



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 284 175 A5

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

5(51) B 22 D 11/124

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) DD B 22 D / 328 579 2
(31) 88.06743

(22) 12.05.89
(32) 13.05.88

(44) 07.11.90
(33) FR

(71) siehe (73)

(72) Bobadilla, Manuel; Jolivet, Jean-Marc; Martinot, Michel, FR

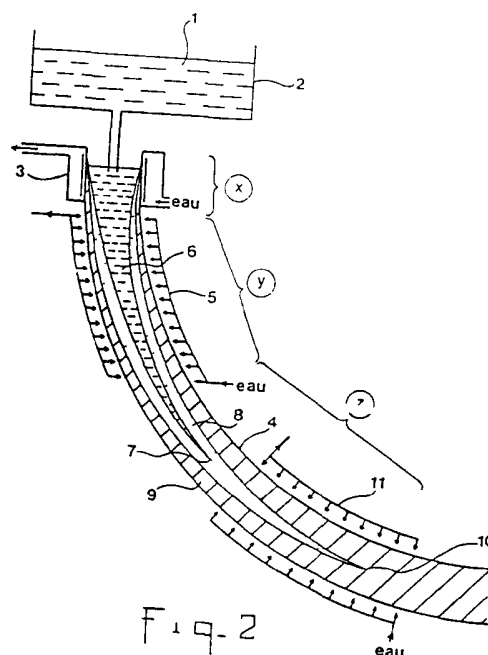
(73) Institut de Recherches de la Siderurgie Francaise (IRSID), 57210 Maizières-lès-Metz, Voie Romaine, FR

(74) Patentanwaltsbüro Berlin, Frankfurter Allee 286, Berlin, 1130, DD

(54) Verfahren zum Kühlen eines metallischen Gegenstandes während des Stranggießens

(55) Stranggießen; Innenrisse; Seigerungszone; thermische Kontraktion; magmaartiger Kern; Kühlanordnung; Erstarrungsintervall; Einklemmeffekt

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Kühlen eines metallischen Gegenstandes während des Stranggießens und eignet sich insbesondere für das Gießen von Stählen, die nur schwer dem Stranggießverfahren zugänglich sind, wie z. B. Stählen mit großen Erstarrungsintervallen, deren Kohlenstoffgehalt zwischen 0,25 und 1,5% liegt. Das Wesen der Erfindung besteht darin, eine heftige Kühlung eines stranggegossenen Gegenstandes vorzunehmen, solange dessen Kern noch einen magmaartigen Zustand aufweist, so daß die differentielle thermische Kontraktion zwischen diesem magmaartigen Kern und dem bereits vollständig erstarrten Außenmantel einen Einklemmeffekt des Kerns durch den Mantel bewirkt. Zu diesem Zweck ist eine Kühlanordnung in der Stranggießanlage auf Höhe des Endabschnitts ihrer metallurgischen Länge vorgesehen. Durch die Erfindung wird es möglich, die Ausbildung von Innenrispen während des Abkühlens des gegossenen Gegenstandes zu verringern bzw. zu vermeiden, die sonst zu Seigerungszone im axialen Abschnitt führen würden.
Fig. 2



Patentansprüche:

1. Verfahren zum Kühlen eines metallischen Gegenstandes, insbesondere aus Stahl, während des Stranggießens, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein verstärktes Kühlen des Gegenstandes durchgeführt wird, wenn sich dessen Kern in der magmaartigen Erstarrungsphase befindet, wobei das Kühlen derart erfolgt, daß die thermische differentielle Kontraktion zwischen dem magmaartigen Kern und dem bereits vollständig erstarrten Außenmantel permanent einen Einklemmeffekt des Kerns durch den Mantel bewirkt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das verstärkte Kühlen in einem Bereich erfolgt, der sich entlang der Gießanlage wenigstens zwischen der Stelle erstreckt, in der beim Fehlen einer derartigen Kühlung die Abkühlgeschwindigkeit des magmaartigen Kerns des Gegenstandes diejenige der Oberfläche des Gegenstandes übersteigen würde und einer Stelle, an der das thermomechanische Verhalten des magmaartigen Kerns während des Kühlvorgangs identisch ist mit demjenigen des erstarrten Außenmantels.
3. Verfahren nach Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Kühlen derart durchgeführt wird, daß sich der Einklemmeffekt des magmaartigen Kerns durch den erstarrten Mantel bis zu einem Punkt fortsetzt, an dem der Gehalt an erstarrtem Material im Inneren des magmaartigen Kerns wenigstens 60% beträgt.
4. Verfahren nach Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das verstärkte Kühlen durch Aufspritzen eines Kühlfluids, wie z. B. Wasser, auf die Oberfläche des gegossenen Gegenstandes erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Kühlen mit einer mittleren Wassermenge zwischen 8 und 15 m³ pro Stunde und pro m² an begossenem Gegenstand erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß als mittlere Menge ein Wert von ungefähr 12 m³ pro Stunde und m² an begossenem Gegenstand gewählt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Menge an Kühlfluid zwischen dem Beginn und dem Ende des Kühlabschnitts variiert.
8. Verfahren nach Ansprüchen 1, 2, 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß es auf das Gießen von Gegenständen aus Stahl angewandt wird, deren Kohlenstoffgehalt in einer Größenordnung von 0,25 bis 1,5 Gew.-% liegt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß gleichzeitig eine Bewegung im flüssigen Kern des Gegenstandes mittels einer Rühranordnung erzeugt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Rühranordnung wenigstens einen Induktor aufweist, der ein bewegliches elektromagnetisches Feld erzeugt.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Induktor verwendet wird, der den gegossenen Gegenstand umgibt und der ein magnetisches Feld erzeugt, das sich um die Gießachse herum dreht.
12. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Induktor mit ebenem Aufbau verwendet wird, der im Inneren des gegossenen Gegenstandes ein Gleitfeld erzeugt.
13. Stranggießanlage für metallische Gegenstände, insbesondere aus Stahl, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Durchführung des Kühlverfahrens gemäß den Ansprüchen 1 oder 2, eine Kühlanordnung für den Gegenstand im Endabschnitt der metallurgischen Anlage vorgesehen ist.
14. Stranggießanlage nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kühlanordnung aus einer Düsenreihe besteht, die auf die Oberfläche des gegossenen Gegenstandes ein Kühlfluid aufsprühen.
15. Metallurgischer Gegenstand, der direkt durch Stranggießen erhalten worden ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß er einen Aufbau und ein inneres Gefüge aufweist, entsprechend denjenigen von Gegenständen, die durch das Verfahren nach Anspruch 1 hergestellt worden sind.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Kühlen eines metallischen Gegenstandes während des Stranggießens und wird vorteilhafterweise zum Stranggießen von Gegenständen aus Stahl, die mit einer derartigen Technik nur schwierig zu gießen sind, wie z. B. Stähle mit einem großen Erstarrungsintervall, d. h. z. B. solche, deren Kohlenstoffgehalt zwischen ungefähr 0,25 und ungefähr 1,5% liegt, eingesetzt.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Zum besseren Verständnis der nachfolgenden Beschreibung ist es vorteilhaft, sich den Gegenstand während der Erstarrung so vorzustellen, als ob er aus der Kombination dreier konzentrischer Körper aufgebaut ist, d. h.: einem Ring, der durch den bereits erstarrten Außenmantel (oder Außenhaut) gebildet wird, der einen zweiten Ring im magmaartigen Zustand einschließt, welcher den flüssigen Kern aus geschmolzenem Metall umgibt. Unter magmaartigem Zustand wird ein Zustand verstanden, in dem sich das Metall auf einer Temperatur befindet, die zwischen den Temperaturen für den flüssigen und dem festen Zustand liegt und in dem in unterschiedlichen Mengen flüssiges Metall und feste Kristalle gleichzeitig vorhanden sind. Während der Abfuhr des Gegenstandes bewegt sich dieser entlang der Anlage, wobei er derart gekühlt wird, daß die Erstarrung vom Umfang in Richtung zu seiner Mitte fortschreitet. Der flüssige Kern und der magmaartige Ring weisen demzufolge konische Profile auf, deren Spitzen zum Unterteil der Anlage zeigen. Die Grenzschichten zwischen den verschiedenen konzentrischen Körpern stellen beginnende bzw. endende Erstarrungsfronten dar. In einem fortgeschrittenen Zustand der Erstarrung verschwindet der flüssige Kern (Erreichung des Zustandes der beginnenden Erstarrung) und es bleiben nur der erstarrte Mantel und ein magmaartiger Kern übrig. In einem weiteren Stadium verschwindet der magmaartige Bereich wiederum (Ausbildung der Erstarrung), wonach der Gegenstand vollständig erstarrt ist.

Die Erstarrung und die Kühlung des gegossenen Gegenstandes werden üblicherweise in drei aufeinanderfolgenden Abschnitten der Stranggießanlage durchgeführt und zwar in Abfuhrrichtung wie folgt:

- Die Kokille, in der das flüssige Metall mit den die Wärme gut leitenden Wänden in Berührung kommt, wobei letztere durch einen Wasserkreislauf wirksam gekühlt werden. In diesem ersten Kühlabschnitt beginnt die Ausbildung der Gießhaut (des erstarrten Mantels), die den flüssigen Kern des Gegenstandes umgibt, wobei in diesem Abschnitt der Gegenstand seine endgültige Form annimmt;
- der zweite Kühlabschnitt, der gerade unterhalb der Kokille beginnt und sich über eine variable Länge entsprechend den örtlichen Gegebenheiten erstreckt. In diesem Abschnitt wird die durchlaufende Gießhaut mit einem Kühlfluid bespritzt (im allgemeinen mit Wassertröpfchen oder einer Mischung aus Wasser und Luft), wodurch die Ausbildung der beginnenden und endenden Erstarrungsfronten beschleunigt wird, in Richtung zum Inneren des Gegenstandes hin. An der Stelle jedoch, an der das Gießen mit Wasser aufhört, erhält man keine vollständige Erstarrung des Gegenstandes, wodurch der Kern des Gegenstandes im flüssigen Zustand verbleibt;
- und der Teil der Anlage, der sich an den zweiten Kühlabschnitt anschließt. Der durchlaufende Gegenstand wird nicht weiter begossen und kühlt sich auf natürliche Weise ab. In diesem Abschnitt erfolgt die Erstarrung des Kerns des Gegenstandes. Die verstärkte Kühlung des Gegenstandes in der Kokille und nach dem Verlassen der Kokille bewirkt ein schnelles Anwachsen der Gießhautdicke, um so die Bruchgefahr zu verringern und die Abfuhrgeschwindigkeit des Gegenstandes erheblich zu erhöhen und damit die Produktivität der Stranggießanlage.

Außerdem ist die Löslichkeit von Legierungselementen in Eisen, wie z. B. Kohlenstoff, im festen Zustand des Eisens erheblich geringer als im flüssigen Zustand. Im magmaartigen Ring gibt es demzufolge örtliche Konzentrationsunterschiede in der Flüssigkeit, z. B. hinsichtlich des Kohlenstoffs.

Sofern es im Inneren des magmaartigen Ringes zu Bewegungen der mit Kohlenstoff angereicherten Flüssigkeit kommt, führt dies schließlich in der Mitte des vollständig erstarrten Gegenstandes zu sogenannten Seigerungszone, in denen die Konzentration an Kohlenstoff (und/oder anderen Seigerungselementen) erheblich höher ist als in anderen Bereichen. Die anderen Legierungselemente weisen ein ähnliches Verhalten wie Kohlenstoff auf und die Anordnung der Seigerungszone kann mittels Versuchen ermittelt werden, die im allgemeinen als Baumann-Abdruckverfahren bekannt sind und mit denen eine Markierung der Schwefelverteilung auf einem polierten Querschnitt des Gegenstandes ermöglicht wird. Diese Seigerungszone, die auch durch metallurgraphische Untersuchungen zu ermitteln sind, haben einen schädlichen Einfluß auf die Homogenität der mechanischen Eigenschaften des Gegenstandes. So weisen Stellen mit höherer Kohlenstoffkonzentration im Inneren des Gegenstandes in diesen Zonen eine größere Härte beim Walzen als der Rest des Gegenstandes auf.

Diese Eigenschaft ist besonders ausgeprägt im Falle von Stählen mit einem großen Anteil von Legierungselementen, wie z. B. bei denjenigen mit 0,5 bis 1,5% Kohlenstoff, die auch Stähle mit großem Erstarrungsintervall genannt werden, wie z. B. ein Stahl mit der Bezeichnung 100 C6. An einer Probe eines derartigen Gegenstandes, die entlang der Längsachse genommen wurde, konnte mittels des Baumann-Abdruckverfahrens festgestellt werden, daß sich die Seigerungszone V-förmig um die Achse des Gegenstandes verteilen, wobei deren Ausbildung noch nicht völlig erforscht ist.

Es wurde bereits versucht, diese Probleme durch Anwendung eines elektromagnetischen Rührvorganges im Metall in der magmaartigen Erstarrungszone zu lösen, indem die Flüssigkeit mit den Seigerungszone gewaltsam in einem größeren Bereich verteilt wurde. Dadurch läßt sich zwar eine Korrektur der Wirkungen erzielen, nicht jedoch eine Beseitigung der Grundlagen des Phänomens. Eine derartige Technik erfordert den Einsatz wenigstens eines Rührinduktors, der mit nicht unerheblichen Betriebskosten verbunden ist.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, das Entstehen von ausgeprägten Seigerungszone im Kern von stranggegossenen Gegenständen zu verringern, wenn nicht sogar zu verhindern.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein kostengünstiges und effektives Verfahren zu entwickeln, mit dem die Kontraktion des Kernes während des Abkühlens unterstützt wird und das gegebenenfalls anstelle von einem elektromagnetischen Rührverfahren im Endabschnitt der Erstarrung des Magmas eingesetzt werden kann.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ein verstärktes Kühlen des Gegenstandes durchgeführt wird, wenn sich

der Gegenstand in der magmaartigen Erstarrungsphase befindet, wobei das Kühlen derart erfolgt, daß die thermische differentielle Kontraktion zwischen dem magmaartigen Kern und dem bereits vollständig erstarrten Außenmantel, der ihn umgibt, permanent einen Einklemmeffekt des Kern durch den Mantel bewirkt. Dieses Kühlen erfolgt in einem Bereich, der sich entlang der Gießanlage wenigstens zwischen der Stelle erstreckt, an der beim Fehlen einer derartigen Kühlung die Abkühlgeschwindigkeit des magmaartigen Kerns des Gegenstandes diejenige der Oberfläche des Gegenstandes übersteigen würde und einer Stelle, an der das thermomechanische Verhalten des magmaartigen Kerns während des Kühlvorgangs identisch ist mit demjenigen des erstarrten Außenmantels.

Wie man sieht, wird erfindungsgemäß der erstarrte Außenmantel wie ein Schraubstock verwendet, der die Kontraktion des Kerns während des Abkühlens unterstützt. Mit anderen Worten, der Innendurchmesser des durch den erstarrten Außenmantel gebildeten Rings muß schneller abnehmen als der Durchmesser des magmaartigen Kerns, damit der Mantel auf den Kern einwirken kann. Diese Schraubstockwirkung wird thermisch erzielt mittels einer beschleunigten Kühlung der Oberfläche des Gegenstandes im unteren Abschnitt der Anlage, in dem üblicherweise der Gegenstand auf natürliche Weise abgekühlt wird. Es wurde bereits erwähnt, daß die Ursachen der V-förmigen Ausbildung von Seigerungszone im Mittenbereich des gegossenen Gegenstandes bis heute noch nicht vollständig erhellt und erklärt worden sind.

Eine von den Erfindern aufgestellte Hypothese scheint sich als zutreffend zu erweisen, im Hinblick auf die Auswirkung durch die vorliegende Erfindung und wird im folgenden schematisch dargelegt.

Während des Durchlaufs durch den zweiten Kühlabschnitt kühlt sich die Gießhaut schnell ab während der flüssige Kern auf einer fest konstanten Temperatur verbleibt. Beim Durchgang des Gegenstandes durch den Abschnitt der natürlichen Kühlung erfolgt das Abkühlen der Gießhaut, die nicht mehr bespritzt wird, erheblich langsamer. Im Hinblick auf die übliche Länge des zweiten Kühlabschnitts erfolgt ein erhebliches Absinken der Kerntemperatur (im magmaartigen Zustand) erst dann, wenn der Gegenstand bereits weitgehend in den Abschnitt der natürlichen Kühlung eingetreten ist.

Dies heißt, daß der magmaartige Innenbereich des Gegenstandes sich schneller abkühlt als die erstarrte Schicht, die ihn umgibt und damit eine stärkere thermische Kontraktion erfährt. Die derart auftretenden mechanischen Spannungen führen zur Ausbildung von Rissen in dem vorher magmaartigen Mittenblock, in die durch einen Saugeffekt Seigerungsflüssigkeit eintreten kann.

Im vollständig erstarrten Gegenstand sind also diese Rißstellen durch erhöhte Konzentrationen an Legierungselementen gekennzeichnet und führen damit zu den oben angegebenen Nachteilen.

Im Falle von Stählen mit großem Gehalt an Legierungselementen, wie z. B. an Kohlenstoff z. B. im Fall des 100C6-Stahls ist der Abstand zwischen der Anfangstemperatur und der Endtemperatur der Erstarrung relativ groß und die Erstarrung des Magmas kann sich demzufolge in einem größeren Bereich ausbilden als im Falle von geringlegierten Sorten. Dieses zusammen mit einer größeren Empfindlichkeit für das Seigerungsvermögen von Elementen zwischen der flüssigen und der festen Phase erklärt, warum die legierten Sorten dermaßen zur Ausbildung von Seigerungszone neigen im Axialbereich der stranggegossenen Gegenstände. In einigen Extremfällen verhindern diese Fehlstellen, daß der fertige Gegenstand eine ausreichende Qualität aufweist, so daß teilweise auf dessen Herstellung mittels Stranggießverfahren verzichtet werden muß.

Wie man sieht, verhindert die Erfindung durch Erzeugung einer thermischen Kontraktion des erstarrten Außenmantels die Ausbildung von Innenrissen im Gegenstand, die für die Bildung von Seigerungszone verantwortlich sind.

Ausführungsbeispiel

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1: schematisch eine herkömmliche gekrümmte Stranggießanlage für Stahl-Halbzeug;

Fig. 2: eine erfindungsgemäß veränderte Anlage, in der im letzten Erstarrungsabschnitt eine Kühlanordnung für den Gegenstand vorgesehen ist und

Fig. 3: eine grafische Darstellung der Entwicklung der Kühlgeschwindigkeiten der Oberfläche und des Kerns des Gegenstandes beim Durchgang durch den unteren Abschnitt der Anlage. Dabei ist sowohl der Fall des Fehlens als auch der Fall des Vorhandenseins einer Kühlanordnung im letzten Erstarrungsbereich dargestellt.

Fig. 1 zeigt schematisch einen Längsschnitt durch eine herkömmliche Stranggießanlage mit einem Gegenstand während der Erstarrung. Eine nicht dargestellte Gießpfanne versorgt einen Verteilerkasten 2 mit flüssigem Stahl 1. Der flüssige Stahl 1 ergießt sich anschließend in eine oder mehrere Kokillen 3 mit Wänden aus Kupfer oder Kupferlegierung, die stark mit Wasser gekühlt werden. In jeder dieser Kokillen (oder erstem Kühlabschnitt X) erfolgt die Erstarrung eines Gegenstandes 4 entlang seines Umfangs, der hierbei endgültigen Querschnitt annimmt. Die in Fig. 1 dargestellte Kokille weist eine Krümmung auf, die auch dem Gegenstand erteilt wird. Eine gerade Kokille führt zu einem geraden Gegenstand, wie er ebenfalls industriell hergestellt wird. Gerade unterhalb der Kokille 3 beginnt der zweite Kühlabschnitt Y, in dem der Gegenstand 4 über eine variable Länge je nach der Anlage durch Spritzdüsen 5 bespritzt wird. Diese richten entlang des gesamten Umfangs des Gegenstandes ein Kühlfluid auf diesen im allgemeinen fein verteiltes Wasser. Daran schließt sich der Abschnitt der natürlichen Kühlung Z an, in dem eine herkömmliche Anlage, wie die dargestellte, keine Kühlanordnung für den Gegenstand aufweist. Im unteren Abschnitt der Anlage befindet sich die nicht dargestellte Abrüstvorrichtung für den Gegenstand mit der Aufgabe, ihm eine gerade Form zu verleihen und die ebenfalls nicht dargestellte Trennvorrichtung, um ihn zu unterteilen.

In Fig. 1 erkennt man verschiedene konzentrische Bereiche im Inneren des Gegenstandes während des Stranggießens entsprechend dem physikalischen Zustand der von ihnen eingeschlossenen Materie. In einem Querschnitt des Gegenstandes im oberen Abschnitt der Anlage (z. B. im Abschnitt Y) trifft man aufeinanderfolgend auf drei Bereiche. Im Kern (Bereich 6) ist das Metall noch vollständig im flüssigen Zustand; der Querschnitt dieses Bereichs nimmt mit der Erstarrung des Gegenstandes ab und nach dem Verschwinden des flüssigen Zustandes am Ort 7 trifft man kein flüssiges Metall mehr an. Um den flüssigen Kern 6 herum befindet sich ein magmaartiger Bereich 8, der dem Metall während des Erstarrungsvorganges entspricht und der sowohl flüssiges als auch festes Metall aufweist. Der Gehalt an letzterem erhöht sich mit abnehmender Temperatur. Um diesen

magmaartigen Bereich herum besteht der Mantel 9 aus erstarrtem Metall. Jenseits des Abschlußpunktes 10 für die beendete Erstarrung entspricht der vollständig erstarrte Gegenstand dem Bereich 9.

Fig. 2 stellt die Stranggießanlage gemäß Fig. 1 dar, die erfindungsgemäß verändert worden ist. Gleiche Teile sind dabei mit gleichen Bezugszeichen versehen. Der Unterschied zwischen den beiden Anlagen besteht darin, daß die Anlage gemäß Fig. 2 mit einer zweiten Spritzdüsenanlage 11 versehen ist, und zwar im Abschnitt Z der Anlage, in dem der Gegenstand endgültig erstarrt. Fig. 3 zeigt Beispiele für die Entwicklungen der Geschwindigkeit V und der Temperatur des Metalls an der Oberfläche und im Kern als Funktion des Fortschreitens des Gegenstandes im Abschnitt Z der Anlage, in dem die endgültige Erstarrung erfolgt. Der Vorschub wird dabei durch den Abstand D am Meniskus ausgedrückt, d. h. an der Oberfläche des flüssigen Metalls in der Kokille. Die Kurven wurden mit Hilfe von mathematischen Berechnungen erhalten, ähnlich denjenigen, die den Betreibern von Stranggießanlagen zur Verfügung stehen. Sie gelten dabei für folgende Gießbedingungen:

- Art des Gegenstandes: Knüppel mit rechteckigem Querschnitt von 105 mm Seitenlänge;
- Zusammensetzung des Gegenstandes: Stahl mit 0,7% Kohlenstoff;
- Abzugsgeschwindigkeit des Gegenstandes: 3,3 m/min.

Unter diesen Bedingungen erfolgt die vollständige Erstarrung des Gegenstandes in einem Abstand von 11,20 m vom Meniskus, wie es durch die Linie S dargestellt ist.

Die Kurven A und B entsprechen dem Fall von Fig. 1, bei dem der Gegenstand im Endabschnitt der Anlage keiner verstärkten Kühlung unterworfen wird. Die Kurve A stellt die Entwicklungsgeschwindigkeit der Temperatur auf der Oberfläche des Gegenstandes dar. Sie zeigt, daß diese Geschwindigkeit im wesentlichen konstant bleibt (entsprechend einer Abnahme von 0,5°C/s) über die gesamte Länge in dem betrachteten Abschnitt. Die Kurve B stellt die Entwicklungsgeschwindigkeit der Temperatur des magmaartigen Kerns des Gegenstandes dar. Sie zeigt, daß zu Beginn des betrachteten Abschnitts diese Temperatur praktisch konstant ist. Erst in einem Abstand von etwa 8 m vom Meniskus beschleunigt sich die Abkühlung des magmaartigen Kerns erheblich. Jenseits eines Abstands von 9,5 m vom Meniskus kühlt sich der magmaartige Kern um mehr als 0,5°C/s ab und damit schneller als die Oberfläche. Dies bedingt eine thermische Kontraktion des Kerns, die stärker ist als diejenige der Oberfläche und führt, nach der Hypothese der Erfinder, zum Auftreten von Fehlern im Gegenstand, die vermieden werden sollen.

Die Kurven C und D entsprechen dem Fall von Fig. 2, bei dem der Gegenstand erfindungsgemäß einer verstärkten Kühlung im Abschnitt Z am Ende der Erstarrung mittels der Spritzdüsen 11 unterworfen wird. Diese Kurven sind unter der Annahme erstellt, daß der Gegenstand bespritzt wird zwischen den Abständen vom Meniskus mit 8,40 m und mit 11,20 m mittels Wasser und einer Leistung von 12 m³ pro Stunde und pro m² am bespritzten Gegenstand, wobei diese Leistung gleichmäßig über die gesamte zu bespritzende Oberfläche verteilt wird. Die Kurve C stellt die Entwicklungsgeschwindigkeit der Temperatur der Oberfläche des Gegenstandes und die Kurve D die Entwicklungsgeschwindigkeit der Temperatur des magmaartigen Kerns dar. Vor dem Abschnitt mit zusätzlicher Kühlung fallen die Kurven mit den Kurven A und B zusammen. Ab dem Beginn des Abschnitts der verstärkten Kühlung wird die Kühlung der Oberfläche erheblich beschleunigt und erreicht 9°C/s in einem Abstand von 9 m vom Meniskus. Danach nimmt die Kühlung immer mehr ab aufgrund der zunehmenden Verschlechterung der Art des thermischen Austausches zwischen dem Kühlwasser (dessen Menge und Temperatur konstant sind) und dem Gegenstand (dessen Temperatur abnimmt mit seinem Vorschub in dem Kühlabschnitt). Gleichzeitig hat die verstärkte Kühlung zur Folge, daß die Kühlung des magmaartigen Kerns beschleunigt wird, wobei dieser Effekt jedoch mit Verzögerung eintritt (ab einem Abstand vom Meniskus von 10 m) und langsam ansteigt. Schließlich und bei einer Distanz vom Meniskus von 11 m nimmt die Kühlung des magmaartigen Kerns schneller zu als diejenige der Oberfläche des Gegenstandes. Auf dieser Höhe ist der Kern praktisch ganz erstarrt und sein thermomechanisches Verhalten entspricht fast demjenigen des vollständig erstarrten Mantels, wodurch die Auswirkungen der thermischen differentiellen Kontraktion vernachlässigbar werden und keine V-förmigen oder prismaartigen Seigerungsbereiche auftreten können.

Die Erfindung ist natürlich nicht auf das dargestellte Ausführungsbeispiel beschränkt; eine Figur gemäß Fig. 3 läßt sich für jede Stranggießanlage erstellen, mit der ein Gegenstand unter vorgegebenen Bedingungen gegossen wird.

Es wurde festgestellt, daß jenseits der Stelle, an der der Erstarrungsanteil des Kerns des Gegenstandes 90% erreicht ein weiteres Bespritzen überflüssig ist. Für einige besonderen Fälle wurde auch gefunden, daß es ausreicht, das Spritzen nur so lange vorzunehmen, bis ein Erstarrungsanteil von 60% erreicht worden ist.

Es ist günstig, wenn die Kühlung des Gegenstandes bis zu einem Punkt etwa einen Meter jenseits des berechneten Erstarrungsendes erfolgt, aufgrund der rechnerischen Ungenauigkeit. Aus diesem Grunde ist in Fig. 2 die Kühlanordnung 11 derart dargestellt, daß sie sich über den Punkt 10 hinaus erstreckt. Diese Rechenungenauigkeit führt auch gemäß Fig. 3 zu einer Ungenauigkeit des Schnittpunktes zwischen den Kurven A und B von etwa +/– 1 m. Auch die Wahl des Punktes, an dem diese verstärkte Kühlung beginnt, muß diese Ungenauigkeit berücksichtigen. Es ist demzufolge vorteilhaft, die ersten Spritzdüsen der Anlage 11 wenigstens 1 m vor diesem Schnittpunkt anzuordnen. Dabei ist jedoch auch zu berücksichtigen, daß diese Verschiebung des Kühlbeginns kein vorzeitiges Ansteigen der Kurven C und D von Fig. 3 bedingt, d. h. bereits an einem Punkt beginnt, an dem der erstarrte Anteil des magmaartigen Kerns kleiner als wenigstens 60% ist.

Die empfohlenen Kühlwassermengen liegen in der Größenordnung von 8 bis 15 m³/h pro m² begossener Metallfläche. Vorzugsweise wird eine Menge von 12 m³/m² h gewählt.

Das Verfahren eignet sich für sämtliche vorhandenen Stranggießanlagen zur Herstellung von Stahlgegenständen. Insbesondere eignet es sich zum Gießen von Stahlsorten mit etwa 0,25 bis 1,5% Kohlenstoff.

Ein anderes mögliches Ausführungsbeispiel besteht darin, die Kühlanlage 11 derart auszugestalten, daß die Menge an Kühlfluid zwischen dem Beginn und dem Ende des Kühlabschnittes variiert. Der Wert der mittleren Gesamtmenge in diesem Abschnitt bleibt dabei im Vergleich zum vorhergehenden Ausführungsbeispiel unverändert. Dadurch wird es möglich, die Wärmeabfuhr

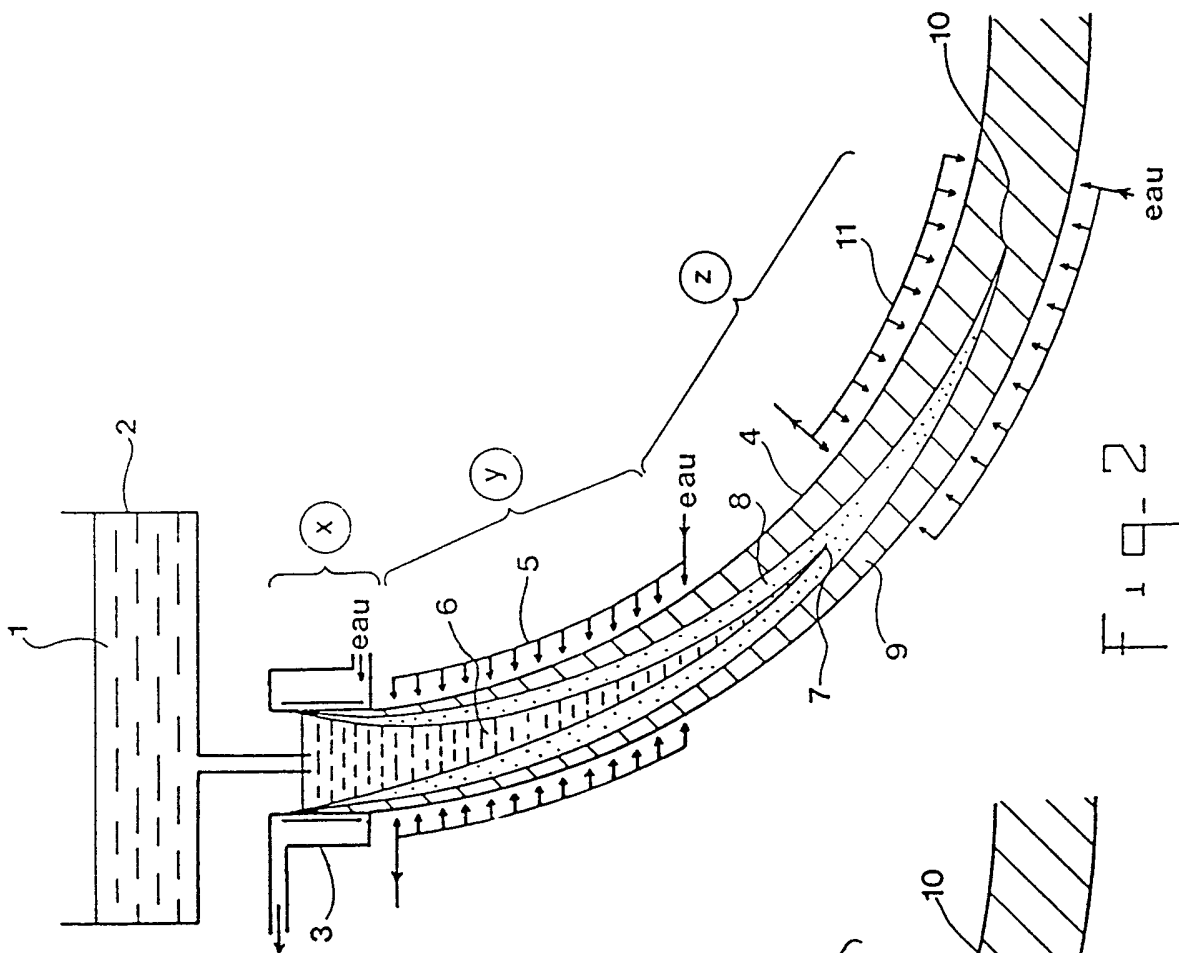
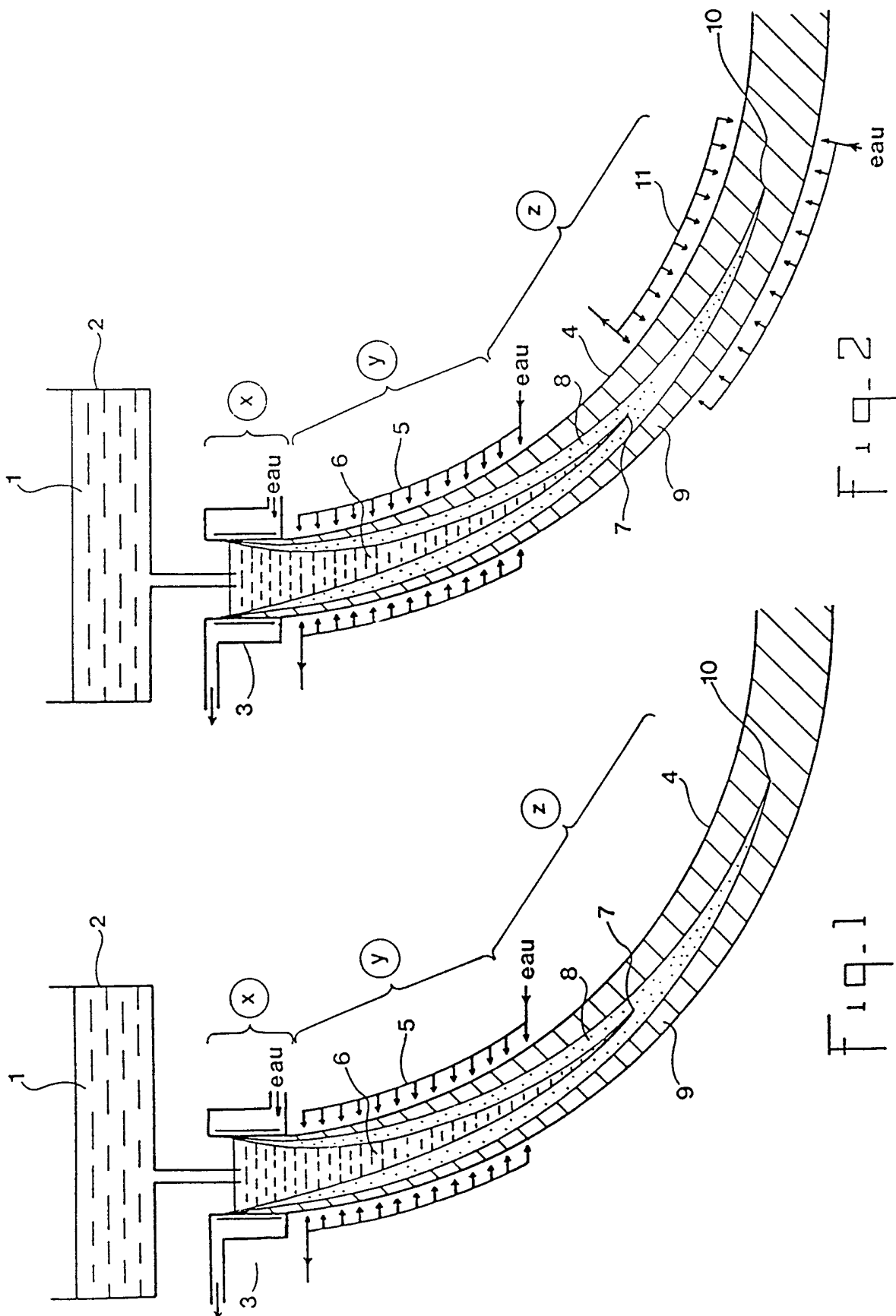
aus dem Gegenstand entlang des Kühlabschnitts besser zu steuern, um so die Abnahme (gemäß Fig. 3) der Kühlgeschwindigkeit von der Oberfläche des Gegenstandes zu verkleinern. Auch erhöht man damit die Wahrscheinlichkeit bis zum letzten Ende der Erstarrung eine geringere Abkühlung des Kerns zu erzielen im Vergleich zum Mantel.

Andererseits wurde gefunden, daß eine gute Homogenität des Kerns des Gegenstandes, der erfindungsgemäß behandelt worden ist, sich günstig auf die Wiederholbarkeit der gewünschten metallurgischen Resultate auswirkt. Es konnte festgestellt werden, daß diese Homogenität in vorteilhafter Weise durch eine Bewegung des flüssigen Kerns im zweiten Kühlabschnitt erhalten wird oder auch in der Kokille. Diese Bewegung kann ohne weiteres mit einer beim Stranggießen an und für sich bekannten elektromagnetischen Rühranordnung erhalten werden. Dabei besteht die Anordnung aus mehrphasigen Induktoren, die ringförmig um den gegossenen Gegenstand angeordnet sind und ein sich entlang der Gießachse drehendes Magnetfeld erzeugen oder mittels mehrphasiger Induktoren von ebenem Aufbau, die ein Gleitfeld erzeugen parallel zur Gießachse oder senkrecht zu letzterer. In der Literatur sind zahlreiche Hinweise auf diese Art von Rührern zu finden. Für Einzelheiten sei auf die folgenden Druckschriften verwiesen: französische Patentschrift 23 15344 zum Rühren mittels eines Drehfeldes in einer Kokille; französische Patentschrift 22 11 305 zum Rühren mittels Drehfeldes im zweiten Kühlabschnitt; Luxedmburgische Patentschrift 67753 zum Rühren mit Hilfe von Induktoren, die ein Gleitfeld senkrecht zur Gießachse im zweiten Kühlabschnitt erzeugen. Die Lehren dieser Druckschriften werden hiermit in die vorliegende Beschreibung eingeführt.

Es ist klar, daß die Erfindung nicht auf die dargestellten Beispiele beschränkt ist, sondern sich auf alle Varianten und Äquivalente erstreckt, sofern diese von den Eigenschaften der beigefügten Ansprüche Gebrauch machen. Insbesondere eignet sich die Erfindung für senkrechte, gerade oder gekrümmte Stranggießanlagen sowie auch für waagerechte Stranggießanlagen oder auch für herkömmliche oder neuartige Anlagen zum direkten Stranggießen von Gegenständen geringer Dicke.

Andererseits ist die Erfindung nicht auf die Herstellung von metallurgischen Halbprodukten beschränkt, sondern erstreckt sich auf jeglichen stranggegossenen metallurgischen Gegenstand.

Dies schließt auch stranggegossene metallurgische Gegenstände beliebigen Formats ein: Barren, Knüppel, Brammen und insbesondere solche, die zur Bildung von Barren mittels Teilung bestimmt sind.



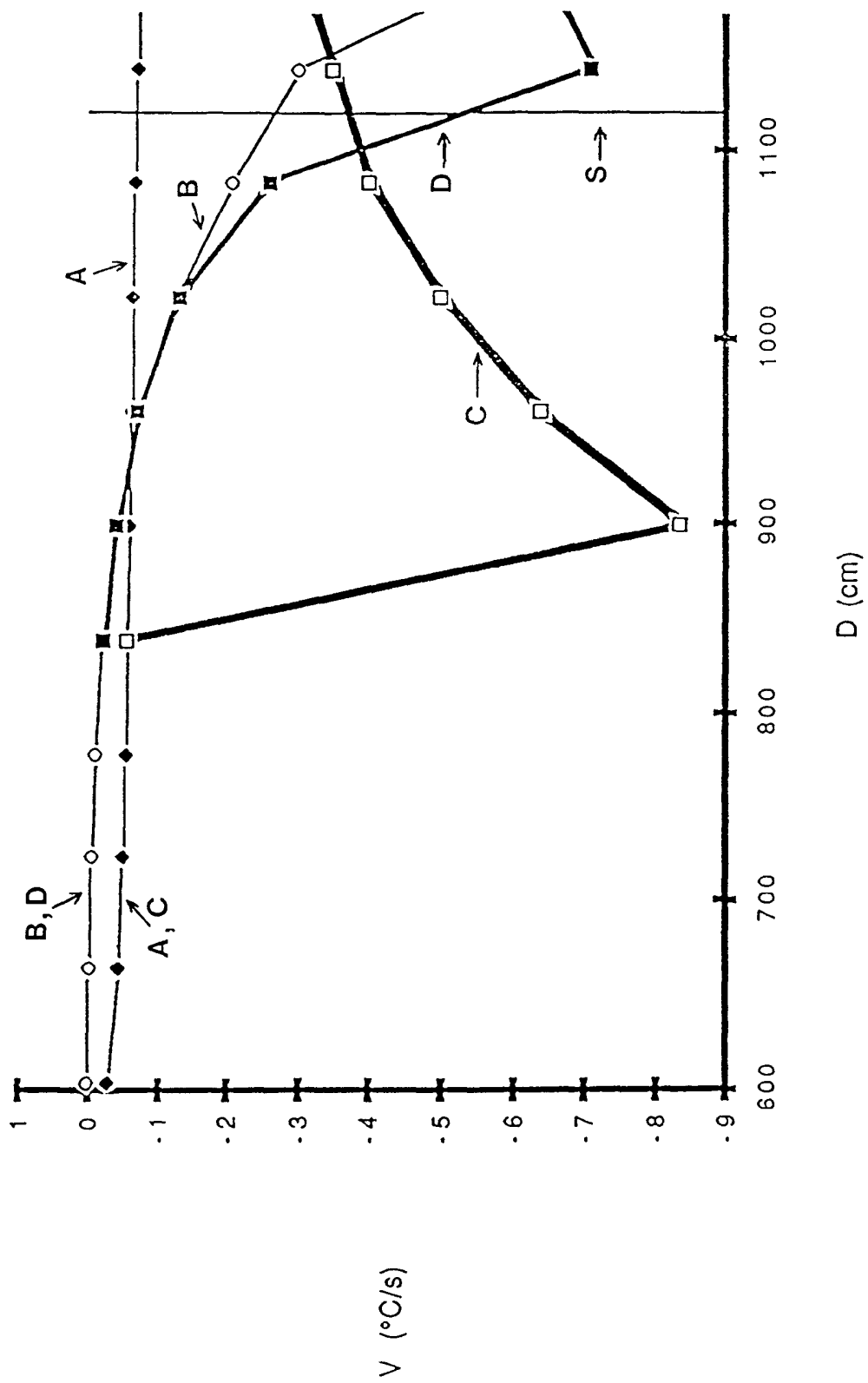


Fig. 3