



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 528 109 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
04.05.2005 Patentblatt 2005/18

(51) Int Cl.7: **C21D 1/60, C21D 9/08**

(21) Anmeldenummer: **04090351.0**

(22) Anmeldetag: **14.09.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK

(72) Erfinder:
• **von Hagen, Ingo**
47800 Krefeld (DE)
• **Kulgmeyer, Axel**
47829 Krefeld (DE)

(30) Priorität: **28.10.2003 DE 10350832**

(74) Vertreter: **Meissner, Peter E., Dipl.-Ing.**
Meissner & Meissner,
Patentanwaltsbüro,
Hohenzollerndamm 89
14199 Berlin (DE)

(71) Anmelder: **Mannesmannröhren-Werke AG**
45473 Mülheim a.d. Ruhr (DE)

(54) **Verfahren zur Wärmebehandlung kohlenstoffhaltiger Stähle**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung kohlenstoffhaltiger Stähle, insbesondere von Blechen oder Rohren, wobei der Stahl auf Austenitisierungstemperatur erwärmt und danach mittels eines Kühlmediums auf nahezu Raumtemperatur abgeschreckt wird, wobei als Kühlmedium Wasser verwen-

det wird. Hierbei wird die Temperatur des Wassers in einem Bereich oberhalb Raumtemperatur bis unterhalb 80°C für Kohlenstoffstähle mit C-Gehalten 0,3% bis 0,5% eingestellt.

EP 1 528 109 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung kohlenstoffhaltiger Stähle, insbesondere von Blechen oder Rohren, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Während Bleche oder Rohre ohne besondere Anforderungen im Walzzustand ausgeliefert werden können, wird bei höheren Anforderungen, z. B. größere Zähigkeit, üblicherweise eine dem Walzen nachfolgende gesonderte Wärmebehandlung durchgeführt.

[0003] Häufig ist eine Vergütungsbehandlung vorgesehen, bei der nicht nur die Zähigkeit des Stahls sondern auch die Festigkeit entscheidend verbessert wird.

[0004] Unter Vergüten eines Stahls ist ein Härten mit nachfolgendem Anlassen zu verstehen. Beim Härten wird der Stahl üblicherweise auf eine definierte Temperatur oberhalb Ac3 erwärmt und anschließend bis auf etwa Raumtemperatur abgekühlt. Nachfolgend wird der gehärtete Stahl wieder auf Temperaturen unterhalb des Ac1-Punktes angelassen, dort eine bestimmte Zeit gehalten und dann an Luft abgekühlt.

[0005] Als Kühlmedien zur Abschreckung beim Härtevorgang kommen nach dem allgemein bekannten Stand der Technik beispielsweise Wasser, Wasser-Tensid-Gemische, Emulsionen oder Öl zum Einsatz, die unterschiedliche Auswirkungen auf die Abschreckintensität des Stahls haben.

[0006] Wasser als preisgünstigstes und umweltneutrales Abkühlmittel besitzt zwar die höchste Abschreckintensität auf den Stahl, hat aber den Nachteil, dass Bleche oder Rohre starkem Verzug unterworfen sind.

[0007] Bei härterisempfindlichen, kohlenstoffhaltigen Stählen ist zudem die Gefahr sehr groß, dass sich beim Abschrecken aufgrund zu großer Aufhärtung des Gefüges Risse im Stahl bilden. Die Neigung zur Aufhärtung und damit zur Rissbildung beim Abschrecken wird mit steigendem Kohlenstoffgehalt größer, wobei besonders Stähle mit Kohlenstoffgehalten $> 0,3\%$ C betroffen sind.

[0008] Um derartige Probleme zu vermeiden sind in der Vergangenheit härterisempfindliche Stähle entweder in einem Wasser-Tensid-Gemisch, in Öl oder Emulsionen abgeschreckt worden, da diese Abkühlmittel gegenüber Wasser deutlich geringere Abkühlintensität besitzen. Öl weist die geringste Abkühlintensität auf, Wasser-Tensid-Gemische sind zwischen reinem Wasser und Öl einzuordnen,

[0009] Insbesondere das Abschrecken in Öl oder in einer Härteemulsion bei dem in der DD 67999 offenbarten Verfahren, ist jedoch durch seine starke Rauchbildung beim Einsatz und durch schwierige Entsorgung als sehr umweltproblematisch anzusehen. Außerdem sind Öl, Emulsionen und Wasser-Tensid-Gemische im Vergleich zu reinem Wasser deutlich teurer, was sich auf die Kosten des vergüteten Werkstückes niederschlägt.

[0010] Bei der Verwendung von Wasser als Kühlmittel

ist durch mechanische Maßnahmen, wie z. B. Laminarkühlung oder Bedüsung, versucht worden die oben geschilderten Probleme zu vermeiden. Diese Maßnahmen waren jedoch für härterisempfindliche Stähle entweder nicht wirksam genug oder aus betriebswirtschaftlichen Gründen nicht realisierbar.

[0011] Aus der EP 1 277 845 A1 ist ein Verfahren bekannt, welches die Nachteile der Verwendung der bekannten Kühlmedien Wasser, Wasser-Tensid-Gemische oder Öl vermeiden soll.

[0012] Bei diesem Verfahren wird vorgeschlagen, Wasser als Abkühlmedium zu benutzen, wobei zur Steuerung der Abkühlrate des Stahls dem Wasser unlösliche anorganische Partikel, beispielsweise aus keramischen Material, zugesetzt werden. Die Partikel sollen dabei eine Größe von $0,01$ bis $0,1 \mu\text{m}$ aufweisen. Über die Teilchendichte im Wasser soll die Abkühlrate gezielt gesteuert werden können, um so die nachteiligen Auswirkungen einer etwaigen zu großen Abkühlrate auf den Stahl bzw. das Werkstück zu vermeiden.

[0013] Dieses Verfahren hat jedoch den Nachteil, dass das Kühlwasser speziell aufbereitet werden muss, wobei unterschiedliche Abkühlbedingungen der abzuschreckenden Stähle jeweils unterschiedliche Wasser-Keramik-Gemische als Kühlmedium erfordern. Dies ist aufwändig und betrieblich unpraktikabel. Außerdem muss das Wasser vor der Wiederverwendung gefiltert und danach wieder neu aufbereitet werden, was zusätzliche Kosten verursacht.

[0014] In der DE 197 55 001 C2 wird ein Verfahren offenbart, welches auf über 80°C erhitztes Wasser als Kühlmedium für höherlegierte härtbare Stähle anwendet.

Für die üblichen härtbaren Kohlenstoffstähle mit C-Gehalten $\geq 0,3\%$ ist dieses Verfahren nicht anwendbar, da bei diesen hohen Kühlmitteltemperaturen und in dem schmalen zur Verfügung stehenden Temperaturbereich eine Durchhärtung dieser Stähle nicht mehr sicher erreicht werden kann.

[0015] Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren zur Wärmebehandlung kohlenstoffhaltiger Stähle, insbesondere von Blechen oder Rohren anzugeben, bei dem Wasser als Kühlmedium verwendet wird und die Abkühlbedingungen in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt des Stahls steuerbar sind.

[0016] Diese Aufgabe wird nach dem Oberbegriff in Verbindung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand von Unteransprüchen.

[0017] Nach der Lehre der Erfindung wird zur Lösung dieser Aufgabe ein Verfahren zur Wärmebehandlung kohlenstoffhaltiger Stähle verwendet, bei dem zur Abschreckung als Kühlmedium Wasser verwendet und die Temperatur des Wassers in einem Bereich oberhalb Raumtemperatur bis unterhalb 80°C für Stähle mit Kohlenstoffgehalten $0,3\%$ bis $0,5\%$ eingestellt wird.

[0018] Bei diesem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Effekt genutzt, der darauf beruht, dass die Wär-

mestromdichte, d. h. die Wärmeabfuhr an der Grenzfläche Stahl-Wasser, einerseits von der aktuellen Oberflächentemperatur des Stahls andererseits aber auch von der Kühlwassertemperatur selbst abhängig ist.

[0019] Hierbei ändert sich die Dichte des von der Stahloberfläche abgeführten Wärmestroms in der Weise, dass diese bei zunehmender Kühlwassertemperatur oberhalb Raumtemperatur reduziert wird.

[0020] Nutzt man diesen Effekt beim Abkühlen von Stahl, lässt sich so auf einfache und wirksame Weise über die Steuerung der Wärmestromdichte gezielt die Abkühlgeschwindigkeit des Stahls beeinflussen.

[0021] Der Einstellbereich der Kühlwassertemperatur auf 25 bis 80°C begrenzt. Eine Steigerung der Kühlwassertemperatur über 80°C ist zwar möglich, jedoch wird der Effekt auf die Wärmestromdichte immer geringer.

[0022] Beispielsweise wird bei einem Stahl im Temperaturbereich von ca. 500 bis 200°C die Wärmestromdichte bei Verwendung eines Kühlwassers mit einer Temperatur von 20°C bei Erhöhung der Kühlwassertemperatur auf nur 60°C um mehr als 50% reduziert. Eine weitere Erhöhung der Kühlwassertemperatur z. B. auf 80°C bewirkt eine Reduzierung der Wärmestromdichte und damit der Abkühlgeschwindigkeit um zusätzlich ca. 20%.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird deshalb die Wassertemperatur in Abhängigkeit vom C-Gehalt des Stahles eingestellt. Für C-Gehalte von 0,30 bis 0,39 % beträgt dieser Bereich 25 bis 60°C, bei C-Gehalten 0,40 bis 0,45 % 61 bis 70°C und bei C-Gehalten von 0,46 bis 0,50 % beträgt der Temperaturbereich 71 bis 79 °C. Die Abkühlbedingungen können somit in vorteilhafter Weise gezielt auf den Kohlenstoffgehalt des Stahles und damit auf die Härterisempfindlichkeit eingestellt werden.

[0023] Der Vorteil dieses Verfahrens gegenüber den bekannten Verfahren ist, dass als Abkühlmedium nur noch reines Wasser verwendet wird, wobei einerseits den Umwelt- und betriebswirtschaftlichen Aspekten, andererseits aber auch den Qualitätsanforderungen an den Stahl und das Bauteil in idealer Weise Rechnung getragen wird.

[0024] In vorteilhafter Weise kann weiterhin unter Berücksichtigung des jeweiligen Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubildes (ZTU-Schaubild) für den Stahl eine gezielte Gefügebeeinflussung vorgenommen werden, um so optimale Werkstoffeigenschaften bei der Wärmebehandlung des Stahls einzustellen.

[0025] Bei härterisempfindlichen Stählen bedeutet dies, dass gerade im kritischen Temperaturbereich die Aufhärtung und die Umwandlung des Gefüges in einfacher Weise, im Sinne der Vermeidung von Härterissen, gezielt beeinflusst werden kann.

[0026] In der einzigen **Darstellung** ist die Abhängigkeit der Wärmestromdichte von der Oberflächentemperatur bei unterschiedlichen Kühlwassertemperaturen dargestellt.

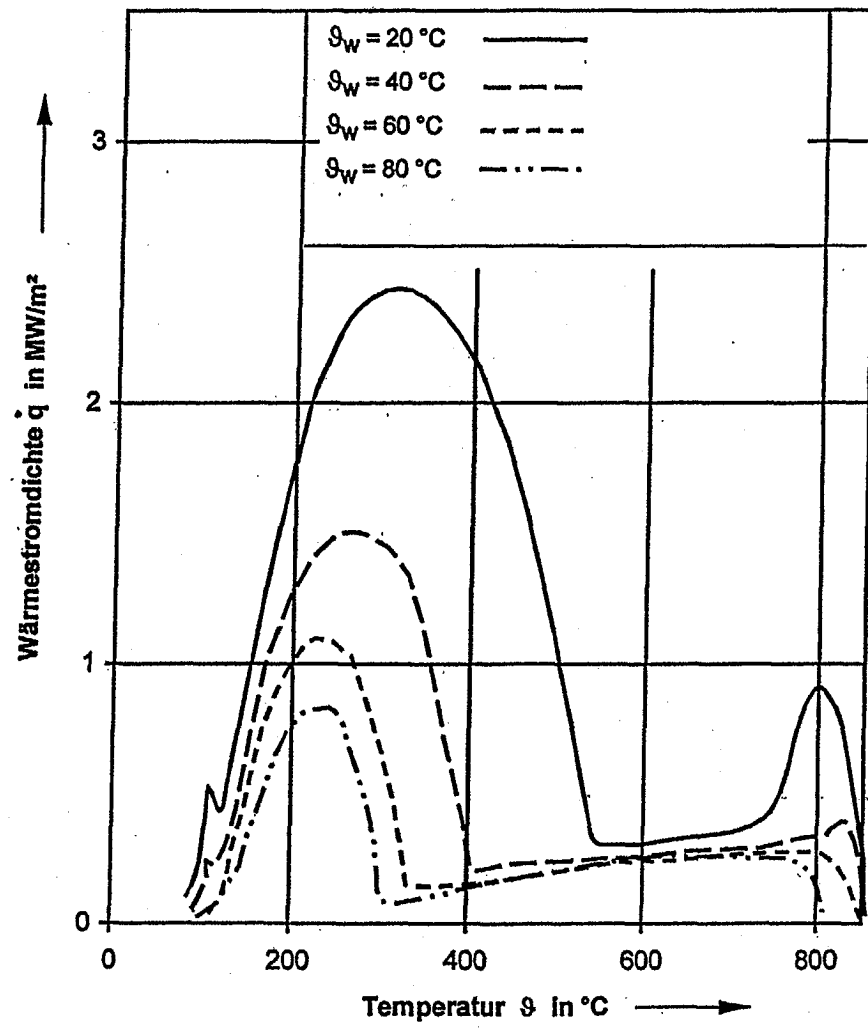
[0027] In dieser Grafik, die auf Versuchsergebnissen

beruht, ist im Temperaturbereich von ca. 200 bis 500°C an der Oberfläche des Stahls die deutliche Abhängigkeit der Wärmestromdichte von der Kühlwassertemperatur zu erkennen. Hierin sind die Kurven bei der Verwendung von 20,40,60 und 80°C warmen Wassers aufgetragen.

[0028] Deutlich erkennbar ist die ausgeprägte Abminderung der Wärmestromdichte an der Grenzfläche Wasser-Stahl bei Erhöhung der Wassertemperatur von 20 auf 80°C. Die Wärmestromdichte sinkt von ca. 2,4 MW/m² um 67% auf ca. 0,8 MW/m².

Patentansprüche

1. Verfahren zur Wärmebehandlung kohlenstoffhaltiger Stähle, insbesondere von Blechen oder Rohren, wobei der Stahl auf Austenitisierungstemperatur erwärmt und danach mittels eines Kühlmediums auf nahezu Raumtemperatur abgeschreckt wird, wobei als Kühlmedium Wasser verwendet wird **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Temperatur des Wassers in einem Bereich oberhalb Raumtemperatur bis unterhalb 80°C für Kohlenstoffstähle mit C-Gehalten 0,3% bis 0,5% eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Wassertemperatur für Stähle mit C-Gehalten 0,30- 0,39% in einem Bereich von 25 bis 60°C eingestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Wassertemperatur für Stähle mit C-Gehalten von 0,40 - 0,45 % in einem Bereich von 61 bis 70°C eingestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Wassertemperatur für Stähle mit C-Gehalten von 0,46 - 0,50 % in einem Bereich von 71 - 79°C eingestellt wird.





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 09 0351

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 0040, Nr. 54 (C-008), 23. April 1980 (1980-04-23) & JP 55 024932 A (NIPPON STEEL CORP), 22. Februar 1980 (1980-02-22) * Zusammenfassung; Abbildung 1; Tabelle 2 *	1-4	C21D1/60 C21D9/08
X	----- US 5 681 407 A (YU HO ET AL) 28. Oktober 1997 (1997-10-28) * Spalte 1, Zeile 45 - Spalte 2, Zeile 20 *	1-4	
A	----- CA 1 191 077 A (ALGOMA STEEL CORP LTD) 30. Juli 1985 (1985-07-30) * Ansprüche 1-13 *	1-4	
A	----- WO 01/06022 A (ECONOMOPOULOS MARIO ; CRAHAY JEAN (BE); SIMON PIERRE (BE); CT DE RECH) 25. Januar 2001 (2001-01-25) * das ganze Dokument *	1-4	
A	----- "TYPICAL COOLING RATE CURVES FOR VARIOUS LIQUID QUENCHANTS" Februar 1998 (1998-02), ADVANCED MATERIALS & PROCESSES, AMERICA SOCIETY FOR METALS. METALS PARK, OHIO, US, PAGE(S) 36EE , XP000737257 ISSN: 0882-7958 * das ganze Dokument *	1-4	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) C21D
A	----- LAMPMAN S.R., ZORC T.B.: "ASM Handbook" August 1991 (1991-08), ASM INTERNATIONAL , USA 4 , XP002307399 * Seiten 76-78 *	1-4	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 24. November 2004	Prüfer Rischard, M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 09 0351

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

24-11-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 55024932 A	22-02-1980	JP 1369041 C	11-03-1987
		JP 61032371 B	26-07-1986
US 5681407 A	28-10-1997	US 5820705 A	13-10-1998
		EP 0699242 A1	06-03-1996
		JP 8510297 T	29-10-1996
		WO 9426939 A1	24-11-1994
CA 1191077 A	30-07-1985	CA 1191077 A1	30-07-1985
WO 0106022 A	25-01-2001	BE 1012789 A3	06-03-2001
		AT 248234 T	15-09-2003
		AU 5797800 A	05-02-2001
		WO 0106022 A1	25-01-2001
		DE 60004865 D1	02-10-2003
		DE 60004865 T2	15-07-2004
		EP 1204770 A1	15-05-2002
		ES 2204636 T3	01-05-2004

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82