



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

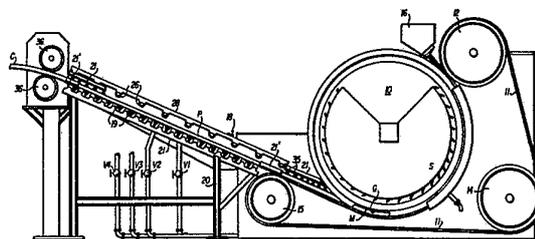
PATENTSCHRIFT A5

643 473

<p>① Gesuchsnummer: 1200/79</p> <p>② Anmeldungsdatum: 07.02.1979</p> <p>④ Patent erteilt: 15.06.1984</p> <p>⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.06.1984</p>	<p>⑦ Inhaber: Southwire Company, Carrollton/GA (US)</p> <p>⑧ Erfinder: George Charles Ward, Carrollton/GA (US) Thomas Noel Wilson, Carrollton/GA (US) Uday Kumar Sinha, Carrollton/GA (US)</p> <p>⑨ Vertreter: Bovard AG, Bern 25</p>
--	---

⑤ Verfahren und Einrichtung zum Stranggiessen von Stahl.

⑤ In eine geschlossene, im Giessrad (10) eingearbeitete kontinuierliche Giessform (M) wird geschmolzener Stahl gegossen und gleichmässig gekühlt. Die Wärme des Stahles wird durch die Formwände abgeführt, um eine dünne Umfangshaut erstarrten Metalls zu bilden. Der teilweise erstarrte Stahlstrang hat beim Austritt aus der Giessform (M) eine Temperatur von mindestens 1366 K und höchstens 1644 K. Die Stärke der Umfangshaut ist ausreichend gross, um dem ferrostatischen Säulendruck des geschmolzenen Stahlkerns zu widerstehen. Der austretende Stahlstrang wird dann in einer Kühlzone (18) abgekühlt. Der so gebildete Stahlstrang hat eine bessere Oberflächengüte als die bekannten Stahlstränge und ist für ein unmittelbares Walzen zu Schmiedestahl-Erzeugnissen geeignet.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Stranggiessen von Stahl, bei welchem der geschmolzene Stahl in eine kontinuierlich fortbewegte Giessform einer Giesseinrichtung gegossen wird, welche Giessform aus mindestens einer sich bewegenden, endlosen Oberfläche in Verbindung mit weiteren abdichtenden Oberflächen als geschlossene Giessform ausgebildet ist und gekühlt wird, wonach der abgekühlte Stahlstrang aus der Giesseinrichtung kontinuierlich herausbewegt wird, dadurch gekennzeichnet, dass zur Verbesserung der Oberflächengüte des Stahlstranges der geschmolzene Stahl in der Giessform teilweise erstarrt, so dass sich eine dünne Umfangshaut bildet, wonach der mindestens teilweise erstarrte Stahlstrang, dessen Oberflächentemperatur mindestens 1366 K und höchstens 1644 K beträgt, aus der Giessform mit einer Geschwindigkeit von mindestens 6,1 m/min herausbewegt und dann durch Beaufschlagen mit versprühtem Kühlmittel kontinuierlich gekühlt wird, wobei der Stahlstrang einen Messwert der Oberflächenrauigkeit von weniger als 0,025 mm besitzt und die durchschnittliche Tiefe der Gussnarben kleiner ist als 2,54 mm.

2. Giesseinrichtung zum Ausführen des Verfahrens nach Patentanspruch 1 mit einem rotierenden Giessrad (10), mit einer in seinem Umfang ausgearbeiteten Giessnut (G) und mit einer Kühlvorrichtung (18) mit Trag- (19) und Führungsrollen (26) des Stahlstranges (C) sowie Verteilern (21, 21') des Kühlmittels, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der Längsausdehnung der Giessnut (G) mit einem endlosen Metallband (11) abgedichtet ist, so dass die Giessnut (G) mit dem Metallband (11) eine geschlossene, kontinuierliche Giessform (M) mit unendlich verlaufenden Oberflächen bildet und dass diese Oberflächen und der gegossene Stahl ohne relative Bewegung zwischen den Oberflächen und dem gegossenen Stahl fortbewegbar sind.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Stranggiessen von Stahl, bei welchem der geschmolzene Stahl in eine kontinuierlich fortbewegte Giessform einer Giesseinrichtung gegossen wird, welche Giessform aus mindestens einer sich bewegenden, endlosen Oberfläche in Verbindung mit weiteren abdichtenden Oberflächen als geschlossene Giessform ausgebildet ist und gekühlt wird, wonach der abgekühlte Stahlstrang aus der Giesseinrichtung kontinuierlich herausbewegt wird.

Bei den üblichen Verfahren zum Stranggiessen von Metallen, beispielsweise von Stahl, wird das geschmolzene Metall in eine vertikale Giessform gegossen, die am Ende offen ist. Die Form kühlt den Umfangsbereich des Metalls und bringt eine Haut oder Schale desselben, die an der Giessformwand anliegt, zum Verfestigen, um einen Strang zu begrenzen, der kontinuierlich vom unteren Bereich der Giessform abgeführt wird, während geschmolzenes Metall oben in die Giessform mit einer Eingiessrate eingegossen wird, die so eingestellt ist, dass sie der Rate des Abführens des Strangs entspricht. Nach dem Austritt aus der Giessform wird der heisse Strang gekühlt, beispielsweise durch Wasserstrahlen, die auf den halbverfestigten Strang gesprüht werden, um einen voll verfestigten Strang zu bilden. Der Kühlvorgang, dem der Strang nach dem Austritt aus der Giessform unterzogen wird, ist in der Technik als Sekundärkühlen bekannt und reicht dazu aus, um die Verfestigung des Strangs zu vervollständigen, bevor dieser einer Nachbehandlung unterzogen wird.

Bei den meisten Stranggiessrichtungen ist die Achse der Giessform vertikal, und der Strang tritt vertikal nach unten aus der Giessform aus. Nachdem der Strang vollständig verfestigt ist, werden Stücke gewünschter Stranglänge von dem sich bewegenden Strang abgetrennt. Da es erforderlich ist, dass der Strang vollständig verfestigt ist, bevor das Trennen stattfindet, sind die Giessgeschwindigkeiten durch die vertikale Höhenausdehnung betreffenden Gegebenheiten und Möglichkeiten beschränkt, d. h., man muss die Giessgeschwindigkeit so weit begrenzen, dass eine vollständige Erstarrung innerhalb vernünftiger vertikaler Ausdehnungen des Bereichs zwischen Giessform und Trennstation stattfinden kann. Andernfalls werden die Baukosten der Fabrikationsanlage enorm hoch.

Beim Giessen von Stahl treten diese Probleme besonders stark zutage wegen der hohen Temperatur des geschmolzenen Stahls und der sich dadurch ergebenden langen Zeitspanne, die für das vollständige Verfestigen des Strangs gebraucht wird. Bei typischen Einrichtungen zum Stranggiessen von Stahl ist beispielsweise ein Abstand von über zwanzig Metern zwischen Giessform und Trennstation nicht ungewöhnlich, und selbst bei diesem grossen Abstand muss die Giessgeschwindigkeit noch auf einen Wert herabgesetzt werden, der unter dem theoretisch möglichen Wert liegt.

Um die Anforderungen an die vertikale Höhenausdehnung zu verringern, hat man bereits vorgeschlagen, den Strang in einer vertikal angeordneten Giessform zu giessen, dann den austretenden Strang in einer vertikal angeordneten, zweiten Kühlzone zu kühlen, in der der Strang von Rollen unterstützt ist. Der Strang wird sodann durch paarweise angeordneten Druckrollen in den horizontalen Verlauf umgebogen. Bei diesen Einrichtungen wird der Strang um einen Winkel von etwa 90° so abgebogen, dass der gebogene Strang tangential zur Horizontalen wird. Am Tangentialpunkt wird der Strang zurückgebogen, durch paarweise angeordnete Druckrollen wieder gerade gerichtet und sodann horizontal zu einer Trennstation geführt. Dies bietet die Möglichkeit, die Höhe der Einrichtung in gewisser Weise zu verringern, hat sich jedoch nicht als eine zufriedenstellende Lösung des Problems erwiesen, da für das Biegen ein Bogen mit verhältnismässig grossem Radius erforderlich ist. Selbst bei einem grossen Radius bereitet es Schwierigkeiten, den Strang zu biegen und dann den verfestigten Strang wieder zurückzubiegen, ohne dass es zu Rissbildungen oder anderweitigen Beschädigungen des Strangs kommt.

Eine weitere Verringerung der Gesamthöhe und Gesamtlänge von Giesseinrichtungen hat man erreicht, indem man den Giesshohlraum gekrümmt ausgebildet hat, so dass der Strang aus der Giessform in gekrümmtem Zustand entsprechend dem gekrümmten Verlauf der Giessform austritt. Giessformen mit gekrümmten Hohlräumen haben sich jedoch ebenfalls nicht als völlig zufriedenstellend erwiesen. Giessformhohlräume sind üblicherweise mit Auskleidungen aus Kupfer wegen dessen guter Wärmeleitfähigkeit versehen. Die gebogenen Giessformauskleidungen aus Kupfer bedingen jedoch höhere Herstellungs- und Wartungskosten als geradlinige Kupferauskleidungen, wie sie für geradlinige Formhohlräume verwendet werden. Ausserdem lässt sich eine Giessform mit einem gekrümmten Hohlraum schwieriger richtig ausrichten, als dies bei einer Giessform mit geradlinigem Hohlraum der Fall ist. Allerdings muss der Strang, der in geradem Zustand aus einem geradlinigen Giessformhohlraum austritt, anschliessend in die gekrümmte Bahn umgebogen werden, und dieses Biegen nimmt zusätzlichen vertikalen Bauraum in Anspruch, verglichen mit dem vertikalen Bauraum, der bei Einrichtungen erforderlich ist, die gekrümmte Formhohlräume besitzen. Bei bekannten Giessrichtungen rechtfertigen daher die Vorteile des Führens

des Strangs längs einer gekrümmten Bahn aus der Giessform heraus die fortgesetzte Anwendung gekrümmter Bahnen, wobei diese Vorteile jedoch durch die oben erwähnten Schwierigkeiten, die bei diesen gekrümmten Formhohlräumen auftreten, wieder geschmälert werden.

Ausser den Anstrengungen, die Anforderungen an die vertikale Bauhöhe beim Stranggiessen zu verringern, hat man sich fortlaufend bemüht, die Giessgeschwindigkeit zu steigern. Es ist bekannt, dass eine fortwährende Relativbewegung zwischen Strang und Giessform den Wärmeübergang von dem sich verfestigenden Strang auf die Giessformwand behindert und dadurch die Giessgeschwindigkeit begrenzt. Die bemerkenswerteste Erhöhung der Giessgeschwindigkeit hat man bis jetzt erreicht, indem man die Giessform in Giessrichtung um eine kurze Weglänge oszillieren lässt, vgl. US-PS 2 135 183. Beim Giessen von Stahl beträgt das übliche Ausmass der Oszillationsbewegung der Giessform etwa $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{30}$ der Länge der Form, also beispielsweise 1,6 bis 51 mm. Bei bekannten Konstruktionen werden Giessformen mit gekrümmten Formhohlräumen in einem Bogen hin und her bewegt, der der Krümmung der Bahn entspricht, längs deren der Strang aus der Giessform geführt wird. Wenn jedoch, um die oben erwähnten Schwierigkeiten zu vermeiden, die mit gekrümmten Formdurchgängen verbunden sind, eine Giessform mit einem geradlinigen Hohlraum verwendet wird, dann muss der Strang in einer geradlinigen, vertikalen Linie aus der Giessform heraus und ausreichend weit geführt werden, um ein Scheuern der unteren Kante der Giessform auf dem Strangteil zu vermeiden, der in der gekrümmten Bahn innen gelegen ist. Damit ist jedoch eine Vergrößerung des erforderlichen vertikalen Bau-raums verbunden. Ausserdem haben Versuche gezeigt, dass bei höheren Giessgeschwindigkeiten bei einem Strang, der in einem geradlinigen Formhohlraum gegossen und dann in eine gekrümmte Bahn gebogen wird, in der er die Form verlässt, die Gefahr der Ausbildung von inneren Defekten und von Oberflächenrisen besteht.

Ein weit ernsteres Problem, das sowohl bei geradlinigen als auch bei gekrümmten Formhohlräumen gemeinsam auftritt, ist eine unmittelbare Folge einer Erhöhung der Giessgeschwindigkeit, nämlich das Problem, zufriedenstellende Oberflächeneigenschaften zu erhalten.

Bei Strängen, die mit einer oszillierenden Giessform erzeugt sind, ist das Vorhandensein von Schwingmarken oder Ringen charakteristisch, die sich in der Oberfläche des Strangs rings um diesen herum erstrecken. Aufgrund der Reibung zwischen dem sich bewegenden, gegossenen Strang und der oszillierenden Formoberfläche werden axiale Belastungen auf die dünne erstarrte Metallschale ausgeübt. Diese wechselnden Belastungen können Oberflächenrisse oder andere Fehler in Abständen längs des Strangs hervorrufen, gewöhnlich Fehler in Form von Ringen, die den gesamten Umfang des Strangs umgeben. Diese Ringe sind in Abständen angeordnet, die dem Gesamtvorschub des Strangs zwischen aufeinanderfolgenden Schwinghüben der Form entsprechen, d. h., wenn der Gesamtvorschub des Strangs (der sich gewöhnlich ununterbrochen mit konstanter Geschwindigkeit bewegt) 51 mm zwischen dem Beginn eines rücklaufenden Hubs der Form und dem Beginn des nächstfolgenden rücklaufenden Hubs beträgt, dann zeigen sich die Ringe in Abständen von 51 mm. Die Breite der Ringe, d. h. ihre Ausdehnung in Längsrichtung des betreffenden Strangs, an dem diese Fehler festzustellen sind, variiert entsprechend den Betriebsbedingungen beim Giessvorgang. Bei äusserster Sorgfalt und wenn mit geringer Giessgeschwindigkeit gearbeitet wird, lassen sich diese Erscheinungen auf ein Mindestmass herabmindern; im allgemeinen steht die Breite der Ringe jedoch mit der Zeitdauer des rücklaufenden Hubs der

Form in Beziehung, d. h., wenn der rücklaufende Hub ein Viertel der Zeitdauer einer Schwingperiode in Anspruch nimmt, dann bildet sich ein Ring, dessen Breite zumindest ein Viertel der Oberfläche des Formhohlraums beträgt.

5 Diese Ringe sind durch eine aufgeraute äussere Oberfläche gekennzeichnet, häufig mit Oberflächenrisen sowie mit häufigem Auftreten von «Blutungen», d. h. ausgelaufenem, geschmolzenem Metall durch Verletzungen der zuvor erstarrten Haut des Strangs, wobei eine anschliessende Erstarrung des ausgelaufenen Metalls eingetreten ist. Die kristalline Struktur des unmittelbar unter den Ringen gelegenen Metalls ist ebenfalls unregelmässig und gestört.

Im Falle von Nichteisenmetallen sind diese Defekte unerwünscht, jedoch nicht zu schwerwiegend. In vielen Fällen lassen sich dabei die Stränge trotz der Unzulänglichkeiten ihrer Oberfläche ohne Schwierigkeiten walzen, strangpressen (extrudieren) oder anderweitig bearbeiten. In anderen Fällen ist ein leichtes Schälen oder eine andere, auf die Oberfläche einwirkende Behandlung ausreichend, um sämtliche unerwünschten Oberflächenfehler zu entfernen. Im Falle von Stahl können jedoch derartige Oberflächenfehler nicht hingenommen werden, und es ist wirtschaftlich nicht möglich, die Unzulänglichkeiten durch Schälen zu entfernen. Darüber hinaus ist beim wirtschaftlichen Stranggiessen von Stahl eine weit höhere Giessgeschwindigkeit anzustreben, als sie beim Giessen von Nichteisenmetallen üblich oder wünschenswert ist. Es wurde gefunden, dass die erhöhte Giessgeschwindigkeit in stärkster Masse die auftretenden Schwierigkeiten vergrössert. So ist beispielsweise beim Giessen von Nichteisenmetallen in Giessformen dieser Art eine Giessgeschwindigkeit von 76 bis 152 cm pro Minute üblicherweise angemessen, und bei derartigen Geschwindigkeiten sind bei Nichteisenmetallen die Oberflächenfehler noch tragbar. Beim Giessen von Stahl betragen die Giessgeschwindigkeiten andererseits bis über 5 m pro Minute, wie es bereits erfolgreich beim bekannten Verfahren erreicht wurde, wobei der in bezug auf die Geschwindigkeit erzielte Erfolg jedoch dadurch geschmälert wird, dass bei Geschwindigkeiten etwa in dieser Grössenordnung oder darüber die Oberflächenfehler innerhalb der Ringbereiche vielfach äusserst ungünstig sind. Zwischen aufeinanderfolgenden Ringen ist die Oberfläche gewöhnlich gut, und es liegt eine annehmbare innere, kristalline Struktur vor.

Vom theoretischen Gesichtspunkt aus käme daher als ideale Form für die Giessform beim Stranggiessen eine gekrümmte Form von sehr grosser Länge in Frage. Da dies jedoch in der Praxis nicht verwirklicht ist, wurden andere Einrichtungen zur Anwendung gebracht.

So wurde vorgeschlagen, endlose Träger, wie rotierende Trommeln, Räder oder dergleichen oder bewegte endlose Bänder oder endlose Ketten aus Giessformabschnitten zu benutzen, die miteinander verbunden sind, um eine Giessform am Anfang des Erstarrungsprozesses zu bilden, und die sich voneinander am Ende des Erstarrungsprozesses wieder trennen, um das erstarrte Metall freizugeben. Da die Oberflächen derartiger bewegbarer Träger relativ zu dem Metall während des Erstarrungsprozesses stationär bleiben können, bieten sich für die Erstarrung des Metalls mit guter kristalliner Struktur und glatten Oberflächeneigenschaften günstige Bedingungen. Während derartige Verfahren zwar einige theoretische Vorzüge bieten, hat die Praxis jedoch enttäuschende Erfahrungen mit diesen gebracht. Konstruktive und betriebliche Schwierigkeiten haben dem praktischen, erfolgreichen Betrieb so viele Hindernisse in den Weg gelegt, dass derartige Verfahren sich in der aktuellen, kommerziellen Anwendung kaum oder gar nicht durchgesetzt haben.

Man hat daher als Kompromiss bis heute die Verwendung oszillierender Giessformen mit gekrümmten Form-

hohlräumen als befriedigende Lösung im Hinblick auf das Verringern der Bauhöhe der Einrichtung und im Hinblick auf das Erhöhen der Giessgeschwindigkeit angesehen, ungeachtet der Probleme, die bei oszillierenden, gekrümmten Formauskleidungen oben beschrieben worden sind.

Horizontale Giessformen wurden bislang für das Stranggiessen von Aluminium und einigen anderen Nichteisenmetallen in Einrichtungen benutzt, bei denen das geschmolzene Metall durch eine feuerfeste Zuführrohre, die sich durch eine Stirnwand der Giessform erstreckt, in eine horizontale Giessform eingegossen wird. Beim Giessen von Aluminium wird die Zuführrohre durch das geschmolzene Aluminium nicht benetzt und bleibt, während der Giessvorgang fortschreitet, sauber. Wenn jedoch Stahl gegossen wird und insbesondere, wenn man eine oszillierende Giessform benutzen will, kann diese Art der horizontalen Giessform mit einer feuerfesten Zuführrohre nicht angewendet werden. Es hat sich gezeigt, dass Stahl die Rohre benetzt und an der Rohre ringsum erstarrt. Der erstarrte Stahl neigt dazu, eine falsche Rohre auszubilden, die sich längs der Giessform erstreckt, wodurch es letztlich zu einem Ausbruch geschmolzenen Metalls am Austrittsende der Giessform kommt.

Ausserdem ist es bekannt, dass die Lage und Richtung des einflussenden Stroms geschmolzenen Metalls in hohem Masse den Erstarrungsprozess beeinträchtigt und damit auch das hergestellte Erzeugnis.

Eine horizontale Giessform macht gewöhnlich einen horizontal einflussenden Strom geschmolzenen Metalls erforderlich, der gegen das Metall anspült, welches sich bereits an der Formwand zu verfestigen beginnt. Dadurch wird ein Rückschmelzen des erstarrenden Metalls bewirkt, was oftmals zu einem Ausbluten geschmolzenen Metalls zur Aussenseite des Strangs führt. Wenn die Geschwindigkeit des einflussenden Metalls gross ist oder so hoch ist, dass eine Turbulenz in dem Bad geschmolzenen Metalls hervorgerufen wird, kann es zum Einschluss von Gasblasen und Oxydpartikeln, von Schlacke oder auf der Oberfläche des geschmolzenen Metalls schwimmendem Schmutz kommen, wodurch Hohlräume und Einschlüsse in dem Strang hervorgerufen werden und wobei es manchmal sogar zu Porigkeit und Lunken- oder Rohrbildung in dem Strang kommt. Zu allermindest zeigt ein horizontal erstarrter Strang innere Veränderungen über seine Querschnittsfläche aufgrund der Schwerkraftwirkung. Beispielsweise neigen eingeschlossene Gase und Leichtpartikel dazu, nach aufwärts gegen die Oberseite des Strangs zu schwimmen. Daher kann der Zentralbereich des Strangs defektfrei sein, während sich in der Nähe eines Seitenrands des Strangs ein Porositätsbereich oder ein Bereich mit Einschlüssen befindet. Diese nichtzentrische Verteilung von Defekten ist vielfach ungünstiger als bei zentrischer Anordnung der Defekte, da dadurch unvorhersehbare Veränderungen bei nachfolgender Bearbeitung verursacht werden können, beispielsweise beim Warmwalzen zum gewalzten Strang. Dementsprechend ist es wünschenswert, wenn das Bad des geschmolzenen Metalls oben offen oder an der Oberseite exponiert ist, so dass es vermieden werden kann, dass enthaltene Gase oder andere Verunreinigungen in dem erstarrenden Strang eingeschlossen werden, oder dass derartige Einschlüsse zumindest auf den Zentralbereich beschränkt sind, wo sie am wenigsten schädlich sind.

Wenn ein ununterbrochener Strang rechtwinkligen Querschnitts anfänglich innerhalb einer typischen horizontalen Giessform erstarrt, sind die (üblicherweise) grösseren Oberflächen an Oberseite und Grund notwendigerweise einem plötzlicheren Abkühlen ausgesetzt. Die sich ergebenden Schrumpfeffekte bewirken, dass diese Oberflächen, insbesondere die Oberseite, sich von den Wänden der Giessform zurückziehen, bevor sie sich sehr weit von dem geschmol-

zenen Bad entfernen, und dass dadurch das anfängliche schnelle Kühlen verlangsamt wird. Da die verschiedenen Ränder und Oberflächen nicht alle gleichförmig schrumpfen, sind die Kühlungsraten und damit die Temperaturen, Spannungen und die Dicken der erstarrten Schalen von Oberfläche zu Oberfläche jeweils unterschiedlich. Diese Nachteile treten bei höheren Giessgeschwindigkeiten zunehmend stärker zutage, und bei fortgesetzter Bewegung des Strangs durch die Form erscheinen helle und dunkle Stellen auf dem aus der Giessform austretenden Barren. Die hellen Bereiche sind oftmals ein Anzeichen für Bereiche hoher Temperatur, wo ein Rückschmelzen der schon einmal erstarrten Schale auftreten kann. Das Rückschmelzen entsteht aufgrund des Wärmeübergangs von dem noch immer heissen Innenbereich des Strangs. An diesen Schwachstellen erzeugen Spannungen oder Beanspruchungen in der erstarrten Schale Risse, die zu Ausbrüchen oder anderen Oberflächenfehlstellen führen können.

Die ungleichen Spannungen haben ausserdem eine weitere unerwünschte Folge, nämlich dass eine Art geometrischer Distorsion des gegossenen Strangs hervorgerufen wird, die als rhombische Verformung bekannt und für das nachfolgende Bearbeiten des Strangs schädlich ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Einrichtung zum Stranggiessen von Stahl anzugeben und einen neuartigen gegossenen Stahlstrang zu schaffen, der im Vergleich zu üblichen stranggegossenen Stahlsträngen eine verbesserte Oberflächengüte hat, und ein weit schneller arbeitendes Verfahren für das Stranggiessen eines Stahlstrangs in Schmiedequalität anzugeben, der für ein unmittelbares Walzen zu Schmiedestahl-Erzeugnissen geeignet ist. Die Lösung dieser Aufgabe wird durch die Merkmale der Kennzeichnungen der Patentansprüche 1 und 2 erreicht.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung im einzelnen beispielsweise erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematisiert gezeichnete Seitenansicht einer Einrichtung zur Durchführung der Erfindung, welche Einrichtung ein drehbares Giessrad mit einer am Umfang desselben ausgebildeten Giessnut besitzt sowie ein endloses Metallband, das einen Längenabschnitt der Giessnut abdichtet;

Fig. 2 eine photographische Aufnahme eines Abschnitts des erfindungsgemässen Stranggusserzeugnisses, in der die glatte Oberfläche desselben gezeigt ist;

Fig. 3 eine photographische Aufnahme eines kommerziell nach einem bekannten Verfahren hergestellten Stranggusserzeugnisses, die die typischen Schwingmarken und die dadurch bedingte, sehr rauhe Oberfläche zeigt;

Fig. 4 eine Draufsicht auf den Querschnitt des erfindungsgemässen Stranggusserzeugnisses, die die sehr glatte Oberfläche desselben zeigt, und

Fig. 5 eine der Fig. 4 entsprechende Querschnittsansicht des in Fig. 3 gezeigten Stranggusserzeugnisses, wobei wiederum das rauhe Oberflächenprofil gezeigt ist.

Fig. 1 zeigt ein Giessrad 10 mit einer in seinem Umfang ausgearbeiteten Nut und einen endlosen, flexiblen Riemen oder ein Band 11, das mittels drei Band-Tragrollen 12, 14 und 15 in Anlage an einen Umfangsabschnitt des Giessrads gehalten ist. Die Band-Tragrolle 12 ist nahe der Stelle am Giessrad 10 angeordnet, an der geschmolzener Stahl aus einem EIngusstrichter 16 ausgegeben und in eine Giessform M eingegossen wird, die durch das Band 11 und die umfängliche Nut G rings um das Giessrad 10 gebildet wird. Die Band-Tragrolle 15 ist tangential ausserhalb von der Stelle am Giessrad 10 angeordnet, an der der teilweise erstarrte Stahl vom Giessrad 10 abgegeben wird.

Ausserhalb der Band-Tragrolle 15 gelegen befindet sich eine ausgedehnte Kühlsektion 18, die den gegossenen, teil-

weise erstarrten Stahlstrang, der aus dem Giessrad 10 austritt, aufnimmt und das Kühlen des Stahlstrangs zur vollständigen Verfestigung desselben steuert. Die Kühlsektion weist eine Mehrzahl von Tragrollen 19 auf, die am Rahmen 20 der Kühlsektion 18 gelagert sind, sowie mehrere Verteiler 21 und 21', wobei die Verteiler 21 oberhalb und unterhalb der Bahn P angeordnet sind, auf der der Stahl durch die Kühlsektion 18 hindurchläuft, und die Verteiler 21' seitlich der Bahn P des durch die Kühlsektion 18 hindurch verlaufenden Strangs angeordnet sind.

Die Tragrollen 19 können angetrieben oder freilaufend sein, da die Neigung der Tragrollen 19 vom Grund des Giessrads 10 einen allmählichen Verlauf hat und in den meisten Fällen die longitudinale Druckfestigkeit des heissen Stahlstrangs, der aus dem Giessrad austritt, ausreichend ist, um den Stahl die Steigung aufwärts zu schieben, ohne dass eine wesentliche Gefahr des Zusammenstauchens des Stahles bestünde. Wenn es jedoch gewünscht wird, die Aufwärtsbewegung des gegossenen Strangs auf der geneigten Bahn P zu unterstützen, können die Tragrollen 19 zwangsweise angetrieben sein. Bei Blickrichtung wie in Fig. 1 werden die Tragrollen 19 entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht, so dass der auf ihnen liegende Strang C vom Giessrad 10 weggeführt wird. Eine Mehrzahl oberer Rollen 26 ist oberhalb der Bahn, die den gegossenen Strang C durch die Kühlsektion 18 hindurchführt, angebracht und in eine solche Lage einstellbar, dass der Strang in der Bahn P gehalten wird. Seitliche Führungswände können auf gegenüberliegenden Seiten der Bahn P angeordnet sein und ebenfalls dazu dienen, den Strang in seiner Bahn zu halten.

Die Verteiler 21 und 21' sind so gelegen, dass sämtliche Seiten des gegossenen Strangs C gleichmässig gekühlt werden, und jeder Verteiler 21, 21' kann für sich unabhängig durch Ventile V_1 , V_2 und V_3 gesteuert werden, um die Kühlungsrate jeder Seite des metallischen Strangs C selektiv zu steuern. Die Kühlflüssigkeit, gewöhnlich Wasser, wird durch eine Mehrzahl üblicher Düsen (die nicht dargestellt sind) auf den heissen, gegossenen Strang gesprüht.

Wenn der gegossene Strang C aus der Kühlsektion 18 austritt, durchläuft er ein Walzwerk (nicht gezeigt) oder eine andere sich anschliessende Bearbeitungseinrichtung. Wenn es gewünscht wird, kann der Strang zwischen zwei Quetschwalzen 36 üblicher Bauart hindurchgeführt werden, um die Vorschubbewegung des Strangs zu unterstützen.

Der in Fig. 2 gezeigte Strang wurde hergestellt durch Eingiessen von Stahl mit etwa 0,6% Kohlenstoff, 0,75% Mangan und 0,17% Schwefel und Phosphor in das Giessrad, während die Temperatur zwischen etwa 1755 und 1811 K betrug. Der Strang trat aus dem Giessrad mit etwa 7,6 m pro Minute bei einer Temperatur zwischen etwa 1722 und 1477 K aus, war zu etwa 75 bis 80% erstarrt und wies einen Oberflächenzunder von weniger als 0,12 mm Stärke auf.

Der gegossene Strang ist dadurch gekennzeichnet, dass er eine glatte Oberfläche besitzt, die frei von Schwingmarken oder anderen grösseren Oberflächenfehlern ist. Beim Giessen von Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt zwischen etwa 0,18 und 0,66% (Gewichtsprozent) und weniger als 0,03 Gewichtsprozent Schwefel und Phosphor wurde gefunden, dass der gemäss der vorliegenden Erfindung gegossene Strang eine Oberfläche besitzt, die gewöhnlich eine geringere Rauigkeit als etwa 0,025 mm aufweist (gemessen mit einem Rauigkeitsmessinstrument bei einer üblichen Messmethode für die Beurteilung des Oberflächenfinish entsprechend dem ANSI-Standard B 46), selbst bei Giessgeschwindigkeiten von mehr als 6,1 m pro Minute. Das bedeutet, dass die durchschnittliche Abweichung von einer vollkommen ebenen Oberfläche so beschaffen ist, dass die kumulative Gesamttiefe der Risse oder anderer Fehlstellen, geteilt durch

die Anzahl dieser Fehler, geringer ist als etwa 0,025 mm pro 25,4 mm Länge, auf eine andere Weise kann eine Messung der Oberflächenrauigkeit durchgeführt werden, indem man ein vergrössertes Profil der Oberflächenkontur erzeugt und die Abweichungen gegenüber einer theoretischen mittleren Oberfläche an einer Anzahl von Stellen längs des Konturprofils misst und sodann die gesamte kumulative Abweichung durch die Anzahl der Messstellen dividiert. Alternativ kann man ein Mass für die Oberflächenrauigkeit unmittelbar erhalten, indem man die Anzeige von Rauigkeitsmessinstrumenten bekannter Art (siehe ANSI B 46.1) abliest, die elektronisch das Oberflächenprofil integrieren und die durchschnittliche Rauigkeit kontinuierlich anzeigen. Bei dem erfindungsgemässen Erzeugnis ergibt sich bei diesen Messmethoden ein Rauigkeitswert von weniger als etwa 0,025 mm. Auch die durchschnittliche Fehlertiefe ist wichtig, die weniger als etwa 2,54 mm und gewöhnlich weniger als 0,25 mm beträgt.

Der in Fig. 3 abgebildete Strang zeigt schwere Oberflächenfehler aufgrund der oben erwähnten Schwingmarken. Diese Probe wurde kommerziell mit einem bekannten Verfahren hergestellt, unter Benutzung einer kurzen vertikalen, am Ende offenen Giessform vom hin und her gehenden Typ. Die Oberflächenfehler weisen eine Tiefe von mehr als 2,54 mm auf, und die Messung der durchschnittlichen Oberflächenrauigkeit zeigt eine Rauigkeit von mehr als 0,025 mm pro 25,4 mm Messlänge.

Gemäss vorherrschender Praxis ist die Giessform M vorzugsweise aus einem Metall hoher Wärmeleitfähigkeit gefertigt, beispielsweise aus einer Kupferlegierung, und die Giessform wird gekühlt, indem man ein Kühlmittel unmittelbar auf die Giessform spritzt oder ein Kühlmittel durch die Form hindurchzirkulieren lässt, beispielsweise kaltes Wasser.

Die Giessnut G kann in bezug auf ihren Querschnitt nach Wunsch verschieden geformt sein, beispielsweise halbkreisförmig, quadratisch oder rechteckförmig. Es hat sich jedoch als vorteilhaft erwiesen, einen trapezförmigen Querschnitt zu benutzen, der an seinen Seiten kleine Ablöswinkel (7 bis 14°) besitzt und bei dem das Verhältnis von Breite zu Tiefe 2 : 1 oder kleiner ist.

Beim Giessen wird der geschmolzene Stahl in die Form M gegossen und gleichmässig gekühlt, indem die Wärme durch die Formwände abgeführt wird, um eine dünne Umfangshaut erstarrten Metalls zu bilden, die den innerhalb befindlichen geschmolzenen Stahl umgibt. Die Rate der Wärmeabfuhr wird relativ zur Giessgeschwindigkeit eingestellt, indem man die Zirkulationsgeschwindigkeit des Kühlmittels für die Giessform steuert oder dergleichen dergestalt, dass die Temperatur der Aussenfläche der Umfangshaut aus erstarrtem Stahl beim Austritt aus der Giessform nicht höher ist als etwa 1644 K, jedoch nicht geringer ist als 1366 K, und dass die Stärke der Umfangshaut ausreichend gross ist, um dem ferrostatischen Säulendruck des geschmolzenen Stahlkerns zu widerstehen.

Der austretende Strang wird sodann längs einer ihn tragenden Bahn P zur Kühlzone 18 für das abschliessende Kühlen geführt.

Während sich der Strang C längs der ihn trageriden Bahn P bewegt, ist es wesentlich, dass die dünne Haut erstarrten Stahls, die in der Giessform M gebildet worden ist, erhalten bleibt, um ein Rückschmelzen durch Absorption von Wärme aus dem geschmolzenen Inneren zu verhindern.

Während der Strang durch die Kühlzone geführt wird, wird er gehalten und unterstützt, bis die Erstarrung abgeschlossen ist. Beispielsweise wird der Strang von unten durch eine Reihe von einander eng benachbarten parallelen Rollen 19 abgestützt sein, deren Achsen in einer gemeinsamen Ebe-

ne liegen. Wenn der Strang C aus der ihn tragenden Bahn P austritt, wird er durch solche Rollen oder andere Trageinrichtungen aufgenommen, auf denen er zu einer Trennstation oder einem Walzwerk bewegt wird, während er gekühlt wird.

Es ist zu bemerken, dass die Verfahrensschritte gegenüber dem kommerziell bewährten Verfahren, bei dem es sich um das übliche Verfahren zum Bilden eines gegossenen Stahlstrangs handelt, beträchtlich unterschiedlich sind. Besonders wesentlich ist, dass zu keiner Zeit irgendeine Relativbewegung zwischen der Giessform und dem erstarrenden, geschmolzenen Stahl stattfindet, wie dies bei allen bekannten Stranggiessverfahren dieses Typs der Fall ist. Bei der Erfindung ist es daher nicht möglich, dass die dünne Schale erstarrten Stahls aufgerissen wird, um Durchbrüche, Ausblutungen oder andere Oberflächenfehler zu verursachen.

Bei der vorliegenden, oben beschriebenen Giesseinrichtung folgt der gegossene Strang ausserdem mit zunehmender Stärke der Haut einer Bahn mit zunehmendem Radius, bis der Bahnverlauf horizontal wird. Daher wird auf den gegossenen Strang, während er noch zerbrechlich ist, wenig oder keinerlei mechanische Beanspruchung in Rückwärtsrichtung aufgebracht.

Eine weitere wichtige Unterschiedlichkeit besteht darin, dass bei der Erfindung die Anordnung so getroffen ist, dass

die Wärmeübergangsrate in Koordination mit dem Erstarrungsprozess gesteuert wird. Da der geschmolzene Stahl fortlaufend in ein kaltes Giessrad eingegossen wird, ist die Rate des Wärmeübergangs sehr gross, was ein schnelles Abkühlen zur Folge hat; wohingegen im späteren Verlauf die Wärmeübergangsrate geringer ist, so dass ein geordnetes Anwachsen der Erstarrungsfront ermöglicht wird. Beim Giessen von Stahl mit niedrigeren Kohlenstoffgehalten, beispielsweise 0,08 Gewichtsprozent, ist eine hohe Kühlungsrate wünschenswert, wohingegen eine niedrigere Kühlungsrate wünschenswert sein kann, wenn Stähle mit höherem Kohlenstoffgehalt gegossen werden, beispielsweise Stähle mit 0,8 Gewichtsprozent. Der erzeugte, gegossene Strang unabgeteilter Länge weist eine weit bessere Oberflächengüte auf als Stahlstränge, die durch zum Stande der Technik zählende Verfahren mit ähnlichen Giessgeschwindigkeiten hergestellt sind, die vorliegend ohne weiteres 6 m pro Minute übersteigen können und bis 8,9 m pro Minute oder mehr betragen können. Die Oberfläche ist frei von schädlichen Rissen, Falten oder Bärten, wie sie normalerweise mit Schwingmarken auftreten. Aufgrund des besonderen Giessverfahrens und der hohen Giessgeschwindigkeit weist ausserdem der Strang in dem Zustand, wie er gegossen ist, eine dünnere Oxydzunderschicht an der Oberfläche auf als Stränge üblicher Art.

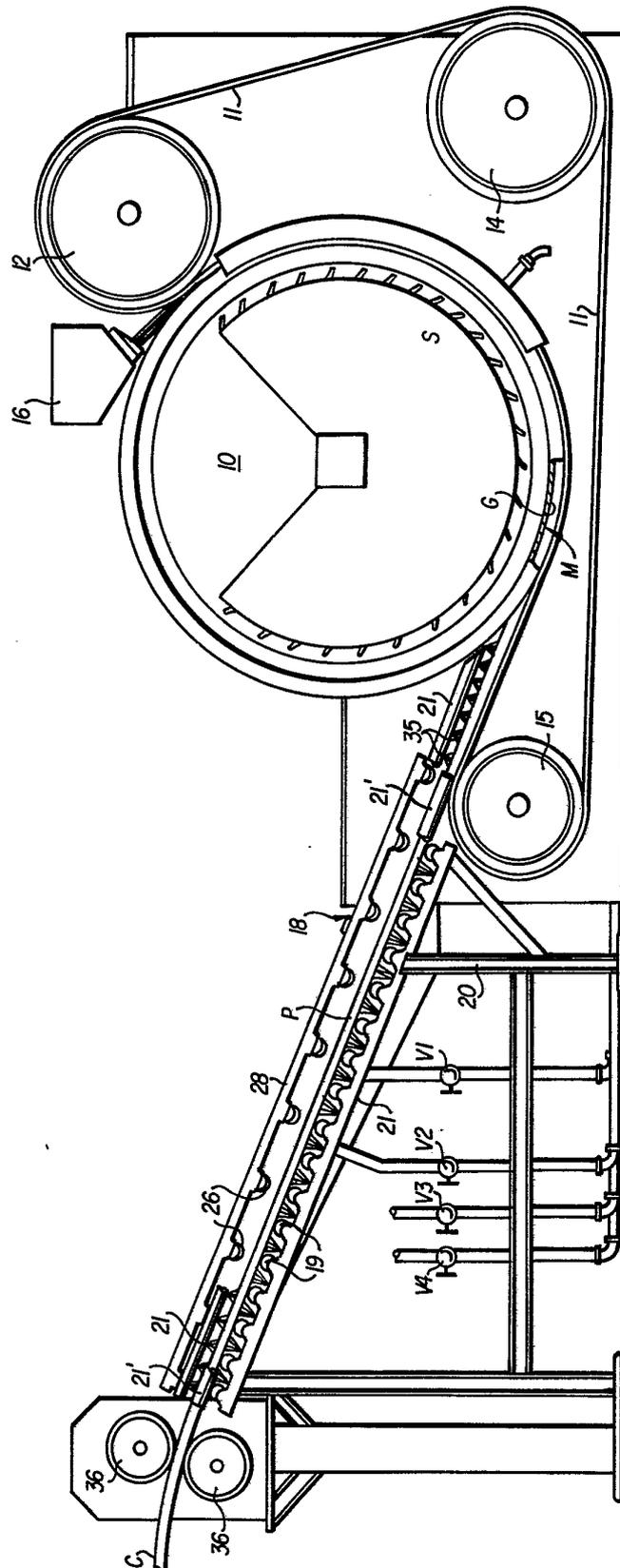


FIG.1



FIG. 2

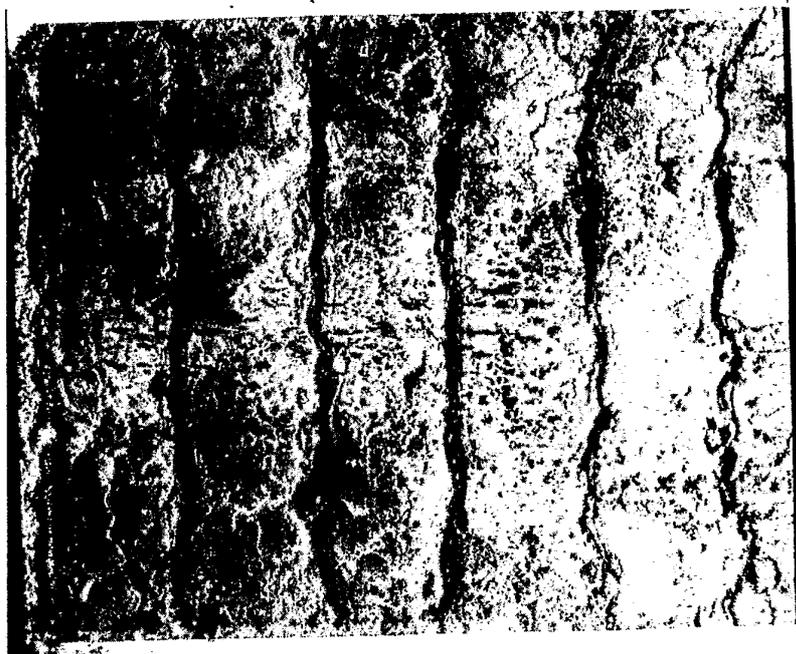


FIG. 3



FIG. 4

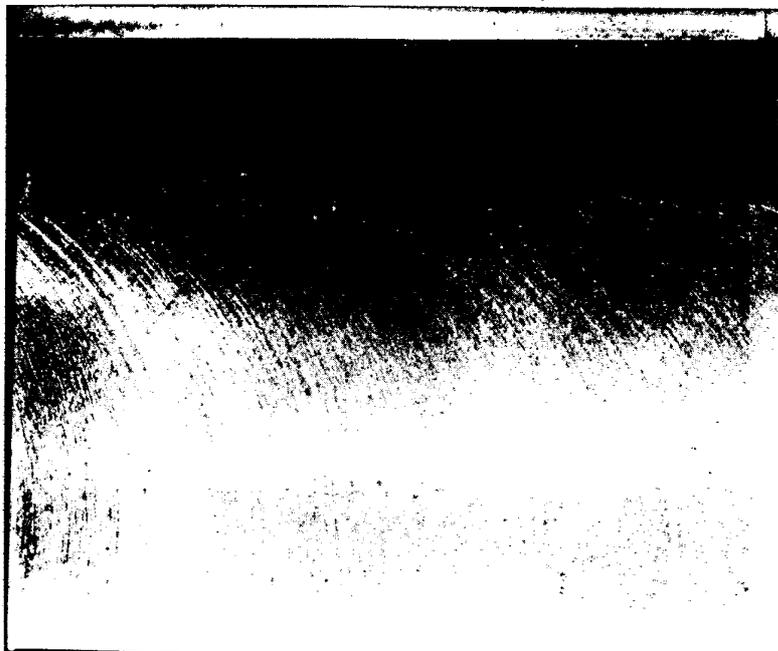


FIG. 5