



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 684936 A5

⑤① Int. Cl.⁶: B 22 D 11/22

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑫① Gesuchsnummer: 3504/91

⑦③ Inhaber:
Concast Standard AG, Zürich

⑫② Anmeldungsdatum: 29.11.1991

⑦② Erfinder:
Sporn, Dietrich, Dübendorf

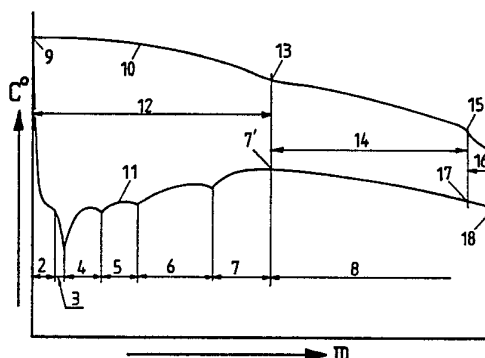
⑫④ Patent erteilt: 15.02.1995

⑦④ Vertreter:
Josef Zeller, Zürich

⑫⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.02.1995

⑥④ **Verfahren und Vorrichtung zum Stranggiessen von Stahl.**

⑥⑦ Beim Stranggiessen von Stahl mit einem Solidus-Liquidus-Intervall grösser als 55°C in Strangquerschnitte kleiner als 300 mm × 300 mm entstehen Kohlenstoffseigerungen im Zentrumsbereich des Stranges, die nach dem Auswalzen Gefügefehler, wie Martensitinseln, grobkörnige Karbide oder Korngrenzenzementit erzeugen. Zur Vermeidung dieser Fehler wird vorgeschlagen, Giessparameter wie Stahlanalyse, Überhitzungstemperatur, Giessgeschwindigkeit, Länge und Intensität der Sekundärkühlung derart aufeinander abzustimmen, dass entlang einer definierten Kühlstrecke (14) sich das Verhältnis der Abkühlungsgeschwindigkeit der Oberflächentemperatur des Stranges zur Abkühlungsgeschwindigkeit der Temperatur im Zentrum des Stranges auf 0,4–0,65, vorzugsweise auf 0,45–0,55, einstellt. Die definierte Kühlstrecke (14) wird dabei einerseits durch den Liquidus- und andererseits durch den Solidustemperaturpunkt (13 bzw. 15) im Zentrum des Stranges begrenzt.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Stranggiessen von Stahl mit einem Solidus-Liquidus-Intervall grösser als 55°C gemäss dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

Beim Stranggiessen von Stahl in eine Durchlaufkokille erstarrt eine Strangkruste, die in einer der Kokille nachfolgenden Sprüh- oder Sekundärkühlung weiter gekühlt wird. Anschliessend an die Sekundärkühlung wird der Strang durch Umgebungsluft bis auf Raumtemperatur weiter gekühlt oder nach einem Temperatúrausgleich und/oder einer Nacherwärmung einem Walzwerk zugeführt. Bei Stählen mit höheren Kohlenstoffgehalten ab ca. 0,5% steigt der Solidus-Liquidus-Intervall stark an. Beträgt dieser Intervall 55°C und mehr, so treten beim Stranggiessen, insbesondere beim Stranggiessen in Strangquerschnitte kleiner als 300 mm × 300 mm, unerwünschte Kohlenstoffseigerungen entlang der Mittelachse des Stranges auf. Solche unerwünschte Seigerungen führen nach dem Auswalzen zu Gefügefehlern, wie Martensitinseln, grobkörnigen Karbiden oder zu Korngrenzenzementit. Bei Stählen für die Herstellung von Kugellagern und bei hochgekohten Seildrahtgütern werden solche Gefügefehler nicht toleriert. Kugellagerstähle werden deshalb in der Regel in grössere Giessformate gegossen und einem hohen Verformungsgrad unterworfen, sowie, wenn notwendig, durch entsprechende Diffusionsglühungen homogenisiert.

Aus JP-OS 1 178 356 ist ein Verfahren zum Stranggiessen mit reduzierter Zentrumsseigerung bekannt. Es wird eine Überhitzungstemperatur des Stahles von 50–100°C vorgeschlagen. Die Ausziehgeschwindigkeit soll etwa 0,4 m/Min. betragen und der Strang soll im Bereich der Sumpfspitze einer geringen Verwalzung unterzogen werden. Dieses Verfahren bedingt teure Stranggiessanlagen und ist im weiteren wegen der niedrigen Strangausziehgeschwindigkeit nur für grosse Strangquerschnitte anwendbar.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Stähle mit einem Solidus-Liquidus-Intervall grösser als 55°C in Strangquerschnitte kleiner als 300 mm × 300 mm zu giessen und dabei Seigerungen, insbesondere Kohlenstoffseigerungen und/oder Innenrisse im Zentrumsbereich des Stranges zu vermeiden. Das Stranggussmaterial soll nach dem Auswalzen keine durch Kohlenstoffseigerungen bedingte Gefügefehler wie Martensitinseln, grobkörnige Karbide oder Korngrenzenzementit aufweisen, die die Eigenschaften während der nachfolgenden Verarbeitungsschritte bzw. des fertigen Produktes negativ beeinflussen. Auch sollen kostspielige Korrekturmassnahmen wie mechanische Verformung der Sumpfspitze, Diffusionsglühungen des Stranges etc. vermieden werden.

Gemäss der Erfindung wird diese Aufgabe durch die Summe der Merkmale von Anspruch 1 gelöst.

Mit dem erfindungsgemässen Verfahren ist es möglich, Stähle mit hohen C-Gehalten wie Kugellagerstahl etc., in Knüppelquerschnitte zu giessen und die Erstarrungsverhältnisse im Zentrum des Stranges wirksam zu beeinflussen. Die gleichzeitig genau definierten und kontrollierten Abkühlungsgeschwindigkeiten an der Strangoberfläche und im Strangzentrum ermöglichen es, Innenrisse und Seigerungen zu vermeiden und eine verbesserte Stahlqualität zu giessen, die den Ansprüchen für die Kugellagerherstellung und zum Ziehen von hochgekohten Seildrahtgütern genügen.

Je nach der Grösse des Strangquerschnittes wird die Länge der aktiven Sekundärkühlzone und die Kühlintensität bestimmt. Nach einer weiteren Ausführungsform ist es vorteilhaft, wenn die Giessparameter derart aufeinander abgestimmt werden, dass der Liquidustemperaturpunkt im Zentrum des Stranges nach dem Ende der Sprühkühlung in einem Streckenbereich liegt, in welchem sich die Oberfläche des Stranges bei Luftkühlung wiedererwärmt. Zusätzliche Vorteile können erreicht werden, wenn der Liquidustemperaturpunkt mit der maximalen Wiedererwärmung der Oberflächentemperatur bei Luftkühlung zusammenfällt oder wenn die Oberflächentemperaturkurve wieder abzufallen beginnt.

Ein zusätzlicher Kombinationseffekt kann erreicht werden, wenn in oder anschliessend an die Kokille und/oder im Bereich zwischen dem Liquidus- und dem Solidustemperaturpunkt der flüssige Sumpf im Strang elektromagnetisch gerührt wird.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zeichnet sich durch die Summe der Merkmale gemäss Anspruch 5 aus.

Ein rasches Erfassen von Änderungen der Giessparameter, insbesondere Änderungen der Temperatur und der Stahlzusammensetzung im Zwischengefäss bei Pfannenwechsel während des Sequenzgiessens sind von besonderem Interesse. Gemäss einem Ausführungsbeispiel wird empfohlen, dass jede Temperatur- und Analysenveränderung des Stahles im Zwischengefäss dem Rechner zugeführt wird und dieser die erforderlichen Giessparameter errechnet und anzeigt bzw. einstellt.

Im nachfolgenden sollen das Verfahren und die Vorrichtung anhand von Beispielen weiter erläutert werden.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Schaubild der Strangtemperatur in Abhängigkeit der gegossenen Stranglänge und
Fig. 2 ein Schema für die Rechnersteuerung

Im Schaubild in Fig. 1 ist auf der Vertikalen die Strangtemperatur in °C im Zentrum und an der Oberfläche und horizontal die Länge des gegossenen Stranges in m aufgetragen. Am linken Bildrand ist die Badspiegeltemperatur 9 und am rechten Bildrand die Ausfördertemperatur 18 des Stranges aufgetra-

gen. Die obere Kurve 10 stellt die Temperatur entlang der Zentrumslinie und die untere Kurve 11 diejenige entlang der Oberfläche des gegossenen Stranges dar.

In einem ersten Bereich 2 ist die Abkühlung innerhalb der Kokille, in den Bereichen 3–6 in den verschiedenen Zonen der Sekundärkühlung dargestellt. Im Bereich 7 ist eine trockene Kühlung durch die Umgebungsluft vorgesehen. Die Strangoberfläche erwärmt sich dabei bis zu einem Punkt 7' durch die aus dem Zentrum des Stranges nachfliessende Wärme. Im Bereich 8 sinkt die Temperatur der Strangoberfläche relativ langsam ab, wenn, wie im Beispiel, der Strang nur an der Luft weiter abkühlt. Je nach den gegebenen und gewählten Giessparametern kann es aber erforderlich sein, dass in den Bereichen 7 und 8 zur Steuerung der Lage des Punktes 7' mit der höchsten Wiedererwärmungstemperatur eine Sprühwasser-, Luftwasser- oder Luftzwangskühlung zuschaltbar ist.

Die obere Kurve 10 zeigt im wesentlichen drei Bereiche. In einem Bereich 12 liegt die Temperatur im Zentrum des Stranges oberhalb Liquidus. 13 zeigt den Liquidustemperaturpunkt. Im Bereich 14 liegt die Temperatur zwischen dem Liquidus- und dem Solidustemperaturpunkt, der mit 15 bezeichnet ist. Im Bereich 16 ist der Strang auch im Zentrum durcherstarrt.

Bei Beginn des Stranggiessens oder bei einem Pfannenwechsel bei Sequenzguss sind Stahlzusammensetzung und Überhitzungstemperatur im Zwischengefäss sowie Giessformat bekannt. Aus diesen Grunddaten kann ein Rechner die erforderliche Giessgeschwindigkeit, die Länge und Intensität der Sekundärkühlung bestimmen. Im weiteren wird örtlich die Kühlstrecke 14 festgelegt, die durch Liquidus- und Solidustemperaturpunkt 13 bzw. 15 begrenzt sind. Entlang dieser Kühlstrecke 14 wird durch exakte Steuerung der Strangkühlung das Verhältnis der Abkühlungsgeschwindigkeit der Oberflächentemperatur des Stranges zur Abkühlungsgeschwindigkeit der Kerntemperatur im Zentrum des Stranges auf 0,4–0,65, vorzugsweise auf 0,45–0,55, eingestellt.

Weil die Wärmeleitfähigkeit im gegossenen Stahl eine im vorgegebenen Temperaturbereich unveränderbare Grösse ist, muss durch eine Vielzahl von Modellrechnungen eine Wiedererwärmungstemperatur mit der entsprechend zugehörigen Abkühlungsgeschwindigkeit der Strangoberfläche gesucht werden, die im vorgegebenen Verhältnis der Abkühlungsgeschwindigkeiten zwischen Strangoberfläche und Strangzentrum liegt.

Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass durch Einstellung der Giessparameter, insbesondere durch Einstellung der Überhitzungstemperatur in Abhängigkeit des Solidus-Liquidus-Intervalles, der Giessgeschwindigkeit und der Länge und Intensität der Sekundärkühlung, der Liquidustemperaturpunkt 13 nach dem Ende der Sprühkühlung in einen Streckenbereich gelegt werden kann, in welchem sich die Oberflächentemperatur des Stranges im Luftkühlungsbereich 7 wiedererwärmt hat. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Liquidustemperaturpunkt 13, wie im Schaubild, mit der Temperatur 7' in Übereinstimmung gebracht wird und entlang der Kühlstrecke 14 allein durch Luftkühlung das erfindungsgemässe Verhältnis von etwa 0,5 erreicht wird.

Beispiel

- Liquidustemperatur 13 1450°C
- Solidustemperatur 15 1336°C
- dem Liquidustemperaturpunkt 13 zugeordnete Strangoberflächentemperatur 7' 1131°C
- dem Solidustemperaturpunkt 15 zugeordnete Strangoberflächentemperatur 17 1074°C
- Temperaturabfall auf der Kühlstrecke 14 an der Strangoberfläche –57°C
- Temperaturabfall auf der Kühlstrecke 14 im Strangzentrum –114°C

$$\text{– Verhältnis des Temperaturabfalles bzw. der Abkühlungsgeschwindigkeiten} = \frac{57^{\circ}\text{C}}{114^{\circ}\text{C}} = 0,5$$

Zur Unterstützung der Qualitätsverbesserung können alle am Anmeldetag bekannten elektromagnetischen Rührer in oder anschliessend an die Kokille und/oder auf der Kühlstrecke 14 angeordnet werden.

Ein Schema für die Rechnersteuerung ist aus Fig. 2 entnehmbar. Auf der linken Seite sind die Dateneingänge in den Rechner 20 und auf der rechten Seite die nachfolgend bezeichneten beeinflussbaren Giessparameter, die angezeigt bzw. von Hand oder automatisch eingestellt werden.

Das Giessformat 21, die Stahlanalyse 22 und die Stahltemperatur 23 im Zwischengefäss werden automatisch oder von Hand eingegeben. Das Modell für die Abkühlungsberechnung 25 ist ein Softwarepaket mit allen physikalischen und anlagebedingten Parametern. Auf der rechten Seite sind folgende visuelle Anzeigen bzw. Steuerungen angeschlossen:

- 26 Giessgeschwindigkeit
- 27 Länge der Sekundärkühlung
- 28 Intensität der Sekundärkühlung
- 30 Lage des Liquidustemperaturpunktes
- 31 Lage des Solidustemperaturpunktes
- 32 Abkühlungsgeschwindigkeit der Strangoberfläche zwischen Liquidus- und Solidustemperaturpunkt

33 Abkühlungsgeschwindigkeit im Strangzentrum zwischen Liquidus- und Solidustemperaturpunkt

34 Verhältnis zwischen 32 und 33

Die Abkühlungsgeschwindigkeiten bzw. die Temperaturgradienten an der Strangoberfläche und im Strangzentrum können mit vorhandenen Programmen für die Abkühlungsberechnung mit grosser Genauigkeit berechnet werden. Wenn erwünscht, können die gerechneten Parameter mit Messwerten der Strangoberflächentemperatur, etc. verglichen und wenn nötig korrigiert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Stranggiessen von Stahl mit einem Solidus-Liquidus-Intervall grösser als 55°C in Strangquerschnitte kleiner als 300 mm × 300 mm, wobei der Strang nach dem Austritt aus der Stranggiesskokille in einer Sekundärkühlzone gekühlt und ausgefördert wird, dadurch gekennzeichnet, dass Überhitzungstemperatur, Giessgeschwindigkeit, Länge und Intensität der Sekundärkühlung als Giessparameter derart aufeinander abgestimmt werden, dass entlang einer Kühlstrecke (14), begrenzt einerseits durch den Liquidus- und andererseits durch den Solidustemperaturpunkt (13, bzw. 15) im Zentrum des Stranges, sich das Verhältnis der Abkühlungsgeschwindigkeit der Oberflächentemperatur des Stranges zur Abkühlungsgeschwindigkeit der Kerntemperatur im Zentrum des Stranges auf 0,4–0,65 einstellt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Verhältnis der Abkühlungsgeschwindigkeit der Oberflächentemperatur des Stranges zur Abkühlungsgeschwindigkeit der Kerntemperatur im Zentrum des Stranges auf 0,45–0,55 einstellt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Giessparameter derart aufeinander abgestimmt werden, dass der Liquidustemperaturpunkt (13) im Zentrum des Stranges nach dem Ende der als Sprühkühlung ausgebildeten Sekundärkühlzone in einem Streckenbereich liegt, in welchem sich die Oberfläche des Stranges bei Luftkühlung wiedererwärmt.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Giessparameter derart aufeinander abgestimmt werden, dass der Liquidustemperaturpunkt (13) im Zentrum des Stranges nach dem Ende der Sprühkühlung in einem Streckenbereich liegt, in welchem die Oberfläche des Stranges die maximale Wiedererwärmungstemperatur (7') bei Luftkühlung erreicht hat oder wieder abzufallen beginnt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, dass in oder anschliessend an die Kokille und/oder im Bereich zwischen dem Liquidus- und Solidustemperaturpunkt der flüssige Sumpf im Strang elektromagnetisch gerührt wird.
6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1–5, dadurch gekennzeichnet, dass Sensoren und Eingabestellen für die Giessparameter mit einem Rechner (20) verbunden sind und das Rechenprogramm das Verhältnis der Abkühlungsgeschwindigkeit zwischen der Strangoberfläche und dem Strangzentrum entlang der definierten Kühlstrecke (14) errechnet und anzeigt oder einstellt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass jede Temperatur- und Analysenveränderung des Stahles im Zwischengefäss dem Rechner (20) zugeführt wird und dieser die erforderlichen Giessparameter (26–34) errechnet, anzeigt oder einstellt.

Fig. 1

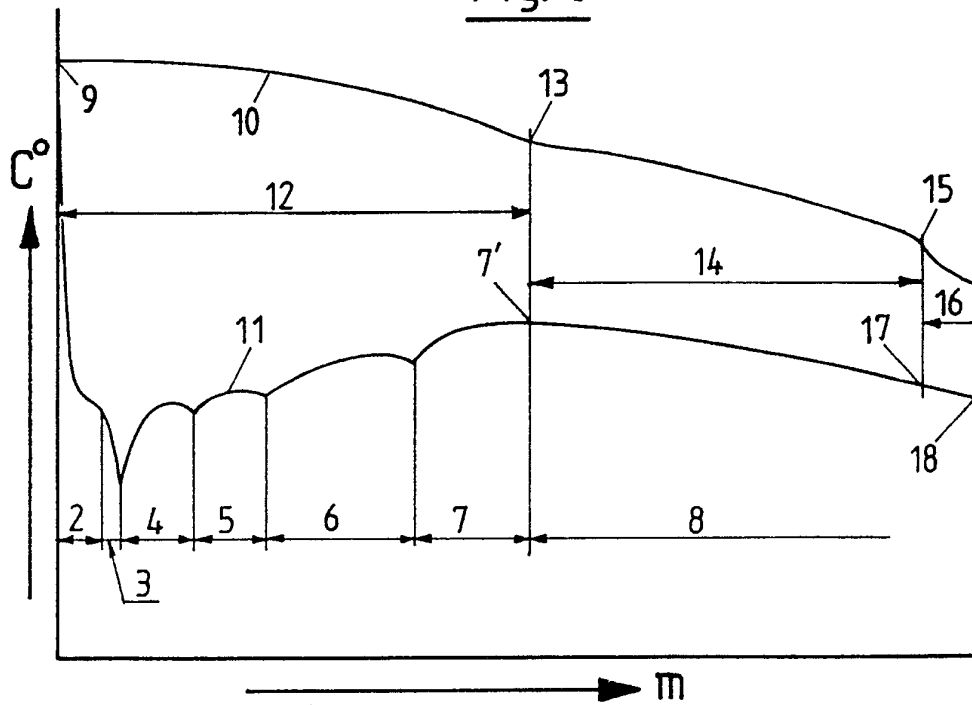


Fig. 2

