

(19)



(11)

EP 2 430 210 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
24.01.2018 Patentblatt 2018/04

(51) Int Cl.:
C23C 8/34 (2006.01) **C23C 8/30** (2006.01)
C23C 8/20 (2006.01) **C23C 8/24** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10709725.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/053559

(22) Anmeldetag: **18.03.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2010/130484 (18.11.2010 Gazette 2010/46)

(54) VERFAHREN ZUR CARBONITRIERUNG

METHOD FOR CARBONITRIDING

PROCÉDÉ DE CARBONITRURATION

(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 SM TR**

(30) Priorität: **11.05.2009 DE 102009002985**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.03.2012 Patentblatt 2012/12

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:
• **FOERSTER, Lothar
70499 Stuttgart (DE)**

• **SCHWARZER, Jochen
71634 Ludwigsburg (DE)**
• **HAGYMASI, Laszlo
70839 Gerlingen (DE)**
• **WALDENMAIER, Thomas
71691 Freiberg/Neckar (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 545 069 EP-A1- 0 707 661
EP-A1- 1 752 551 EP-A2- 1 247 875
DE-A1- 10 322 255 JP-A- 60 165 370
JP-A- 2008 106 875 US-A1- 2002 166 607

EP 2 430 210 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Carbonitrierung mindestens eines Metallteils.

Stand der Technik

[0002] Verfahren zur Carbonitrierung von Metallteilen sind aus den Druckschriften DE 199 09 694 A1, DE 101 18 494 A1 und DE 103 22 255 A1 bekannt.

[0003] Die Druckschrift DE 199 09 694 A1 beschreibt ein Carbonitrierungsverfahren, in dem die Eindiffusion des Stickstoffs während des gesamten Prozesses oder bei Verwendung von Stickstoff als Spendergas vorzugsweise allein in der letzten Prozessphase erfolgt.

[0004] Die Druckschrift DE 101 18 494 C2 beschreibt ein Niederdruck-Carbonitrierungsverfahren, in dem Stahlteile zunächst aufgekühlt und anschließend mit einem Stickstoffspendergas aufgestickt werden.

[0005] Die Druckschrift DE 103 22 255 A1 beschreibt ein Verfahren zur Aufkohlung von Stahlteilen, in dem sowohl während der Aufheizphase als auch während der Diffusionsphase stickstoffabgebendes Gas zugegeben wird.

[0006] Die EP 1752551 A1 offenbart ein Verfahren zur Carbonitrierung eines Metallteils mit einer Aufstickungsphase, die eine Mehrzahl von Begasungszyklen umfasst und von einer Aufkohlungsphase gefolgt wird.

[0007] Durch ein Aufsticken nach oder während der letzten Aufkohlungsphase wird jedoch nur in einem oberflächennahen Bereich, der eine geringere Tiefe aufweist als der aufgekohlte Bereich, Stickstoff angereichert. Dies führt dazu, dass die Anlassbeständigkeit, Härte, Festigkeit und Verschleißbeständigkeit im aufgekohlten Bereich nicht ausreichend erhöht werden kann.

[0008] Eine Aufstickung während der Aufheizphase führt hingegen zu einer inhomogenen Anlassbeständigkeit, Härte, Festigkeit und/oder Verschleißbeständigkeit innerhalb des Metallteils oder innerhalb einer Charge von Metallteilen.

[0009] Der Erfindung liegt damit die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zur Carbonitrierung von Metallteilen zur Verfügung zu stellen, mit dem die Anlassbeständigkeit und/oder Härte eines Metallteils verbessert und/oder eine mit der Aufkohlungstiefe vergleichbare Aufstickungstiefe erzielt werden kann.

Offenbarung der Erfindung

[0010] Diese Aufgabe wird durch das erfindungsgemäße Verfahren zur Carbonitrierung mindestens eines Metallteils gelöst, in dem das Metallteil in einer Aufheizphase auf eine Behandlungstemperatur aufgeheizt, in mindestens einer Aufstickungsphase mit einem Stickstoffspendergas aufgestickt und in mindestens einer Aufkohlungsphase mit einem Kohlenstoffspendergas aufgekühlt wird und das dadurch gekennzeichnet ist, dass die erste Aufstickungsphase nach dem Abschluss der Auf-

heizphase und vor dem Beginn der ersten Aufkohlungsphase beginnt und während, mit oder nach der ersten Aufkohlungsphase endet, wobei das Verfahren zwischen der Aufheizphase und der ersten Aufstickungsphase eine Temperaturvergleichsmäßigungsphase aufweist, in welcher die Behandlungstemperatur zur Vergleichsmäßigung der Temperatur innerhalb des Metallteils oder zwischen mehreren Metallteilen, insbesondere bei einer konstanten Atmosphäre, konstant gehalten wird, wobei das Verfahren ein Niederdruck-Carbonitrierungsverfahren ist, wobei die Behandlungstemperatur in einem Bereich von $\geq 780^\circ\text{C}$ bis $\leq 1050^\circ\text{C}$ liegt, und wobei während der Aufstickungsphase ein Stickstoffspendergas-Partialdruck von unter 500 mbar vorliegt.

[0011] Dass die erste Aufstickungsphase erst nach dem Abschluss der Aufheizphase beginnt hat den Vorteil, dass Temperaturgradienten innerhalb des Metallteils oder innerhalb einer Charge von mehreren Metallteilen vermindert werden können und dadurch eine inhomogene Anlassbeständigkeit, Härte, Festigkeit und/oder Verschleißbeständigkeit innerhalb des Metallteils oder innerhalb einer Charge von Metallteilen vermieden werden kann.

[0012] Dass mit der ersten Aufkohlungsphase erst nach dem Beginn der Aufstickungsphase begonnen wird, hat den Vorteil, dass der in die Oberfläche des Metallteils eingetragene Stickstoff über die ganze weitere Behandlungsdauer in das Metallteil diffundieren kann und zur Erhöhung der Anlassbeständigkeit, Härte, Festigkeit und Verschleißbeständigkeit in der Randzone beiträgt.

[0013] Darüber hinaus wird dadurch, dass mit der ersten Aufkohlungsphase erst nach dem Beginn der Aufstickungsphase begonnen wird, die Stickstoffdiffusion beziehungsweise Kohlenstoffdiffusion beschleunigt. Dies liegt darin begründet, dass Stickstoffatome und Kohlenstoffatome die gleichen Zwischengitterplätze im Kristallgitter des Metalls belegen können. Mit der Durchführung einer Aufkohlungsphase im Anschluss an eine Aufstickungsphase können frei werdende oberflächennahe Zwischengitterplätze durch Kohlenstoffatome belegt werden und somit die Effusion von Stickstoffatomen und die damit verbundene Stickstoffdiffusion zur Oberfläche hin erschwert werden. Dadurch kann mit der vorgeschlagenen Prozessführung auch eine Reduzierung der im Niederdruckbereich vorkommenden und bekannten Stickstoffeffusion erreicht werden.

[0014] Weiterhin kann der Stickstoff durch das frühzeitige Stickstoffangebot verhältnismäßig, beispielsweise bis zu 1,5 mm oder sogar bis zu 6 mm, tief in die Randschicht des Metallteils eingebracht werden. Dadurch kann bei Metallteilen, beispielsweise mit einer Betriebstemperatur von bis zu 300°C oder sogar bis zu 350°C , eine Erhöhung der Anlassbeständigkeit im Randbereich erzielt, eine ausreichende Härte, Festigkeit und/oder Verschleißbeständigkeit erreicht und/oder eine dauerhafte Funktion des Metallteils gewährleistet werden.

[0015] Ferner kann mit dem erfindungsgemäßen Ver-

fahren eine Randkohlenstoffkonzentration von $\geq 0,3$ Massenprozent bis $\leq 0,7$ Massenprozent oder sogar von bis zu 1 Massenprozent, und eine Randstickstoffkonzentration von $\geq 0,1$ Massenprozent bis $\leq 0,35$ Massenprozent oder sogar von bis zu 0,5 Massenprozent erzielt werden. Zur Erhöhung der Anlassbeständigkeit, Härte, Festigkeit und/oder Verschleißbeständigkeit kann im Bereich der Aufkohlungstiefe, beispielsweise bis zu 1,5 mm oder sogar bis zu 6 mm tief, vorteilhafterweise eine Stickstoffkonzentration von mindestens 0,05 Massenprozent, gegebenenfalls von mindestens 0,15 Massenprozent, erreicht werden sein.

[0016] Insbesondere kann das erfindungsgemäße Verfahren zur Carbonitrierung der Randschicht eines Metallteils eingesetzt werden. Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch zur Carbonitrierung von mehreren Metallteilen eingesetzt werden. Zum Beispiel kann das erfindungsgemäße Verfahren zur Carbonitrierung von einem oder mehreren metallischen Werkstücken eingesetzt werden.

[0017] Bei dem Metall des Metallteils kann es sich sowohl um ein Metall als auch um eine Metalllegierung, beispielsweise Stahl, handeln.

[0018] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens endet die erste Aufstickungsphase, insbesondere direkt vor der ersten Aufkohlungsphase oder während der ersten Aufkohlungsphase oder mit der ersten Aufkohlungsphase oder nach der ersten Aufkohlungsphase. Dadurch, dass die erste Aufkohlungsphase direkt an die erste Aufstickungsphase anschließt oder zumindest teilweise gleichzeitig mit der ersten Aufstickungsphase abläuft kann die Stickstoffeffusion während weiterer Aufkohlungsphasen, weiterer Aufstickungsphasen oder Diffusionsphasen reduziert oder verhindert werden.

[0019] Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren mindestens eine zweite Aufstickungsphase aufweisen. Diese kann beispielsweise nach der ersten Aufkohlungsphase ablaufen. Insbesondere kann die zweite Aufstickungsphase im Anschluss an die erste Aufkohlungsphase beginnen.

[0020] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens weist das Verfahren zwischen der Aufheizphase und der ersten Aufstickungsphase eine Temperaturvergleichsmäßigungsphase auf, in welcher die Behandlungstemperatur zur Vergleichmäßigung der Temperatur in dem Metallteil oder zwischen mehreren Metallteilen, insbesondere bei einer konstanten Atmosphäre, konstant gehalten wird. Dabei kann unter einer konstanten Atmosphäre sowohl Vakuum als auch eine, vorzugsweise inerte, Gasatmosphäre mit konstantem Druck und konstanter Zusammensetzung verstanden werden. Insbesondere kann die Temperaturvergleichsmäßigungsphase anschließend an die Aufheizphase ablaufen. Die erste Aufstickungsphase kann wiederum anschließend an die Temperaturvergleichsmäßigungsphase ablaufen. Die Temperaturvergleichsmäßigungsphase kann zum Beispiel mindestens 5 min, insbesondere 30 min, dauern. Eine Temperaturvergleichsmäßigungsphase hat den Vor-

teil, dass Temperaturgradienten innerhalb des Metallteils oder innerhalb einer Charge von mehreren Metallteilen weiter vermindert werden können und dadurch eine inhomogene Anlassbeständigkeit, Härte, Festigkeit und/oder Verschleißbeständigkeit innerhalb des Metallteils oder innerhalb einer Charge von Metallteilen weiter vermieden werden kann.

[0021] In den auf die Temperaturvergleichsmäßigungsphase folgenden Phasen, beispielsweise Aufstickungsphasen, Aufkohlungsphasen und/oder Diffusionsphasen, kann die Behandlungstemperatur weiterhin konstant, insbesondere auf der gleichen Behandlungstemperatur wie in der Temperaturvergleichsmäßigungsphase, gehalten werden. Eine Erhöhung oder Absenkung der Temperatur bei einer anschließenden Behandlungsphase ist jedoch denkbar.

[0022] Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Verfahren in einer, insbesondere evakuierbaren, Behandlungskammer durchgeführt.

[0023] Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens weist das Verfahren mindestens eine Diffusionsphase auf, in welcher die Behandlungskammer evakuiert und/oder mit einem Inertgas, beispielsweise Argon, gefüllt wird. Die erste Diffusionsphase kann beispielsweise zwischen der ersten Aufstickungsphase und der ersten Aufkohlungsphase oder zwischen der ersten Aufkohlungsphase und der zweiten Aufstickungsphase ablaufen.

[0024] Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens weist das Verfahren neben der ersten Aufstickungsphase mindestens eine weitere Aufstickungsphase und/oder neben der ersten Aufkohlungsphase mindestens eine weitere Aufkohlungsphase und/oder neben der ersten Diffusionsphase mindestens eine weitere Diffusionsphase auf. Die weiteren Aufstickungsphasen und/oder weiteren Aufkohlungsphasen können sowohl, insbesondere direkt, hintereinander, beispielsweise alternierend, als auch teilweise oder vollständig gleichzeitig ablaufen. Durch gleichzeitige oder hintereinander ablaufende Aufstickungsphasen und Aufkohlungsphasen kann die Kohlenstoff- und Stickstoffdiffusion im Gefüge des Metallteils vorteilhafterweise erhöht werden. Zwischen den weiteren Aufstickungsphasen und/oder weiteren Aufkohlungsphasen können darüber hinaus weitere Diffusionsphasen ablaufen. Beispielsweise kann eine weitere Aufkohlungsphase während oder im Anschluss an eine weitere Aufstickungsphase beginnen oder eine weitere Aufstickungsphase während oder im Anschluss an eine Aufkohlungsphase beginnen. Nach dem Abschluss dieser beiden Phasen kann dann zum Beispiel eine weitere Diffusionsphase beginnen.

[0025] Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst das Stickstoffspendergas eine Verbindung, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Ammoniak, Stickstoff und Mischungen davon, insbesondere Ammoniak. Insbeson-

dere kann das Stickstoffspendergas aus einer Verbindung, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Ammoniak, Stickstoff und Mischungen davon, insbesondere Ammoniak, bestehen.

[0026] Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst das Kohlenstoffspendergas eine Verbindung, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Acetylen, Ethylen, Propan, Propen, Methan und Mischungen davon. Insbesondere kann das Kohlenstoffspendergas aus einer Verbindung, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Acetylen, Ethylen, Propan, Propen, Methan und Mischungen davon, bestehen.

[0027] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens ist das Verfahren ein Niederdruck-Carbonitrierungsverfahren.

[0028] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt die Behandlungstemperatur in einem Bereich von $\geq 780^\circ\text{C}$ bis $\leq 1050^\circ\text{C}$, insbesondere von $\geq 780^\circ\text{C}$ bis $\leq 950^\circ\text{C}$.

[0029] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt während der Aufstickungsphasen ein Stickstoffspendergas-Partialdruck von unter 500 mbar, beispielsweise von unter 100 mbar, insbesondere von unter oder gleich 50 mbar, zum Beispiel von unter 20 mbar, vor. Während der Aufkohlungsphasen kann zum Beispiel ein Kohlenstoffspendergas-Partialdruck von unter 300 mbar, insbesondere von unter 20 mbar, beispielsweise von unter 10 mbar, vorliegen.

[0030] Um Stickstoffverluste durch Stickstoffeffusion während einer Diffusionssequenz auszugleichen, kann während oder vor einer, insbesondere der Diffusionsphase vorgeschalteten, Aufstickungsphase die Temperatur, beispielsweise auf eine Temperatur, welche innerhalb eines Bereichs von 850°C bis 950°C liegt angepasst/erhöht; und/oder das Stickstoffangebot, beispielsweise durch eine Erhöhung des Stickstoffspendergas-Partialdrucks, beispielsweise auf 50 mbar oder 30 mbar, und/oder des Stickstoffspendergas-Volumendurchsatzes, beispielsweise auf 3000 l/h, erhöht werden. Auf diese Weise kann die Stickstoffkonzentration im oberflächennahen Bereich, beispielsweise von $\geq 0,1$ mm bis $\leq 0,2$ mm oder sogar von bis zu 0,3 mm, höher als im Endprodukt eingestellt und eine Stickstoffeffusion kompensiert werden. Wird die Stickstoffkonzentration in einer anschließenden Diffusionsphase nun aufgrund von Stickstoffeffusion verringert und nimmt beispielsweise auf eine Randstickstoffkonzentration von bis zu 0,5 Massenprozent oder beispielsweise auf $\geq 0,1$ Massenprozent bis $\leq 0,35$ Massenprozent ab, so kann eine Erhöhung der Anlassbeständigkeit und Härtebarkeit an der Oberfläche vorteilhafterweise trotzdem gewährleistet werden.

[0031] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Metallteil, beispielsweise ein metallisches Werkstück, bei dem die Aufstickungstiefe größer als die Aufkohlungstiefe ist. Ein derartiges Metallteil kann durch ein erfindungsgemäßes Verfahren hergestellt werden. Vorteilhaft dabei ist, dass das Bauteil eine tiefreichende

Stützwirkung unter mechanischer Belastung bei erhöhten Betriebstemperaturen aufweisen kann.

[0032] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Metallteil, beispielsweise ein metallisches Werkstück, hergestellt durch ein erfindungsgemäßes Verfahren. Insbesondere kann bei einem derartigen Metallteil die Aufstickungstiefe größer als die Aufkohlungstiefe sein.

10 Zeichnungen

[0033] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Gegenstände werden durch die Zeichnung veranschaulicht und in der nachfolgenden Beschreibung erläutert. Dabei ist zu beachten, dass die Zeichnung nur beschreibenden Charakter hat und nicht dazu gedacht ist, die Erfindung in irgendeiner Form einzuschränken.

[0034] Fig. 1 zeigt einen Graphen zur schematischen Veranschaulichung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0035] Im Rahmen der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform umfasst das Verfahren eine Aufheizphase 1, eine Temperaturvergleichmäßigungsphase 4, vier Aufstickungsphasen 2a, 2b, 2c, 2d, vier Aufkohlungsphasen 3a, 3b, 3c, 3d und zwei Diffusionsphasen 5a, 5b.

[0036] Figur 1 zeigt, dass während der Aufheizphase 1 die Temperatur mit einer konstanten Aufheizrate kontinuierlich bis auf eine Behandlungstemperatur von etwa 950°C erhöht wird.

[0037] In der an die Aufheizphase 1 anschließenden Temperaturvergleichmäßigungsphase 4 wird die Behandlungstemperatur konstant auf etwa 950°C gehalten. Während der Aufheizphase 1 und der Temperaturvergleichmäßigungsphase 4 wird dabei weder ein Stickstoffspendergas noch ein Kohlenstoffspendergas zugeführt.

[0038] In der an die Temperaturvergleichmäßigungsphase 4 anschließenden ersten Aufstickungsphase 2a wird ein Stickstoffspendergas, beispielsweise Ammoniak, mit einem Stickstoffspendergas-Partialdruck von etwa 50 mbar zugeführt. Die Behandlungstemperatur wird dabei ebenso wie in den folgenden Aufstickungsphasen 2b, 2c, 2d, Aufkohlungsphasen 3a, 3b, 3c, 3d und Diffusionsphasen 5a, 5b konstant auf etwa 950°C gehalten. An die erste Aufstickungsphase 2a schließt sich eine erste Aufkohlungsphase 3a an, in welcher der Stickstoffspendergas-Partialdruck wieder auf 0 mbar gesenkt und der Kohlenstoffspendergas-Partialdruck auf etwa 10 mbar erhöht wird. An die erste Aufkohlungsphase 3a schließt sich eine erste Diffusionsphase 5a an, in welcher der Kohlenstoffspendergas-Partialdruck wieder auf 0 mbar gesenkt wird. Dies kann beispielsweise durch Evakuieren der Behandlungskammer oder Füllen der Behandlungskammer mit einem Inertgas erfolgen.

[0039] An die erste Diffusionsphase 5a schließt sich eine zweite Aufkohlungsphase 3b mit einem Kohlenstoffspendergas-Partialdruck von etwa 10 mbar und eine

zweite Aufstickungsphase 2b mit einem Stickstoffspendergas-Partialdruck von etwa 50 mbar an. Figur 1 zeigt, dass die zweite Aufkohlungsphase 3b und die zweite Aufstickungsphase 2b gleichzeitig beginnen. Die zweite Aufkohlungsphase 3b ist jedoch länger als die zweite Aufstickungsphase 2b und endet daher erst nach der Aufstickungsphase 2b. In dem Zeitraum, in dem beide Phasen 2b, 3b gleichzeitig ablaufen, liegt ein Kohlenstoffspendergas-Partialdruck von etwa 10 mbar und ein Stickstoffspendergas-Partialdruck von etwa 50 mbar vor. Nach Abschluss der zweiten Aufstickungsphase 2b wird der Stickstoffspendergas-Partialdruck jedoch auf 0 mbar gesenkt und der Kohlenstoffspendergas-Partialdruck von etwa 10 mbar bis zum Ende der zweiten Aufkohlungsphase 3b aufrechterhalten. An die zweite Aufkohlungsphase 3b schließt eine zweite Diffusionsphase 5b an, in welcher der Aufkohlungsspendergas-Partialdruck erneut auf 0 mbar gesenkt wird.

[0040] An die zweite Diffusionsphase 5b schließt wiederum eine dritte Aufkohlungsphase 3c mit einem Kohlenstoffspendergas-Partialdruck von etwa 10 mbar an. Nach Abschluss der dritten Aufkohlungsphase 3c wird der Kohlenstoffspendergas-Partialdruck auf 0 mbar gesenkt und es läuft eine dritte Aufstickungsphase 2c mit einem Stickstoffspendergas-Partialdruck von etwa 50 mbar ab. An diese schließt sich wiederum eine vierte Aufkohlungsphase 3d an, in welcher der Stickstoffspendergas-Partialdruck auf 0 mbar gesenkt und der Kohlenstoffspendergas-Partialdruck auf etwa 10 mbar erhöht wird. Nach Abschluss der vierten Aufkohlungsphase 3d wird der Kohlenstoffspendergas-Partialdruck wieder auf 0 mbar gesenkt und es läuft eine vierte Aufstickungsphase 2d mit einem Stickstoffspendergas-Partialdruck von etwa 50 mbar ab, welche - verglichen mit den vorherigen Aufstickungsphasen 2a-2c - sehr lang ist. Nach dieser letzten Aufstickungsphase 2d wird die Behandlungstemperatur von 950 °C nicht weiter aufrecht gehalten und eine Abschreckung auf Raumtemperatur durchgeführt, um die gewünschte Gefügezusammensetzung einzustellen.

[0041] Es versteht sich von selbst, dass auf diese Weise zahlreiche Verfahren zur Carbonitrierung möglich sind und die Erfindung nicht auf die erläuterte Abfolge und Anzahl von vier Aufstickungsphasen 2a, 2b, 2c, 2d, vier Aufkohlungsphasen 3a, 3b, 3c, 3d und zwei Diffusionsphasen 5a, 5b beschränkt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Carbonitrierung mindestens eines metallischen Metallteils, in dem das Metallteil
 - in einer Aufheizphase (1) auf eine Behandlungstemperatur aufgeheizt wird,
 - in mindestens einer Aufstickungsphase (2a-2d) mit einem Stickstoffspendergas aufgestickt wird, und

- in mindestens einer Aufkohlungsphase (3a-3d) mit einem Kohlenstoffspendergas aufgekocht wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

die erste Aufstickungsphase (2a) nach dem Abschluss der Aufheizphase (1) und vor dem Beginn der ersten Aufkohlungsphase (3a) beginnt und während, mit oder nach der ersten Aufkohlungsphase (3a) endet, wobei das Verfahren zwischen der Aufheizphase (1) und der ersten Aufstickungsphase (2a) eine Temperaturvergleichmäßigungsphase (4) aufweist, in welcher die Behandlungstemperatur zur Vergleichmäßigung der Temperatur innerhalb des Metallteils oder zwischen mehreren Metallteilen, insbesondere bei einer konstanten Atmosphäre, konstant gehalten wird, wobei das Verfahren ein Niederdruck-Carbonitrierungsverfahren ist, wobei die Behandlungstemperatur in einem Bereich von ≥ 780 °C bis ≤ 1050 °C liegt, und wobei während der Aufstickungsphase (2a-2d) ein Stickstoffspendergas-Partialdruck von unter 500 mbar vorliegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren in einer, insbesondere evakuierbaren, Behandlungskammer durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren mindestens eine Diffusionsphase (5a, 5b) aufweist, in welcher die Behandlungskammer evakuiert und/oder mit einem Inertgas gefüllt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren neben der ersten Aufstickungsphase (2a) mindestens eine weitere Aufstickungsphase (2b-2d) und/oder neben der ersten Aufkohlungsphase (3a) mindestens eine weitere Aufkohlungsphase (3b-3d) und/oder neben der ersten Diffusionsphase (5a) mindestens eine weitere Diffusionsphase (5b) aufweist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stickstoffspendergas eine Verbindung, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Ammoniak, Stickstoff und Mischungen davon, umfasst.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kohlenstoffspendergas eine Verbindung, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Acetylen, Ethylen, Propan, Propen, Methan und Mischungen davon, umfasst.

Claims

1. Method for carbonitriding at least one metallic metal part, in which the metal part

- is heated in a heating-up phase (1) to a treatment temperature,
- is nitrided in at least one nitriding phase (2a-2d) using a nitrogen donor gas, and
- is carburized in at least one carburizing phase (3a-3d) using a carbon donor gas,

characterized in that

the first nitriding phase (2a) begins after the end of the heating-up phase (1) and prior to the beginning of the first carburizing phase (3a) and ends during, with or after the first carburizing phase (3a), wherein the method has, between the heating-up phase (1) and the first nitriding phase (2a), a temperature equalizing phase (4) in which the treatment temperature is kept constant in order to equalize the temperature within the metal part or between multiple metal parts, in particular under a constant atmosphere,

wherein the method is a low-pressure carbonitriding method,

wherein the treatment temperature is in a range between $\geq 780^{\circ}\text{C}$ and $\leq 1050^{\circ}\text{C}$, and

wherein during the nitriding phase (2a-2d) a nitrogen donor gas is present at a partial pressure of below 500 mbar.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the method is carried out in a treatment chamber, in particular one that can be evacuated.

3. Method according to Claim 2, **characterized in that** the method has at least one diffusion phase (5a, 5b) in which the treatment chamber is evacuated and/or filled with an inert gas.

4. Method according to Claim 3, **characterized in that** the method has, in addition to the first nitriding phase (2a), at least one further nitriding phase (2b-2d) and/or in addition to the first carburizing phase (3a) at least one further carburizing phase (3b-3d) and/or in addition to the first diffusion phase (5a) at least one further diffusion phase (5b).

5. Method according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the nitrogen donor gas comprises a compound chosen from the group consisting of ammonia, nitrogen and mixtures thereof.

6. Method according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the carbon donor gas comprises a compound chosen from the group consisting of acetylene, ethylene, propane, propene, methane and

mixtures thereof.

Revendications

1. Procédé de carbonitration d'au moins une pièce métallique, selon lequel la pièce métallique

- est chauffée dans une phase de chauffage (1) à une température de traitement,
- azotée avec un gaz donneur d'azote dans au moins une phase d'azotation (2a-2d), et
- carburée avec un gaz donneur de carbone dans au moins une phase de carburation (3a-3d),

caractérisé en ce que la première phase d'azotation (2a) débute après la fin de la phase de chauffage (1) et avant le début de la première phase de carburation (3a), et finit pendant, en même temps que ou après la première phase de carburation (3a), le procédé comprenant entre la phase de chauffage (1) et la première phase d'azotation (2a) une phase d'uniformisation de la température (4), lors de laquelle la température de traitement est maintenue constante, notamment avec une atmosphère constante, pour l'uniformisation de la température dans la pièce métallique ou entre plusieurs pièces métalliques, le procédé étant un procédé de carbonitration à basse pression, la température de traitement se situant dans une plage allant de $\geq 780^{\circ}\text{C}$ à $\leq 1\,050^{\circ}\text{C}$, et une pression partielle du gaz donneur d'azote de moins de 500 mbar étant présente pendant la phase d'azotation (2a-2d).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le procédé est réalisé dans une chambre de traitement, notamment pouvant être évacuée.

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le procédé comprend au moins une phase de diffusion (5a, 5b), lors de laquelle la chambre de traitement est évacuée et/ou remplie avec un gaz inerte.

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le procédé comprend en plus de la première phase d'azotation (2a) au moins une phase d'azotation supplémentaire (2b-2d) et/ou en plus de la première phase de carburation (3a) au moins une phase de carburation supplémentaire (3b-3d) et/ou en plus de la première phase de diffusion (5a) au moins une phase de diffusion supplémentaire (5b).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le gaz donneur d'azote comprend un composé choisi dans le groupe constitué par l'ammoniac, l'azote et leurs mélanges.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le gaz donneur de carbone comprend un composé choisi dans le groupe constitué par l'acétylène, l'éthylène, le propane, le propène, le méthane et leurs mélanges.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

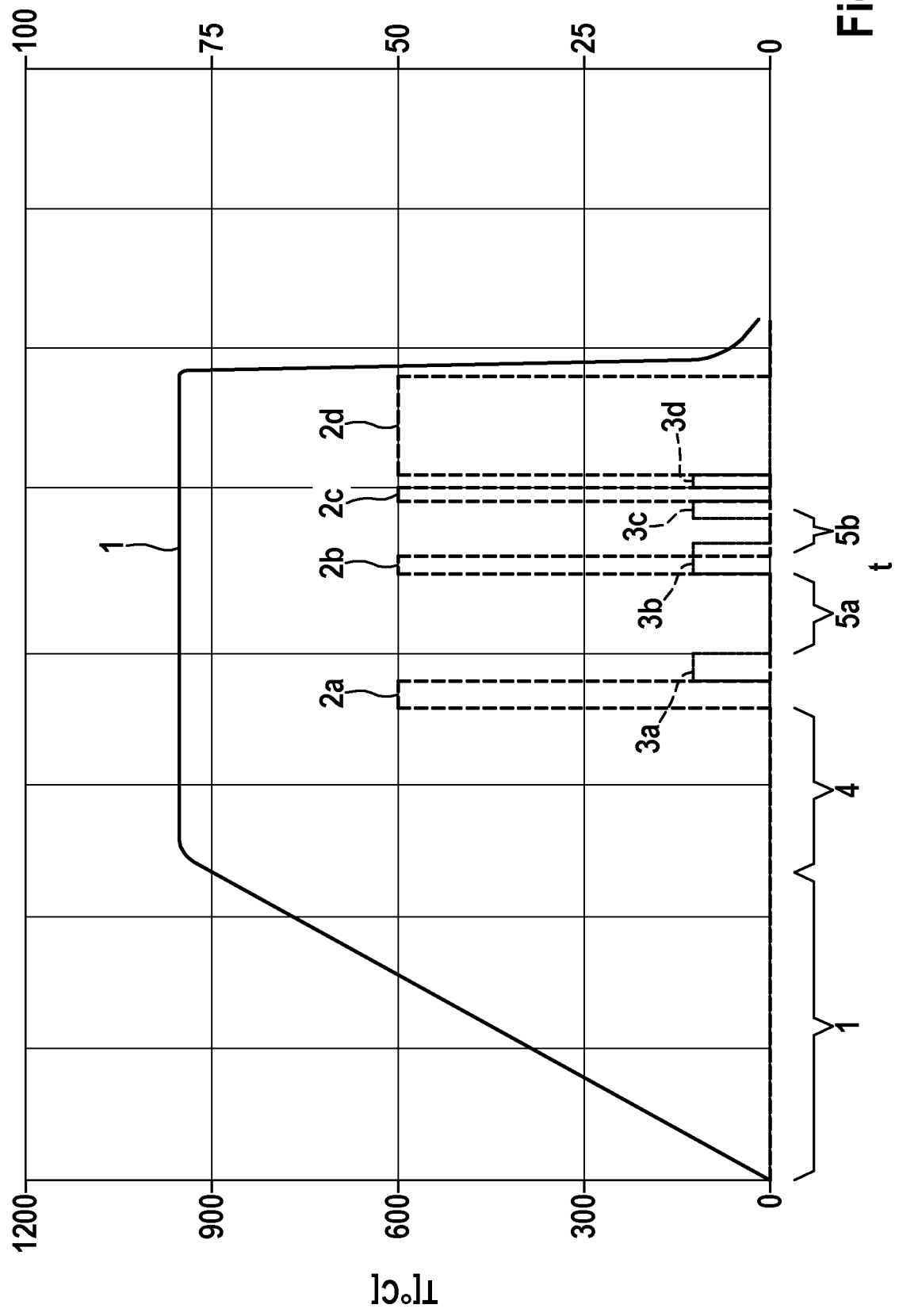


Fig. 1

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 Patentdokumente

- DE 19909694 A1 [0002] [0003]
- DE 10118494 A1 [0002]
- DE 10322255 A1 [0002] [0005]
- DE 10118494 C2 [0004]
- EP 1752551 A1 [0006]