



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 010 243 A1** 2006.09.07

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 010 243.3**

(22) Anmeldetag: **05.03.2005**

(43) Offenlegungstag: **07.09.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **C22C 38/04** (2006.01)  
**B22D 11/06** (2006.01)

(71) Anmelder:

**SMS Demag AG, 40237 Düsseldorf, DE**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Valentin, Gihse, Grosse, 57072  
Siegen**

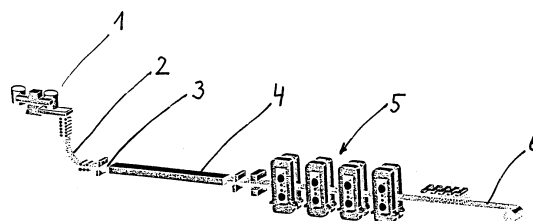
(72) Erfinder:

**Kempken, Jens, Dr., 41564 Kaarst, DE;  
Reifferscheid, Markus, Dr., 41352 Korschenbroich,  
DE; Girgensohn, Albrecht, Dr., 40597 Düsseldorf,  
DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Anlage zur Herstellung eines Leichtbaustahls mit einem hohen Mangan-Gehalt**

(57) Zusammenfassung: Die Herstellung von Stählen mit erhöhten Gehalten an Mangan (Mn), Aluminium (Al) und Silizium (Si) mit TWIP-Eigenschaften (Twinning Induced Plasticity) durch Strangguss wird nach dem Stand der Technik aus verschiedenen Gründen als schwierig bzw. unmöglich angesehen. Die genannten Gründe sind u. a. geringe Festigkeit der Strangschale bei der Erstarrung wegen starker Mikroseigerung von Mn, hohe Festigkeit bei niedrigen Temperaturen, Reaktionen des Aluminiums im Stahl mit dem Gießpulver, Makroseigerungen, Abreicherung der Legierungselemente im Randbereich sowie Oxidation der Korngrenzen bei der Wiedererwärmung von Brammen im Stoßofen. Gemäß der Erfindung wird deshalb vorgeschlagen, durch hintereinander angeordnete Verfahrensschritte Leichtbaustahl mit einer vorgegebenen chemischen Zusammensetzung von 15 bis 27% Mn, 1 bis 6% Al, 1 bis 6% Si,  $\leq 0,8\%$  C, Rest Fe und Begleitelemente auf einer Dünnbrammengießmaschine (1) ( $d \leq 120$  mm) unter Verwendung von geeigneten Gießpulvern zu vergießen, direkt anschließend an die Erstarrung Brammen (3) vom Endlosstrang (2) abzuteilen und in einem Zwischenofen (4) im Durchlauf einen Temperatenausgleich herbeizuführen und dann die Bramme (3) ohne zwischenzeitliche Abkühlung direkt warmzuwalzen.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Herstellung eines Warmbandes aus einem gut kaltumformbaren, hochfesten, austenitischen Leichtbaustahl mit erhöhten Gehalten an Mangan (Mn), Aluminium (Al) und Silizium (Si) mit TWIP-Eigenschaften (Twinning Induced Plasticity), wobei der Stahl zunächst auf einer Stranggießanlage zu einem Endlosstrang vergossen, in Brammen unterteilt und dann auf die Enddicke gewalzt wird.

**[0002]** Austenitische Leichtbaustähle mit TWIP-Eigenschaften zur Verwendung für beispielsweise Karosserieblechteile, versteifende Karosserieelemente sowie Cryogen-Behälter und Rohrleitungen besitzen beispielsweise entsprechend der EP 0 889 144 B1 eine chemische Zusammensetzung von 10 bis 30 % Mn, 1 bis 6 % Si, 1 bis 8 % Al (mit  $\text{Si} + \text{Al} \leq 12 \%$ ), Rest Fe.

**Stand der Technik**

**[0003]** In der DE 199 00 199 A1 wird ein hochfester Leichtbaustahl mit 7 bis 30 % Mn, 1 bis 10 % Al, 0,7 bis 4 % Si,  $\leq 10\% \text{ Cr}$ ,  $\leq 10\% \text{ Ni}$ ,  $\leq 3\% \text{ Cu}$  und  $\leq 0,5\% \text{ C}$  sowie optional mit den weiteren Legierungselementen N, V, Nb, Ti, P beschrieben, der neben guten mechanischen Eigenschaften auch gute Korrosions- und Spannungsrissskorrosionsbeständigkeit besitzt. Dieser Stahl soll im Stranggießverfahren vergossen und warmgewalzt oder durch Dünnbandgießen endabmessungsnah vergossen werden.

**[0004]** Die Herstellung von hochmanganhaltigen Stählen durch Strangguss wird nach dem Stand der Technik aus verschiedenen Gründen als schwierig bzw. unmöglich angesehen. Die genannten Gründe sind: geringe Festigkeit der Strangschale bei der Erstarrung wegen starker Mikroseigerung von Mn (Durchbruchgefahr bei  $\text{Mn} > 15 \%$ ), hohe Festigkeit bei niedrigeren Temperaturen (Anlagenüberlastung, Rissprobleme), Reaktionen des Aluminium im Stahl mit dem Gießpulver (Einschränkung der Funktion), Makroseigerungen, Wasserstoff- und/oder Sauerstoffaufnahme durch die Spritzwasserkühlung, vermehrtes Auftreten von nichtmetallischen Einschlüssen, Abreicherung der Legierungselemente im Randbereich sowie Oxidation der Korngrenzen bei der Wiedererwärmung von Brammen im Stoßofen.

**[0005]** In einer Veröffentlichung von Spitzer et al.: "Innovative Stahlprodukte – Herausforderung für die Prozessentwicklung"; Konferenz-Einzelbericht: Barbara 2001, S. 71–84 wird hierzu ausgesagt, dass Stähle mit steigendem Mangangehalt zunehmend schwieriger zu vergießen sind. Sie weisen zum einen bei hohen Temperaturen nach der Erstarrung eine geringe Festigkeit auf, da sich Mangan bei hohen Gehalten in der Restschmelze stark anreichert und in

den interdendritischen Bereichen den Schmelzpunkt absenkt. Hierdurch steigt die Neigung zu Kleberdurchbrüchen, die bei Mn-Gehalten von 15 % und mehr nach heutiger Einschätzung ein Stranggießverfahren unmöglich machen. Die Stähle weisen andererseits bei niedrigeren Temperaturen eine hohe Festigkeit auf, so dass beim Biegen des Stranges Anlagenüberlastungen auftreten und mit Rissbildung gerechnet werden muss. Des Weiteren erfolgen bei Aluminiumgehalten von mehreren Prozenten, wie sie bei diesen Stählen u. a. zur Absenkung der Dichte eingestellt werden, Reaktionen mit dem Gießpulver, die dessen Funktion gravierend beeinträchtigen.

**[0006]** In einer anderen Veröffentlichung von Giggacher et al.: "Eigenschaften hochmanganhaltiger Stähle unter stranggießähnlichen Bedingungen"; BHM 149 (2004), Heft 3, S. 112–117 wird hierzu zusammenfassend festgestellt, dass das Vergießen der vorgestellten Legierungskonzepte zur Erzeugung von TWIP-Stählen für Verfahren mit Gießpulver nicht vorteilhaft ist.

**[0007]** Das vorherrschende Problem beim Gießen von Stählen mit einem hohen Al-Gehalt ( $> 1 \%$ ) ist die Reaktion des Al aus dem Stahl mit den oxidischen Bestandteilen des Gießpulvers. Durch die Reduktion des  $\text{SiO}_2$  in der Schlacke durch das Al aus dem Stahl entsteht  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , das von der Schlacke aufgenommen wird, wodurch die Basizität (Verhältnis  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ ) der Schlacke zunimmt. Die Folge ist, dass sich Viskosität und Schmiervershältnisse in der Kokille sehr stark verändern.

**[0008]** Auf Grund dieser Schwierigkeiten wurden in der Vergangenheit verschiedene Verfahrenswege zur Herstellung von TWIP-Stählen beschritten: Aus der WO 02/101109 A1 ist ein Verfahren bekannt, nach dem durch Erhöhung des möglichen Kohlenstoffgehalts ( $\text{C} \leq 1 \%$ ) und durch Zugabe weiterer Elemente, hier besonders B, auch Ni, Cu, N, Nb, Ti, V, P, eine deutliche Verminderung der Streckgrenze und damit eine Verbesserung der Verformbarkeit beim Warm- und Kaltwalzen erreicht wird. Für die Herstellung dieses Stahls wird ein Vormaterial (Bramme, Dünnbramme oder Band) erwärmt und unter Beachtung bestimmter Temperaturgrenzen warmgewalzt und gehaspelt.

**[0009]** In der EP 1 341 937 B1 wird ein Verfahren beschrieben, bei dem ein 12 bis 30 Mn enthaltender Stahl mit einer Zwei-Rollen-Gießmaschine zu einem dünnen Vorband mit einer Dicke von weniger als 1 mm bis 6 mm vergossen, das vertikal aus dem Gießspalt austretende Vorband durch auf seine Oberfläche aufgebrachte Kühlmittel gekühlt und dann in einem einzigen Warmwalzstich auf die Enddicke gewalzt wird. Die Gesamtzeitspanne zwischen Austritt aus dem Gießspalt und Eintritt in das Walzgerüst beträgt etwa 8 Sekunden.

**[0010]** Aus der EP 1 067 203 B1 ist ein Verfahren zur Herstellung von Bändern aus einer Fe-C-Mn Legierung bekannt, bei dem zunächst ein dünnes Stahlband mit einer Dicke zwischen 1,5 bis 10 mm mit der Zusammensetzung: 6 bis 30 % Mn, 0,001 bis 1,6 % C,  $\leq 2,5$  % Si,  $\leq 6$  % Al,  $\leq 10$  % Cr sowie weiteren Elementen auf einer Zwei-Rollen-Gießmaschine erzeugt und dieses dann mit einem Reduktionsgrad zwischen 10 und 60 % in einem oder mehreren Schritten warmgewalzt wird.

#### Aufgabenstellung

**[0011]** Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, ein möglichst einfach zu realisierendes Verfahren und eine Anlage anzugeben, mit der hochmanganhaltige Stähle mit einer vorgegebenen chemischen Zusammensetzung durch Stranggießen hergestellt werden können.

**[0012]** Die gestellte Aufgabe wird verfahrensmäßig mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 dadurch gelöst, dass durch hintereinander angeordnete Verfahrensschritte ein Leichtbaustahl mit der vorgegebenen chemischen Zusammensetzung von 15 bis 27 % Mn, 1 bis 6 % Al, 1 bis 6 % Si,  $\leq 0,8$  % C, Rest Fe und Begleitelemente

- auf einer Dünnbrammengießmaschine ( $d \leq 120$  mm) unter Verwendung von geeigneten Gießpulvern, die sehr schnell ein Gleichgewicht erreichen und anschließend ihr Schmierverhalten nicht mehr verändern, vergossen und in Brammen unterteilt wird,
- direkt anschließend an die Erstarrung und Abtrennung einer Bramme in einem Zwischenofen im Durchlauf ein Temperatenausgleich stattfindet und dann
- die Bramme ohne zwischenzeitliche Abkühlung direkt warmgewalzt wird.

**[0013]** Eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens ist durch die Merkmale des Anspruchs 7 gekennzeichnet.

**[0014]** Bei der Herstellung von Dünnbrammen auf beispielsweise CSP-Gießmaschinen (CSP = Compact Strip Production) wird der Strang senkrecht ausgefördert, im Anschluss an die Erstarrung in die Horizontale gebogen und anschließend in Brammen unterteilt. Deshalb können hier keine Probleme mit Innenrissen auftreten. Die Herstellung von hochfesten austenitischen Stählen ist ohne Anlagenüberlastung möglich und inzwischen Stand der Technik.

**[0015]** Mikroseigerungen, die direkt nach der Erstarrung noch im Strang vorhanden sind, verschwinden wieder beim Durchlauf durch den Zwischenofen, beispielsweise durch einen Rollenherdofen, noch vor der nachfolgenden Walzumformung zu einem großen Teil durch Diffusion. Die Makroseigerungen in der

Brammenmitte werden dabei ähnlich wie bei austenitischen Edelstählen bei der starken Umformung im Warmwalzwerk ausreichend ausgeglichen.

**[0016]** Mit Vorteil wird bei der erfindungsgemäßen Verwendung des Rollenherdofens einer CSP-Anlage wegen der kurzen Durchlaufzeiten eine stärkere Abreicherung der Legierungselemente bzw. die Oxidation der Korngrenzen vermieden, was beispielsweise bei den längeren Aufheizphasen im Stoßofen einer konventionellen Warmbreitbandstraße nach dem Stand der Technik zu Schwierigkeiten führen kann.

**[0017]** Um die Technik des Vergießens von TWIP-Leichtbaustählen mit hohem Mn- und Al-Gehalt auf einer Dünnbrammengießmaschine erfindungsgemäß nutzen zu können, ist die Verwendung eines geeigneten Gießpulvers erforderlich. Ein solches geeignetes Gießpulver weist entsprechend der Erfindung die Eigenschaft auf, sehr schnell ein Gleichgewicht zu erreichen und danach sein Schmierverhalten nicht mehr zu verändern.

**[0018]** Um beispielsweise die Reaktionsgeschwindigkeit der  $\text{SiO}_2$ -Reduktion durch das Al des Stahls zu verkleinern, enthält das Gießpulver entsprechend der Erfindung einen erhöhten Anteil an  $\text{Al}_2\text{O}_3$  von  $> 10$  %. Um im Gleichgewichtszustand mehr  $\text{SiO}_2$  zur Verfügung zu haben, ist alternativ oder zusätzlich der  $\text{SiO}_2$ -Anteil des Gießpulvers erhöht, wobei diese Erhöhung bis zu einer Basizität (Verhältnis  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ ) von 0,5–0,7 durchgeführt wird.

**[0019]** Da  $\text{MnO}_2$  vom Al des Stahls leichter reduziert wird als  $\text{SiO}_2$  und dadurch das  $\text{SiO}_2$  vor dieser Reduktion (vor Abbrand) geschützt wird, ist als weitere Maßnahme der Erfindung ein Zusatz von  $\text{MnO}_2$  zum Gießpulver möglich.

**[0020]** Auch ein teilweiser Ersatz des  $\text{SiO}_2$  durch  $\text{TiO}_2$ , das wie  $\text{SiO}_2$  glasbildend wirkt, aber vom Al des Stahls nicht angegriffen (reduziert) wird, kann dem Gießpulver erfindungsgemäß zugemischt sein.

**[0021]** Schließlich besteht noch die Möglichkeit, die Viskosität des Gießpulvers in der Kokille zu erniedrigen. Hierdurch wird der Gießpulver-Verbrauch erhöht und mehr gebildetes  $\text{Al}_2\text{O}_3$  abgeführt, so dass sich ein Gleichgewicht mit niedrigeren  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalten einstellt. Erreicht wird diese Viskositätserniedrigung durch Zugabe von  $\text{B}_2\text{O}_3$  (Borat),  $\text{Na}_2\text{O}$  und/oder  $\text{LiO}_2$  zum Gießpulver.

#### Ausführungsbeispiel

**[0022]** Nachfolgend wird das in einer schematischen Zeichnungsfigur dargestellte Verfahrensschema einer erfindungsgemäßen Anlage zur Herstellung eines Warmbandes näher erläutert.

**[0023]** Im Prinzip handelt es sich bei der verwendeten Anlage um eine bekannte CSP-Anlage, bei der erfindungsgemäß die Abstände zwischen den einzelnen Anlagenteilen soweit verändert wurden, dass das Verfahren der Erfindung mit den Forderungen, direkt anschließend an die Erstarrung in einem Zwischenofen im Durchlauf einen Temperatursgleich herbeizuführen und dann die Bramme ohne zwischenzeitliche Abkühlung direkt warmzuwalzen, durchführbar ist.

**[0024]** Die in der Zeichnungsfigur dargestellte Anlage besteht demnach aus einer Dünnbrammengießmaschine **1** und einem nachgeordneten Zwischenofen **4**, in den die vom Endlosstrang **2** nach seiner Erstarrung abgeteilte Bramme **3** eingeführt wird. Diesem Zwischenofen **4** wiederum ist ein Walzwerk **5** nachgeordnet, in dem die Bramme **3** nach erfolgtem Temperatursgleich im Zwischenofen **4** direkt, d. h. ohne Zwischenkühlung zum Warmband **6** ausgewalzt wird.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Warmbandes (**6**) aus einem gut kaltumformbaren, hochfesten, austenitischen Leichtbaustahl mit erhöhten Gehalten an Mangan (Mn), Aluminium (Al) und Silizium (Si) mit TWIP-Eigenschaften (Twinning Induced Plasticity), wobei der Leichtbaustahl zunächst auf einer Stranggießanlage (**1**) zu einem Endlosstrang (**2**) vergossen, in Brammen (**3**) unterteilt und dann auf die Enddicke gewalzt wird,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass durch hintereinander angeordnete Verfahrensschritte ein Leichtbaustahl mit der vorgegebenen chemischen Zusammensetzung von 15 bis 27 % Mn, 1 bis 6 % Al, 1 bis 6 % Si,  $\leq 0,8$  % C, Rest Fe und Begleitelemente

- auf einer Dünnbrammengießmaschine (**1**) ( $d \leq 120$  mm) unter Verwendung von Gießpulvern, die sehr schnell ein Gleichgewicht erreichen und anschließend ihr Schmierverhalten nicht mehr verändern, vergossen und in Brammen (**3**) unterteilt wird,
- direkt anschließend an die Erstarrung und Abtrennung einer Bramme (**3**) in einem Zwischenofen (**4**) im Durchlauf ein Temperatursgleich stattfindet und dann
- die Bramme (**3**) ohne zwischenzeitliche Abkühlung direkt warmgewalzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gießpulver einen erhöhten  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt von  $> 10$  % aufweist

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Gießpulver einen erhöhten  $\text{SiO}_2$  - Gehalt mit einer Basizität (Verhältnis  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ ) zwischen 0,5 bis 0,7 aufweist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Gießpulver  $\text{MnO}_2$  und/oder  $\text{TiO}_2$  enthält.

5. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erniedrigung der Viskosität des Gießpulvers in der Kokille das Gießpulver Anteile an  $\text{B}_2\text{O}_3$  (Borat),  $\text{Na}_2\text{O}$  und/oder  $\text{LiO}_2$  enthält.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Zwischenofen (**4**) ein Rollenherdofen ist.

7. Anlage zur Herstellung eines Warmbandes aus einem gut kaltumformbaren, hochfesten, austenitischen Leichtbaustahl mit erhöhten Gehalten an Mangan (Mn), Aluminium (Al) und Silizium (Si) mit TWIP-Eigenschaften (Twinning Induced Plasticity), zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch, die unmittelbar hintereinander angeordneten Anlagenteile Dünnbrammengießmaschine (**1**), Zwischenofen (**4**), Warmwalzanlage (**5**).

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

