-11-1980	CA 1152722 A	30-08-1983
CH 646352	A	30-11-1984	KEINE	