

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Werkstücken in einem Behandlungsraum mit einer Behandlungsgasatmosphäre, insbesondere in einem Durchlaufofen sowie eine Vorrichtung hierfür.

[0002] In vielen Fällen, insbesondere der industriellen Anwendung, ist es notwendig, Werkstücke aus Metall einer Wärmebehandlung zu unterziehen, um beispielsweise ihre Gefüge zu beeinflussen. Dies geschieht meistens in Banddurchlauföfen, in denen beispielsweise ein Hochtemperaturhartlöten und Blankglühen von Edelstählen stattfinden kann. Dies ist aber nur ein Anwendungsbeispiel, die vorliegende Erfindung ist darauf nicht beschränkt, sondern befasst sich mit jeder möglichen Wärmebehandlung von Werkstücken in einem Behandlungsraum.

[0003] Bei dem oben erwähnten Verfahren stellt vor allem das Behandlungsgas ein Problem dar. Von der Güte des Behandlungsgases hängt selbstverständlich auch die Qualität der Wärmebehandlung der Werkstücke ab. Da insbesondere Durchlauföfen nicht hermetisch abgeschlossen werden können, gelangen Verunreinigungen von aussen in den Durchlaufofen hinein und verunreinigen das Behandlungsgas. Insbesondere gelangt Luftsauerstoff durch eine Einlauf- und eine Auslauföffnung in den Durchlaufofen, wird aber auch mit dem zu behandelnden Werkstück in den Behandlungsraum transportiert. Dieser Sauerstoff verunreinigt das Behandlungsgas, was unerwünscht ist, wobei bislang die Verunreinigung in Kauf genommen oder aber in Abständen das gesamte Behandlungsgas ausgetauscht wird.

[0004] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der o.g. Art zu schaffen, mit der die Behandlungsgasatmosphäre verbessert und stabilisiert werden kann.

[0005] Zur Lösung dieser Aufgabe führt, dass im Prozess verunreinigtes Behandlungsgas zumindest zum Teil der Behandlungsgasatmosphäre entzogen, gereinigt und der Behandlungsgasatmosphäre wieder zugeführt wird.

[0006] Dies bedeutet, dass kontinuierlich ohne Beeinträchtigung des eigentlichen Verfahrens der Wärmebehandlung von Werkstücken das Behandlungsgas regeneriert wird.

[0007] Bei dem Regenerierungsprozess von Schutz-Reaktionsgasen in Wärmebehandlungsanlagen, wobei das Schutz-Reaktionsgas aus Wasserstoff, Stickstoff (Argon)/Wasserstoff-Gemischen oder auch anderen wasserstoffhaltigen Gemischen bestehen kann, soll nicht nur Luftsauerstoff abgebunden, sondern hauptsächlich Prozessfeuchte entfernt werden. Diese entsteht zum einen aus der Reduzierung der Werkstücke und zum anderen aus den verdampfenden Begleitstoffen wie Schmiermittel und Lötpasten mit H₂O-Anteilen.

[0008] Bevorzugt wird das gereinigte Behandlungsgas vor der Rückführung in die Behandlungsatmosphäre mit frischem Behandlungsgas gemischt. Denkbar ist allerdings auch, dass gereinigtes Behandlungsgas und frisches Behandlungsgas an unterschiedlichen Stellen dem Durchlaufofen zugeführt wird.

[0009] Zum Reinigen wird das verunreinigte Behandlungsgas aus der Behandlungsatmosphäre abgesaugt und einer thermischen Behandlung unterworfen. Bevorzugt geschieht diese thermische Behandlung in einem Katalysator, bevorzugt in einem Platinkatalysator. Handelt es sich bei dem Behandlungsgas um Wasserstoff, so wird in dem Katalysator der molekulare Luftsauerstoff mit reaktiven Bestandteilen des Behandlungsgases verbunden, so dass in dem Behandlungsgas Wasserdampf gebildet wird. Dieses Gemisch aus Wasserstoff und Wasserdampf wird nun einer Kondensatfalle zugeführt. In einem Rekuperator wird das Gemisch soweit heruntergekühlt, dass das Wasser sich verflüssigt und ausfällt. Die entsprechende Kühlung wird durch einen Wärmetauscher unterstützt.

[0010] Damit wird in dem Rekuperator das Wasser von dem Wasserstoff getrennt, der wiederum einem Verdichter zugeleitet wird, in welchem eine Vermischung mit frischem Behandlungsgas erfolgt. Diese Mischung wird dann wieder dem Durchlaufofen eingespeist.

[0011] Die katalytische Abbindung von Luftsauerstoff erscheint als eine notwendige Massnahme, da ein Eindringen des Luftsauerstoffs in die Ofenatmosphäre an den Entnahmestellen nicht auszuschliessen ist. Der Luftsauerstoff wird in der Praxis durch Einspeisen von Schutz- oder Reaktionsgasen verdrängt, indem ein Ofenüberdruck ($P_{\text{Ü}} \approx 1 \text{ mm Ws}$) mit einer grösseren Bemessung als Schutzgasspülvolumen aufgebaut wird. Die Bemessung des Schutzgasvolumens beruht im übrigen auf Erfahrungswerten, welche die möglichen äusseren Störeinflüsse (z. B. Luftzug, Luftfeuchtigkeit usw.) berücksichtigen.

[0012] Würde das regenerierte Behandlungsgas ohne eine katalytische Reinigung mit Luftsauerstoff in den Behandlungsraum eingespeist werden, so würde der Prozess instabiler und schlechter verlaufen.

[0013] Die entstehenden Vorteile der katalytischen Nachreinigung werden dadurch deutlich, dass der Ofendruck auf ein Minimum abgesenkt werden kann. Dabei kann eindringender Luftsauerstoff durchaus in Kauf genommen werden, ohne dass es Qualitätseinbussen im Wärmebehandlungsprozess gibt.

[0014] Ferner ermöglicht die katalytische Reinigung dem Ofen ein kürzeres Anfahrverhalten nach einem Stillstand (durch kürzere Schutzgas-Formierzeiten).

[0015] Bei der Regenerierung des Behandlungsgases wird das Behandlungsgas mehrfach ausgetauscht, d. h., der Anteil des üblicherweise eingesetzten Schutzgasvolumenanteils kann dadurch bis zu einem Fünftel reduziert werden. Hierzu wird das Behandlungsgas nach der katalytischen Reinigung über den Rekuperator in eine Kältefalle geleitet, wobei die Feuchtigkeit, wie oben erwähnt, fest oder flüssig ausfällt. Die Restfeuchte des Behandlungsgases kann dem Wärmebehandlungsprozess angepasst werden.

[0016] Da die entstehende Prozessfeuchte in der Regel konstant ist, besteht zum einen die Möglichkeit, durch die Regenerierung die übliche Schutzgasspülmenge zu reduzieren, und zum anderen, bei bestehender Schutzgasmenge Behandlungsgasqualität soweit zu verbessern, dass auch schwer reduzierbare Werkstückmaterialien reduziert werden können, was in der konventionellen Wärmebehandlung mit Schutzgasöfen von Metallen schwer möglich ist.

[0017] Diese Regenerierung ist deshalb auch für Haubenglühen und andere Öfen interessant, die hermetisch geschlossen sind und diskontinuierlich arbeiten. Gerade im Bereich des Haubenglühen (u. a. Topföfen) ist es ein Problem, die Prozessfeuchte abzuführen. In der Praxis werden hier grosse Mengen an Schutzgas benötigt, um diese mit einem trockenen Schutzgas herauszuspülen.

[0018] Ferner kann bei der Verwendung einer katalytischen Nachreichung der anfängliche Inertisierungsprozess einer Hauben-Topfglühe auf ein Minimum reduziert werden.

[0019] Im Bereich der Durchlauföfen ist die Umwälzung von Prozessgas ein grosser Zugewinn, da hier die Wärmeübertragung über die Konvektion des Schutzgases erhöht wird. Die Erhöhung der Wärmeübertragung macht sich in der Heiz- und Kühlleistung bemerkbar. Somit kann bei einer bestehenden Ofenanlage die Durchsatzleistung erhöht werden.

[0020] Sollte überschüssiges Behandlungsgas im Durchlaufofen vorhanden sein, so wird dieses aus dem Durchlaufofen ggf. an mehreren Stellen abgeführt und abgepackelt.

[0021] Die Vorteile des vorliegenden Verfahrens liegen einmal darin, dass eine grössere Spülmenge an Schutzgas in der Heizzone und einer sich ggf. daran anschliessenden Kühlstrecke zur Verfügung steht. Ferner sind einstellbare Strömungsverhältnisse im Bereich der Heizzone und in der Kühlstrecke durch variable Ansaugmengeneinstellungen an den Entnahmestellen möglich.

[0022] Insgesamt herrscht in dem Durchlaufofen ein geringerer Ofendruck infolge der thermischen Reinigung des Behandlungsgases. Eine geforderte Prozessschutzgasmindestmenge lässt sich ohne Verlust der Prozessstabilität erreichen.

[0023] Desweiteren wird durch den Schutzgasstrom die Prozessfeuchte aus dem Behandlungsraum abgeführt, damit eine Reduktion (Verhältnis H_2/H_2O) der Werkstücke gewährleistet ist. In der Praxis hat sich herausgestellt, dass es zu einer Halbierung der Prozessfeuchte, die sich aus der Addition der Schutzgas Mengen (Frischgas + regeneriertes Gas) ergibt, kommt. Damit ist auch weniger Spülgas für die Abführung der im Prozess entstandenen Feuchtigkeit notwendig und dies ohne Verringerung der Glüh- und Lötqualität der Werkstücke.

[0024] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie anhand der Zeichnung; diese zeigt in ihrer einzigen Figur eine schematisch dargestellte Anlage zur Wärmebehandlung von Werkstücken. Ein wesentlicher Teil der Anlage als ein Durchlaufofen R ausgestaltet.

[0025] Das entsprechende, nicht näher gezeigte Werkstück, welches behandelt werden soll, befindet sich auf einem Förderband 1, welches zwei Umlenkrollen 2 und 3 umläuft. Die eigentliche Behandlung des Werkstückes findet in einem Behandlungsraum 4 statt, in dem beispielsweise das Werkstück erwärmt werden kann. In diesem Fall ist nachfolgend an den Behandlungsraum 4 noch eine Kühlstrecke 5 vorgesehen. Auf die Kühlstrecke 5 folgt ein Auslaufbereich 6, während dem Behandlungsraum 4 ein Einlaufbereich 7 vorgeschaltet ist.

[0026] Bevorzugt handelt es sich vom Einlaufbereich 7 bis zum Auslaufbereich 6 um ein geschlossenes System, wobei sowohl im Einlaufbereich 7 als auch im Auslaufbereich 6 in der Höhe verstellbare Verschlussstopfen 8 und 9 vorgesehen sind, die eine Minimierung des Ofenquerschnitts im Einlauf- und Auslaufbereich ermöglichen.

[0027] Ferner sind diesen Verschlussstopfen 8 und 9 im Einlauf- bzw. Auslaufbereich 7 und 6 noch Einspeisestellen 10 und 11 für Stickstoff (N_2) vorgeschaltet.

[0028] Kurz nach dem Einlaufbereich 7 und kurz vor dem Auslaufbereich 6 ist jeweils eine Entnahmestelle 12 bzw. 13 vorgesehen. Mit diesen Entnahmestellen 12 bzw. 13 wird verunreinigtes Behandlungsgas aus dem Durchlaufofen R entnommen. Entsprechende Leitungen 14 und 15 werden zu einer Zuführleitung 16 vereinigt, die in eine Einrichtung Q zum Reinigen des Behandlungsgases einmündet. Dabei ist sowohl in die Leitung 15 als auch in die Leitung 14 noch ein Absperrventil 17 bzw. 18 eingeschaltet.

[0029] Direkt an die Zuführleitung 16 schliesst ein Katalysator, bevorzugt ein Platinkatalysator 19 an. Dieser steht über eine Leitung 20 mit einer Kondensatfalle in Verbindung, wobei die Kondensatfalle aus einem Rekuperator 21 und einem Wärmetauscher 22 besteht. Dem Wärmetauscher 22 wird über eine Leitung 23 tiefkalter Stickstoff von einer nicht näher gezeigten Stickstoffquelle zugeführt.

[0030] Auf die Kondensatfalle folgt ein Verdichter 24, in welchen auch eine Zuleitung 25 für frisches Behandlungsgas aus einem Tank 26 einmündet.

[0031] An den Verdichter 24 schliesst eine Rückführleitung 27 an, die an einer weiteren Einspeisestelle 28 in dem Durchlaufofen R ausmündet.

[0032] Die Funktionsweise der vorliegenden Erfindung ist folgende:

[0033] Zu behandelnde Werkstücke werden im Einlaufbereich 7 auf das Förderband 1 aufgegeben und auf diesem Förderband 1 durch den Durchlaufofen R geführt. In dem Durchlaufofen R ist eine Behandlungsgasatmosphäre, bei-

spielsweise aus Wasserstoff (H_2), ausgebildet.

[0034] Trotz der Verschlussstopfen 8 und 9 und trotz der Einspeisestellen 10 und 11 für Stickstoff, wobei im bevorzugten Ausführungsbeispiel dieser Stickstoff dem Wärmetauscher 22 entnommen wird, lässt sich nicht verhindern, dass doch Luftsauerstoff in den Durchlaufofen R gelangt. Dieser Luftsauerstoff verunreinigt das Behandlungsgas, was unerwünscht ist. Deshalb wird Behandlungsgas über die Entnahmestellen 12 und 13 aus dem Durchlaufofen R entnommen, beispielsweise abgesaugt. Dieses entnommene Behandlungsgas wird dem Platinkondensator 19 zugeführt, in dem eine thermische Behandlung erfolgt. Der vorhandene molekulare Luftsauerstoff (O_2) wird mit reaktiven Bestandteilen des Behandlungsgases verbunden, so dass als Hauptbestandteile des thermisch behandelten Gases H_2 und H_2O auftreten.

[0035] Das jetzt mit H_2O verunreinigte Behandlungsgas wird nachfolgend über die Kondensatfalle 21, 22 geleitet, wobei H_2O flüssig wird und ausfällt. Hierzu wird das Behandlungsgas im Rekuperator entsprechend heruntergekühlt, wofür der Wärmetauscher 22 sorgt.

[0036] Im Verdichter wird dann das regenerierte Behandlungsgas mit Frischgas gemischt und dem Durchlaufofen R wieder zugeführt.

[0037] Das Verhältnis von Frischgas zu regeneriertem Gas kann beispielsweise 1:1 oder bis zu 1:3 sein.

[0038] Ein im Durchlaufofen R vorhandenes überschüssiges Behandlungsgas wird aus dem Durchlaufofen R jeweils zwischen Verschlussstopfen 8 und Entnahmestelle 12 bzw. 9 und 13 ausgeleitet und mittels einer Zündquelle 29 bzw. 30 abgefackelt.

Positionszahlenliste					
1	Förderband	34		67	
2	Umlenkrolle	35		68	
3	Umlenkrolle	36		69	
4	Behandlungsraum	37		70	
5	Kühlstrecke	38		71	
6	Auslaufbereich	39		72	
7	Einlaufbereich	40		73	
8	Verschlussstopfen	41		74	
9	Verschlussstopfen	42		75	
10	Einspeisestelle	43		76	
11	Einspeisestelle	44		77	
12	Entnahmestelle	45		78	
13	Entnahmestelle	46		79	
14	Leitung	47			
15	Leitung	48			
16	Zuführleitung	49			
17	Absperrventil	50			
18	Absperrventil	51			
19	Katalysator	52			
20	Leitung	53			
21	Rekuperator	54			
22	Wärmetauscher	55			
23	Leitung	56			
24	Verdichtung	57			
25	Zuleitung	58			
26	Tank	59			

(fortgesetzt)

Positionszahlenliste					
27	Rückführleitung	60			
28	Einspeisestelle	61			
29	Zündquelle	62		Q	Einrichtung
30	Zündquelle	63		R	Durchlaufofen
31		64			
32		65			
33		66			

Patentansprüche

1. Verfahren zur Wärmebehandlung von Werkstücken in einem Behandlungsraum (4) mit einer Behandlungsgasatmosphäre, insbesondere in einem Durchlaufofen,
dadurch gekennzeichnet,
dass im Prozess verunreinigtes Behandlungsgas zumindest zum Teil der Behandlungsgasatmosphäre entzogen, gereinigt und der Behandlungsgasatmosphäre wieder zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das gereinigte Behandlungsgas vor der Rückführung in die Behandlungsatmosphäre mit frischem Behandlungsgas gemischt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das verunreinigte Behandlungsgas aus der Behandlungsgasatmosphäre abgesaugt und einer thermischen Behandlung unterworfen wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Behandlungsgas vorhandener Luftsauerstoff (O₂) beim Reinigen des Behandlungsgases (H) an reaktive Bestandteile des Behandlungsgases angebunden wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Luftsauerstoff (O₂) mit Wasserstoffmolekülen (H) zu Wasser (H₂O) verbunden wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** nachfolgend das Wasser (H₂O) in einer Kondensatfalle aus dem Behandlungsgas ausgefällt wird.
7. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** überschüssiges Behandlungsgas vor und/oder nach dem Behandlungsraum (4) abgeführt und ggf. abgefackelt wird.
8. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** einem Einlauf- und/oder Auslaufbereich (7, 6) zu bzw. von dem Behandlungsraum (4) Stickstoff (N₂) zugeführt wird.
9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,** das vor und/oder nach dem Behandlungsraum (4) eine Entnahmestelle (12, 13) für verunreinigtes Behandlungsgas vorgesehen ist, welche mit einer Einrichtung (Q) zum Reinigen des Behandlungsgases in Verbindung steht, aus der eine Rückführleitung (27) zurück in die Behandlungsatmosphäre erfolgt.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entnahmestellen (12, 13) entsprechende Saugrüssel sind.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Entnahmestelle (12) vor und eine Entnahmestelle (13) nach dem Behandlungsraum (4) vorgesehen und über Leitungen (14, 15) zu einer Zuführleitung (16) zu der Einrichtung (Q) zum Reinigen des Behandlungsgases verbunden sind.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Einrichtung (Q) zum

EP 1 338 658 A2

Reinigen des Behandlungsgases ein Katalysator, insbesondere ein Platinkatalysator (19) vorgesehen ist.

13. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Einrichtung (Q) zum Reinigen des Behandlungsgases eine Kondensatfalle (21, 22) vorgesehen ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kondensatfalle aus einem Rekuperator (21) und einem Wärmetauscher (22) besteht.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmetauscher (22) mit einer Quelle für tiefkalten Stickstoff in Verbindung steht.

16. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einrichtung (Q) zum Reinigen von Behandlungsgas ein Verdichter (24) nachgeschaltet ist, der über eine Verbindungsleitung (25) mit einer Quelle (26) für Behandlungsgas in Verbindung steht.

17. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor und/oder nach dem Behandlungsraum (4) ein Verschlussstopfen (8, 9) vorgesehen ist/sind.

18. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stickstoff nach dem Wärmetauscher (22) über Zuleitungen Einspeisstellen (10, 11) vor und/oder nach dem Behandlungsraum (4) zuführbar ist.

