

PATENTSCHRIFT 142512

Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

int. Cl.³

(11)	142 512	(44)	02.07.80	3(51)	B 22 D 11/01
(21)	AP B 22 D / 209 765	(22)	14.12.78		
(31)	860,657	(32)	14.12.77	(33)	US

-
- (71) siehe (73)
(72) Ward, George C., US; Wilson, Thomas N., US; Sinha, Uday K., IN
(73) Southwire Company, Carrollton, US
(74) Patentanwaltsbüro Berlin, 1130 Berlin, Frankfurter Allee 286
-

(54) Kontinuierlich gegossener Stahlstrang und Verfahren zur Herstellung

(57) Offenbart wird ein verbessertes neues Produkt und ein Verfahren für seine Herstellung. Bei dem neuen Produkt handelt es sich um einen im Stranggußverfahren gegossenen Stahlstrang mit besserer Oberflächengüte im Vergleich zu nach dem bisherigen Stand der Technik kontinuierlich gegossenen Stahlsträngen. Das verbesserte Produkt wird mit Hilfe einer Stranggußmaschine des Typs hergestellt, die mit einem umlaufenden Gießrad mit einer Randnut, die über ein Stück ihrer Länge durch ein Metallband geschlossen ist, versehen ist. - Fig.1 -

-1- 209765

Anwendungsgebiet der Erfindung:

Die Erfindung betrifft das Stranggießen von Metallen und vor allem Verfahren und Anlagen für die Herstellung durchgehender Längen von Stahlsträngen, die über eine so weit verbesserte Oberflächengüte verfügen, daß die Stränge für das direkte Verformen zu einem Knetprodukt geeignet sind.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen:

Bei den üblichen Verfahren für das Stranggießen von Metallen wie Stahl wird das flüssige Metall in eine offene vertikale Gießform gegossen. Durch die Gießform wird die Peripherie des Metalls abgeschreckt

und eine feste Haut oder Hülle an der Formwandung gebildet, so daß ein Strang entsteht, der kontinuierlich von der Unterseite der Gießform abgezogen wird, während flüssiges Metall kontinuierlich oben in die Gießform mit einer Geschwindigkeit gegossen wird, die so eingestellt ist, daß sie gleich der Abzugsgeschwindigkeit ist. Nach dem Austritt aus der Gießform wird der heiße Strang gekühlt, zum Beispiel durch auf den halbfesten Strang gerichtete Wasserstrahlen, damit ein vollkommen verfestigter Strang entsteht. Das Kühlen, das für den Strang nach dem Austreten aus der Gießform angewandt wird, ist im Fachgebiet als Sekundärkühlung bekannt und reicht aus, um die vollkommene Verfestigung des Stranges vor jeder anschließenden Verarbeitung zu erreichen.

Bei den meisten Stranggußanlagen verläuft die Achse der Gießform vertikal und der Strang tritt senkrecht nach unten aus ihr aus. Nach der endgültigen Verfestigung des Stranges werden Stücke in der vorgesehenen Länge von dem sich bewegenden Strang abgeschnitten. Da der Strang vor dem Schneiden vollkommen erstarrt sein muß, waren die Gießgeschwindigkeiten durch Bedingungen der vertikalen Höhe begrenzt. Das heißt, die Gießgeschwindigkeiten mußten begrenzt werden, damit die vollständige Verfestigung innerhalb annehmbarer vertikaler Dimensionen zwischen der Gießform und der Schneidestation erfolgen konnte. Andernfalls würden die Konstruktionskosten für die Anlage übermäßig hoch sein.

Beim Gießen von Stahl waren diese Probleme wegen der hohen Temperatur des flüssigen Stahles und der langen, für die vollständige Verfestigung des Stranges erforderlichen Zeit besonders schwerwiegend.

Beispielsweise ist eine Strecke von siebenzig Fuß zwischen der Gießform und der Schneidestation in typischen Anlagen für das Stranggießen von Stahl nichts Ungewöhnliches, und sogar diese Strecke macht eine Beschränkung der Gießgeschwindigkeit unter die theoretisch mögliche notwendig.

Zur Verringerung der vertikalen Höhenbedingungen wurde vorgeschlagen, den Strang in eine vertikal angeordnete Gießform zu gießen, den austretenden Strang dann in einer vertikal verlaufenden sekundären Kühlzone zu kühlen, in der das Gußstück durch Walzen gehalten wird. Der Strang wird anschließend durch Paare von Preßwalzen zur Horizontalen gebogen. Bei derartigen Anlagen wird der Strang in einem Winkel von annähernd 90° so gebogen, daß der gebogene Strang tangential zur Horizontalen verläuft. Am Tangentialpunkt wird der Strang zurückgebogen und durch Paare von Preßwalzen gerichtet und anschließend horizontal zur Schneidestation geführt. Dadurch kann die Höhe der Maschine etwas verringert werden, aber es stellt keine zufriedenstellende Lösung des Problems dar, da ein Biegebogen mit verhältnismäßig langem Radius erforderlich ist. Selbst bei einem großen Radius bestehen immer noch Schwierigkeiten beim Biegen und Zurückbiegen des erstarrten Gußstückes, ohne daß es zu Rißbildung oder anderweitiger Beschädigung des Gußstückes kommt.

Eine weitere Verringerung der Höhe und der Gesamtlänge von Gießmaschinen war dadurch möglich, daß man den Gießformhohlraum gebogen ausführte, so daß der Strang in gekrümmtem, der gebogenen Bahn ent-

sprechendem Zustand aus der Gießform austritt. Gießformen mit gebogenen Hohlräumen haben sich jedoch nicht als vollkommen zufriedenstellend erwiesen. Gießformhohlräume werden normalerweise mit Auskleidungen aus Kupfer wegen dessen guten Wärmeleiteigenschaften versehen. Die gebogenen Gießformauskleidungen aus Kupfer verursachen höhere Herstellungs- und Wartungskosten als gerade Kupferauskleidungen für gerade Gießformhohlräume. Außerdem ist die genaue Ausrichtung einer Gießform mit einem gebogenen Hohlraum viel schwieriger als die einer Gießform mit geradem Hohlraum. Allerdings muß ein in geradem Zustand aus einem geraden Gießformhohlraum austretender Strang dann in die gekrümmte Bahn gebogen werden, und dieser Biegevorgang macht zusätzlichen vertikalen Raum erforderlich im Vergleich zu dem vertikalen Raum, der für Maschinen mit gekrümmten Gießformhohlräumen gebraucht wird. In bekannten Gießmaschinen rechtfertigen somit die Vorteile, die sich durch das Führen des Stranges in einer gekrümmten Bahn von der Gießform ergeben, die weitere Anwendung gekrümmter Bahnen, aber diese Vorteile wurden durch die oben beschriebenen Probleme bei den Gießformen geschmälert. .

Außer den Bemühungen, den für das Stranggießen benötigten vertikalen Raum zu verringern, gab es das ständige Bestreben, die Gießgeschwindigkeit zu erhöhen. Bekanntlich wird durch die ständige relative Bewegung zwischen Gußstück und Gießform Wärme von dem sich verfestigenden Gußstück an die Gießformwandung übertragen und dadurch die Gießgeschwindigkeit verringert. Bis heute wurde die bemerkenswerteste

Steigerung durch leichtes Schwingen der Gießform in Gießrichtung erzielt, wie in der US-PS 2.135.183 offenbart wird. Beim Gießen von Stahl beträgt das übliche Ausmaß für das Schwingen der Gießform etwa $1/10$ bis $1/30$ der Gießformlänge, beispielsweise $1/16$ bis 2 Zoll. Bei bekannten Konstruktionen werden Gießformen mit gekrümmten Gießformhohlräumen in einem Bogen geschwungen, der der Krümmung der Bahn entspricht, auf der der Strang von der Gießform weggeführt wird. Wenn jedoch eine Gießform mit geradem Hohlraum verwendet wird, muß der Strang, um die oben genannten, bei gekrümmten Gießformdurchgängen auftretenden Schwierigkeiten auszuschließen, von der Gießform in einer geraden vertikalen Linie so weit weggeführt werden, daß ein Scheuern der Unterkante der Gießform an einem Teil des Gußstückes an der Innenseite der gebogenen Bahn ausgeschlossen ist. Dafür muß aber der erforderliche vertikale Raum vergrößert werden. Außerdem haben Untersuchungen ergeben, daß ein mit höheren Gießgeschwindigkeiten in einem geraden Gießformhohlraum gegossener Strang, der anschließend in Übereinstimmung mit einer gekrümmten Bahn von der Gießform gebogen wird, die Neigung zur Entwicklung von inneren Fehlern und Oberflächenrissen zeigt.

Ein weit ernsteres Problem, das sowohl bei geraden als auch bei gebogenen Gießformhohlräumen auftritt, ergibt sich als direkte Folge erhöhter Gießgeschwindigkeit, und zwar das Problem, zufriedenstellende Oberflächenkennwerte zu erzielen.

Ein allgemeines Merkmal von Gußstücken, die mit Hilfe einer schwingenden Gießform hergestellt wurden, ist das Auftreten von Schwingungsmarkierungen

oder Ringen, die um das Gußstück herum in seiner Oberfläche zu finden sind. Infolge der Reibung zwischen dem sich vorschiebenden Gußstrang und der schwingenden Gießformoberfläche wirken auf die dünne erstarrende Metallhülle axiale Spannungen ein. Durch diese Wechsellspannungen können Oberflächenrisse oder andere Fehler in Abständen an der Gußstücklänge gewöhnlich in Form von Ringen, die um den gesamten Umfang des Gußstückes verlaufen, auftreten. Diese Ringe sind in Abständen anzutreffen, die dem Gesamtvorschub des Gußstückes zwischen aufeinanderfolgenden Takten der Gießform gleich sind. Das bedeutet, wenn der Gesamtvorschub des Gußstückes (das sich normalerweise kontinuierlich mit einer konstanten Geschwindigkeit bewegt) zwischen dem Beginn eines Zurückziehtaktes der Gießform und dem Beginn des nächsten darauffolgenden Zurückziehtaktes zwei Zoll beträgt, werden die Ringe in Abständen von zwei Zoll anzutreffen sein. Weiterhin variiert die Breite der Ringe, d. h. der Längenabstand am Gußstück, in dem diese Fehler festzustellen sind, je nach den Bedingungen des Gießvorganges. Bei extremer Sorgfalt und Arbeiten mit geringer Gießgeschwindigkeit können diese Einflüsse weitgehend reduziert werden, aber im allgemeinen steht die Breite der Ringe mit der Dauer des Zurückziehtaktes der Gießform in Beziehung. Das heißt, wenn für den Zurückziehtakt ein Viertel der Zeit eines vollständigen Zyklus gebraucht wird, werden die Ringe so gebildet werden, daß sie mindestens ein Viertel der Oberfläche des Hohlraumes umfassen.

Diese Ringe sind durch eine aufgerauhte Außenfläche des Gußstückes, häufig durch Oberflächen-

rißbildung und häufig durch das Auftreten von "Ausbluten" gekennzeichnet, d. h. das Austreten von flüssigem Metall durch eine Verletzung in der vorher modifizierten Haut des Gußstückes mit anschließender Erstarrung des ausgetretenen Metalls. Das kristalline Gefüge des unmittelbar unter den Ringen liegenden Metalls ist gleichfalls unregelmäßig und gestört.

Bei Nichteisenmetallen waren diese Auswirkungen unerwünscht, aber nicht zu ernsthaft. In vielen Fällen konnten die Gußstücke trotz der Oberflächenfehler gewalzt, stranggepreßt oder anderweitig ohne Schwierigkeiten verarbeitet werden. In anderen Fällen genügte ein leichtes Schälen oder eine andere Oberflächenbehandlung, um alle störenden Oberflächenfehler zu beseitigen. Bei Stahl können jedoch derartige Oberflächenfehler nicht toleriert werden, und ist es wirtschaftlich nicht tragbar, die Fehler durch Schälen zu beseitigen. Außerdem verlangen die wirtschaftlichen Erwägungen beim Stranggießen von Stahl eine viel höhere Gießgeschwindigkeit, als sie bei Nichteisenmetallen üblich oder erstrebenswert ist, und man hat festgestellt, daß die erhöhte Gießgeschwindigkeit die Schwierigkeiten noch erheblich vergrößert. So ist beim Gießen von Nichteisenmetallen eine Gießgeschwindigkeit von dreißig bis sechzig Zoll pro Minute gewöhnlich ausreichend, und bei diesen Geschwindigkeiten sind die Oberflächenfehler bei Nichteisenmetallen tolerierbar. Im Gegensatz dazu sind beim Gießen von Stahl Gießgeschwindigkeiten bis zu zweihundert Zoll pro Minute bereits bei dem Junghans-Prozeß erzielt worden, dieser Erfolg wird aber durch die Tatsache gedämpft, daß die Oberflächenfehler innerhalb der Ringflächen bei diesen Geschwindigkeiten oftmals ganz besonders schlimm sind.

Zwischen aufeinanderfolgenden Ringen ist die Oberfläche gewöhnlich in Ordnung und das innere kristalline Gefüge annehmbar.

Theoretisch gesehen wäre daher die ideale Gestalt einer Gießform für das Stranggießen eine gekrümmte mit weit ausgedehnter Länge, aber da das aus praktischen Erwägungen nicht möglich ist, wurden andere Maßnahmen ergriffen.

So wurde beispielsweise vorgeschlagen, für Stahl endlose Stützen, wie umlaufende Trommeln, Räder oder dergleichen, oder endlose laufende Bänder oder endlose Reihen von Gießformprofilen zu verwenden, die sich vereinigen, um am Beginn des Erstarrungsprozesses eine Gießform zu bilden, und sich bei dessen Beendigung trennen, um das verfestigte Metall freizugeben. Da die Oberflächen derartiger beweglicher Stützen in bezug auf das Metall während des Erstarrungsprozesses stationär gehalten werden können, ergeben sich für die Verfestigung des Metalls gute Bedingungen, auch hinsichtlich eines guten Kristallgefüges und glatter Oberflächenmerkmale. Wenn auch derartige Methoden einige theoretische Vorteile bieten, so waren die Erfahrungen mit ihnen in der Praxis enttäuschend. Konstruktions- und Betriebsschwierigkeiten haben für den praktischen erfolgreichen Betrieb so viele Hindernisse geschaffen, daß solche Methoden beim eigentlichen großtechnischen Einsatz nur wenig oder gar keinen Erfolg brachten.

Daher wurde für das kontinuierliche Gießen von Stahl bisher der Einsatz schwingender Gießformen mit ge-

krümmten Hohlräumen als die erfolgreichste Anordnung für die Verringerung der Anlagenhöhe und für die Erhöhung der Gießgeschwindigkeit angesehen, trotz der sich durch das Schwingen der oben beschriebenen gekrümmten Gießformauskleidungen ergebenden Probleme.

Horizontale Gießformen wurden bisher für das Stranggießen von Aluminium und einiger anderer Nichteisenmetalle in Maschinen verwendet, in denen das flüssige Metall durch eine feuerfeste, sich durch die Stirnwand der Gießform erstreckende Gießschnauze in die horizontale Gießform eingegossen wird. Beim Gießen von Aluminium wird die Gießschnauze durch das flüssige Aluminium nicht durchfeuchtet, sondern sie bleibt im Verlaufe des Gießens frei. Beim Gießen von Stahl dagegen, und vor allem beim vorgesehenen Einsatz einer schwingenden Gießform, kann dieser Typ einer horizontalen Gießform mit einer feuerfesten Gießschnauze nicht verwendet werden. Es wurde festgestellt, daß der Stahl die Schnauze durchfeuchtet und um die Schnauze herum erstarrt. Der erstarrte Stahl baut nach und nach eine falsche, sich längs in der Gießform erstreckende Rinne auf, was schließlich zu einem Ausbruch von flüssigem Metall am Austrittsende der Gießform führt.

Außerdem ist bekannt, daß der Erstarrungsprozeß und somit das entstandene Produkt sehr stark von der Stelle und Richtung des einströmenden flüssigen Metallstromes abhängig sind.

Bei einer horizontalen Gießform ist es gewöhnlich erforderlich, daß ein horizontal einströmender Metallstrom auf Metall trifft, das bereits an der Gießformwandung zu erstarren beginnt. Dadurch wird das erstarrende Metall wieder geschmolzen, wodurch es oftmals zum Ausbluten von flüssigem Metall zur Außenseite des Gußstücks kommt. Wenn die Geschwindigkeit des einfließenden Metalls hoch ist oder so ist, daß in der flüssigen Metallmasse Turbulenz entsteht, dann können Gasblasen und Oxidteilchen, Schlacke oder Schmutz, die auf der Oberfläche des flüssigen Metalls schwimmen, festgehalten werden, wodurch Löcher und Einschlüsse in dem Gußstück entstehen, die manchmal sogar zu starker Porosität oder Lunkerbildung in dem Gußstück führen. Und schließlich zeigt ein horizontal verfestigter Strang infolge der Schwerkraftwirkungen innere Abweichungen im Profil. Beispielsweise zeigen eingeschlossene Gase und leichte Teilchen die Neigung, nach oben zur Oberseite des Stranges zu schwimmen. So kann die Mitte des Stranges einwandfrei sein, aber eine Zone von Porosität oder mit Einschlüssen nahe der Strangkante vorhanden sein. Diese Verteilung von Fehlern außerhalb der Mitte ist oft schwerwiegender als Mittenfehler, da sie unvorhersagbare Abweichungen bei der anschließenden Verarbeitung, z. B. dem Warmwalzen zu Draht ergeben. Folglich ist man bestrebt, die Masse des flüssigen Metalls an der Oberseite freiliegend oder offen zu halten, damit eingeschlossene Gase und andere Verunreinigungen nicht in dem erstarrenden Strang festgehalten werden können oder wenigstens auf die Mitte beschränkt bleiben, wo sie weniger schädlich sind.

Wenn ein Stranggußstück mit rechteckigem Querschnitt anfangs in einer typischen horizontalen Gießform erstarrt, sind die normalerweise größere Oberseite und Unterseite zwangsläufig einer stärkeren Abkühlung ausgesetzt. Durch die dadurch entstehenden Schrumpfungseffekte werden diese Oberflächen, vor allem die Oberseite, von den Gießformwandungen weggezogen, ehe sie sich sehr weit von der flüssigen Masse wegbewegt haben, wodurch das anfängliche rasche Abkühlen verlangsamt wird. Da die verschiedenen Kanten und Flächen nicht alle gleichmäßig schrumpfen, sind die Kühlgeschwindigkeiten und somit die Temperaturen, Spannungen und Dicken der erstarrten Hülle bei den einzelnen Flächen unterschiedlich. Diese Nachteile werden bei höheren Gießgeschwindigkeiten noch ausgeprägter, und beim weiteren Durchlaufen des Gußstückes durch die Gießform zeigen sich beim Austreten aus der Gießform helle und dunkle Bereiche an der Brame. Die hellen Bereiche deuten oftmals auf Stellen hoher Temperatur hin, an denen die bereits erstarrte Hülle wieder geschmolzen werden kann. Das erneute Schmelzen tritt infolge Wärmeübertragung von dem noch heißen Inneren des Stranges auf. An diesen schwachen Stellen werden durch die in der erstarrten Hülle vorhandenen Spannungen Risse erzeugt, die zum Ausbrechen oder anderen Oberflächenfehlern führen können.

Die ungleichmäßigen Spannungen haben aber noch andere unerwünschte Folgen, und zwar führen sie zu einer Art geometrischem Verziehen des gegossenen Stranges, das als rhombenförmiges Verziehen bekannt ist und bei der anschließenden Verarbeitung des Gußstückes ein Hindernis ist.

Ziel der Erfindung:

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Anlage für das Stranggießen von Stahl zur Verfügung zu stellen.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung betrifft einen neuartigen kontinuierlich gegossenen Stahlstrang mit verbesserter Oberflächengüte im Vergleich zu bisher kontinuierlich gegossenen Stahlsträngen.

Es ist vor allem eine Aufgabe der Erfindung, ein viel schnelleres Verfahren für das Stranggießen eines Stahlstranges in Schmiedequalität zur Verfügung zu stellen, der sich für das direkte Walzen zu Knetprodukten eignet.

Darlegung des Wesens der Erfindung:

Zur Erläuterung dieser und noch anderer Aufgaben der Erfindung, die im Laufe der Beschreibung deutlicher erkennbar werden, bestehen die Hauptaspekte dieses Verfahrens im Gießen von Stahl in eine Gießform, die durch eine Randnut in einem umlaufenden Gießrad und ein Band, das ein Stück der Nut abdichtet, gebildet wird.

In der Praxis ist es allgemein üblich, die Gießform aus einem Metall mit hoher Wärmeleitfähigkeit, z. B. einer Kupferlegierung, herzustellen und die Gieß-

form durch das direkte Aufsprühen von Kühlmittel auf die Gießform oder durch umlaufendes Kühlmittel wie kaltes, hindurchströmendes Wasser abzuschrecken.

Die Gießnut kann je nach Bedarf verschiedene Querschnittsformen aufweisen, sie kann zum Beispiel halbkreisförmig, quadratisch oder rechteckig sein. Es hat sich jedoch als vorteilhaft herausgestellt, eine trapezförmige Querschnittsform mit kleinen (7 bis 14°) Freiwinkeln an den Seiten und mit einem Breiten/Tiefen-Verhältnis von 2:1 oder weniger zu wählen.

Beim Gießen wird der flüssige Stahl in die Gießform gegossen und gleichmäßig durch den Entzug von Wärme durch die Gießformwandungen abgeschreckt, damit eine dünne periphere Haut von verfestigtem Metall gebildet wird, die das darin befindliche flüssige Metall umgibt. Die Geschwindigkeit des Wärmeentzugs wird entsprechend der Gießgeschwindigkeit durch Regulieren der Zirkulationsgeschwindigkeit des Kühlmittels für die Gießform oder anderweitig so geregelt, daß die Temperatur der Außenseite der peripheralen Haut des erstarrten Metalls beim Austritt aus der Gießform nicht über 2500 °F liegt, aber auch nicht weniger als 2000 °F beträgt, und die Haut so dick ist, daß sie den ferrostatischen Druck flüssigen Kerns aushalten kann.

Der austretende, teilweise erstarrte Strang wird dann auf einem stützenden Laufweg zu einer im wesentlichen horizontalen Kühlzone zur endgültigen Abkühlung und Verfestigung geführt.

Der stützende Laufweg kann aus einer Reihe von Elementen bestehen, deren Oberflächen den Strang berühren und tragen. In den Elementen können Möglichkeiten für den Umlauf von Kühlmittel vorhanden sein. Außerdem können solche Elemente mit der Möglichkeit für die direkte Anwendung einer Kühlmittelmenge auf den Strang durch die Wandungen des Laufweges ausgestattet sein, um den Laufweg zur Erleichterung der Bewegung des Stranges auf diesem entlang zu schmieren.

Wenn der Strang auf dem stützenden Laufweg vorgeschoben wird, dann muß die dünne Haut aus erstarrtem Metall, die in der Gießform gebildet wurde, unbedingt erhalten bleiben, um das Wiederschmelzen durch Wärmeabsorption aus dem flüssigen Inneren zu verhindern.

Wenn der Strang aus dem stützenden Laufweg austritt, wird er durch eine dritte Kühlzone geführt, in der er zur vollständigen Verfestigung abgeschreckt wird.

Beim Führen des Stranges durch die dritte Kühlzone wird er bis zur endgültigen Verfestigung gestützt und gehalten. Beispielsweise kann der Strang von unten von einer Gruppe dicht beieinander liegender paralleler Walzen gehalten werden, deren Achsen in einer gemeinsamen Ebene liegen. Tritt der Strang aus dem stützenden Laufweg aus, wird er von den Walzen aufgenommen oder von anderen Stützeinrichtungen, auf denen er zu einer Schneidestation oder dem Walzwerk unter Abschrecken befördert werden kann.

Vorzugsweise erfolgt das Abschrecken in der dritten Kühlzone durch gleichmäßiges Aufbringen von Kühlmittel auf die Flächen des Stranges, beispielsweise durch auf die Oberflächen gerichtete Wasserstrahlen.

Es dürfte klar geworden sein, daß sich diese Verfahrensschritte ganz wesentlich von der dem bisherigen Stand der Technik entsprechenden Methode zur Herstellung eines Stahlgußstranges unterscheiden. Am wichtigsten ist, daß niemals irgendeine relative Bewegung zwischen der Gießform und dem erstarrenden flüssigen Stahl stattfindet, wie es bei allen bekannten früheren Stranggußmethoden für Stahl der Fall ist, daß keine Möglichkeit vorhanden ist, durch die die dünne Hülle von erstarrtem Metall aufgerissen wird und dadurch Ausbrechen, Ausbluten oder andere Oberflächenfehler auftreten könnten.

Außerdem läuft bei der oben beschriebenen Gießanlage der gegossene Strang mit zunehmender Hüllendicke auf einer Bahn mit größer werdendem Radius, bis sie horizontal wird. Dadurch kann in dem gegossenen Strang nur wenig oder gar keine mechanische Spannung in der entgegengesetzten Richtung auftreten, so lange er noch brüchig ist.

Ein weiterer wichtiger Unterschied besteht darin, daß durch die Erfindung eine Möglichkeit zur Veränderung der Wärmeübergangsgeschwindigkeit in Übereinstimmung mit dem Verfestigungsprozeß ge-

geben ist. Beispielsweise ist, da das flüssige Metall kontinuierlich in ein kaltes Rad gegossen wird, die Wärmeübergangsgeschwindigkeit sehr hoch, was zu einer raschen Abkühlung führt, während die Wärmeübergangsgeschwindigkeit später geringer ist, wodurch die Erstarrungsfront einwandfrei wachsen kann. Eine hohe Abkühlgeschwindigkeit ist beim Gießen von Stählen mit geringerem Kohlenstoffgehalt, z. B. 0,08 %, erstrebenswert, während eine geringere Abkühlgeschwindigkeit beim Gießen von Stählen mit höherem Kohlenstoffgehalt wie 0,8 % wünschenswert ist.

Das entstandene durchgehende Stück gegossener Strang hat eine viel bessere Oberflächengüte als Stahlstränge, die bei ähnlichen Gießgeschwindigkeiten nach dem bisherigen Stand der Technik entsprechenden Verfahren gegossen wurden, die erfindungsgemäß ohne weiteres über 240 Zoll pro Minute liegen können und bis zu 350 Zoll pro Minute oder mehr betragen können. Beispielsweise ist die Oberfläche frei von schädlichen Rissen, Überlappungen oder Graten, die normalerweise in Verbindung mit Schwingungsmarkierungen auftreten. Außerdem hat der gegossene Strang infolge des einzigartigen Gießprozesses und der hohen Gießgeschwindigkeit eine dünnere Oxidschicht auf der Oberfläche als die bisherigen Stränge.

Ausführungsbeispiel:

Die Erfindung wird anschließend ausführlicher unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen erläutert, in denen darstellen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht, die ein Beispiel einer für die Durchführung der Erfindung geeigneten Anlage zeigt, wobei die Anlage eine Gießmaschine mit einem umlaufenden Gießrad mit einer Randnut und einem endlosen metallischen Band, das ein Stück der Nut abdichtet, aufweist;

Fig. 2 ein Foto eines Schnittes des jetzigen kontinuierlich gegossenen Stranges, auf dem seine glatte Oberfläche zu sehen ist;

Fig. 3 ein Foto eines nach dem bisherigen Stand der Technik kontinuierlich gegossenen Stranges, der typische Schwingungsmarkierungen zeigt, die zu einer sehr rauhen Oberfläche führen;

Fig. 4 eine Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen Stranges, die dessen sehr glatte Oberfläche zeigt;

Fig. 5 eine Querschnittsansicht des in Fig. 3 gezeigten Stranges, die wiederum das rauhe Oberflächenprofil zeigt.

Diese Figuren und die folgende ausführliche Beschreibung offenbaren eine spezifische Ausführungsform der Erfindung. Es soll damit jedoch nicht gesagt werden, daß die Erfindung auf die genauen, hier offenbarten Einzelheiten beschränkt

ist, sondern sie kann in anderen äquivalenten Formen ausgeführt werden, ohne von der Erfindungskonzeption abzuweichen.

In den Zeichnungen, in denen gleiche Bezugsszahlen gleiche Teile in allen Ansichten bezeichnen, zeigt Fig. 1 ein Gießrad 10 mit einer Nut in seinem Umfang und einem endlosen, flexiblen Band oder Riem 11, das gegen einen Teil von dessen Umfang durch drei Bandhalterräder 12, 14 und 15 gehalten wird. Das Bandhalterad 12 befindet sich in der Nähe der Stelle am Gießrad 10, an der flüssiger Stahl durch einen Gießstopf oder eine Gießwanne 16 in eine Gießform M, die von dem Band 11 und einer Randnut G um das Gießrad 10 herum gebildet wird, abgegeben wird. Das Bandhalterad 15 befindet sich tangential außerhalb der Stelle am Gießrad 10, an der teilweise erstarrtes Metall vom Gießrad 10 abgezogen wird.

Außerhalb von dem Bandhalterad 15 befindet sich eine ausgedehnte Kühlzone 18, die als Kühleinrichtung für die Aufnahme des teilweise erstarrten Gußstahlstranges vom Gießrad 10 dient und das Kühlen des Stahlstranges bis zu seiner vollständigen Verfestigung steuert. In der Kühlzone 18 befinden sich zahlreiche vom Rahmen 20 der Kühlzone 18 gehaltene Stützwalzen 19 und zahlreiche Verteilungsrohre 21 und 21b; wobei sich die Verteilungsrohre 21 über und unter dem Laufweg P des Metalls durch die Kühlzone 18 befinden und die Verteilungsrohre 21 an den Seiten des Laufweges P des Stranges durch die Kühlzone 18 angebracht sind.

Die Stützwalzen 19 können entweder angetrieben werden oder nicht angetrieben sein, da die Steigung der Walzen 19 von der Unterseite des Gießrades allmählich erfolgt und in den meisten Fällen die Längsdruckfestigkeit des aus dem Gießrad austretenden heißen Stahlstranges ausreicht, um das Metall die Steigung ohne nennenswerte Gefahr, daß das Metall zusammensacken könnte, hinaufzuschieben.

Wenn es aber zu empfehlen ist, den Vorschub des gegossenen Stranges die Steigung von Laufweg P hinauf zu unterstützen, können die Walzen 19 zwangsläufig angetrieben werden. Wie in Fig. 1 zu sehen ist, drehen sich die Walzen 19 entgegen dem Uhrzeigersinn, so daß der darauf liegende Strang C vom Gießrad 10 weggeführt wird. Zahlreiche Oberwalzen 26 sind über dem durch die Kühlzone 18 führenden Laufweg des Gießstranges C angebracht und sind einstellbar, damit der Strang in dem Laufweg P gehalten wird. Seitliche Führungswände²⁸ können an gegenüberliegenden Seiten von Laufweg P angebracht werden, die gleichfalls dazu dienen, den Strang in seiner Bahn zu halten.

Die Verteilungsrohre 21 und 21' sind so angebracht, daß alle Seiten von Gußstrang C gleichmäßig gekühlt werden, und jedes Verteilungsrohr 21, 21' kann unabhängig durch Ventile V1, V2, V3 reguliert werden, um die Kühlgeschwindigkeit an jeder Seite von Metall C selektiv zu steuern. Die Kühlflüssigkeit, gewöhnlich Wasser, wird durch eine Reihe (nicht gezeigter) herkömmlicher Düsen auf den heißen Gußstrang aufgesprüht.

Wenn der Gußstrang C aus der Kühlzone 18 austritt, wird er zu einem (nicht gezeigten) Walzwerk oder einer anderen anschließenden Verarbeitungsanlage befördert. Auf Wunsch kann der Strang zur Unterstützung seines Transportes zwischen zwei Klemmwalzen 36 herkömmlicher Ausführung geführt werden.

Der in Fig. 2 gezeigte Strang wurde so hergestellt, daß Stahl mit etwa 0,60 % Kohlenstoff, 0,75 % Mangan und 0,017 % Schwefel und Phosphor in das Rad mit einer Temperatur von etwa 2700 bis 2800 °F gegossen wurde. Der Strang wurde von dem Rad mit einer Geschwindigkeit von etwa 300 Zoll pro Minute mit einer zwischen etwa 2100 und 2200 °F liegenden Temperatur abgezogen, wobei er zu etwa 75 % bis 80 % verfestigt war und eine Oberflächenzunderschicht von weniger als 0,005 Zoll Dicke hatte.

Der Gußstrang ist dadurch gekennzeichnet, daß er eine glatte Oberfläche ohne Schwingungsmarkierungen oder andere größere Fehler hat. Beim Gießen von Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt zwischen etwa 0,18 Gew. % und 0,66 Gew. % und einem Gehalt von weniger als 0,03 Gew. % Schwefel und Phosphor wurde festgestellt, daß der erfindungsgemäße Gußstrang eine Oberfläche hat, die glatter als etwa 1000 Mikrozoll (beim Messen mit einem Profilometer, einem üblichen Verfahren für das Messen der Oberflächen-güte nach ANSI-Standard B46), selbst bei Gießgeschwindigkeiten von über 240 Zoll pro Minute, war.

Das heißt, daß die durchschnittliche Abweichung von einer einwandfrei ebenen Fläche so ist, daß die kumulative Gesamttiefe der Risse oder anderen Unregelmäßigkeiten, geteilt durch die Anzahl solcher Fehler, weniger als etwa 1000 Mikrozoll pro lineares Zoll beträgt. Wichtig ist ferner die durchschnittliche Fehlertiefe, die weniger als etwa 0,1 Zoll und gewöhnlich weniger als 0,01 Zoll tief ist.

Der in Fig. 3 gezeigte Gußstrang zeigt erhebliche Oberflächenfehler, die auf die oben erläuterten Schwingungsmarkierungen zurückzuführen sind. Diese Probe stammt von einem dem bisherigen Stand der Technik entsprechenden Verfahren, bei dem eine kurze, offene Gießform des hin- und herschwingenden Typs verwendet wurde. Die Oberflächenfehler haben eine Tiefe von mehr als 0,1 Zoll und die durchschnittliche Oberflächenrauigkeit ergab bei Messungen mehr als 1000 Mikrozoll pro Zoll ($\frac{1}{16}$ in.).

Dem Fachmann dürfte klar sein, daß viele Veränderungen an dem hier zur Erläuterung der Erfindung gewählten Ausführungsbeispiel vorgenommen werden können, ohne von dem in den beigefügten Ansprüchen definierten Geltungsbereich der Erfindung abzuweichen.

12 015 56

E r f i n d u n g s a n s p r u c h :

1. Kontinuierlich gegossener Stahlstrang, hergestellt nach dem alten Verfahren durch:
 - a) Gießen von flüssigem Metall in eine geschlossene, durch eine Randnut in einem umlaufenden Gießrad und ein Band, das die Nut über einen Teil ihrer Länge abdichtet, gebildete Gießform,
 - b) Kühlen der Form, damit das flüssige Metall an den Gießformwandungen zu erstarren beginnt und eine Schicht festen Metalls um einen flüssigen Kern bildet,
 - c) Abziehen des wenigstens teilweise erstarrten gegossenen Stranges vom Ausgang des geschlossenen Gießformteiles, und
 - d) Kühlen des gegossenen Stranges durch direkten und indirektes Aufsprühen von Kühlflüssigkeit, wobei es sich bei dem neuen Produkt um ein Stahlprodukt handelt, gekennzeichnet dadurch, daß
 - e) es aus einer Stahllegierung mit einem zwischen etwa 0,08 und 0,80 Gew. % liegenden Kohlenstoffgehalt besteht,
 - f) eine Oberfläche hat, die keinerlei nachteiligen Risse, Überlappungen und Grate aufweist, und
 - g) eine über etwa 1,000 Mikrozoll pro linearem Zoll liegende Oberflächenglätte hat, wobei der mittlere Fehler weniger als etwa 0,10 Zoll tief ist.
2. Produkt nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß
 - h) es sich um Stahlstrangmaterial in Schmiedequalität mit ausreichender Oberflächengüte handelt, so daß der aus der Stahllegierung gegossene Strang zusätzliche Oberflächenreinigung direkt zu einem Knetprodukt warmgewalzt werden kann.

3. Neue Verwendungsmöglichkeit der bem bisherigen Stand der Technik entsprechenden Gießeinrichtung, die für das Straggießen mit folgenden Schritten eingesetzt wird:

- a) Gießen von flüssigem Metall in eine durch eine Randnut in einem umlaufenden Gießrad und ein Band, das die Nut über einen Teil ihrer Länge abdichtet, gebildete Gießform,
- b) Kühlen der Gießform, damit das flüssige Metall an den Gießformwandungen zu erstarren beginnt und eine Schicht festen Metalls um einen flüssigen Kern bildet,
- c) Abziehen des wenigstens teilweise erstarrten gegossenen Stranges vom Ausgang am geschlossenen Teil der Gießform, und
- d) Kühlen des gegossenen Stranges durch direktes und indirektes Aufsprühen von Mühlmittel, wobei es sich bei dem neuen Verfahren um ein Stahlgießverfahren handelt, gekennzeichnet dadurch, daß
- e) die Gießform für eine flüssige Stahllegierung mit einem zwischen etwa 0,08 und 0,80 Gew. % liegenden Kohlenstoffgehalt zur Verfügung gestellt wird,
- f) die flüssige Stahllegierung in die Gießform gegossen wird,
- g) die Gießform gekühlt wird, bis die Stahllegierung zumindest teilweise erstarrt ist,
- h) der Stahlgußstrang von der stützenden Gießform mit einer Temperatur von über etwa 2000°F und mit einer über etwa 240 Zoll pro Minute liegenden Geschwindigkeit abgezogen wird,
- i) das Abziehen in einer solchen Weise erfolgt, daß der gegossene Strang eine über etwa 1,000 Mikrozoll pro linearen Zoll liegende Oberflächenglätte erhält, wobei der durchschnittliche Fehler weniger als etwa 0,10 Zoll tief ist.

4. Neues kontinuierlich nach dem alten Verfahren gegossenes Metallprodukt, das
- a) Gießen von flüssigem Metall in eine kontinuierlich vorrückende geschlossene Gießform, gebildet aus mindestens einer Endwand, die sich so in Verbindung mit anderen abdichtenden Oberflächen bewegendem m Oberfläche, so daß eine geschlossene Gießform gebildet wird,
 - b) Kühlen der Gießform, so daß das flüssige Metall an den Gießformwandungen erstarren beginnt und eine Schicht von festem Metall um den flüssigen Kern bildet,
 - c) Abziehen des wenigstens teilweise erstarrten gegossenen Stranges vom Ausgang des geschlossenen Teiles der Gießform,
 - d) Kühlen des gegossenen Stranges durch direktes und indirektes Aufsprühen von Kühlflüssigkeit, wobei es sich bei dem neuen Produkt um ein Stahlprodukt handelt, gekennzeichnet dadurch, daß
 - e) es eine Stahllegierung mit einem zwischen 0,08 und 0,80 Gew. % liegenden Kohlenstoffgehalt ist,
 - f) es eine von nachteiligen Rissen, Überlappungen und Graten freie Oberfläche hat, und
 - g) eine über etwa 1,0 Zoll pro linearem Zoll liegende Oberfläche hat, wobei der mittlere Fehler weniger als 0,10 Zoll tief ist.
5. Produkt nach Punkt 4, gekennzeichnet dadurch, daß
- h) es sich um Stahlmaterial in Schmiedequalität mit ausreichender mechanischer Güte handelt, so daß der aus der Stahllegierung gegossene Strang ohne zusätzliche Oberflächenreinigung direkt zu einem Knetprodukt warmgewalzt werden kann.

6. Neue Verwendungsmöglichkeit der dem bisherigen Stand der Technik entsprechenden Gießeinrichtung, die für das Stranggießen mit folgenden Schritten eingesetzt wird:
- a) Gießen von flüssigem Metall in eine kontinuierlich vorrückende geschlossene Gießform, die durch mindestens eine endlose, sich in Verbindung mit anderen abdichtenden Oberflächen bewegende Oberfläche, so daß eine geschlossene Gießform entsteht, gebildet wird,
 - b) Kühlen der Gießform, damit das flüssige Metall an den Gießformwandungen zu erstarren beginnt und eine Schicht festen Metalls um einen flüssigen Kern bildet,
 - c) Abziehen des wenigstens teilweise erstarrten gegossenen Stranges vom Ausgang am geschlossenen Teil der Gießform, und
 - d) Kühlen des gegossenen Stranges durch direktes und indirektes Aufsprühen von Kühlmittel, wobei der neue Prozeß ein Stahlgießverfahren ist, gekennzeichnet dadurch, daß
 - e) die Gießform für eine flüssige Stahllegierung mit einem zwischen etwa 0,08 und 0,80 Gew. % liegenden Kohlenstoffgehalt zur Verfügung gestellt wird,
 - f) flüssige Stahllegierung in die Gießform gegossen wird,
 - g) die Gießform gekühlt wird, bis die Stahllergierung zumindest teilweise erstarrt ist,
 - h) das Abziehen des gegossenen Stahlstranges von der stützenden Gießform bei einer über etwa 2000°F liegenden Temperatur und mit einer über 240 Zoll pro Minute liegenden Geschwindigkeit erfolgt,
 - i) wobei das Abziehen in einer Weise ausgeführt wird, daß der Gießstrang eine Oberfläche mit einer über etwa 1,000 Mikrozoll pro linearen Zoll liegenden Glätte erhält und wobei der durchschnittliche Fehler weniger als etwa 0,10 Zoll tief ist.

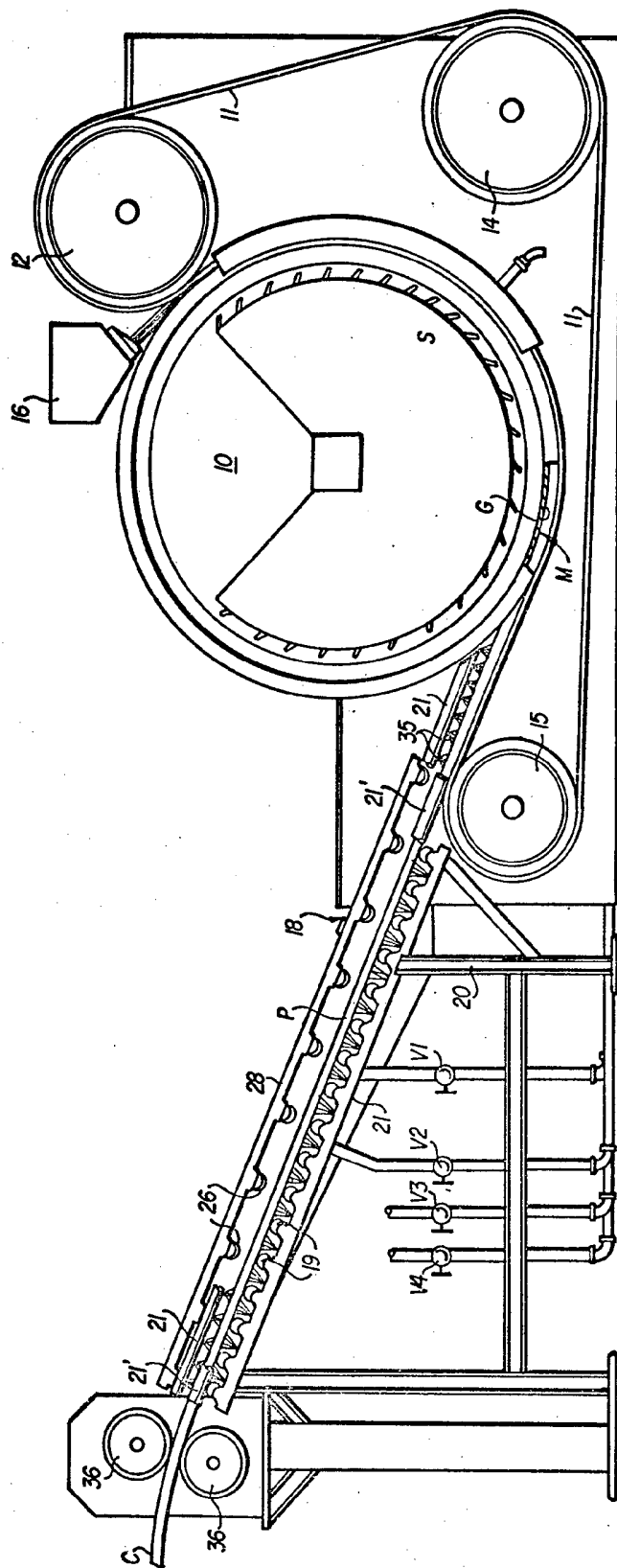


FIG.1

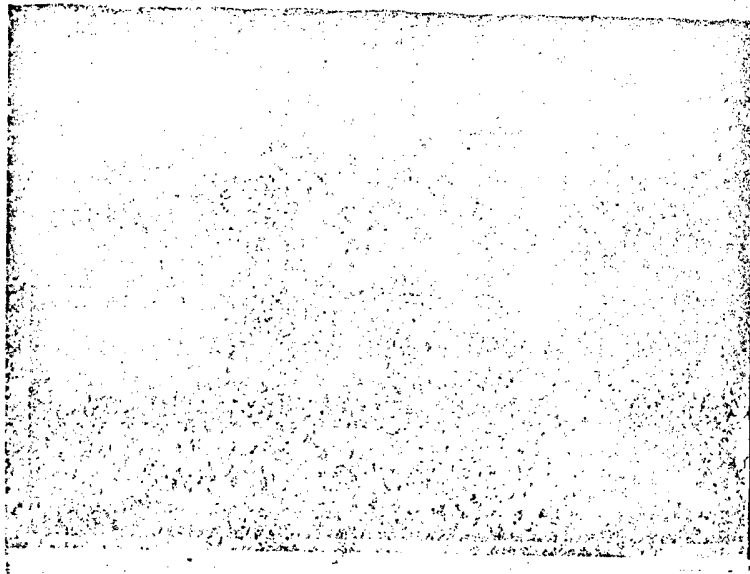


FIG. 2

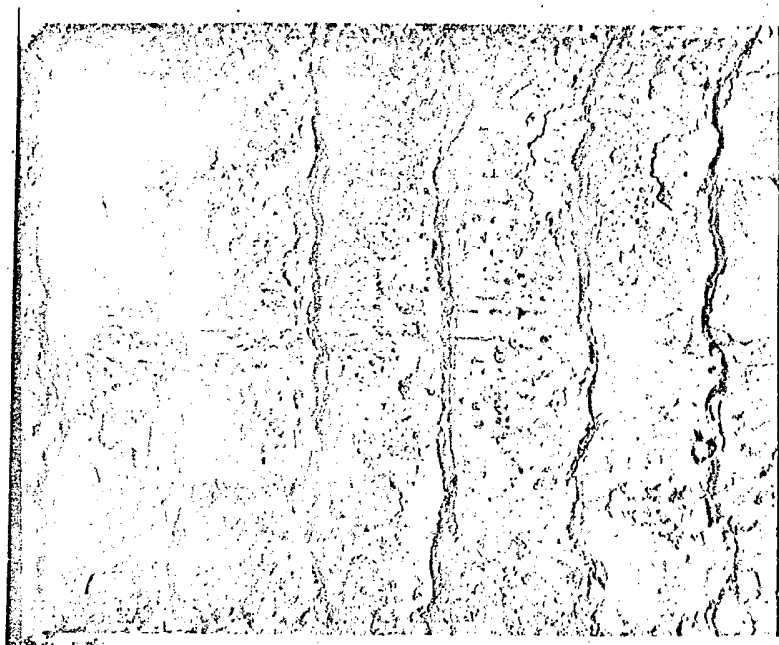


FIG. 3

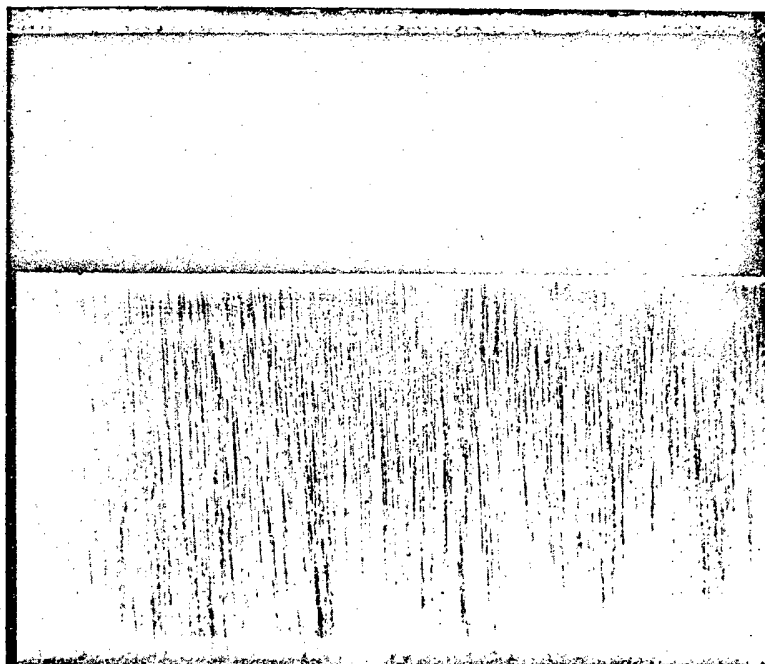


FIG. 4

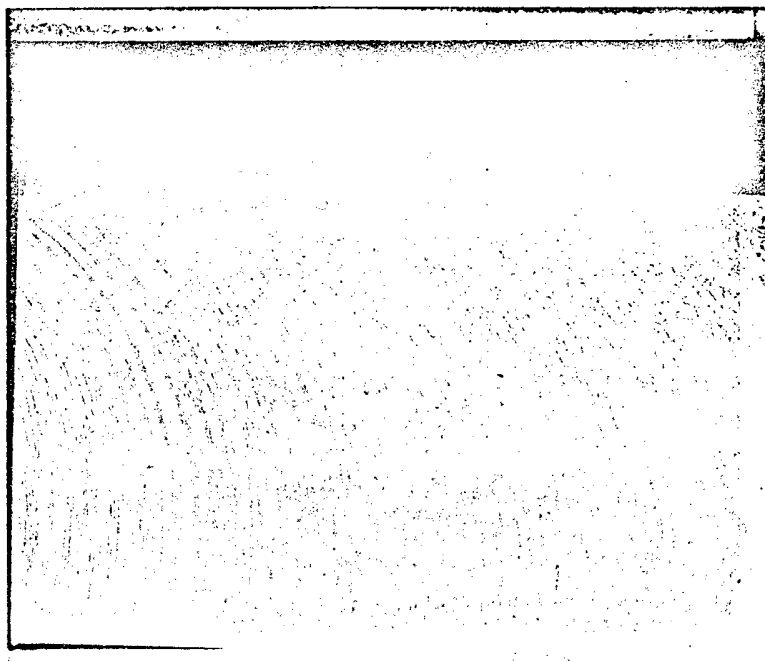


FIG. 5