

(19)



(11)

EP 2 218 803 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.08.2010 Patentblatt 2010/33

(51) Int Cl.:
C23C 8/20 (2006.01) C23C 8/22 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09003980.1**

(22) Anmeldetag: **19.03.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(72) Erfinder: **Laumen, Christoph**
80634 München (DE)

(74) Vertreter: **Gellner, Bernd**
Linde Aktiengesellschaft
Patente und Marken
Dr. Carl-von-Linde-Strasse 6-14
82049 Höllriegelskreuth (DE)

(30) Priorität: **12.02.2009 DE 102009008664**

(71) Anmelder: **Linde AG**
80331 München (DE)

(54) Vorrichtung und Verfahren zur Aufkohlung von Stahl

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Aufkohlung von Stahl mit einer Aufkohlungskammer, die über eine Zuleitung mit einem Reservoir für in einem Lösungsmittel gelöstes Kohlungsgas verbunden ist und für einen Betrieb mit einem Druck im Inneren der Aufkohlungskammer, der kleiner ist als der Atmo-

sphärendruck, insbesondere mit einem Druck aus dem Bereich von 1 bis 100 mbar ausgelegt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Einrichtung zur Separation des Lösungsmittels von dem Kohlungsgas in der Zuleitung zwischen Aufkohlungskammer und Reservoir zwischengeschaltet ist. Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Aufkohlung von Stahl.

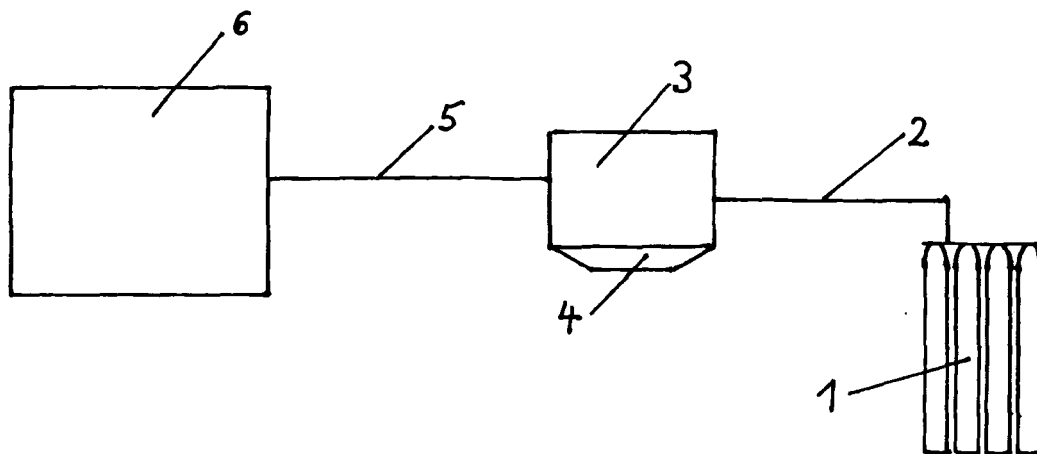


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Aufkohlung von Stahl mit einer Aufkohlungskammer, die über eine Zuleitung mit einem Reservoir für in einem Lösungsmittel gelöstes Kohlungsgas verbunden ist und für einen Betrieb mit einem Druck im Inneren der Aufkohlungskammer, der kleiner ist als der Atmosphärendruck, insbesondere mit einem Druck aus dem Bereich von 1 bis 100 mbar. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Aufkohlung von Stahl bei dem der aufzukohlende Stahl, insbesondere Stahlwerkstücke oder Stahlhalbzeuge, in eine Aufkohlungskammer eingebracht und mit einem Kohlungsgas beaufschlagt werden, das aus einem Reservoir für in einem Lösungsmittel gelöstes Kohlungsgas entnommen und der Aufkohlungskammer zugeführt wird, wobei für das Innere der Aufkohlungskammer ein Druck, der kleiner ist als der Atmosphärendruck, insbesondere der im Bereich von 1 bis 100 mbar liegt, eingestellt wird.

[0002] Bei der Stahlaufkohlung im sog. Niederdruckbereich, also wie eingangs beschrieben mit einem Druck im Inneren der Aufkohlungskammer, der kleiner ist als der Atmosphärendruck, insbesondere mit einem Druck aus dem Bereich von 1 bis 100 mbar, besonders bevorzugt von 1 bis 20 mbar, wird der härtende Einfluss kurzketziger Kohlenwasserstoffe als Kohlungsgas während einer Wärmebehandlung mit Temperaturen im Bereich von 900 bis 1050 °C auf den Stahl benutzt. Zu den herkömmlich dazu als Kohlungsgas verwendeten kurzketzigen Kohlenwasserstoffen zählen vor allem Acetylen (Ethin, Summenformel C_2H_2), Ethen (C_2H_4), Propan (C_3H_8) und Vinylacetylen (C_4H_4). Das Acetylen hat sich für die hier beschriebene Wärmebehandlung und Härtung von Stahl durch Aufkohlen als besonders vorteilhaft erwiesen. Es weist z.B. die höchste Kohlenstoffverfügbarkeit auf und zeigt nahezu keine Russbildung.

[0003] Die bei einer Aufkohlung von Stahl unter Niederdruck-Bedingungen mit kurzketzigen Kohlenwasserstoffen ablaufenden Reaktionen in der Gasphase in der Aufkohlungskammer und auf der Oberfläche des Stahls sind nur zum Teil bekannt und wissenschaftlich noch nicht hinreichend beschrieben. In der Gasphase finden, soweit bekannt, homogen ablaufende Reaktionen der Einsatzgase und der Pyrolysegase statt. An dem aufzukohlenden Stahl sind dagegen heterogen katalysierte Reaktionen beschrieben worden, die mit der eigentlichen Aufkohlung in Zusammenhang gebracht werden. Diese Reaktionen nehmen nach bestehender Lehrmeinung wiederum Einfluss auf die Pyrolysevorgänge in der Gasphase in der Aufkohlungskammer und damit auf die bei der Aufkohlung erzielbare Qualität, da sie z.B. die Entstehung von hochmolekularen Aufbauprodukten durch die aufkohlungsbedingte Freisetzung von Wasserstoff hemmen.

[0004] Am Beispiel des Acetylens soll nun eine gängige Schwierigkeit erläutert werden: Die Bevorratung des Kohlungsgases in einem Lösungsmittel.

[0005] Aus Sicherheitsgründen und zur besseren Ausnutzung des Volumens eines Reservoirs für Kohlungsgas, z.B. für Acetylen, liegt dieses in einem Lösungsmittel gelöst im Reservoir vor. Als Lösungsmittel kommt dazu üblicherweise Aceton zum Einsatz, in jüngster Zeit auch vermehrt Dimethylformamid (C_3H_6O) oder auch C_3H_7NO . Dieses Lösungsmittel wird bei der Entnahme des Acetylens aus dem Reservoir, in der Regel aus einer Flasche oder aus einem Flaschenbündel, entsprechend seinem temperaturabhängigen Dampfdruck mit ausge-
tragen, wodurch das Kohlungsgas verunreinigt in der das Reservoir verlassenden Leitung vorliegt.

[0006] Am Beispiel von in Aceton gelöstem Acetylen im Reservoir lassen sich folgende Betrachtungen anstellen: Der Dampfdruck des reinen Acetons liegt für eine Temperatur von 0 °C bei 86,1 mbar und für eine Temperatur von 25 °C bei 291,4 mbar (vgl. Figur 1). Bezogen auf einen üblichen Druck in einer als Reservoir dienenden Flasche von 18,1 bar liegt für dieses Beispiel der Volumenanteil des in die Aufkohlungskammer eingetragenen Acetons, unter der Annahme es würde sich um ein ideales Gas handeln, bei 0,5 bis 1,8 Vol.-%. Das in dem Aceton gelöste Acetylen scheint dabei keinen signifikanten Einfluss auf den Dampfdruck des Acetons zu haben, so dass der Dampfdruck des reinen Acetons für diese Betrachtung herangezogen werden kann.

Die genannten, auf der Basis der Dampfdruckkurve des reinen Acetons und des idealen Gasgesetzes abgeschätzten Werte für die Acetonvolumenanteile konnten durch Messungen bestätigt werden. Darüber hinaus ist zu beachten, dass bei großen Entnahmeströmen aus dem Reservoir zusätzlich Acetontröpfchen mitgerissen werden können, die den Acetongehalt im entnommenen Acetylen weiter erhöhen.

[0007] Für ein anderes Beispiel, in dem das Acetylen in Dimethylformamid gelöst vorliegt, ergeben sich die Werte analog aus der Dampfdruckkurve für Dimethylformamid, der mit 4,9 mbar bei 25 °C deutlich unter dem Dampfdruck von Aceton liegt, wodurch sich auch deutlich geringere Lösungsmittelanteile in Volumenprozent im aus dem Reservoir entnommenen Acetylen ergeben. Das grundsätzliche Problem bleibt jedoch auch bei der Verwendung von Dimethylformamid als Lösungsmittel bestehen.

[0008] Die Reinheit des Kohlungsgases bzw. die Verunreinigung durch mit dem Kohlungsgas eingetragenes Lösungsmittel beeinflusst das Aufkohlungsergebnis. Untersuchungen dazu sind in F. Graf, S. Bajohr, D. Buchholz, R. Reimert, Thermogravimetrische Untersuchungen zur Aufkohlungswirkung verschiedener Kohlenwasserstoffe, Z. Werkst. Wärmebeh. Fertigung 61 (2002), Carl Hanser Verlag, München, veröffentlicht.

[0009] Das eingetragene Lösungsmittel hat beispielsweise einen entscheidenden Einfluss auf das Pyrolyseverhalten von Acetylen in der Aufkohlungskammer. Einer der Gründe für diesen Einfluss dürfte bei dem in dem Lösungsmittel enthaltenen Sauerstoff zu finden sein. Der Sauerstoff bedingt die Entstehung von sauerstoffhaltigen

Radikalen, die zu einer Beschleunigung der Pyrolyse durch zusätzlich mögliche Reaktionspfade führen und auch die Entstehung unerwünschter Nebenprodukte fördern können, die sich unter Umständen als der beabsichtigten Aufkohlung abträglich erweisen.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine hinsichtlich der Qualität, der Effizienz und/oder der Wirtschaftlichkeit verbesserte Vorrichtung sowie ein entsprechend verbessertes Verfahren zur Aufkohlung von Stahl zur Verfügung zu stellen.

[0011] Die gestellte Aufgabe wird vorrichtungsseitig durch eine Vorrichtung der eingangs genannten Art gelöst, wobei eine Einrichtung zur Separation des Lösungsmittels von dem Kohlengas in der Zuleitung zwischen Aufkohlungskammer und Reservoir zwischengeschaltet ist. Dabei kann als Reservoir eine Flasche oder ein Flaschenbündel oder in seltenen Fällen auch ein Tank vorgesehen sein. Als Kohlengas kommen bevorzugt die eingangs genannten kurzkettigen Kohlenwasserstoffe zum Einsatz, wobei unter diesen das Acetylen (Ethin, C_2H_2) sich als besonders vorteilhaft erwiesen hat.

[0012] Die genannten Druckwerte können auf verschiedene Art und Weise erzielt werden. Beispielsweise ist die Vorrichtung zur Aufkohlung mit einer Vakuumpumpe verbunden, die den Druck auf den gewünschten Wert absenkt. Der Druck kann aber auch z.B. durch Integration der Aufkohlungskammer in einen Behandlungsbereich erreicht werden, in dem bereits ein hinreichend niedriger Druck herrscht.

[0013] Vorzugsweise wird eine Temperatur aus dem Bereich von 900 bis 1050 °C eingestellt. Die Temperatur kann beispielsweise durch eine mit der Aufkohlungskammer in Wirkverbindung stehende Heizeinrichtung auf den gewünschten Wert gebracht werden oder die Vorrichtung zur Aufkohlung befindet sich in einem bereits heißen Bereich und/oder der zu behandelnde Stahl wird noch heiß in die Aufkohlungskammer eingebracht, wobei das Temperaturniveau z.B. lediglich gehalten werden muss, wofür unter Umständen eine Wärmeisolation der Aufkohlungskammer ausreichend sein kann und auf eine Heizeinrichtung in einem solchen Fall verzichtet werden kann.

[0014] Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, durch die Einrichtung zur Separation den Lösungsmittelanteil im Kohlengas zu verringern, bevorzugt ein annähernd reines Kohlengas für den Eintrag in die Aufkohlungskammer zur Verfügung zu stellen. Dabei soll angemerkt werden, dass es nicht möglich bzw. wirtschaftlich und im Hinblick auf die Bedarfsmenge an Kohlengas für den Betrieb einer typischen Vorrichtung zur Aufkohlung, die beispielsweise zwischen 100 und 3000 Liter Kohlengas pro Betriebsstunde liegt, nicht sinnvoll ist reines Kohlengas im Reservoir zu verwenden. Am Beispiel Acetylen als Kohlengas lässt sich die Problematik verdeutlichen: Eine 40 Liter fassende Flasche kann lediglich 1,2 kg reines Acetylen aufnehmen. Demgegenüber stehen 8 kg in Aceton gelöstem Acetylen bei gleichem Fassungsvermögen der Flasche. Die Bereitstellung der o.g. Bedarfsmenge würde sich somit durch die Verwendung

von reinem Acetylen enorm erschweren und ist unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht praktikierbar.

[0015] Es sei hier nochmal darauf hingewiesen, dass, wie bereits eingangs erwähnt, bei der Entnahme des Kohlengases aus dem Reservoir in Abhängigkeit vom seinem Dampfdruck Lösungsmittel verdampft und mit dem Kohlengas in die Entnahmeleitung gerät und somit in der Entnahmeleitung ein Gemisch aus Kohlengas und Lösungsmittel vorliegt. Ein typischer Lösungsmittelanteil liegt dabei für das Beispiel, bei dem im Reservoir Acetylen in Aceton gelöst vorliegt, bei 0,5 bis 1,8 Vol.-%.

[0016] Zweckmäßigerweise weist die Einrichtung zur Separation einen Auffangbehälter und/oder eine Ableitung und/oder einen Verdampfer für separiertes Lösungsmittel auf oder ist zumindest damit verbunden. Somit kann ein Sammeln und Abtransportieren des abgetrennten Lösungsmittels ermöglicht werden.

[0017] Besonders bevorzugt ist als Einrichtung zur Separation von Lösungsmittel und Kohlengas eine kryogene Kondensationseinrichtung vorgesehen. Diese weist bevorzugt einen Wärmetauscher auf, dessen kalte Seite mit einem Vorratsbehälter für ein kryogenes Kältemittel, z.B. mit einem Vorratstank für flüssigen Stickstoff, verbunden ist. Das kryogene Kältemittel entzieht über den Wärmetauscher, der dazu im Gleich- oder im Gegenstrom betrieben werden kann, dem aus dem Reservoir entnommenen Kohlengas Wärme, wodurch der Lösungsmittelanteil kondensiert und sich dadurch abscheidet. Eine derartige Einrichtung wird auch als Kondensationsfalle bezeichnet. Das kryogene Kältemittel und das Kohlengas aus dem Reservoir treten bevorzugt in indirekten Wärmetausch, so dass das kryogene Kältemittel nicht verunreinigt werden kann und daher ohne Einschränkungen weiteren Verwendungen, z.B. als Spülgas für die Aufkohlungskammer, zur Verfügung steht.

[0018] Gemäß einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist als Einrichtung zur Separation von Lösungsmittel und Kohlengas eine mechanische Kondensationseinrichtung vorgesehen. Eine geeignete mechanische Kondensationseinrichtung weist in der Regel eine Kältemaschine mit Kompressor auf und entspricht in der Funktionsweise der eines herkömmlichen Kälteaggregates wie man es z.B. bei Kühlschränken vorfindet.

[0019] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist als Einrichtung zur Separation von Lösungsmittel und Kohlengas ein Filter, insbesondere ein Adsorptionsfilter, vorgesehen. Ein Filter, der idealerweise das Lösungsmittel adsorbiert und das Kohlengas passieren lässt kann anstatt einer Kondensationseinrichtung vorgesehen sein oder auch mit besonderem Vorteil zusätzlich zu einer solchen zum Einsatz kommen.

[0020] Verfahrensseitig wird die gestellte Aufgabe durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, wobei das Kohlengas nach der Entnahme aus dem Reservoir über eine Leitung einer Einrichtung zur Separation des Lösungsmittels von dem Kohlengas zuge-

führt und dort das Lösungsmittel von dem Kohlengas separiert wird und das gereinigte Kohlengas der Aufkohlungskammer über eine Leitung zugeführt wird.

[0021] Zweckmäßigerweise wird das durch die Einrichtung zur Separation von Lösungsmittel vom Kohlengas separierte Lösungsmittel einem Auffangbehälter und/oder einer Ableitung und/oder einem Verdampfer zugeführt.

[0022] Besonders bevorzugt wird das Lösungsmittel in der Einrichtung zur Separation von Lösungsmittel und Kohlengas durch Kondensation separiert. Dabei kann vorteilhaft eine mechanische Kondensationseinrichtung oder mit besonderem Vorteil hinsichtlich ihrer Abscheidungsrate eine kryogene Kondensationseinrichtung eingesetzt werden.

[0023] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird das Gemisch aus Lösungsmittel und Kohlengas in der Einrichtung zur Separation von Lösungsmittel und Kohlengas gefiltert. Dabei kann dies anstelle von oder zusätzlich zu einer Kondensation durchgeführt werden. Mit besonderem Vorteil werden also Lösungsmittel bzw. Lösungsmittelreste von einem Filter zurückgehalten, der von gereinigtem Kohlengas passiert wird. Bevorzugt wird hierzu ein Adsorptionsfilter eingesetzt.

[0024] Gemäß einer besonders vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird die Aufkohlung in Aufkohlungsintervallen durchgeführt, die von Diffusionsintervallen unterbrochen werden, in denen kein Kohlengas der Aufkohlungskammer zugeführt wird, sondern Zeit für das Eindiffundieren des atomaren Kohlenstoffs gegeben wird. Diese Vorgehensweise dient u.a. der Vermeidung von zu hohen Kohlenstoffrandgehalten. Während der Aufkohlungsintervalle wird Kohlengas zugeführt. Durch die dem beschriebenen Aufkohlungsprozess eigenen hohen Kohlenstoffübergänge kommen bevorzugt Aufkohlungsintervalle von kurzer Dauer zum Einsatz.

[0025] Ein wesentlicher Vorteil der vorliegenden Erfindung ist darin zu sehen, dass das erfindungsgemäß gereinigte Kohlengas eine gegenüber einem herkömmlichen Kohlengas gesteigerte Aufkohlungswirkung und eine verminderte Russbildung während der Aufkohlung aufweist. Beispielsweise konnte eine um 3 bis 10 % gesteigerte Aufkohlungswirkung und eine um 24 bis 44 % reduzierte Russbildung in Versuchen ermittelt werden.

[0026] Die Erfindung bietet eine ganze Reihe weiterer Vorteile, von denen im Folgenden nur einige wenige genannt sind: Es ergeben sich Möglichkeiten zu erheblichen Kosteneinsparungen durch eine geringere Russbildung und einer dadurch bedingten Verminderung des Reinigungsaufwandes und durch eine Erhöhung der Produktivität durch Verminderung von Produktionsausfällen. Darüber hinaus ist durch die Erfindung der Einfluss der Umgebungstemperatur, die den Dampfdruck des Lösungsmittels bei der Entnahme aus dem Reservoir beeinflusst, auf die Qualität des Aufkohlungsprozesses nahezu eliminiert. Die Verunreinigung des in die Aufkoh-

lungskammer eingebrachten Kohlengases mit Lösungsmittel kann durch die Erfindung auf ein Minimum reduziert oder im besten Fall völlig vermieden werden. Es wird damit ein gleich bleibend gutes Wärmebehandlungsergebnis erzielt, dessen Durchführung nachvollziehbar und einstellbar ist.

[0027] Die Erfindung sowie weitere Ausgestaltungen der Erfindung werden im Folgenden anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine Dampfdruckkurve von reinem Aceton,
- Figur 2 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,
- Figur 3 eine schematische Darstellung einer anderen erfindungsgemäßen Vorrichtung mit kryogener Kondensationseinrichtung.

[0028] Die Figur 1 ist als Erläuterung der zugrunde liegenden und bereits ausführlich beschriebenen Gesetzmäßigkeiten gedacht. An der x-Achse ist die Temperatur T in $^{\circ}\text{C}$ und an der y-Achse der Dampfdruck p_D von reinem Aceton in mbar angetragen.

[0029] Die Figur 2 zeigt im Einzelnen ein Reservoir 1, das über eine Leitung 2 mit einer Kondensationseinrichtung 3 verbunden ist. Die Kondensationseinrichtung 3 weist einen Auffangbehälter 4 für das kondensierte Lösungsmittel auf. Über die Leitung 5 wird das gereinigte Kohlengas einer Aufkohlungskammer 6 zugeführt, die den aufzukohlenden Stahl aufnimmt.

[0030] Die Figur 3 zeigt ebenso die bereits bei der Beschreibung der Figur 2 genannten Elemente mit Ausnahme einer anders gestalteten Kondensationseinrichtung 3, die hier als kryogene Kondensationseinrichtung 3 ausgeführt ist und daher mit einem Vorratstank 7 für ein kryogenes Kältemittel, wie z.B. flüssigen Stickstoff, über eine Leitung 8 verbunden ist. Das kryogene Kältemittel entzieht in der Kondensationseinrichtung 3 über einen Wärmetauscher (nicht dargestellt) dem aus der Leitung 2 in die Kondensationseinrichtung 3 eingebrachten Gemisch aus Kohlengas und Lösungsmittel Wärme, so dass zumindest ein Teil, bevorzugt jedoch (annähernd) der Gesamtgehalt an Lösungsmittel kondensiert und in einem Auffangbehälter 4 aufgefangen wird. Der Auffangbehälter 4 ist in diesem Beispiel mit einer Ableitung 9 verbunden, über die kondensiertes Lösungsmittel aus dem Auffangbehälter 4 abgezogen werden kann. Das gereinigte, von Lösungsmittel bevorzugt (nahezu) vollständig befreite, Kohlengas wird über eine Leitung 5 einer Aufkohlungskammer 6 zugeführt. Die Aufkohlungskammer 6 nimmt den aufzukohlenden Stahl auf und weist eine Heizeinrichtung auf oder steht mit einer Heizeinrichtung (nicht dargestellt) in Wirkverbindung, so dass z.B. eine Temperatur von 950°C im Inneren der Aufkohlungskammer 6 erreicht wird.

[0031] Das in der Regel in der Kondensationseinrichtung 3 verdampfte kryogene Kältemittel wird über Leitung 10 aus der Kondensationseinrichtung 3 abgezogen und

einer weiteren Verwendung, beispielsweise als Intertisierungsgas, zugeführt.

[0032] Die Aufkohlung zählt zu den Wärmebehandlungsverfahren, wobei der richtige Temperaturbereich großen Einfluss auf die ablaufenden Reaktionen ausübt, wobei pyrolytischen Reaktionen eine Schlüsselfunktion bei der Aufkohlung zukommt. Der Erfolg einer Härtung des Stahls durch ein Verfahren zur Aufkohlung hängt maßgeblich von der herrschenden Temperatur, dem eingesetzten Kohlungsgas und dessen Reinheit, also z.B. Lösungsmittelfreiheit, ab.

[0033] Der Aufkohlungsprozess wird in der Regel im Batch-Verfahren betrieben. Häufig kommt auch die bereits beschriebene Abwechslung von einer Aufkohlungsgefolgt von einer Diffusionsphase, wieder gefolgt von einer Aufkohlungsphase und so weiter zum Einsatz. Ein einmal in die Aufkohlungskammer eingelegter Stahl durchläuft in diesem Fall ein sog. mehrstufiges Aufkohlungsverfahren bevor er fertig gehärtet ist und wieder aus der Aufkohlungskammer entnommen wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Aufkohlung von Stahl mit einer Aufkohlungskammer, die über eine Zuleitung mit einem Reservoir für in einem Lösungsmittel gelöstes Kohlungsgas verbunden ist und für einen Betrieb mit einem Druck im Inneren der Aufkohlungskammer, der kleiner ist als der Atmosphärendruck, insbesondere mit einem Druck aus dem Bereich von 1 bis 100 mbar, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Einrichtung zur Separation des Lösungsmittels von dem Kohlungsgas in der Zuleitung zwischen Aufkohlungskammer und Reservoir zwischengeschaltet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung für eine Temperatur aus dem Bereich von 900 bis 1050 °C ausgelegt ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung zur Separation einen Auffangbehälter und/oder eine Ableitung und/oder einen Verdampfer für separiertes Lösungsmittel aufweist oder zumindest damit verbunden ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Einrichtung zur Separation von Lösungsmittel und Kohlungsgas eine kryogene Kondensationseinrichtung vorgesehen ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Einrichtung zur Separation von Lösungsmittel und Kohlungsgas eine mechanische Kondensationseinrichtung vorgesehen ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Einrichtung zur Separation von Lösungsmittel und Kohlungsgas ein Filter, insbesondere ein Adsorptionsfilter, vorgesehen ist.
7. Verfahren zur Aufkohlung von Stahl bei dem der aufzukohlende Stahl, insbesondere Stahlwerkstücke oder Stahlhalbzeuge, in eine Aufkohlungskammer eingebracht und mit einem Kohlungsgas beaufschlagt werden, das aus einem Reservoir für in einem Lösungsmittel gelöstes Kohlungsgas entnommen und der Aufkohlungskammer zugeführt wird, wobei für das Innere der Aufkohlungskammer ein Druck, der kleiner ist als der Atmosphärendruck, insbesondere der im Bereich von 1 bis 100 mbar liegt, eingestellt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kohlungsgas nach der Entnahme aus dem Reservoir über eine Leitung einer Einrichtung zur Separation des Lösungsmittels von dem Kohlungsgas zugeführt und dort das Lösungsmittel von dem Kohlungsgas separiert wird und das gereinigte Kohlungsgas der Aufkohlungskammer über eine Leitung zugeführt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Temperatur aus dem Bereich von 900 bis 1050 °C eingestellt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das durch die Einrichtung zur Separation von Lösungsmittel vom Kohlungsgas separierte Lösungsmittel einem Auffangbehälter und/oder einer Ableitung und/oder einem Verdampfer zugeführt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lösungsmittel in der Einrichtung zur Separation von Lösungsmittel und Kohlungsgas durch Kondensation separiert wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gemisch aus Lösungsmittel und Kohlungsgas in der Einrichtung zur Separation von Lösungsmittel und Kohlungsgas gefiltert wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufkohlung in Aufkohlungsintervallen durchgeführt wird, die von Diffusionsintervallen unterbrochen werden, in denen kein Kohlungsgas der Aufkohlungskammer zugeführt wird, sondern Zeit für das Eindiffundieren des atomaren Kohlenstoffs gegeben wird.

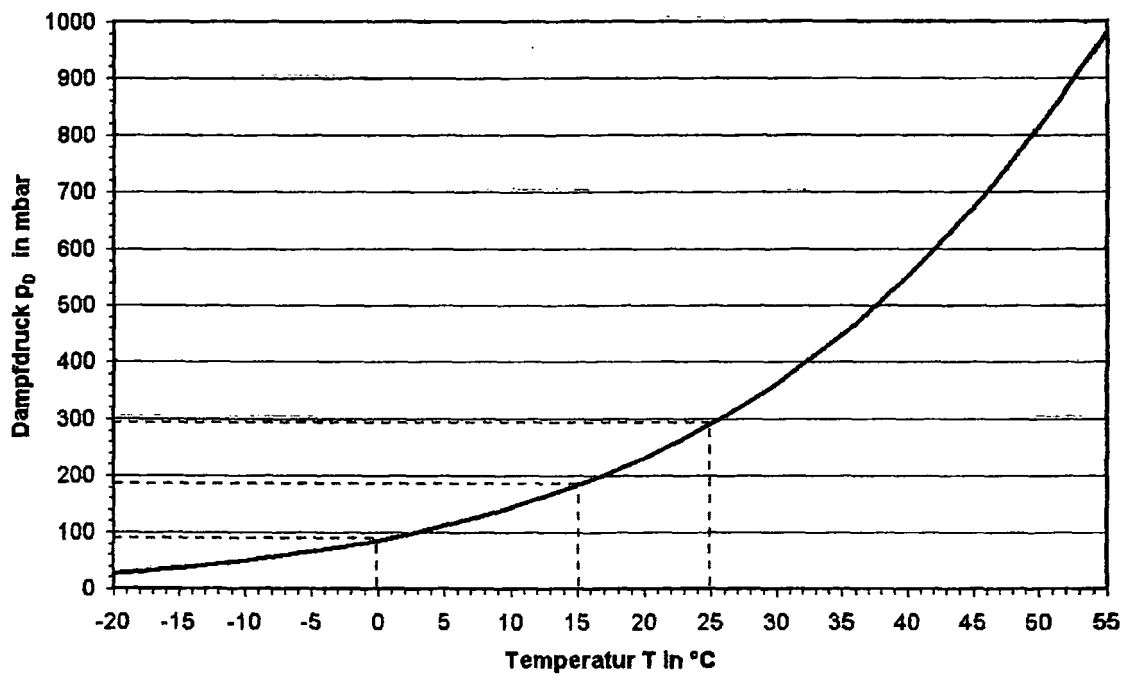


Fig. 1

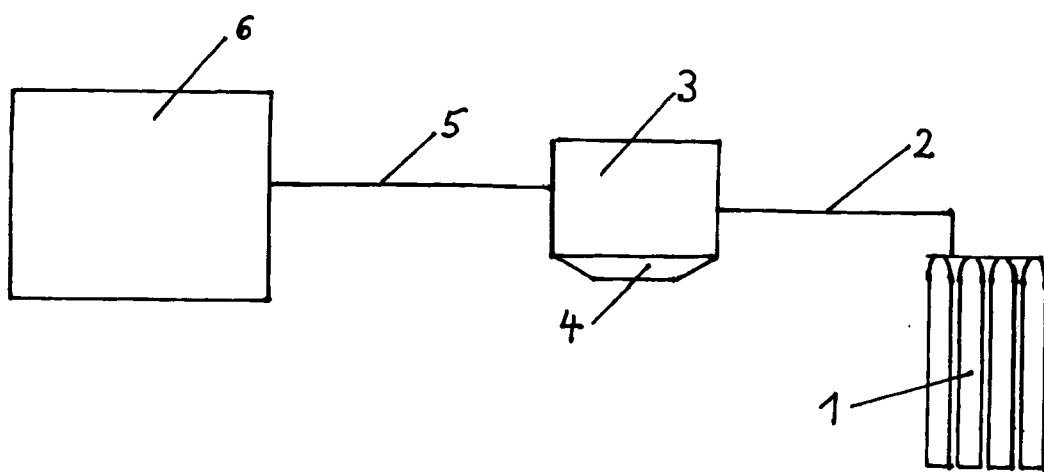


Fig. 2

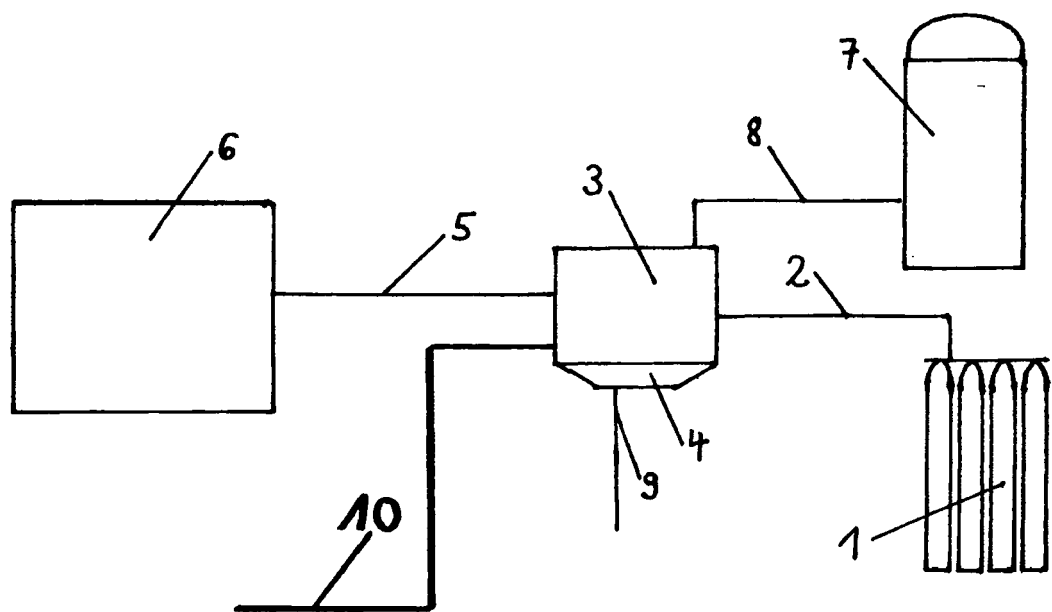


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 09 00 3980

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2005/016831 A1 (PAGANESSI JOSEPH E [US] ET AL) 27. Januar 2005 (2005-01-27) * Absätze [0001] - [0008], [0014] - [0020], [0027] - [0031]; Ansprüche 1,3,9,18 *	1-12	INV. C23C8/20 C23C8/22
X	US 2003/217511 A1 (WADA TOMOHIRO [JP] ET AL) 27. November 2003 (2003-11-27) * Absätze [0018], [0019] *	1,4,7,10	
A	EP 0 532 386 A (INNOVATIQUE SA [FR]) 17. März 1993 (1993-03-17) * Seite 3, Zeilen 35-45; Anspruch 1; Abbildung 1 *	2,8,12	
A	EP 0 320 763 A (LINDE AG [DE]) 21. Juni 1989 (1989-06-21) * Spalte 1, Zeile 23 - Spalte 3, Zeile 24; Anspruch 1 *	1,4,7,10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C23C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
Den Haag		4. Juni 2009	
		Prüfer	
		Chalaftris, Georgios	
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	

 3
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 09 00 3980

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

04-06-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005016831 A1	27-01-2005	WO 2005009932 A1	03-02-2005
US 2003217511 A1	27-11-2003	CN 1461818 A	17-12-2003
		JP 3884326 B2	21-02-2007
		JP 2003342709 A	03-12-2003
EP 0532386 A	17-03-1993	AT 136946 T	15-05-1996
		DE 69209947 D1	23-05-1996
		FR 2681332 A1	19-03-1993
		JP 5195192 A	03-08-1993
EP 0320763 A	21-06-1989	DE 3742685 A1	13-07-1989

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **Z. Werkst.** Wärmebeh. Fertigung. Carl Hanser Verlag, 2002, vol. 61 [0008]