

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50260/2014
(22) Anmeldetag: 07.04.2014
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2015

(51) Int. Cl.: **B01D 53/86** (2006.01)
H01B 13/16 (2006.01)

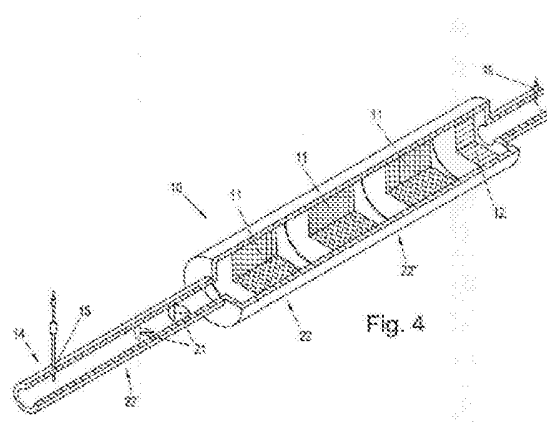
(56) Entgegenhaltungen:
CN 203311930 U
CN 103301747 A
CN 202210442 U
CN 203408631 U

(71) Patentanmelder:
P & F MASCHINENBAU GMBH
3002 Purkersdorf (AT)

(74) Vertreter:
SONN & PARTNER PATENTANWÄLTE
WIEN

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung von Lackdrähten**

(57) Vorrichtung (1) und Verfahren zur Herstellung von Lackdrähten (2), mit einer Auftragsvorrichtung (3) zum Auftragen zumindest einer Lackschicht, einem Ofen (4) zum Verfestigen der Lackschicht und mit einer Abgasreinigungsvorrichtung (7) zum Entfernen von Schadstoffen, insbesondere Stickoxiden (NO_x), aus Abgasen (1') des Ofens (4), dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasreinigungsvorrichtung (7) eine Anlage (10) zur selektiven katalytischen Reduktion von Stickoxiden (NO_x) in den Abgasen (1') des Ofens (4) aufweist.



Zusammenfassung:

Vorrichtung (1) und Verfahren zur Herstellung von Lackdrähten (2), mit einer Auftragsvorrichtung (3) zum Auftragen zumindest einer Lackschicht, einem Ofen (4) zum Verfestigen der Lackschicht und mit einer Abgasreinigungsvorrichtung (7) zum Entfernen von Schadstoffen, insbesondere Stickoxiden (NO_x), aus Abgasen (1') des Ofens (4), dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasreinigungsvorrichtung (7) eine Anlage (10) zur selektiven katalytischen Reduktion von Stickoxiden (NO_x) in den Abgasen (1') des Ofens (4) aufweist.

(Fig. 4)

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Herstellung von Lackdrähten, mit einer Auftragsvorrichtung zum Auftragen zumindest einer Lackschicht, einem Ofen zum Verfestigen der Lackschicht und mit einer Abgasreinigungsvorrichtung zum Entfernen von Schadstoffen, insbesondere Stickoxiden, aus Abgasen des Ofens.

Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von Lackdrähten, wobei auf einen Metalldraht zumindest eine Lackschicht aufgetragen wird, welche in einem Ofen verfestigt wird, wobei die Abgase aus dem Ofen von Schadstoffen, insbesondere Stickoxiden, befreit werden.

Solche Anlagen zur Herstellung von Lackdrähten sind im Stand der Technik seit langem in Verwendung. Als Lackdrähte werden lackisolierte Metalldrähte, beispielsweise aus Kupfer oder Aluminium, verstanden. Aufgrund der Lackierung kann eine gute Isolation eines elektrischen Leiters gegen einen benachbarten Leiter oder den Träger von Wicklungen erreicht werden. Lackdrähte werden insbesondere zur Herstellung von elektrischen Wicklungen verwendet, die zur Stromleitung, Spannungsumwandlung, Feldaufbau und Feldablenkung dienen. Die im Stand der Technik bekannten Lacke bestehen im Wesentlichen aus filmbildenden Harzen und Lösungsmitteln.

Während der Trocknung der im flüssigen Zustand aufgetragenen Lackschichten werden Lacklösemittel bei hoher Temperatur ausgedampft, wodurch sich die Umluft der Lackdrahtanlage mit Lösemitteldampf sättigt. Bei diesem Prozess kann der Lösemittelstickstoff zu Stickstoffoxiden NO_x , vorwiegend Stickstoffmonoxid NO und Stickstoffdioxid NO_2 , oxidiert werden.

Im Stand der Technik wurde bisher keine vollends zufriedenstellende Lösung vorgeschlagen, wie die Schadstoffe, insbesondere die Stickstoffoxide, aus dem Abgasstrom des Drahtlackierofens entfernt werden können. Demnach wurde beispielsweise eine Ausführung in Erwägung gezogen, bei welcher das Temperaturniveau im Ofen abgesenkt wird. Damit kann jedoch nachteiligerweise nur eine unzureichende Umsatzrate erreicht

werden. Andere Verfahren gehen hingegen mit einem hohen prozesstechnischen Aufwand einher.

Demnach besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine Vorrichtung und ein Verfahren der eingangs angeführten Art zu schaffen, mit welcher bzw. mit welchem die Nachteile des Standes der Technik gelindert bzw. eliminiert werden. Die Erfindung setzt sich daher insbesondere zum Ziel, die Schadstoffe aus den Ofenabgasen der Drahtlackiervorrichtung mit hohen Umsatzraten und geringem prozesstechnischen Aufwand zu entfernen.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 16 gelöst.

Erfindungsgemäß weist die Abgasreinigungsvorrichtung eine Anlage zur selektiven katalytischen Reduktion von Stickoxiden in den Abgasen des Ofens auf.

Bei umfangreichen Tests hat sich überraschenderweise gezeigt, dass die Entstickung der Abgase aus dem (Umluft-)Ofen der Drahtlackieranlage mit geringem Aufwand und hohen Umsatzraten dadurch bewerkstelligt werden kann, dass der Ofen mit einer Anlage zur selektiven katalytischen Reduktion (SCR) der Abgase verbunden wird. Dadurch kann vorteilhafterweise eine zuverlässige Umsetzung der Stickoxide aus den Ofenabgasen erreicht werden, wobei die gereinigten Abgase den geltenden Vorschriften bei solchen Drahtlackieranlagen entsprechen. Die SCR-Anlage hat sich aufgrund der Zusammensetzung der Schadstoffe in den Ofenabgasen überraschend als besonders wirksame Abreinigungsverfahren herausgestellt, welche den im Stand der Technik vorgeschlagenen und bei Drahtlackieranlagen naheliegenden Maßnahmen, wie die Absenkung des Temperaturniveaus in dem Ofen oder die Verwendung von Gaswäschern, überlegen ist. Mit der erfindungsgemäßen Abreinigungsverfahren konnten Umsatzraten der Reduktion von NO und NO₂ von 95 bis 98 % erreicht werden.

Die Anlage zur katalytischen selektiven Reduktion weist bevorzugt zumindest einen Entstickungskatalysator mit einem katalytisch wirksamen Metalloxid, insbesondere Titandioxid und/oder

Wolframtrioxid und/oder Vanadiumpentoxid, auf, wobei bevorzugt zumindest zwei, insbesondere genau drei, Entstickungskatalysatoren in Strömungsrichtung der Abgase hintereinander vorgesehen sind.

Zur Umsetzung von Kohlenmonoxid (CO) oder Kohlenwasserstoffen (HC) in den Abgasen des Ofens ist es günstig, wenn die Abgasreinigungsvorrichtung, insbesondere in Strömungsrichtung der Abgase nach dem zumindest einen Entstickungskatalysator, einen Oxidationskatalysator zum Abbau von Kohlenmonoxid und/oder Kohlenwasserstoffen und/oder Ammoniak aufweist, welcher vorzugsweise eine Platin- und/oder Palladium-Beschichtung als katalytisch wirksames Material aufweist. Aufgrund der Zusammensetzung der Ofenabgase kann bei einer bevorzugten Ausführung auf eine Voroxidation vor der Entstickung verzichtet werden.

Zum chemischen Abbau der Stickoxide in den Abgasen des Ofens ist es von Vorteil, wenn eine Zufuhreinrichtung zum Zuführen eines Reduktionsmittels, insbesondere von Ammoniak oder einer Ammoniak abgebenden Verbindung, vorzugsweise Harnstofflösung, in die Abgase des Ofens vorgesehen ist.

Zur gleichmäßigen Einbringung des Reduktionsmittels in den Abgasstrom ist bevorzugt vorgesehen, dass die Zufuhreinrichtung eine Zerstäubungsdüse zum Einsprühen des Reduktionsmittels, insbesondere in Form der Harnstofflösung, in die Abgase des Ofens aufweist.

Damit eine möglichst geringe Menge des Reduktionsmittels in den gereinigten, insbesondere entstickten, Abgasen verbleibt, ist es von Vorteil, wenn die Zufuhreinrichtung mit einer Steuer- bzw. Regeleinrichtung zum Steuern bzw. Regeln des in die Abgase des Ofens eingebrachten Reduktionsmittels, insbesondere in Form der Harnstofflösung, verbunden ist.

Zur Überwachung der erzielten Umsatzrate ist es günstig, wenn ein Sensor zur Messung des Gehalts von Stickoxiden in den Abgasen vorgesehen ist.

Bei dieser Ausführung ist es günstig, wenn der Sensor zur Messung des Gehalts von Stickoxiden in Strömungsrichtung der Abgase gesehen nach der Anlage zur selektiven katalytischen Reduktion vorgesehen ist. In manchen Anwendungen kann jedoch zusätzlich oder alternativ ein Sensor vor der SCR-Anlage vorgesehen sein.

Um den Ablauf der chemischen Prozesse in der erfindungsgemäßen Abgasreinigungsvorrichtung laufend anpassen zu können, ist es vorteilhaft, wenn der Sensor zur Messung des Gehalts von Stickoxiden mit der Regeleinrichtung zum Regeln des in die Abgase des Ofens eingebrachten Reduktionsmittels, insbesondere in Form der Harnstofflösung, verbunden ist.

Vorteilhafterweise kann die Abgasreinigungsvorrichtung in die Steuerung der Gesamtanlage einbezogen werden, wenn die Regeleinrichtung zum Regeln des in die Abgase des Ofens eingebrachten Reduktionsmittels mit einer Steuerung für die Auftragsvorrichtung zum Auftragen der Lackschicht und für den Ofen verbunden ist. Die Steuerung ist mit den anderen Komponenten der Lackdrahtanlage verbunden und kann beispielsweise als Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) ausgeführt sein.

Um das Reduktionsmittel möglichst gleichmäßig in den Abgasen des Ofens zu verteilen, ist es von Vorteil, wenn die Anlage zur selektiven katalytischen Reduktion eine Mischeinrichtung zum Vermischen des Reduktionsmittels mit den Abgasen aus dem Ofen aufweist.

Bei dieser Ausführung ist es insbesondere günstig, wenn die Mischeinrichtung ein vorzugsweise stationäres Drallerzeugungselement aufweist. Mit Hilfe des Drallerzeugungselements können die Abgase in Richtung senkrecht zur Hauptströmungsrichtung abgelenkt werden, wodurch eine bessere Durchmischung mit dem Reduktionsmittel stattfindet.

Zur Erzielung einer kompakten Bauweise ist es von Vorteil, wenn die Anlage zur selektiven katalytischen Reduktion ein rohrförmiges Gehäuse aufweist, welches bevorzugt horizontal, insbesondere oberhalb des Ofens, angeordnet ist.

Bei einer bevorzugten Ausführung weist das Gehäuse eine außenseitige Isolierung aus einem wärmedämmenden Material auf. Vorteilhafterweise können so Wärmeverluste reduziert werden.

Zudem ist es vorteilhaft, wenn die Mischeinrichtung in einem ersten Abschnitt des rohrförmigen Gehäuses mit einem vergleichsweise kleinen Durchmesser und der zumindest eine Entstickungskatalysator in einem zweiten Abschnitt des rohrförmigen Gehäuses mit einem vergleichsweise großen Durchmesser vorgesehen ist. Demnach ist die Mischeinrichtung in einem ersten rohrförmigen Gehäuseabschnitt vorgesehen, welches einen geringeren Durchmesser als ein zweiter rohrförmiger Gehäuseabschnitt zur Aufnahme der Entstickungs- bzw. Oxidationskatalysatoren aufweist.

Im Hinblick auf eine kompakte, stabile Bauweise der Abgasreinigungsvorrichtung ist es günstig, wenn in dem rohrförmigen Gehäuse der Anlage zur selektiven katalytischen Reduktion zumindest ein zylinderförmiger Entstickungskatalysator und/oder ein zylinderförmiger Oxidationskatalysator vorgesehen ist. Alternativ kann die SCR-Anlage ein im Querschnitt rechteckiges Gehäuse aufweisen, in welchem zumindest ein im Querschnitt rechteckiger Entstickungskatalysator und/oder ein im Querschnitt rechteckiger Oxidationskatalysator angeordnet ist bzw. sind.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen, auf die sie jedoch nicht beschränkt sein soll, weiter erläutert. Im Einzelnen zeigen in der Zeichnung:

Fig. 1 schematisch eine Vorrichtung zur Herstellung von Lackdrähten mit einer Auftragsvorrichtung zum Auftragen zumindest einer Lackschicht auf einen Metalldraht, einem Ofen zum Verfestigen der Lackschicht auf dem Metalldraht und mit einer Abgasreinigungsvorrichtung zum Entfernen von Schadstoffen aus den Ofenabgasen;

Fig. 2 ein Schema der Abgasreinigungsvorrichtung für die Vorrichtung gemäß Fig. 1, welche erfindungsgemäß eine Anlage zur selektiven katalytischen Reduktion von Stickoxiden in den Ofenabgasen aufweist;

Fig. 3 eine schaubildliche Ansicht einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Herstellung von Lackdrähten;

Fig. 4 eine teilweise geschnittene Ansicht der Abgasreinigungsvorrichtung für die Vorrichtung gemäß Fig. 3;

Fig. 5 eine Detailansicht der Abgasreinigungsvorrichtung gemäß Fig. 4, wobei eine Zufuhreinrichtung zur Zufuhr eines Reduktionsmittels in den Abgasstrom des Ofens ersichtlich ist;

Fig. 6 eine weitere Detailansicht der Abgasreinigungsvorrichtung gemäß Fig. 4, wobei eine Mischeinrichtung zum Vermischen des Reduktionsmittels mit den Ofenabgasen ersichtlich ist.

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung 1 zur Herstellung von Lackdrähten 2. Die Vorrichtung 1 weist eine Auftragsvorrichtung 3 zum Auftragen mehrerer Lackschichten auf einen Metalldraht auf. Zudem ist ein Ofen 4 zum Trocknen und Aushärten der Lackschichten auf dem Metalldraht vorgesehen. Der Ofen 4 weist eine Trocknungszone 4' und eine Aushärtzone 4'' auf. Im Ofen 4 wird Umluft 5 mittels eines Ventilators 6 im Kreis geführt. Die Umluft 5 wird, wie nachstehend im Detail erläutert wird, mit verschiedenen Schadstoffen angereichert. Zudem ist eine Abgasreinigungsvorrichtung 7 zum Entfernen der Schadstoffe, insbesondere von Stickoxiden, aus den Abgasen des Ofens vorgesehen, welche gemäß Fig. 1 einen Umluft-Oxidationskatalysator 7' aufweist. Weiters ist in Fig. 1 ein Kühler 8 zum Abkühlen des Lackdrahtes ersichtlich.

Die Drahtisolierung wird durch die Trocknung und Härtung von den auf den Draht aufgetragenen flüssigen Lackschichten in dem Umluftofen 4 bei ca. 550 - 700°C hergestellt. Da der Auftrag der erforderlichen Endbeschichtungsdicke in mehreren Durchgängen erfolgen muss, werden bis zu 24 Deckungen desselben Drahtes durch den Trocknungs- bzw. Härtungsofen geführt. Während der Trocknung der flüssigen Lackschichten auf dem Metalldraht werden Lacklösemittel bei hoher Temperatur ausgedampft, wodurch sich die Umluft der Lackdrahtanlage längs der Trocknungszone kontinuierlich mit Lösemitteldampf sättigt.

Die mit Lösemittel beladene Luft durchströmt während des Umluftbetriebs ständig einen Palladium-Platin-Katalysator, welcher als Umluftoxidationskatalysator 7' dient, wodurch die Kohlenwasserstoffe (C_mH_n = Lösemitteldampf) mit dem Sauerstoff O_2 der in den Ofen eingesaugten Frischluft exotherm zu Kohlendioxid CO_2 und Wasserdampf H_2O oxidiert werden. Während dieser exothermen chemischen Reaktion wird daher thermische Energie frei, welche die Prozessluft beheizt. Allerdings kann dort verstärkt auch der Lösemittelstickstoff zu Stickstoffoxiden NO_x (vorwiegend Stickstoffmonoxid NO , Stickstoffdioxid NO_2) oxidiert werden. Die Umsatzrate im Umluft-Oxidationskatalysator 7' steigt grundsätzlich mit steigendem Temperaturniveau an. In Bereichen außerhalb des Katalysators kann das Lösemittel-Luft-Gemisch aufgrund des ausreichend hohen Temperaturniveaus (z.B. Trocknungszone, Heizzone) bereits vorzeitig chemisch reagieren.

Die eingebrachten Massenströme an Luft und Lösemittel in das System sind während der Produktion annähernd konstant. Prozessbedingt wird direkt nach dem Umluftkatalysator heiße Abluft 9 abgesaugt und in die Umgebung ausgetragen. Der Austrag der Abluft erfolgt über ein Stahlrohr mit einem Innendurchmesser von 80 mm mittels eines Radialgebläses. Direkt am Rohrausgang ist meist ein vertikal ausgerichteter Gegenstromwärmeüberträger 23 angeflanscht, welcher mit der thermischen Energie der Abluft Wasserdampf als Schutz- und Reinigungsgas für den Glühprozess des Rohdrahtes erzeugt. Im Standardbetrieb liegt die Ablufttemperatur vor dem Verdampfer zwischen $300 - 500^\circ C$ und nach dem Verdampfer bei etwa $250 - 280^\circ C$.

Relevante Schadstoffkomponenten in der Anlagenabluft während des Lackierprozesses sind Kohlenmonoxid CO , verbleibende flüchtige organische Stoffe (Kohlenwasserstoffe angegeben als gesamt gebundener Kohlenstoff bzw. Gesamt-C) und Stickstoffoxide NO_x . CO entsteht durch die unvollständige Verbrennung der Kohlenwasserstoffe. Verbleibende Restmengen an Kohlenwasserstoffen in der Ofenabluft sind darauf zurückzuführen, dass die vorhandenen Lösemitteldämpfe im Umluftprozess speziell im Umluftkatalysator 7' unzureichend oxidiert werden. Dies kann z.B. durch eine Überbeladung der Prozessluft mit Kohlenwasserstoffen (d.h. bei zu hohem Lösemiteleintrag in das System), ein unzureichendes

Temperaturniveau im Umluftkatalysator oder auch durch zu wenig reaktiven Sauerstoff (Frischluftezufuhr bzw. Abluftmenge) im System bedingt sein.

NO_x in Lackdrahtmaschinen ist sogenanntes Brennstoff-NO_x und kein thermisches NO_x. Die Entstehung von NO_x beruht damit im Lackierprozess maßgeblich auf der chemischen Umsetzung der im Brennstoff (Lacklösemittel) gebundenen Anteile an Stickstoff mit Luftsauerstoff. Thermisches NO_x würde aus dem Stickstoff der Luft bei über 1000°C entstehen. Dennoch fördern erfahrungsgemäß höhere Temperaturen die chemische Umsatzrate von N₂ zu NO_x (speziell im Umluftkatalysator). Ein Hauptverursacher von NO_x bei der Drahtbeschichtung ist das Lösungsmittel NMP (N-Methyl-2-pyrrolidon), welches Basislösungsmittel des oft verwendeten Polyamidimidlacks (PAI) als Overcoat ist. NMP enthält hohe Mengen an Stickstoff, welcher im Ofenprozess speziell in temperaturhohen Bereichen (z.B. Heizzone, Umluftkatalysator) zu NO_x oxidiert wird.

Bei Horizontalanlagen zur Lackierung von Runddrähten mit Durchmessern bis 1,2 mm liegen Abluftmengen von ca. 65 - 70 Nm³/h vor. In der Abluft befinden sich wie oben erwähnt verbleibende Mengen an Stickstoffmonoxid NO, Stickstoffdioxid NO₂, Kohlenmonoxid CO und verbleibende Restlösemittelanteile in Form von unverbrannten Kohlenwasserstoffen C_nH_m, welche aktiv abgereinigt werden sollen. Die Schadstoffgrenzwerte für industrielle Abluft werden durch verschiedenste gesetzliche Normen festgelegt.

Die Schadstoffmengen an CO und C_mH_n können einerseits durch eine Effizienzsteigerung des Umluftkatalysators 7' (Oxidationskatalysator) im Einbrennofen erzielt werden, andererseits durch einen im Abluftrohr zusätzlich implementierten Nachverbrennungskatalysator (Oxidationskatalysator) gänzlich abgebaut werden. Die NO_x-Schadstoffmengen können hingegen durch einen Oxidationskatalysator nicht abgebaut werden. Primär können diese im Ofenabgas einerseits durch die Wahl stickstoffarmer Lacklösemittel, oder sekundär durch eine Abgasnachbehandlung reduziert werden.

Bei der Umsetzung der vorliegenden Erfindung wurden verschiedenste Ansätze zum Entfernen der Stickoxide aus den Ofenabgasen

erwogen, welche aufgrund der besonderen Verhältnisse bei Drahtlackiervorrichtungen verworfen werden mussten.

a) Senkung des Temperaturniveaus im Ofen

Ein niedriges Temperaturniveau im Ofen würde die Produktion von NO_x mindern, da die Umsatzrate von Lösemittelstickstoff N₂ zu NO_x mit Luftsauerstoff mit zunehmender Temperatur steigt. Damit wären allerdings zwangsweise auch niedrige Einbrennzonen-temperaturen verbunden, wodurch die Produktivität sinken würde. Gelänge es, speziell nur die Umluftkatalysatortemperaturen zu senken, könnte die NO_x-Bildung massiv unterdrückt werden, da dort die höchsten Oxidationsraten vorliegen. Grundsätzlich sinkt jedoch bei niedriger Katalysatortemperatur die Umsatzrate der Oxidation, wodurch im Abgas wiederum höhere Restlösemittelanteile und Konzentrationen an Kohlenmonoxid zu erwarten wären. Außerdem würde die Umluft auch höhere Lösemittelkonzentrationen aufweisen, was sich dann negativ auf den Trocknungsprozess des lackbeschichteten Drahtes auswirken würde. Selbst ein optimierter Katalysator, welcher bei geringeren Temperaturen gleichbleibende Effizienz aufweist, wäre keine zielführende Lösung. Dieser würde bei geringerem Temperaturniveau dieselbe Menge an Lösemittelstickstoff zu Stickstoffoxiden umwandeln.

b) NO_x-Speicherkatalysator

Speicherkatalysatoren sind weltweit erprobt und werden zumeist in abliegenden Gebieten, wie Kraftfahrzeugen mit Dieselmotoren, zur Reduktion von NO_x eingesetzt. Das Katalysatorträgermaterial besteht aus Platin und einer NO_x-Speichersubstanz, zumeist Bariumoxid BaO. Bei sauerstoffreicher Abluft wird NO_x mit der Bariumspeichersubstanz zu Bariumnitrat Ba(NO₃)₂ – einem Salz – aufoxidiert und im Katalysator absorbiert bzw. gespeichert. Das zulässige Temperaturintervall zum Speichern liegt zwischen 300 und 500°C. Dadurch wird aus dem Abgas NO_x entfernt. Nach einer bestimmten Zeit sind diese Speicherzellen mit dem Salz überladen und müssen regeneriert werden. Im Dieselmotor wird dazu für nur etwa zwei Sekunden lang von einem mageren (d.h. sauerstoffreichen) Gemisch auf ein fettes (d.h. sauerstoffarmes) Gemisch regelungstechnisch umgeschaltet. Ist wenig Sauerstoff vorhanden,

steigt im KFZ-Abgas der Anteil an unvollständig verbrannten Kohlenwasserstoffen C_mH_n und Kohlenmonoxid CO . Nun reagieren C_mH_n und CO mit dem Sauerstoff des gespeicherten Bariumnitrat-Salzes im KAT. Übrig bleibt im Abgas elementarer Stickstoff N_2 und Kohlendioxid CO_2 bzw. Wasserdampf H_2O . Im Katalysator verbleibt wiederum speicherfähiges Bariumoxid. Im Dieselmotor wird danach sofort wieder auf ein mageres Gemisch rückgeschaltet, worauf der Speichervorgang von NO_x wieder von Neuem beginnt.

Könnte man demnach einen solchen Speicher-Katalysator in die Abgasleitung eines Lackdrahtofens implementieren, würde sich im Katalysator das NO_x des Abgases absorbieren lassen. Zum Entleeren des Speichers müsste man dann aber für kurze Zeit die Möglichkeit haben, den Sauerstoffgehalt der Abluft massiv zu reduzieren, um den NO_x -beladenen Katalysator regenerieren zu können. Hierbei stellt sich das Problem, dass bei Lackdrahtanlagen die „Fettigkeit“ des Brennstoff-Luft-Gemisches nicht geregelt werden kann, da einerseits die Drahtdeckungen mit konstanter Geschwindigkeit und gleichbleibenden Lackfilmdicken durch den Ofen laufen und andererseits die Einsaugmengen an Frischluft über die Ofenöffnungen nahezu unverändert bleiben.

c) Absorptionsverfahren (Gaswäsche)

Von Absorption spricht man auch, wenn ein Gas durch eine Waschflüssigkeit geleitet und dies sozusagen „ausgewaschen“ wird. Die zu absorbierenden Gaskomponenten – im vorliegenden Fall NO_x – werden dann molekular in der Waschflüssigkeit gebunden. Sind die Komponenten wasserlöslich, verwendet man als Waschflüssigkeit Wasser H_2O . Wenn nicht, müssen andere chemische Substanzen beigemischt werden (Chemisorption). Nachteile dieses Verfahrens wären jedoch die Befeuchtung der Ofenabluft 1' mit Gefahr der Kondensation, Beeinflussung des Druckniveaus im Abluftrohr, eventuell Druckaufbau durch Wasserdampfbildung, benötigte Dichtigkeit des Systems und der erforderliche Abtransport der thermischen Energie (Wärme) im Abgasreinigungssystem.

Die oben angeführten Verfahren sind daher mit hohem prozesstechnischen Aufwand und relativ geringen Umsatzraten verbunden,

so dass diese für die vorliegende Lackdrahtanlage 1 nicht bzw. nur eingeschränkt geeignet sind.

Demgegenüber weist die Abgasreinigungsvorrichtung 7 der Vorrichtung 1, wie aus Fig. 2 ersichtlich, eine Anlage 10 zur selektiven katalytischen Reduktion von Stickoxiden in den Abgasen 1' des Ofens 4 auf. Die Anlage 10 zur katalytischen selektiven Reduktion weist zumindest einen Entstickungskatalysator 11 mit einem katalytisch wirksamen Metalloxid, insbesondere Titandioxid und/oder Wolframtrioxid und/oder Vanadiumpentoxid, auf. Darüber hinaus weist die Abgasreinigungsvorrichtung 7 in Strömungsrichtung der Abgase nach dem zumindest einen Entstickungskatalysator 11 einen Oxidationskatalysator 12 auf, welcher eine Platin-Palladium-Beschichtung als katalytisch wirksames Material aufweist.

Wie aus Fig. 2 weiters ersichtlich, ist eine Zufuhreinrichtung 14 zum Zuführen eines Reduktionsmittels, insbesondere einer Harnstofflösung, in die Abgase 1' des Ofens 4 vorgesehen (vgl. Fig. 5). Die Zufuhreinrichtung 14 weist eine Zerstäubungsdüse 15 zum Einsprühen des Reduktionsmittels in den Abgasstrom 1' des Ofens 4 auf. Die Zufuhreinrichtung 14 ist mit einer Steuer- bzw. Regeleinrichtung 16 verbunden, um mittels einer Dosierpumpe 17 die Menge des in die Abgase 1' des Ofens 4 eingebrachten Reduktionsmittels einzustellen. Die Dosierpumpe 17 ist mit einem Tank 18 für das Reduktionsmittel verbunden.

Wie aus Fig. 2 weiters ersichtlich, ist zudem ein Sensor 19 zur Messung des Gehalts von Stickoxiden in den Abgasen 1' vorgesehen, wobei gemäß Fig. 2 zwei Sensoren 19 in Strömungsrichtung der Abgase 1' gesehen nach der Anlage 10 zur selektiven katalytischen Reduktion bzw. nach dem Oxidationskatalysator 12 vorgesehen sind. Der Sensor 19 zur Messung des Gehalts von Stickoxiden ist mit der Regeleinrichtung 16 zum Regeln des in die Abgase 1' des Ofens 4 eingebrachten Reduktionsmittels verbunden. Als Regelgrößen für die Eindüsung des Reduktionsmittels über die Zufuhreinrichtung 14 kann die NO_x-Konzentration der Abgase 1', insbesondere auch die NO_x-Konzentration vor der Zufuhr des Reduktionsmittels, welche mit einer weiteren (nicht gezeigten) NO_x-Sonde gemessen werden kann, und/oder die Abgastemperatur

und/oder ein dem Abluftdurchsatz proportionales Signal (Drehzahl, Druck, ...) verwendet werden. Die Regeleinrichtung 16 zum Regeln des in die Abgase 1' des Ofens 4 eingebrachten Reduktionsmittels ist mit einer Steuerung 20 für die anderen Anlagenkomponenten, d.h. insbesondere für die Auftragsvorrichtung 3 und für den Ofen 4, verbunden.

In den Fig. 3 bis 6 ist eine bevorzugte Ausgestaltung der Vorrichtung 1 mit der SCR-Anlage 10 gezeigt.

Wie aus Fig. 3 ersichtlich, weist die Anlage 10 zur selektiven katalytischen Reduktion ein rohrförmiges Gehäuse 22 auf, welches in einer horizontalen Ebene oberhalb des Ofens 4 angeordnet ist.

Wie aus Fig. 4 ersichtlich, weist die Anlage 10 zur selektiven katalytischen Reduktion in der gezeigten Ausführung genau drei zylinderförmige Entstickungskatalysatoren 11 in Strömungsrichtung der Abgase hintereinander auf. Es können jedoch auch genau vier solche Entstickungskatalysatoren 11 vorgesehen sein. Darüber hinaus ist genau ein zylinderförmiger Oxidationskatalysator 12 in Strömungsrichtung der Abgase 1' nach den Entstickungskatalysatoren 11 vorgesehen. Bei dieser Ausführung kann auf einen Voroxidationskatalysator verzichtet werden, da sich in der Praxis gezeigt hat, dass das Verhältnis zwischen NO und NO₂ von 85% zu 15% ausreichend für einen schnellen Reaktionsablauf ist. In der gezeigten Ausführung sind drei SCR-Katalysator-Waben 11 aus Keramik mit Vanadiumpentoxid-Wolframtrioxid-Titandioxid-Beschichtung zur NO_x-Reduktion und eine Oxidationskatalysator-Wabe 12 mit Platin- und/oder Palladium-Beschichtung zur Oxidation von CO und HC vorgesehen.

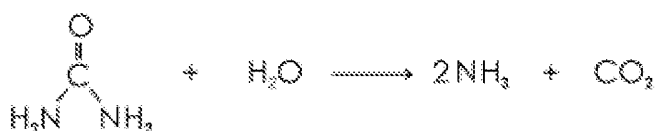
Wie aus Fig. 4 weiters ersichtlich, weist die Abgasreinigungsvorrichtung 7 in Strömungsrichtung der Abgase 1' vor den Entstickungskatalysatoren 11 eine Mischeinrichtung 21 auf (vgl. Fig. 6), mit welcher das Reduktionsmittel aus der Zufuhreinrichtung 14 mit den Abgasen 1' aus dem Ofen 4 vermischt wird. In der gezeigten Ausführung weist die Mischeinrichtung 21 in Strömungsrichtung der Abgase 1' hintereinander zwei stationäre Drallerzeugungselemente auf, welche eine Umlenkung des Abgasstroms bewirken.

Wie aus Fig. 4 weiters ersichtlich, ist die Mischeinrichtung 21 in einem ersten Abschnitt 22' des rohrförmigen Gehäuses 22 mit einem vergleichsweise kleinen Durchmesser angeordnet, wobei die Entstickungskatalysatoren 11 und der Oxidationskatalysator 12 in einem zweiten Abschnitt 22' des rohrförmigen Gehäuses 22 mit einem vergleichsweise großen Durchmesser vorgesehen sind.

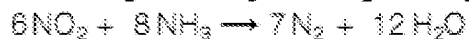
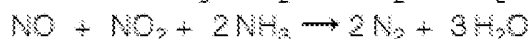
Bei der gezeigten Drahtlackvorrichtung 1 wird demnach zum Abbau des NO_x das sogenannte SCR-Verfahren (selektive katalytische Reduktion) vorgesehen, welches bisher lediglich in abliegenden Gebieten, beispielsweise bei Kraftfahrzeugen, verwendet wurde, bei denen sich die Abgasströme grundlegend von den gattungsgemäßen Drahtlackiervorrichtungen unterscheiden.

In der gezeigten Ausführung werden im Abgasstrom 1' verschiedene Katalysatoren in Serie geschaltet. Als erster Katalysator kann in einer Ausführung ein Voroxidationskatalysator vorgesehen sein, welcher zur Umsetzung von CO zu CO₂, von HC zu CO₂ und H₂O und NO zu NO₂ dient. Die Voroxidation von NO dient zur Gleichverteilung von NO und NO₂ im Abgas, welche für eine effiziente Reduktion von NO_x im nachfolgenden SCR-Katalysator 11 förderlich ist. Gemäß dem Anlagenschema der Fig. 2 ist kein solcher Voroxidationskatalysator vorgesehen. Dieser nachfolgende SCR-Katalysator 11 ist mit Katalysatorstoffen wie z.B. Titanoxid oder Wolframdioxid zur Verstärkung der Reaktionskinetik bei der Reduktion von NO_x beschichtet.

Zum chemischen Abbau von NO_x muss dem mit NO_x beladenen Luftstrom gasförmiges Ammoniak NH₃ als Reduktionsmittel beigemischt werden. Zur sicheren Handhabung dieses reaktiven Stoffes wird das NH₃ mittels thermischer Zerfallsreaktion aus Harnstoff erzeugt. Dazu wird eine meist 32,5%-ige wässrige Harnstofflösung (NH₂)₂CO - auch bekannt als „AdBlue“ aus der Fahrzeugindustrie - aus einem Tank 18 entnommen und mittels der Düse 15 in den heißen Abgasstrom 1' des SCR-Katalysators homogen verteilt eingesprüht. Der instabile Harnstoff wird dabei zunächst im SCR-Katalysator 11 zu Ammoniak NH₃ und Kohlenstoffdioxid CO₂ hydrolysiert:



Das Ammoniak (NH_3) reagiert bevorzugt mit dem Sauerstoff (O_2) aus den Stickstoffoxiden (NO_x , d.h. NO bzw. NO_2), auch wenn das Abgas 1' reichlich elementaren Sauerstoff enthält. Eine spezielle Form der Redoxreaktion (Komproportionierung) zwischen NO_x und NH_3 splittet NO_x zu elementarem Stickstoff N_2 und zu Wasserdampf H_2O ab. NO_x wird damit vollständig abgebaut:



Das zulässige Temperaturfenster zur geforderten NO_x -Umsetzung liegt im Bereich zwischen 200 und 600°C, welches im Abgas 1' von Lackdrahtöfen 4 auch vorliegt. Zur optimalen Umsetzung von NO_x im SCR-Katalysator 11 sollte die Zudosierung von NH_3 entsprechend den stöchiometrischen Verhältnissen der Komponenten in den Reaktionsgleichungen erfolgen. Zu geringe Mengen an Ammoniak verhindern den kompletten Umsatz an NO_x und führen zu verbleibendem NO_x im Abgas. Zu hohe Mengen an Ammoniak (Ammoniakschlupf) führen zu verbleibendem NH_3 im Abgas und damit zu Geruchsbelästigung. Um einen möglichen Ammoniakschlupf in die Umgebung zu unterbinden, ist am Ende des Abgasreinigungsmoduls ein Oxidationskatalysator 12 nachgeschaltet. Dieser oxidiert schlussendlich überschüssiges NH_3 zu N_2 und H_2O . Das SCR-Verfahren ermöglicht eine NO_x -Reduktion um mehr als 95%.

Durch Erfassung umfangreicher Messdaten für Schadstoff-Konzentrationen, Abluftmassenströme, Temperaturfenster und angestrebte Reingaswerte wurde die SCR-Anlage 10 speziell für die Lackdrahtmaschine 1 adaptiert und entwickelt. Die Anlage 10 kann grundsätzlich sowohl in vertikaler Richtung als auch in horizontaler Richtung positioniert werden und ist vorteilhafterweise nicht nur in Neuanlagen einsetzbar, sondern kann auch für Altanlagen nachgerüstet werden.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung (1) zur Herstellung von Lackdrähten (2), mit einer Auftragsvorrichtung (3) zum Auftragen zumindest einer Lackschicht, einem Ofen (4) zum Verfestigen der Lackschicht und mit einer Abgasreinigungsvorrichtung (7) zum Entfernen von Schadstoffen, insbesondere Stickoxiden (NO_x), aus Abgasen (1') des Ofens (4), dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasreinigungsvorrichtung (7) eine Anlage (10) zur selektiven katalytischen Reduktion von Stickoxiden (NO_x) in den Abgasen (1') des Ofens (4) aufweist.
2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Anlage (10) zur katalytischen selektiven Reduktion zumindest einen Entstickungskatalysator (11) mit einem katalytisch wirksamen Metalloxid, insbesondere Titandioxid und/oder Wolframtrioxid und/oder Vanadiumpentoxid, aufweist, wobei bevorzugt zumindest zwei, insbesondere genau drei, Entstickungskatalysatoren (11) in Strömungsrichtung der Abgase (1') hintereinander vorgesehen sind.
3. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasreinigungsvorrichtung (7), insbesondere in Strömungsrichtung der Abgase (1') nach dem zumindest einen Entstickungskatalysator (11), einen Oxidationskatalysator (12) zum Abbau von Kohlenmonoxid und/oder Kohlenwasserstoffen und/oder Ammoniak aufweist, welcher vorzugsweise eine Platin- und/oder Palladium-Beschichtung als katalytisch wirksames Material aufweist.
4. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zufuhreinrichtung (14) zum Zuführen eines Reduktionsmittels, insbesondere von Ammoniak oder einer Ammoniak abgebenden Verbindung, vorzugsweise Harnstofflösung, in die Abgase (1') des Ofens (4) vorgesehen ist.
5. Vorrichtung (1) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Zufuhreinrichtung (14) eine Zerstäubungsdüse (15) zum Einsprühen des Reduktionsmittels, insbesondere in Form der Harnstofflösung, in den Abgasstrom (1') des Ofens (4) aufweist.

6. Vorrichtung (1) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Zufuhreinrichtung (14) mit einer Steuer- bzw. Regeleinrichtung (16) zum Steuern bzw. Regeln des in die Abgase (1') des Ofens (4) eingebrachten Reduktionsmittels, insbesondere in Form der Harnstofflösung, verbunden ist.

7. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Sensor (19) zur Messung des Gehalts von Stickoxiden in den Abgasen (1') vorgesehen ist.

8. Vorrichtung (1) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (19) zur Messung des Gehalts von Stickoxiden in Strömungsrichtung der Abgase (1') gesehen nach der Anlage (10) zur selektiven katalytischen Reduktion vorgesehen ist.

9. Vorrichtung (1) nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (19) zur Messung des Gehalts von Stickoxiden mit der Regeleinrichtung (16) zum Regeln des in die Abgase (1') des Ofens (4) eingebrachten Reduktionsmittels, insbesondere in Form der Harnstofflösung, verbunden ist.

10. Vorrichtung (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung (16) zum Regeln des in die Abgase (1') des Ofens (4) eingebrachten Reduktionsmittels mit einer Steuerung (20) für die Auftragsvorrichtung (3) zum Auftragen der Lackschicht und für den Ofen (4) verbunden ist.

11. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Anlage (10) zur selektiven katalytischen Reduktion eine Mischeinrichtung (21) zum Vermischen des Reduktionsmittels mit den Abgasen (1') aus dem Ofen (4) aufweist.

12. Vorrichtung (1) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischeinrichtung (21) ein vorzugsweise stationäres Drallerzeugungselement aufweist.

13. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Anlage (10) zur selektiven katalytischen Reduktion ein rohrförmiges Gehäuse (22) aufweist,

welches bevorzugt horizontal, insbesondere oberhalb des Ofens (4), angeordnet ist.

14. Vorrichtung (1) nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischeinrichtung (21) in einem ersten Abschnitt (22') des rohrförmigen Gehäuses (22) mit einem vergleichsweise kleinen Durchmesser und der zumindest eine Entstickungskatalysator (11) in einem zweiten Abschnitt (22'') des rohrförmigen Gehäuses (22) mit einem vergleichsweise großen Durchmesser vorgesehen ist.

15. Vorrichtung (1) nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass in dem rohrförmigen Gehäuse (22) der Anlage (10) zur selektiven katalytischen Reduktion zumindest ein zylinderförmiger Entstickungskatalysator (11) und/oder ein zylinderförmiger Oxidationskatalysator (12) vorgesehen ist.

16. Verfahren zur Herstellung von Lackdrähten, wobei auf einen Metalldraht zumindest eine Lackschicht aufgetragen wird, welche in einem Ofen (4) verfestigt wird, wobei die Abgase (1') aus dem Ofen (4) von Schadstoffen, insbesondere Stickoxiden (NO_x), befreit werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgase (1') aus dem Ofen (4) einer selektiven katalytischen Reduktion von Stickoxiden (NO_x) unterzogen werden.

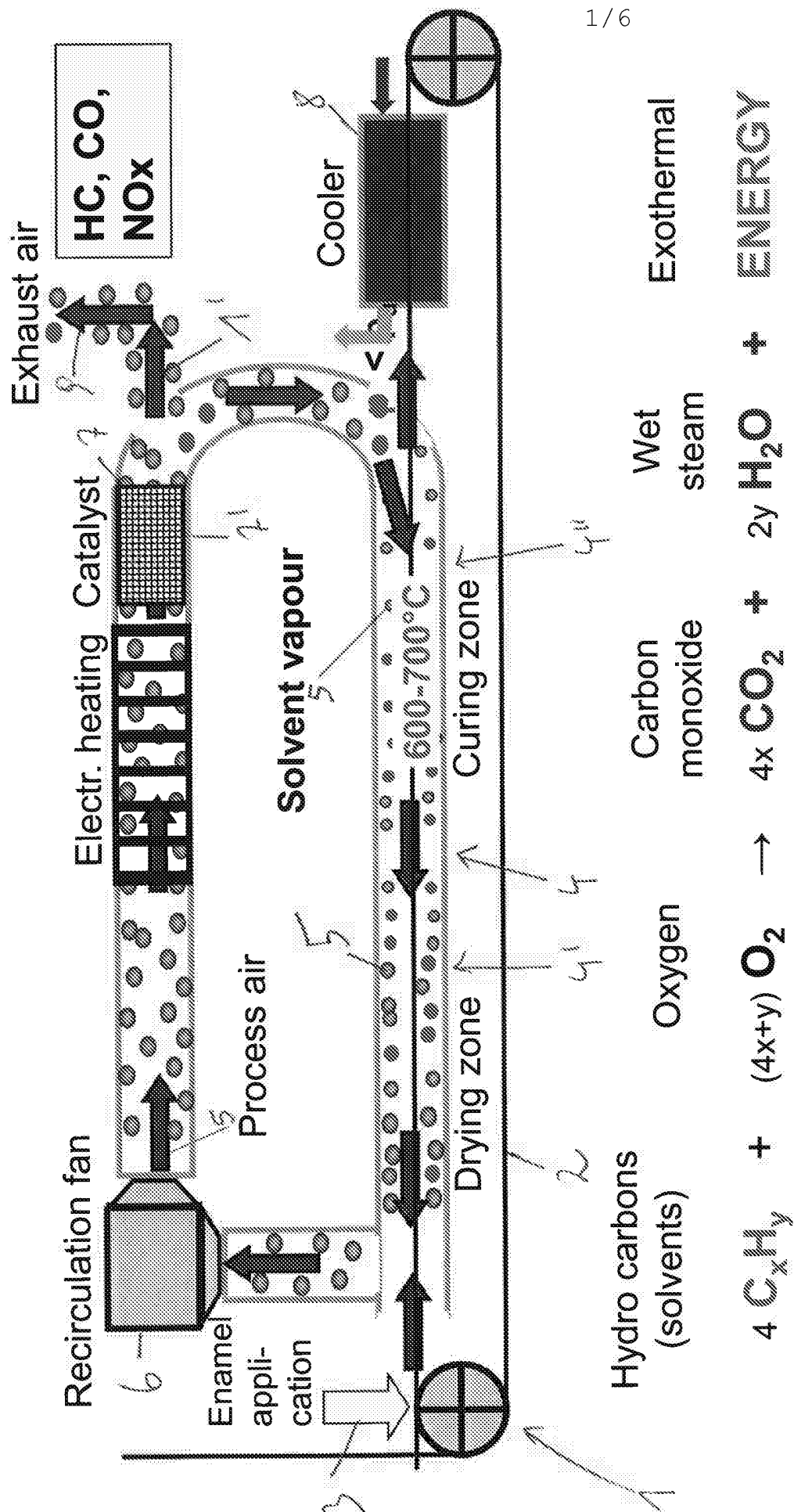


Fig.1

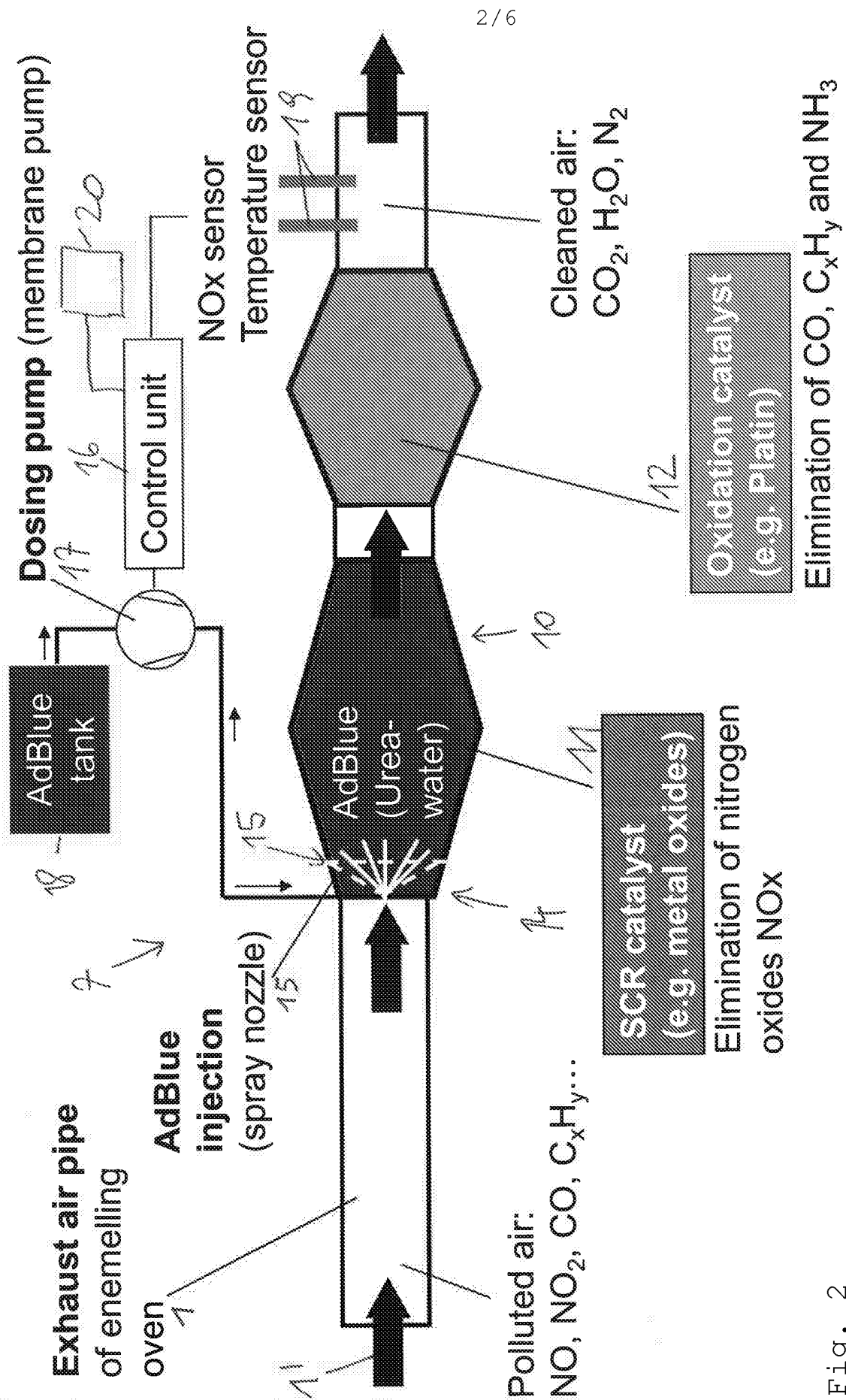


Fig. 2

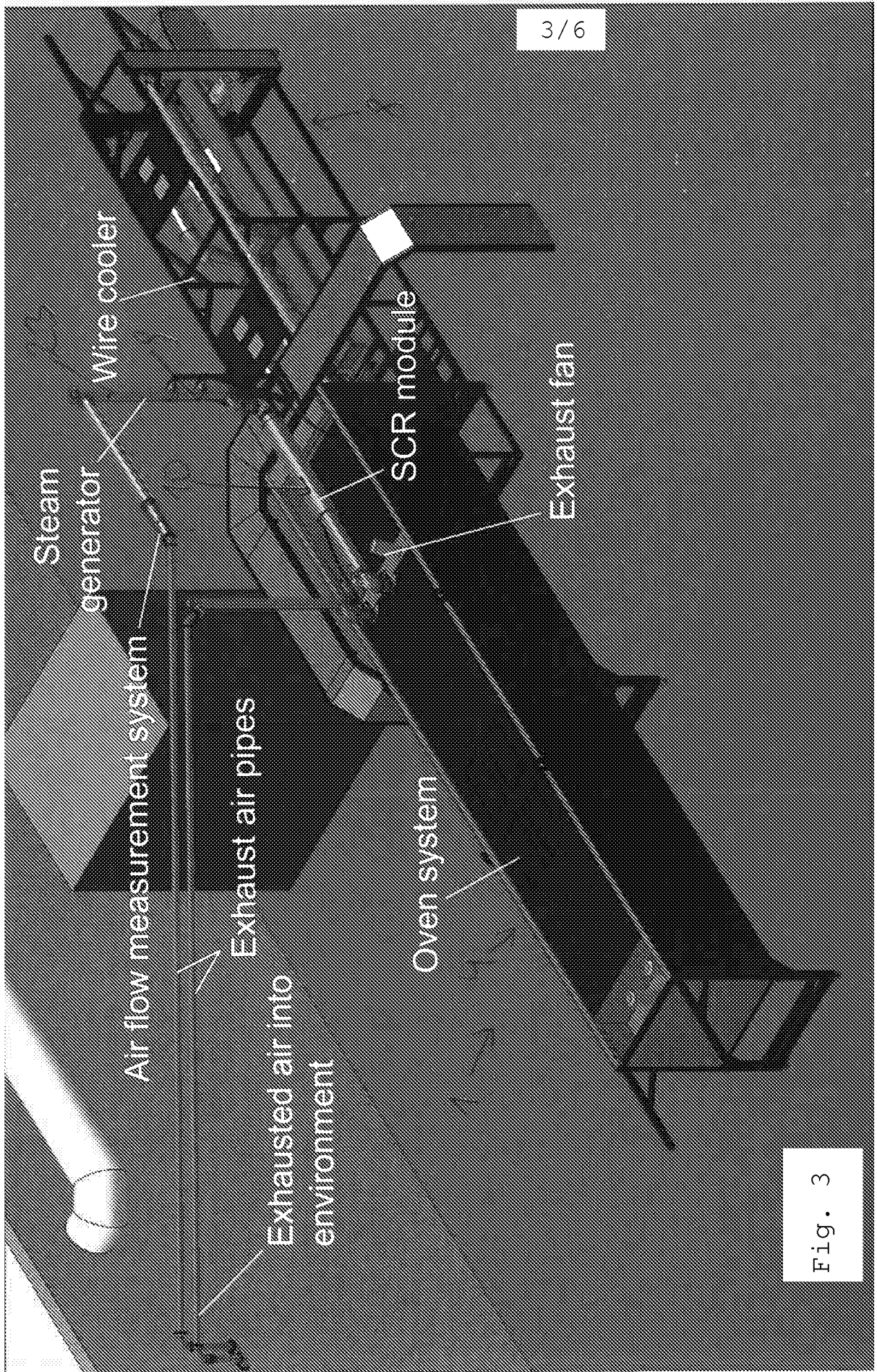


Fig. 3

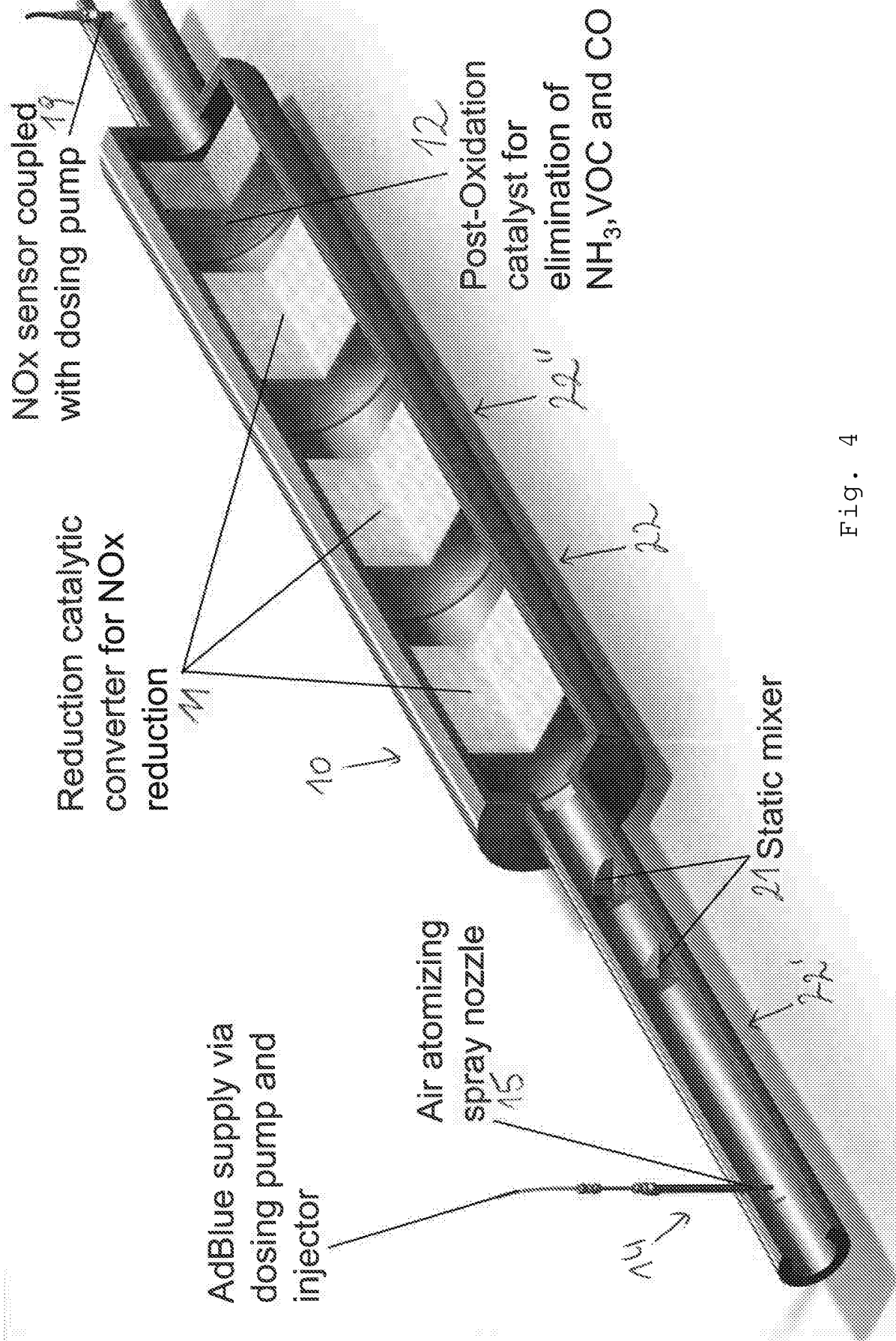


Fig. 4

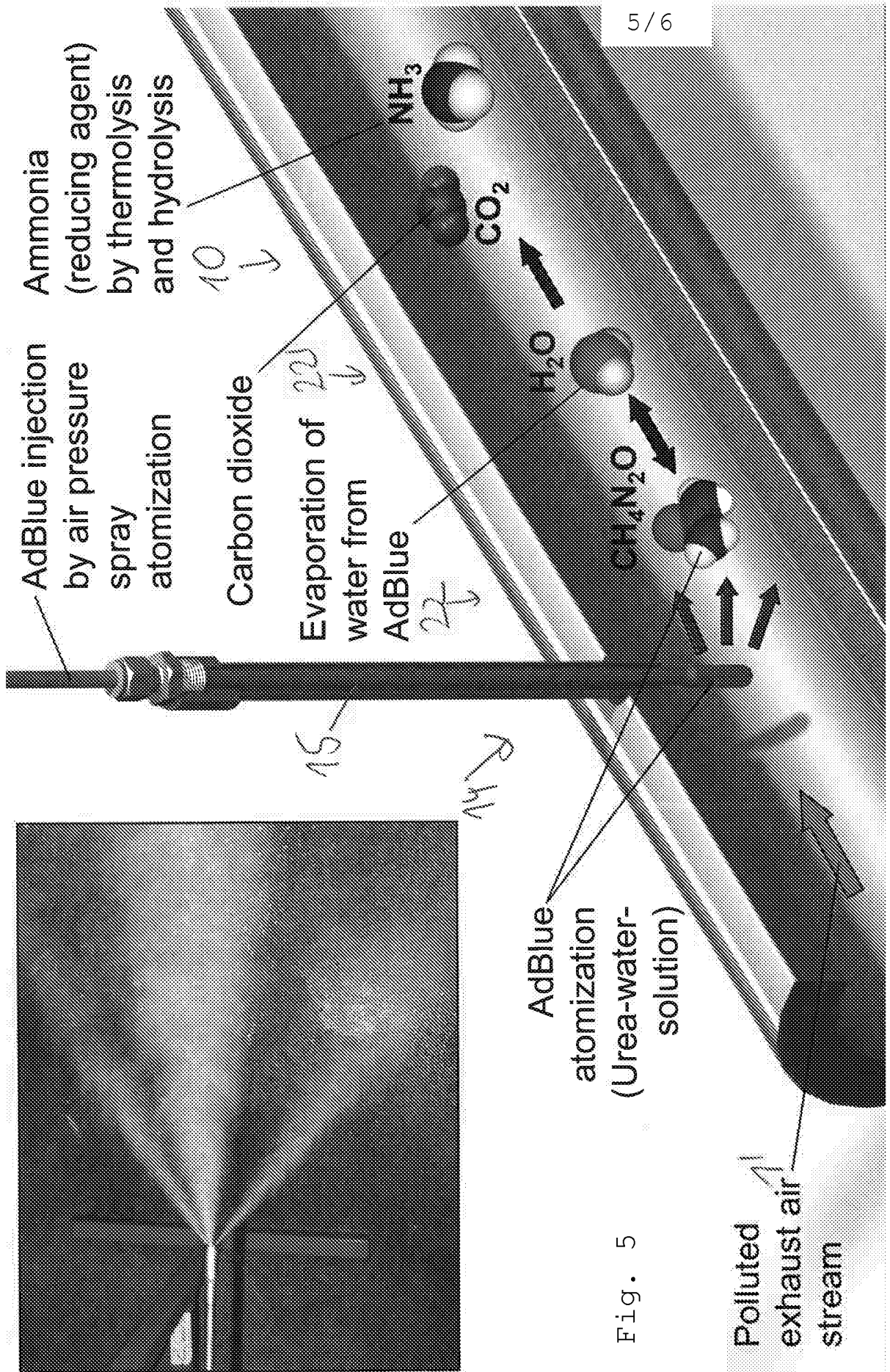
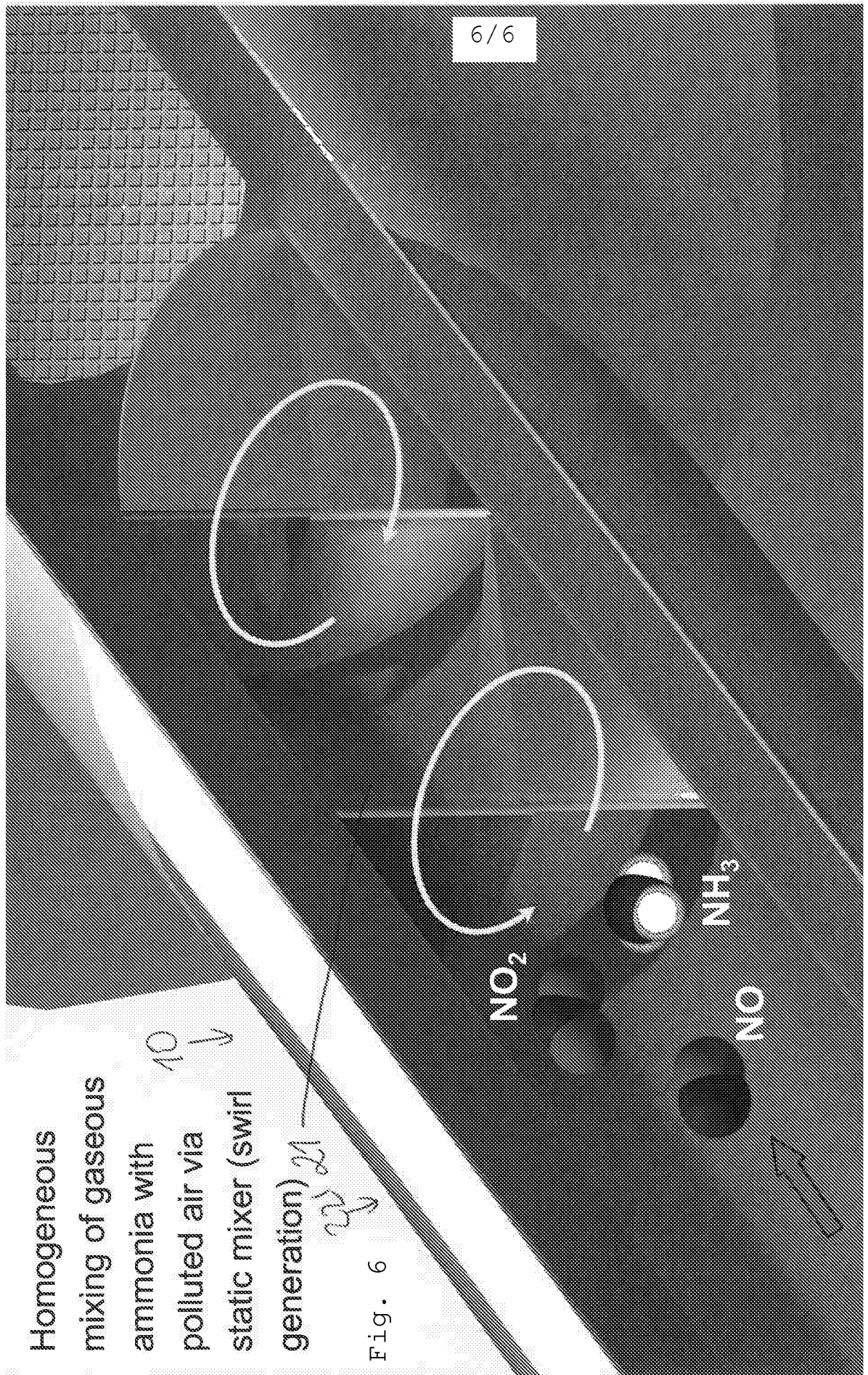


Fig. 5

Homogeneous
mixing of gaseous
ammonia with
polluted air via
static mixer (swirl
generation)

Fig. 6



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
B01D 53/86 (2006.01); **H01B 13/16** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
B01D 53/8628 (2013.01); **H01B 13/16** (2013.01); **B01D 2255/20707** (2013.01); **B01D 2255/20723** (2013.01); **B01D 2255/20776** (2013.01)

Recherchierte Prüfstoff (Klassifikation):
B01D, H01B

Konsultierte Online-Datenbank:
EPODOC WPI

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **07.04.2014** eingereichten Ansprüchen **1-16** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
Y1	CN 203311930 U (SHANGHAI CONSTANT RADICAL HEAT TECHNOLOGY CO LTD) 27. November 2013 (27.11.2013) Zusammenfassung, Fig 1	1-16
Y1	CN 103301747 A (DALIAN BEST ENVIRONMENT EQUIPMENT CO LTD) 18. September 2013 (18.09.2013) Zusammenfassung, Figur	1-16
Y2	CN 202210442 U (WUJIANG SHENZHOU MACHINERY CO LTD) 02. Mai 2012 (02.05.2012) Zusammenfassung, Figur	1-16
Y2	CN 203408631 U (BEIJING FANGXINLIHUA SCIENCE & TECHNOLOGY CO LTD) 29. Jänner 2014 (29.01.2014) Zusammenfassung, Fig 1	1-16

Datum der Beendigung der Recherche:
21.10.2014

Seite 1 von 1

Prüfer(in):
SCHLECHTER Burkhard

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

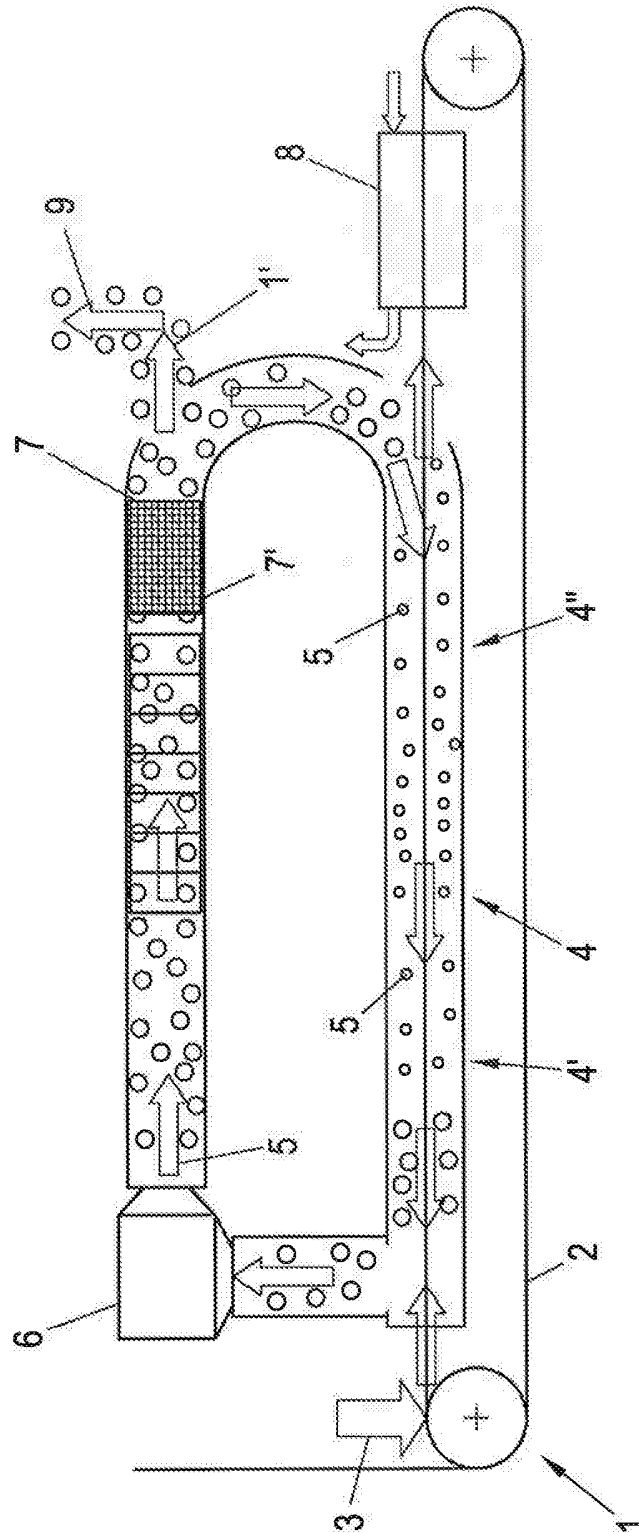


Fig. 1

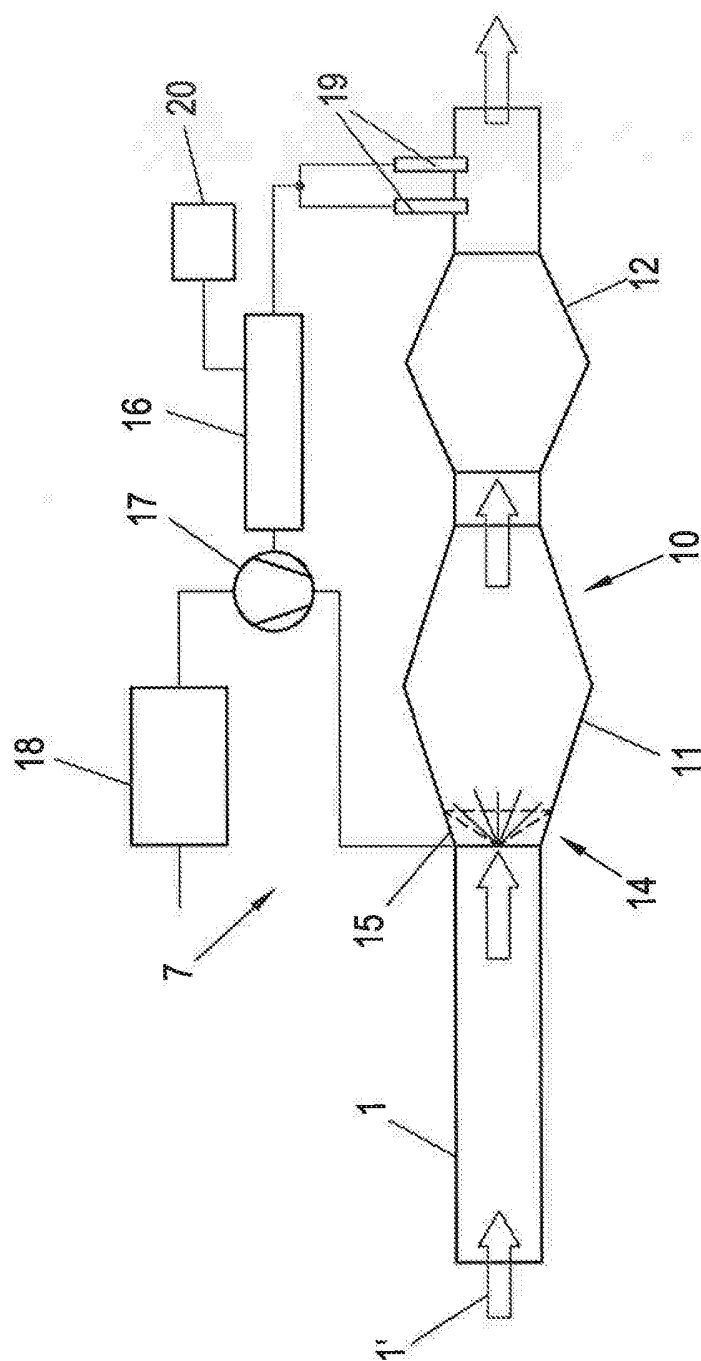


Fig. 2

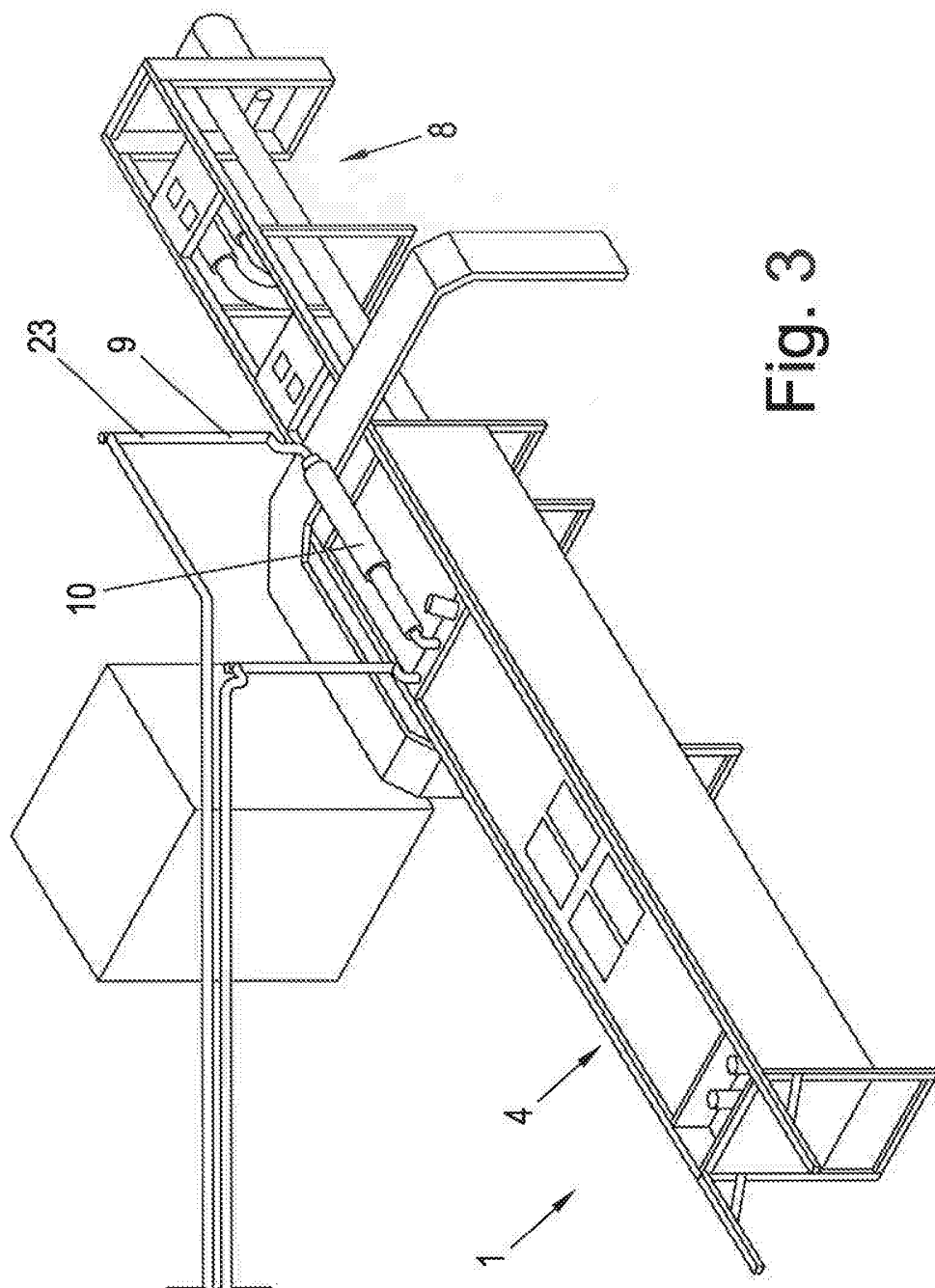
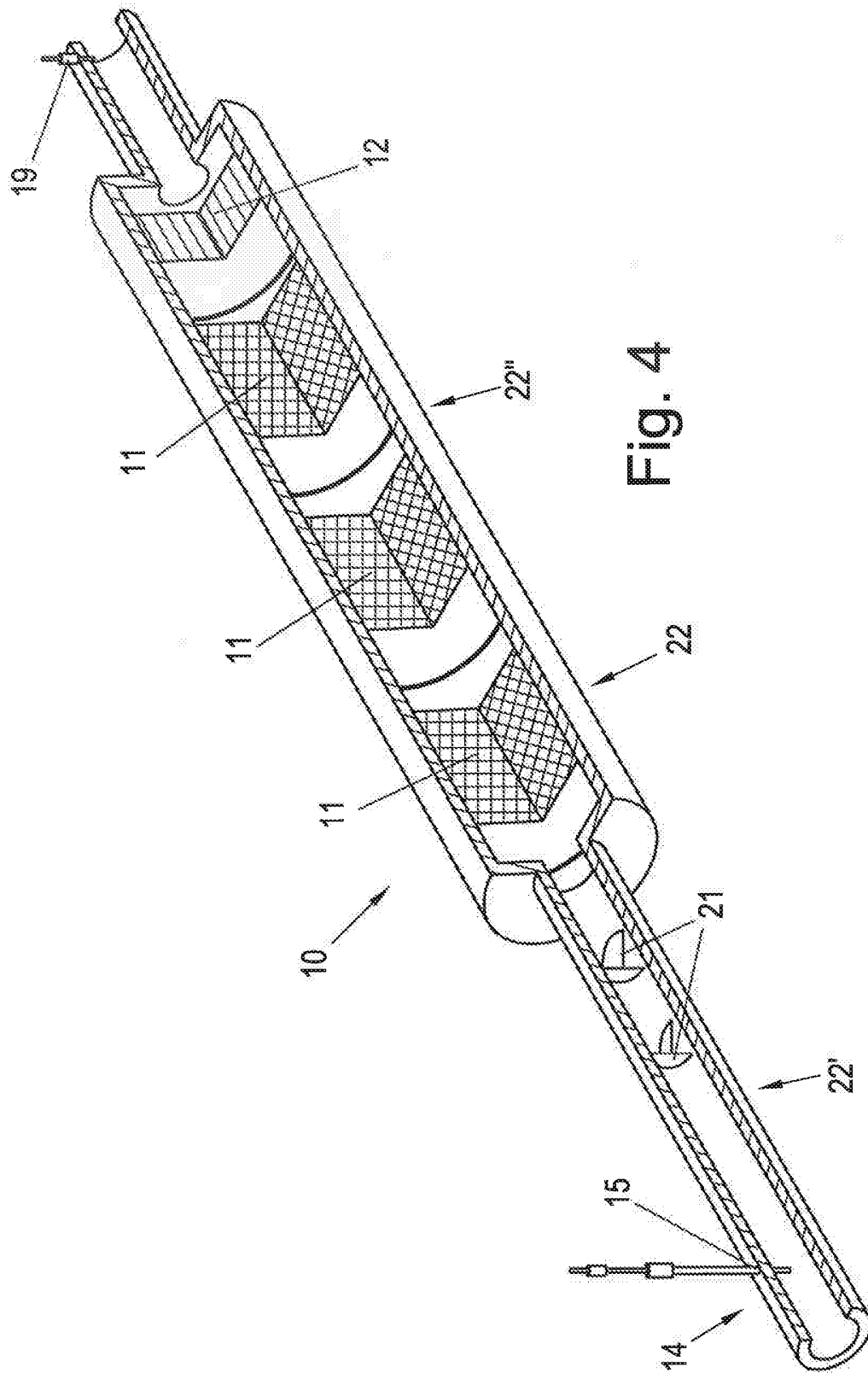


Fig. 3



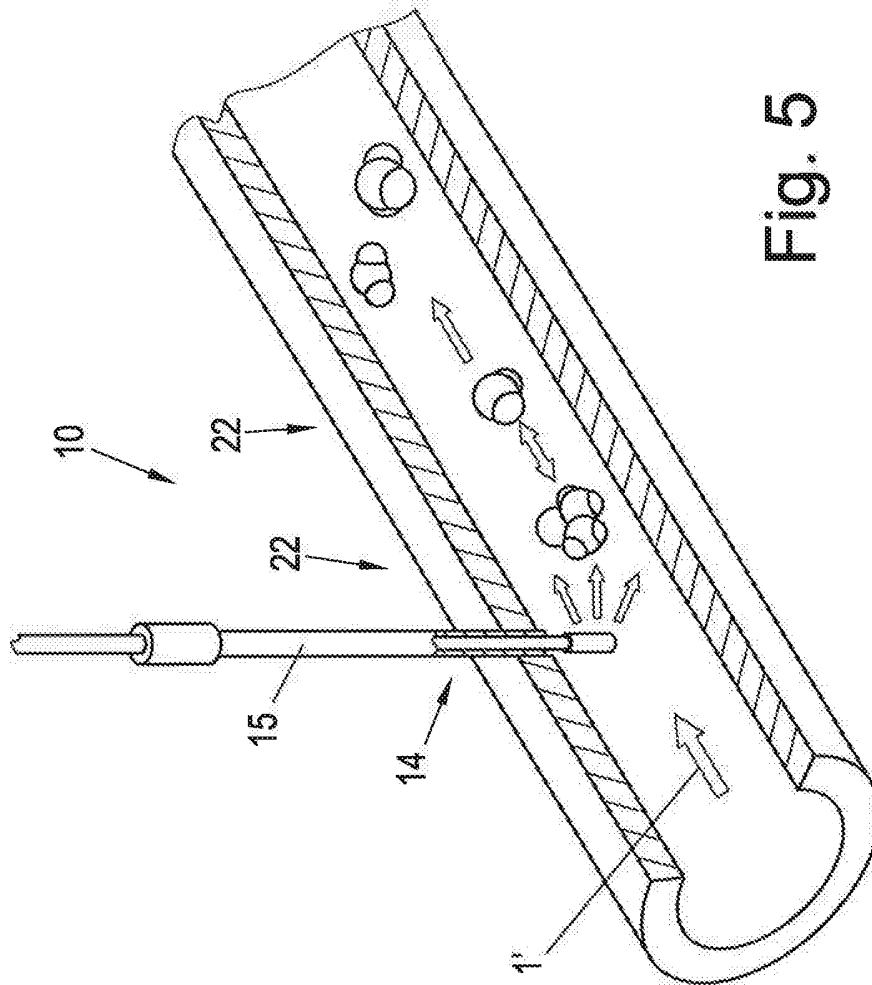


Fig. 5

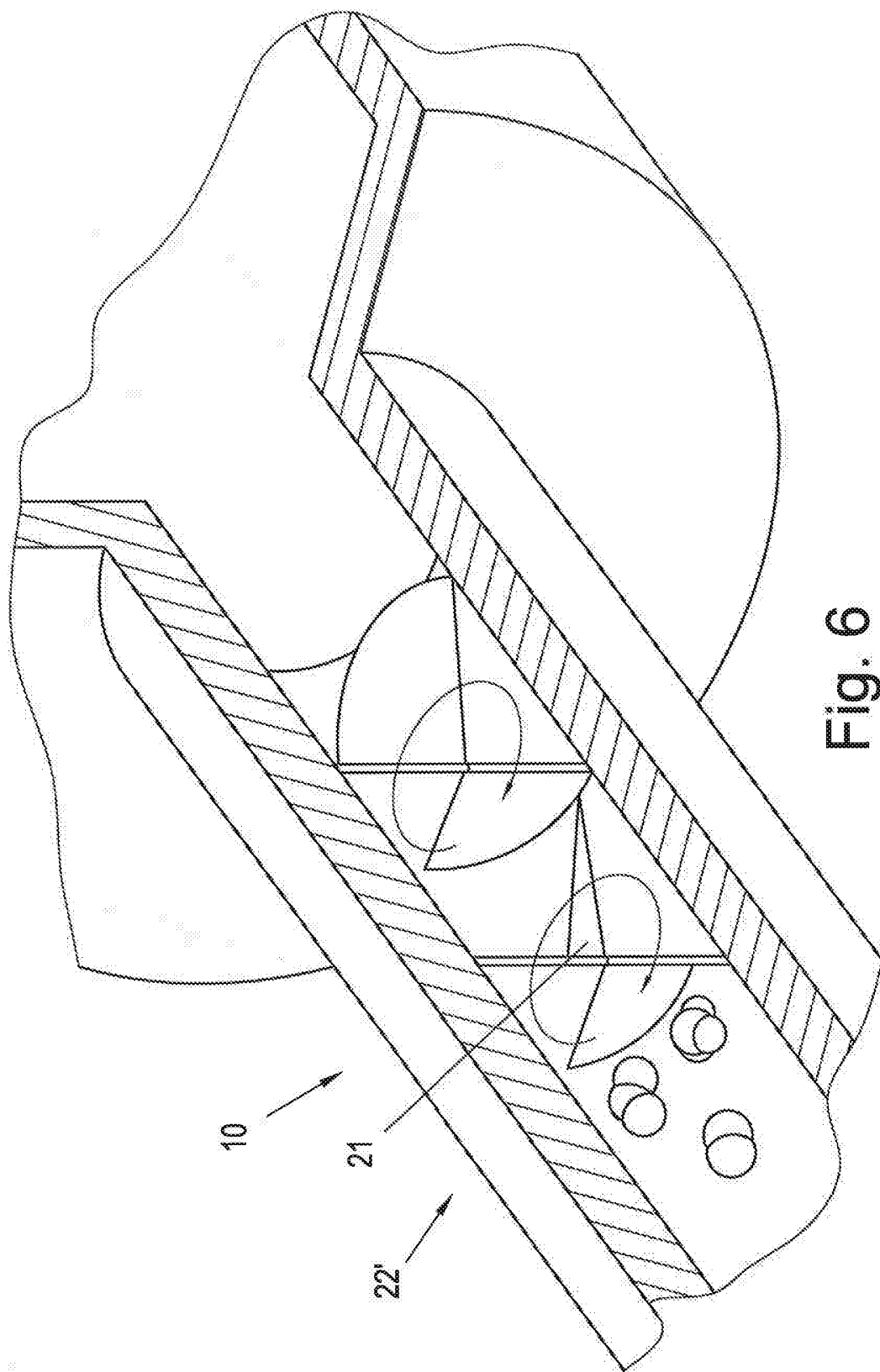


Fig. 6