

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. Oktober 2019 (24.10.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/201392 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

C23C 4/16 (2016.01) C23C 4/02 (2006.01)
C23C 4/18 (2006.01)

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2019/100346

(22) Internationales Anmeldedatum:

15. April 2019 (15.04.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2018 108 930.9

16. April 2018 (16.04.2018) DE

(71) Anmelder: SMS GROUP GMBH [DE/DE]; Edu-
ard-Schloemann-Straße 4, 40237 Düsseldorf (DE).

(72) Erfinder: ARNOLD, Roland; Ohlerkichweg 66, 41069
Mönchengladbach (DE). OGRIZEK, Johann; Ohlerkich-
weg 66, 41069 Mönchengladbach (DE).

(74) Anwalt: REUTHER, Martin; Zehnthofstr. 9, 52349 Dö-
ren (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: PIPE AND COATING METHOD AND INSTALLATION FOR COATING A PIPE

(54) Bezeichnung: ROHR SOWIE BESCHICHTUNGSVERFAHREN UND -ANLAGE ZUM BESCHICHTEN EINES ROHRS

(57) Abstract: The economic efficiency of pipes, in particular of pipes when they are used in towers, for example in wind turbine towers, can be increased when the pipe is coated with a coating comprising a thermally sprayed coating layer and a coating layer comprising a seal. In this case, a coating installation can coat the lateral surface and the end regions can be coated by means of corresponding coating units or coating heads.

(57) Zusammenfassung: Die Wirtschaftlichkeit von Rohren, insbesondere von Rohren, wenn diese als Türme, beispielsweise als Windradtürme, zur Anwendung kommen, lässt sich erhöhen, wenn das Rohr mit einer Beschichtung, die eine thermisch gespritzte Beschichtungslage und eine eine Siegelung umfassende Beschichtungslage umfasst, beschichtet wird. Hierbei kann eine Beschichtungsanlage einerseits die Mantelfläche und andererseits die Stirnbereiche durch entsprechende Beschichtungseinheiten bzw. Beschichtungsköpfe beschichten.



WO 2019/201392 A2

Rohr sowie Beschichtungsverfahren und -anlage zum Beschichten eines Rohrs

[01] Die Erfindung betrifft ein Rohr mit einer Korrosion und/oder Verschleiß hemmenden Beschichtung sowie ein Beschichtungsverfahren und eine Beschichtungsanlage zum Beschichten eines Rohrs mit einer Korrosion und/oder Verschleiß hemmenden Beschichtung.

5 [02] Derartige Rohre sowie entsprechende Beschichtungsverfahren und -anlagen finden beispielsweise als Großrohre oder Spiralrohe in vielfältigen unterschiedlichen Anwendungen im Einsatz. So können derartige Rohre beispielsweise als Windradtürme, Brückentürme, Piling-Rohre und/oder Brückenrohre zur Anwendung kommen, wobei diese unter sehr unterschiedlichen Korrosions- und/oder Verschleißarten leiden. Für Bauteile von Windkraftanlagen schlägt
10 beispielsweise Dr. Thomas Hoyer in der Firmenschrift Fraunhofer-Allianz AdvanCer, Dresden: advancer® NEWSLETTER, 2/2014; „Plasmagel-Schichten mit vielseitigen Eigenschaften“ Beschichtungen aus einer durch atmosphärisches Plasmaspritzen erzeugten Schicht aus Oxiden, Carbiden und Metallen mit einer durch Sol-Gel-Synthese bereitgestellten Nanokomposit-Versiegelung mit Schichtdicken in der Größenordnung von 50 µm vor.

15 [03] So können insbesondere Stein- oder Eisschlag, Unterkorrosion, Kontaktkorrosion oder chemische Korrosion, beispielsweise durch Salzwasser, korrodierend oder verschleißend auf derartige Rohre wirken. Hierbei sind insbesondere auch die Alterung einer die Korrosion und/oder den Verschleiß hemmenden Beschichtung sowie die Konstanz einer derartigen Beschichtung hinsichtlich der Wartungszyklen, innerhalb der die Beschichtung gewartet bzw. erneuert werden
20 muss, von wirtschaftlich sehr hoher Relevanz.

[04] In der US 3,524,245 wird das Beschichten eines aus einem Blech eingeformten, anschließend verschweißtem und hiernach in einer Heizung vorgewärmten Endlosrohrs mittels Plasmaspritzen mit einer oder mehreren Metallschichten offenbart, wobei nach dem Heizen das Rohr noch vor dem Plasmaspritzen mittels Sandstrahlen gereinigt wird. Andererseits offenbart
25 die DE 197 18 774 A1 einen Beschichtungskopf zum Auftrag eines fließfähigen Beschichtungsmaterials aus fließfähigem Beschichtungsmaterial.

[05] Es ist Aufgabe vorliegender Erfindung, die Wirtschaftlichkeit von Rohren, insbesondere von Großrohren, wenn diese als Türme, beispielsweise als Windradtürme, zur Anwendung kommen, zu erhöhen.

[06] Die Aufgabe der Erfindung wird durch Rohre sowie Beschichtungsverfahren und -anlagen mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weitere, ggf. auch unabhängig hiervon, vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den Unteransprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung.

5 [07] Die Erfindung geht hierbei von der Grunderkenntnis aus, dass Rohre, insbesondere Großrohre bzw. geschweißte Spiralrohre, möglichst gleichmäßig mit einer sowohl Schläge als auch kriechende Korrosions- oder Verschleißprozess hemmenden Beschichtung versehen sein sollten, um derartige Rohre möglichst wirtschaftlich einsetzen zu können. Dementsprechend ist es von Vorteil, wenn zum einen eine geeignete Beschichtung gewählt wird, welche die vorge-

10 nannten Kriterien erfüllt und verhältnismäßig gleichförmig aufgetragen werden kann, wobei es dementsprechend von Vorteil ist, auch für ein ausreichend gleichförmigen Auftrag zu sorgen.

[08] So kann die Wirtschaftlichkeit eines Rohrs mit einer Korrosion und/oder Verschleiß hemmenden Beschichtung erhöht werden, wenn sich das Rohr dadurch auszeichnet, dass die Beschichtung eine thermisch gespritzte Beschichtungslage und eine eine Siegelung umfassende

15 Beschichtungslage aufweist.

[09] Dementsprechend kann kumulativ bzw. alternativ hierzu die Wirtschaftlichkeit von Rohren durch ein Beschichtungsverfahren zum Beschichten eines Rohrs mit einer Korrosion und/oder Verschleiß hemmenden Beschichtung erhöht werden, wenn sich das Beschichtungsverfahren dadurch auszeichnet, dass zunächst eine thermisch gespritzte Beschichtungslage

20 thermisch auf das Rohr gespritzt und anschließend eine eine Siegelung umfassende Beschichtungslage auf die thermisch gespritzte Beschichtungslage aufgetragen wird.

[10] Insofern kann die Wirtschaftlichkeit von Rohren auch erhöht werden, wenn eine Beschichtungsanlage zum Beschichten eines Rohrs mit einer Korrosion und/oder Verschleiß hemmenden Beschichtung sich dadurch auszeichnet, dass die Beschichtungsanlage eine zumindest eine erste thermisch spritzende Beschichtungseinheit und zumindest eine zweite Beschichtungseinheit zum Beschichten mit einer Siegelung umfassende Bearbeitungsrichtung auf-

25 weist. Hierbei versteht es sich, dass entsprechend der vorstehend vorgeschlagenen Beschichtung die thermisch spritzende Beschichtungseinheit vorzugsweise der Beschichtungseinheit zum Beschichten mit einer Siegelung hinsichtlich des Prozessablaufs vorgeordnet sein sollte.

30 [11] Hierbei ermöglicht es die thermisch gespritzte Beschichtungslage, die Beschichtung bei geringer Porosität und geringem Anteil sonstiger Risse oder Fehlstellen, gut an das Rohr anzubinden, was wiederum der Beschichtung eine verhältnismäßig hohe Schlagfestigkeit verleiht.

[12] Die eine Siegelung umfassende Beschichtungslage hingegen ermöglicht etwaige Poren oder Risse, die beim thermischen Spritzen in der thermisch gespritzten Beschichtungslage zu finden sind, zu versiegeln, wodurch die Beschichtung insbesondere gegen kriechende Korrosions- bzw. Verschleißprozesse gut geschützt werden kann.

5 [13] Bei geeigneter Abstimmung der beiden Beschichtungslagen zueinander kann die thermisch gespritzte Beschichtungslage die eine Siegelung umfassende Beschichtungslage mechanisch stützen, sodass die Beschichtung insgesamt einerseits äußerst schlagfest und andererseits gegen kriechende Korrosions- bzw. Verschleißprozesse, wie beispielsweise gegen Abrieb, beispielsweise durch Wind und Regen, oder gegen chemische Angriffe, beispielsweise
10 durch Salzwasser oder saure Bestandteile der Luft, geschützt werden kann.

[14] Dementsprechend ist es von Vorteil, wenn die thermisch gespritzte Beschichtungslage unmittelbar auf das Rohr aufgetragen ist, während die eine Siegelung umfassende Beschichtungslage sich in Richtung der Außenseite des Rohrs anschließt.

[15] Vorzugsweise ist die die Siegelung umfassende Beschichtungslage in die thermisch
15 gespritzte Beschichtungslage eingedrungen. Hierbei kann die Eindringtiefe je nach konkreter Ausgestaltung der thermisch gespritzten Beschichtungslage in gewissen Grenzen durch die Viskosität der die Siegelung umfassenden Beschichtungslage gewählt bzw. bestimmt werden.

[16] In der Praxis hat sich heraus gestellt, dass es schon ausreichen kann, wenn die eine Siegelung umfassende Beschichtungslage die Oberflächenstruktur der thermisch gespritzten
20 Beschichtungslage auffüllt und nur 1 µm – oder ein wenig mehr – über die thermisch gespritzte Beschichtungslage vorsteht.

[17] Dementsprechend ist es von Vorteil, wenn die die Siegelung umfassende Beschichtungslage wenigstens 3 µm, vorzugsweise wenigstens 4 µm, stark ist. Auf diese Weise kann betriebssicher gewährleistet werden, dass über die gesamte Beschichtungsfläche eine
25 die Siegelung umfassende Beschichtungslage zu finden ist.

[18] Vorzugsweise steht die die Siegelung umfassende Beschichtungslage weniger als 80 µm, vorzugsweise weniger als 70 µm, über die thermisch gespritzte Beschichtungslage vor, sodass die die Siegelung umfassende Beschichtungslage nicht zu stark ist und in ausreichendem Maße durch die thermisch gespritzte Beschichtungslage gestützt werden kann.

30 [19] Dementsprechend sind die vorgenannten Grenzen, nach welchen die die Siegelung umfassende Beschichtungslage weniger als 80 µm, vorzugsweise weniger als 70 µm, über die

thermisch gespritzte Beschichtungslage vorstehen soll, insbesondere im Zusammenhang mit tieferen Tälern in der Oberflächenstruktur der thermisch gespritzten Beschichtungslage von Vorteil, sodass die die Siegelung umfassende Beschichtungslage in ausreichendem Maße durch die Flanken etwaiger Täler in der Oberflächenstruktur der thermisch gespritzten Beschichtungslage gestützt werden kann. Insofern ist es von Vorteil, wenn die thermisch gespritzte Beschichtungslage nicht allzu tiefe Täler, vorzugsweise 80 µm bzw. 70 µm nicht übersteigende Täler, aufweist.

[20] Hierbei haben sich in der Praxis Schichtdicken der die beiden Beschichtungslagen umfassenden Beschichtung zwischen 100 µm und 500 µm als vorteilhaft erwiesen, da hierdurch zum einen eine ausreichend stabile innere Struktur und zum anderen eine ausreichend große Dicke der Schicht gewährleistet werden kann. Diese gilt insbesondere in Abgrenzung zu den in der Firmenschrift Fraunhofer-Allianz AdvanCer, Dresden: advancer® NEWSLETTER, 2/2014; „Plasmagel-Schichten mit vielseitigen Eigenschaften“ von Dr. Thomas Hoyer veröffentlichten Schichtdicken, die wesentlich geringere Schichtdicken erläutert. Für On-shore-Anwendungen erscheinen hier Schichtdicken von zumindest 120 µm, insbesondere von zumindest 130 µm und vorzugsweise von zumindest 150 µm, bzw. von nicht mehr als 250 µm, insbesondere von nicht mehr als 220 µm und vorzugsweise von nicht mehr als 200 µm, für vorteilhaft. Für Off-shore-Anwendungen hingegen erscheinen diesbezüglich Schichtdicken von zumindest 170 µm, insbesondere von zumindest 180 µm und vorzugsweise von zumindest 200 µm, bzw. von nicht mehr als 350 µm, insbesondere von nicht mehr als 320 µm und vorzugsweise von nicht mehr als 300 µm, für vorteilhaft.

[21] Es versteht sich, da vor liegende Erfindung insbesondere für Großrohre bzw. geschweißte Spiralrohre zur Anwendung kommen soll, bei denen letztlich etliche Quadratmeter beschichtet werden müssen, durchaus einzelne singuläre Ausreißer außerhalb der vorgenannten Grenzwerte vorkommen können, solange die gegebenen Toleranzen bzw. Qualitätsanforderungen durch die Beschichtung als Ganzes erfüllt werden können.

[22] Für eine Beschichtung erscheint es von Vorteil, die Stirnbereiche des jeweiligen Rohrs und die Mantelfläche des jeweiligen Rohrs auf unterschiedliche Weise zu behandeln. Hierdurch lässt sich die Wirtschaftlichkeit des Gesamtprozesses erhöhen, was dementsprechend auch die Wirtschaftlichkeit der entsprechenden Rohre erhöht. Dieses ist insbesondere bei Rohren, die in ihrem Rohrdurchmesser verhältnismäßig groß im Vergleich zur Rohrlänge anzusehen sind, so dass diese gerade nicht als Endlosrohre bezeichnet werden können.

[23] So kann für eine Behandlung der Mantelfläche des Rohrs eine Mantelbearbeitungseinrichtung vorgesehen sein, welche zumindest eine Beschichtungseinheit, vorzugsweise zwei Beschichtungseinheiten, nämlich eine thermisch spritzende, erste Beschichtungseinheit und eine zweite Beschichtungseinheit zum Beschichten mit einer Siegelung, umfasst, wobei die Mantelbearbeitungseinrichtung und das Rohr relativ zueinander entlang eines Transportwegs, der parallel zu einer Haupterstreckungsrichtung des Rohrs ausgerichtet ist, transportiert werden. Durch diese Relativbewegung kann die Mantelbearbeitungseinrichtung axial entlang der Haupterstreckungsrichtung des Rohres jeweils beschichtend auf das Rohr einwirken. Es versteht sich, dass ggf. noch weitere Bearbeitungseinheiten an der Mantelbearbeitungseinrichtung vorgesehen sein können, um noch komplexere Vorgänge dementsprechend durchführen zu können.

[24] Insofern lässt sich die Wirtschaftlichkeit von Rohren auch durch eine Beschichtungsanlage zum Beschichten eines Rohrs mit einer Korrosion und/oder Verschleiß hemmenden Beschichtung erhöhen, wenn sich die Beschichtungsanlage dadurch auszeichnet, dass sie eine zumindest eine Beschichtungseinheit umfassende Mantelbearbeitungsrichtung und einen ein Rohr an der Mantelbearbeitungseinrichtung entlang eines Transportwegs, der parallel zu einer Haupterstreckungsrichtung des Rohrs ausgerichtet ist, transportierenden Rohrtransport aufweist. In der Praxis hat sich heraus gestellt, dass, obgleich auch letztlich die Mantelbearbeitungseinrichtung entlang des Rohres bewegt werden könnte, es von Vorteil ist, wenn das Rohr an der Mantelbearbeitungseinrichtung vorbei geführt wird, da diese technisch einfacher – und mithin kostengünstiger – umgesetzt werden kann.

[25] Es versteht sich, dass die Mantelbearbeitungseinrichtung insbesondere noch weitere Bearbeitungseinheiten, wie beispielsweise eine Sandstrahleinheit, eine Reinigungseinheit und/oder eine weitere Beschichtungseinheit, umfassen kann, was eine entsprechend effektive Bearbeitung der jeweiligen Mantelfläche des Rohres ermöglicht.

[26] Alternativ bzw. kumulativ hierzu kann die Wirtschaftlichkeit von Rohren erhöht werden, wenn sich eine Beschichtungsanlage zum Beschichten eines Rohrs mit einer Korrosion und/oder Verschleiß hemmenden Beschichtung dadurch auszeichnet, dass die Beschichtungsanlage eine Stirnbereichbearbeitungseinrichtung mit einem zumindest einen Beschichtungskopf tragenden Roboter aufweist. Durch den Roboter kann eine verhältnismäßig komplexe Struktur, wie beispielsweise der Stirnbereich eines Rohrs, verhältnismäßig einfach und betriebssicher beschichtet und auch sonstwie entsprechend bearbeitet werden. Auf diese Weise kann insbesondere in den Stirnbereichen sichergestellt sein, dass die Beschichtung möglichst gleichmäßig und betriebssicher aufgetragen wird.

[27] In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass sowohl ein Beschichtungsverfahren als auch eine Beschichtungsanlage zum Beschichten eines Rohrs mit einer Korrosion und/oder Verschleiß hemmenden Beschichtung, bei welchen zumindest eine Stirnbereichbearbeitungseinrichtung und eine Mantelbearbeitungseinrichtung als getrennte bauliche Einheiten vorgesehen sind bzw. bei welchen die Behandlung der Stirnbereiche und der Mantelfläche getrennt erfolgt, auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung entsprechend vorteilhaft sind. Hierbei ist es durchaus denkbar, dass die Stirnbereichbearbeitungseinrichtung und die Mantelbearbeitungseinrichtung ggf. einen gemeinsamen Rohrtransport aufweisen können und dennoch baulich getrennt angeordnet sind, dass das Rohr zunächst die eine und dann die andere dieser beiden Einrichtungen passiert.

[28] Insbesondere ist es von Vorteil, wenn zunächst die Stirnbereiche des Rohrs und anschließend die Mantelfläche des Rohr entsprechend behandelt werden, wobei es sich im konkreten herausgestellt hat, dass die ersten 50 cm bzw. die letzten 50 cm des Rohrs vorzugsweise zum Stirnbereich zu zählen sind, da es gerade in diesen Bereichen ggf. auch vorteilhaft erscheint, die innere Mantelfläche des Rohrs entsprechend zu behandeln, während im Übrigen es ausreichend zu sein scheint, lediglich die äußere Mantelfläche des Rohrs mit einer entsprechenden Beschichtung zu versehen.

[29] Im Inneren des Rohrs kann häufig eine etwas weniger komplexe und mithin auch entsprechend kostengünstigere Beschichtung, wie beispielsweise lediglich eine Lackfarbe, vorgesehen sein. Andererseits versteht es sich, dass – je nach konkreten Anforderungen – auch im Inneren des Rohrs eine entsprechende aufwändige Beschichtung und/oder eine verhältnismäßig aufwändige andere Bearbeitung vorgesehen sein können.

[30] Damit die Beschichtung möglichst gut auf dem entsprechendem Rohr hält, ist es von Vorteil, wenn das Rohr vor dem Spritzen der thermisch gespritzten Beschichtungslage von etwaigen Oberflächendefekten, wie beispielsweise irgendwelchen Anhaftungen, Zunder oder kleineren Roststellen, befreit wird. Dieses kann beispielsweise durch Schleifen oder ähnliche abrasive Prozesse geschehen, wobei sich insbesondere Sandstrahlen als vorteilhaft erwiesen hat, da hierdurch der Oberfläche des Rohrs auch eine definierte Rauigkeit verliehen werden kann, die dementsprechend auf den thermischen Spritzprozess abgestimmt werden kann, sodass hier möglichst optimale Beschichtungsergebnisse erzielt werden können.

[31] Vorzugsweise erfolgt das Sandstrahlen nachdem Schleuderradprinzip, was energetisch verhältnismäßig wenig aufwändig ist und einen effektiven Einsatz des Strahlmittels

ermöglicht. Bei geeigneter Ausgestaltung fällt das Strahlmittel dann, nachdem es auf das Rohr gestrahlt wurde, wieder zu dem Schleuderrad zurück, sodass es mehrfach und effektiv strahlend genutzt werden kann. Ein Teil des Strahlmittels kann ggf. auch abgesaugt werden, um dieses wieder aufzubereiten. Auch hat sich herausgestellt, dass ein Strahlen mit einem Schleuderrad ver-
5 hältnismäßig geringe Lärmbelastungen bedingt, was wiederum hinsichtlich des Arbeitsklimas förderlich ist.

[32] Es versteht sich, dass in vorliegendem Zusammenhang der Begriff „Sandstrahlen“ als Oberbegriff für alle Strahlverfahren, bei denen ein Strahlmittel, insbesondere ein Festkörper umfassendes Strahlmittel, zum Einsatz kommt, genutzt wird, so dass alle derartige Strahlver-
10 fahren unter diesen Begriff fallen.

[33] Vorzugsweise wird die Oberfläche des Rohrs nach dem Entfernen von Unreinheiten an der Oberfläche, wie beispielsweise nach dem Sandstrahlen, gereinigt, insbesondere um Reste des Strahlmittels oder eines sonstigen abtragenden Prozesses zu entfernen. Die Reinigung kann hierbei mit allen bekannten Maßnahmen, wie beispielsweise mittels Druckluft oder sogar mittels
15 eines Reinigungs- oder Lösungsmittels erfolgen. Als besonders geeignet hat sich ein Abbürsten erwiesen, was, ggf. im Zusammenspiel mit einer Absaugung und/oder im Zusammenspiel mit Druckluft verhältnismäßig effektiv erfolgen kann.

[34] Dementsprechend ist es von Vorteil, wenn die Mantelbearbeitungseinrichtung eine Sandstrahleinheit, vorzugsweise nach dem Schleuderradprinzip, und/oder eine Reinigungseinheit
20 umfasst. Je nach konkreter Umsetzung kann die Mantelbearbeitungseinrichtung kumulativ bzw. alternativ hierzu eine und insbesondere zwei Beschichtungseinheiten umfassen, sodass die entsprechende Beschichtung, insbesondere eine thermisch gespritzte Beschichtungslage über eine erste Beschichtungseinheit und eine eine Siegelung umfassende Beschichtungslage über eine zweite Beschichtungseinheit, aufgetragen werden kann.

[35] Es versteht sich, dass, je nach konkreter Umsetzung die Sandstrahleinheit, die Reinigungseinheit und/oder die Beschichtungseinheit jeweils als Bearbeitungseinheiten hinsichtlich der Prozessfolge hintereinander zu der Mantelbearbeitungseinrichtung zusammengefasst werden können.
25

[36] Darüber hinaus versteht es sich, dass die Stirnbereichbearbeitungseinrichtung ggf.
30 auch einen Sandstrahlkopf und/oder einen Reinigungskopf, beispielsweise einen Bürstenkopf, für den oder einen weiteren Roboter vorhalten kann. Da jedoch ein Roboter, insbesondere ein als Roboterarm ausgebildeter Roboter, einen Kopfwechsel verhältnismäßig schnell durchführen

kann, ist es insbesondere auch denkbar, für einen Roboter der Stirnbereichbearbeitungseinrichtung mehrere Bearbeitungsköpfe, wie beispielsweise wenigstens einen Beschichtungskopf, vorzugsweise zwei Beschichtungsköpfe für die unterschiedlichen Beschichtungslagen, einen Sandstrahlkopf und/oder einen Reinigungskopf vorzuhalten.

5 [37] Es versteht sich, dass die Stirnbereichbearbeitungseinrichtung der Beschichtungsanlage ggf. getrennt, möglicherweise sogar in einer anderen Halle, von der Mantelbearbeitungseinrichtung angeordnet sein kann. Andererseits ist es auch denkbar, die Stirnbereichbearbeitungseinrichtung entlang des Transportwegs vorbei an der Mantelbearbeitungseinrichtung vorzusehen, wobei die Stirnbereichbearbeitungseinrichtung an sich hinsichtlich der Prozessfolge
10 sowohl vor als auch hinter der Mantelbearbeitungseinrichtung vorgesehen sein kann. Wie bereits vorstehend erläutert, ist es jedoch von Vorteil, wenn die Stirnbereichbearbeitungseinrichtung in der Prozessfolge vor der Mantelbearbeitungseinrichtung angeordnet ist.

[38] Rein theoretisch ist es denkbar, dass die Mantelbearbeitungseinrichtung in einem Umfang von 360° um das Rohr herum auf die Mantelfläche des Rohrs wirken kann. Dieses stellt
15 jedoch verhältnismäßig hohe bauliche Anforderungen sowohl an den Rohrtransport als auch an etwaige Abdichtungen, damit Partikel oder Flüssigkeiten, welche durch die Bearbeitungseinheiten, wie beispielsweise durch die Beschichtungseinheiten, die Sandstrahleinheiten oder die Reinigungseinheiten aufgewirbelt werden, möglichst wenig in die Umgebungsluft gelangen oder auch bereits behandelte Bereiche des Rohr kontaminieren. Diese gilt insbesondere dann, wenn
20 Rohre mit unterschiedlichen Rohrdurchmessern bzw. sogar Rohre mit variierenden Rohrdurchmessern, wie beispielsweise konische Rohre, entsprechend beschichtet werden sollen.

[39] Insofern ist es von Vorteil, wenn zumindest eine der Bearbeitungseinheiten der Mantelbearbeitungseinrichtung eine Bearbeitungshöhe aufweist, die den kleinsten Durchmesser der zu beschichtenden Rohre nicht überschreitet. Dieses bedeutet, dass die entsprechende Bearbeitungseinheit an sich maximal von einer Seite auf die Mantelbearbeitungseinrichtung wirken
25 kann. Dementsprechend ist es insbesondere dann von Vorteil, wenn das Rohr an der Mantelbearbeitungseinrichtung drehend vorbei geführt wird, sodass eine Bearbeitung über den ganzen Umfang erfolgen kann. Insofern ist es jedoch andererseits von Vorteil, wenn die hierbei aufgetragenen Beschichtungsmaterialien nicht bzw. nicht mehr fließfähig sind, was ansonsten
30 beim Drehen zu unkontrollierbaren Ergebnissen führen würde. Insofern eignet sich diese Vorgehensweise insbesondere für Rohre, die verhältnismäßig kurz im Vergleich zu ihrem Rohrdurchmesser und mithin gerade nicht als Endlosrohre anzusehen sind, da bei derartigen Rohren ein Drehen in der Regel nicht ohne Weiteres durchzuführen ist.

[40] Vorzugsweise beträgt die Bearbeitungshöhe nicht mehr als zwei Drittel des kleinsten Durchmessers der zu beschichtenden Rohre, was es insbesondere erleichtert, die jeweiligen Bearbeitungseinheiten an unterschiedliche große Durchmesser anzupassen.

[41] In diesem Zusammenhang sei betont, dass vorzugsweise jede der Bearbeitungseinheiten der Mantelbearbeitungseinrichtung eine entsprechende Bearbeitungshöhe aufweist, sodass sämtliche der Bearbeitungseinheit der Mantelbearbeitungseinrichtung über dieselbe Bearbeitungshöhe auf die Oberfläche des Rohrs entsprechend bearbeitend, also beispielsweise abtragend, reinigend oder beschichtend, einwirken können.

[42] Durch ein drehendes Vorbeiführen ist es mithin verhältnismäßig einfach, die Bearbeitungseinheiten der Mantelbearbeitungseinrichtung mit der gesamten Mantelfläche des Rohrs derart in Deckung zu bringen, dass die Bearbeitungseinheiten entsprechend ihre Bearbeitung durchführen können.

[43] Das drehende Vorbeiführen kann hierbei beispielsweise durch eine Spiralbewegung erfolgen, wobei der Beginn und das Ende dieser Spiralbewegung, welche naturgemäß einen Neigungswinkel aufweist, ggf. durch die Stirnbereichbearbeitungseinrichtung ausgleichend bearbeitet werden kann.

[44] Ebenso ist es denkbar, dass das Rohr, statt in einer Spiralbewegung, zunächst auf einer axialen Höhe um 360° gedreht wird, um dann das Rohr um eine axiale Wegstrecke zu verlagern und dann abermals eine Drehung um 360° durchzuführen. Hierbei wird dieser Vorgang solange wiederholt, bis die gesamte Mantelfläche des Rohrs durch die Bearbeitungseinheiten der Mantelbearbeitungseinrichtung in entsprechender Weise bearbeitet wurde.

[45] Weist die Mantelbearbeitungseinrichtung zumindest zwei Bearbeitungseinheiten auf, so kann diesen in der Regel parallel zu dem Transportweg jeweils eine Bearbeitungsbreite zugeordnet werden. Vorzugsweise sind die Bearbeitungseinheiten derart aufeinander abgestimmt, dass die Bearbeitungsbreiten der beiden Bearbeitungseinheiten identisch gewählt sind. Hierdurch kann eine über die Bearbeitungsbreite erfolgte Bearbeitung einer ersten Bearbeitungseinheit dann durch die zweite Bearbeitungseinheit über dieselbe Bearbeitungsbreite nachbearbeitet werden. Auf diese Weise kann eine besonders effektive Vorgehensweise gewährleistet werden, insbesondere wenn das Rohr an der Mantelbearbeitungseinrichtung drehend vorbei geführt wird.

[46] Ebenfalls ist es dann von Vorteil, wenn die Bearbeitungseinheiten um ein ganzzahliges Vielfaches der Bearbeitungsbreite voneinander beabstandet angeordnet sind. Bei

geeigneter Verfahrensführung können dann entsprechend mit der Bearbeitungsbreite bearbeitete Abschnitt sukzessive von den jeweiligen Bearbeitungseinheiten bearbeitet werden.

[47] Es versteht sich, dass es insbesondere von Vorteil ist, wenn die Bearbeitungsbreiten sämtlicher Bearbeitungseinheiten der Mantelbearbeitungseinrichtung identisch gewählt und/oder
5 entsprechend voneinander beabstandet angeordnet sind, sodass die vorstehend genannten Vorteile für die gesamte Mantelbearbeitungseinrichtung bzw. für den gesamten an der Mantelbearbeitungseinrichtung durchgeführten Prozess umgesetzt werden können.

[48] Hinsichtlich dem drehenden Vorbeiführen des Rohrs an der Mantelbearbeitungseinrichtung kann das Rohr mit einer Transportgeschwindigkeit entlang des Transportwegs, der
10 parallel zur Haupterstreckungsrichtung des Rohrs ausgerichtet ist, transportiert werden und das Rohr mit einer Drehgeschwindigkeit gedreht werden, wobei die Transportgeschwindigkeit dividiert durch die Drehgeschwindigkeit kleiner oder gleich der Bearbeitungsbreite ist. Auf diese Weise kann eine Spiralbewegung bedingt sein, welche sicherstellt, dass sämtliche Bereiche der Mantelfläche des Rohrs auf effektive Weise entsprechend bearbeitet werden.

[49] Es versteht sich, dass vorzugsweise die Transportgeschwindigkeit dividiert durch die Drehgeschwindigkeit gleich der Bearbeitungsbreite sein sollte, da dann die Bearbeitung besonders effektiv, das heißt mit möglichst weniger Überlapp, erfolgen kann.

[50] Der Transport und die Drehung des Rohrs sowie dessen Bearbeitung können einerseits kontinuierlich erfolgen, was jedoch – ggf. – erhöhte Anforderungen an etwaige
20 Dichtungen stellt, da diese dann möglicherweise an dem Rohr reibend anliegen.

[51] Alternativ kann eine schrittweise Vorgehensweise, also ein schrittweiser Transport, eine schrittweise Drehung sowie eine schrittweise Bearbeitung, vorgesehen sein. Dieses ermöglicht es, ggf. Dichtungen von dem Rohr abzuheben, solange ein Transport oder eine Drehung stattfindet, und die Dichtungen wieder zu schließen bzw. anzulegen, wenn eine Bearbeitung
25 erfolgt.

[52] Sowohl eine kontinuierliche als auch eine schrittweise Bearbeitung kann erfolgen, wenn das Rohr an der Mantelbearbeitungseinrichtung spiralförmig vorbei geführt wird oder wenn das Rohr zunächst in einer axialen Position um 360° gedreht und dann um einen bestimmten Weg, vorzugsweise mit einer Weglänge, die der Bearbeitungsbreite entspricht, axial transportiert und
30 hiernach wiederum um 360° gedreht wird, um auf diese Weise die gesamte Mantelfläche des Rohrs bearbeiten zu können.

[53] Vorzugsweise erfolgt bei einer schrittweisen Drehung die Drehung jeweils um so viele Winkelgrade, wie diese der Bearbeitungshöhe der Bearbeitungseinheiten der Mantelbearbeitungseinrichtung entsprechen. Insofern ist es von Vorteil, wenn sämtliche Bearbeitungseinheiten der Mantelbearbeitungseinrichtung dieselbe Bearbeitungshöhe aufweisen, da dann
5 sämtliche Einrichtungen besonders effektiv arbeiten können. Ansonsten ist es von Vorteil, was an sich unmittelbar nachvollziehbar ist, wenn die Drehung jeweils um so viele Winkelgrade erfolgt, wie diese der kleinsten Bearbeitungshöhe der Bearbeitungseinheiten der Mantelbearbeitungseinrichtung entsprechen.

[54] In vorliegendem Zusammenhang sei betont, dass die jeweiligen Bearbeitungshöhen
10 und Bearbeitungsbreiten in der Regel nicht völlig exakt gewählt werden können, da beispielsweise der Wirkungsgrad eines sandstrahlenden Schleuderrades zu den Seiten und nach oben und unten hin graduell abnimmt. Ähnliches gilt auch, je nach konkreter Ausgestaltung, für die Reinigungseinrichtungen oder die Beschichtungseinrichtungen. Dementsprechend wird – schon aus Gründen der Betriebssicherheit – ein bestimmter Überlapp jeweils vorgesehen sein, wobei
15 der Überlapp sicherlich aus Gründen der Kosteneffizienz möglichst klein gewählt werden sollte. Insofern sind vorliegend die Bearbeitungsbreite und die Bearbeitungshöhe unter Berücksichtigung eines entsprechenden Überlapps und der gewählten Toleranzen hinsichtlich der Güte bzw. Qualität des jeweiligen Bearbeitungsvorgangs zu wählen und zu definieren.

[55] Zum Erzielen von bestimmten Bearbeitungsbreiten bzw. -höhen können ggf. auch
20 mehrere Bearbeitungseinrichtungen an einer Bearbeitungseinheit vorgesehen sein. So können beispielsweise parallel mehrere rotierende Bürsten oder auch mehrere thermische Spritzeinrichtungen parallel oder übereinander an einer Reinigungseinheit bzw. an einer Beschichtungseinheit vorgesehen sein.

[56] Wenigstens eine der Bearbeitungseinheiten der Mantelbearbeitungseinrichtung kann
25 einen senkrecht zu dem Transportweg verlagerbaren Trageschlitten aufweisen. Hierdurch können bestimmte Baugruppen, beispielsweise ein Einheitenaufsatz mit einer Bearbeitungseinrichtung, wie einer Sandstrahleinrichtung, einer Reinigungseinrichtung oder einer Beschichtungseinrichtung, der jeweiligen Bearbeitungseinheit entsprechend verlagert werden, sodass insbesondere eine Anpassung an unterschiedliche Rohrdurchmesser bzw. sogar an einen
30 variierenden Rohrdurchmesser ohne weiteres erfolgen kann.

[57] Kumulativ bzw. alternativ kann zumindest eine der Bearbeitungseinheiten der Mantelbearbeitungseinrichtung einen um eine senkrecht zu dem Transportweg angeordnete

Schwenkachse schwenkbaren Schwenkschlitten aufweisen. Auch dieses ermöglicht eine entsprechende Anpassung an unterschiedliche Rohrdurchmesser, insbesondere wenn beispielsweise konische Rohre oder Rohre mit sonstigen, von der Zylinderform abweichenden Mantelflächen entsprechend bearbeitet bzw. beschichtet werden sollen. Auch durch einen derartigen Schwenkschlitten können beispielsweise Einheitenaufsätze mit einer Bearbeitungseinrichtung, wie einer Sandstrahleinrichtung, einer Reinigungseinrichtung oder einer Beschichtungseinrichtung, der jeweiligen Bearbeitungseinheiten entsprechend der jeweiligen Erfordernisse ausgerichtet werden.

[58] Es versteht sich, dass insbesondere die Kombination von verlagerbaren Trageschlitten und schwenkbaren Schwenkschlitten eine entsprechende flexible Anpassung an unterschiedliche Rohre, die beschichtet werden sollen, ermöglicht.

[59] Auch versteht es sich, dass derartige verlagerbare Trageschlitten und/oder derartige schwenkbare Schwenkschlitten der Bearbeitungseinheiten einer Mantelbearbeitungseinrichtung einer Beschichtungsanlage auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung entsprechend vorteilhaft sind.

[60] Vorzugsweise weisen mehrere, insbesondere alle, der Bearbeitungseinheit der Mantelbearbeitungseinrichtung einen entsprechend verlagerbaren Trageschlitten und/oder einen entsprechend schwenkbaren Schwenkschlitten auf, sodass die jeweiligen Bearbeitungseinheiten, und insbesondere alle Bearbeitungseinheiten, der Mantelbearbeitungseinrichtung entsprechend an unterschiedliche Rohrdurchmesser bzw. sich erweiternde oder verjüngende Mantelflächen angepasst werden können.

[61] Zumindest eine der Bearbeitungseinheiten der Mantelbearbeitungseinrichtung kann wenigstens einen Einheitenaufsatz mit einer Bearbeitungseinrichtung aufweisen. Eine derartige Auskonstruktion der Bearbeitungseinrichtung in einem Einheitenaufsatz ermöglicht es, die jeweilige Bearbeitungseinheit entsprechend kostengünstig bereit zu stellen, da ergänzende Baugruppen, beispielsweise den Einheitenaufsatz tragende Baugruppen, wie insbesondere auch die vorstehend erläuterte Trageschlitten bzw. Schwenkschlitten, dann für mehrere Bearbeitungseinheiten im Wesentlichen baugleich ausgestaltet werden können.

[62] Als Bearbeitungseinrichtung können insbesondere Sandstrahleinrichtungen, wie beispielsweise die vorstehend bereits erläuterten Sandstrahleinrichtungen nach dem Schleuderradprinzip, Reinigungseinrichtungen, beispielsweise mit Bürsten und/oder Druckluft, oder Beschichtungseinrichtungen, wie beispielsweise für eine thermisch gespritzte Beschichtung oder eine eine Siegelung umfassende Beschichtung, vorgesehen sein.

[63] Insbesondere kann der der Einheitenaufsatz ein Bearbeitungsfenster mit einer umlaufenden Dichtung aufweisen. Insofern kann die Bearbeitungseinrichtung des jeweiligen Einheitenaufsatzes dann durch das Bearbeitungsfenster mit der umlaufenden Dichtung hindurch das jeweilige Rohr bearbeiten, sodass etwaig anfallende Partikel, Dämpfe, Nebel oder sonstige Kontaminationen in dem Einheitenaufsatz entsprechend eingefangen werden können. Hierdurch bleibt die Umgebung der Beschichtungsanlage verhältnismäßig unbelastet, was einerseits dem Beschichtungsprozess verhältnismäßig betriebssicher ablaufen lässt und andererseits auch die jeweiligen Mitarbeiter entlastet. Auch kann natürlich ein Eindringen etwaiger Kontaminationen von außen in den Raum, der gerade von dem Einheitenaufsatz und dem Rohr mittels der Dichtung verschlossen wird, vermieden werden, was insbesondere hinsichtlich der Beschichtung qualitätsfördernd bzw. die Qualität sichernd sein kann.

[64] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten Einheitenaufsätze auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung bei einer Beschichtungsanlage mit Mantelbearbeitungseinrichtungen, die wenigstens eine Bearbeitungseinheit mit einem derartigen Einheitenaufsatz umfassen, entsprechend vorteilhaft sind.

[65] Vorzugsweise ist die Dichtung an unterschiedliche Rohrdurchmesser anpassbar, so dass auch bei sich ändernden Rohrdurchmessern bzw. bei variierender Mantelfläche des jeweiligen Rohrs eine ausreichende Dichtigkeit gewährleistet werden kann.

[66] Die Dichtung kann wenigstens zwei zueinander in ihrem Winkel anstellbare Dichtungssegmente aufweisen, was eine baulich verhältnismäßig einfache Anpassbarkeit der Dichtung durch eine geeignete Anstellung der Dichtungssegmente ermöglicht. Dieses gilt insbesondere, wenn die Dichtung im Übrigen elastische Baugruppen, wie Dichtungslippen oder Dichtungswülsten und ähnliches umfasst, durch welche darüber hinausgehend noch eine Anpassung an unterschiedliche Rohrdurchmesser ermöglicht werden kann.

[67] Insbesondere ist es dementsprechend von Vorteil, wenn die Dichtung wenigstens drei zueinander in ihrem Winkel anstellbare Dichtungssegmente aufweist, was insbesondere eine entsprechend flexible Anpassung an verschiedene Durchmesser bzw. Radien auf konstruktiv einfache Weise ermöglicht.

[68] Die Dichtung kann insbesondere eine Bürstendichtung umfassen, durch welche baulich einfach eine verhältnismäßig große geometrische Flexibilität der Dichtung ermöglicht werden kann. Je nach konkreten Erfordernissen kann die Dichtung kumulativ bzw. alternativ hierzu ein Mehrkammerdichtsystem umfassen, um auf diese Weise die Dichtungsleistung zu

erhöhen. Kumulativ bzw. alternativ hierzu ist es auch möglich, dass die Dichtung ein Sperrluftdichtsystem umfasst, um auf diese Weise einen möglichst hohen Abdichtungsgrad zu gewährleisten.

[69] Es versteht sich, dass die Dichtung bzw. die anstellbaren Dichtungssegmente vorzugsweise an einem im übrigen abgedichteten Gehäuse des Einheitenaufsatzes vorgesehen sind. Hierbei versteht es sich, dass dieses Gehäuse auch Absaug- oder Zuführöffnungen, beispielsweise für Verbrauchsmaterialien oder elektrische Energie, aufweisen kann.

[70] Wie bereits vorstehend dargelegt, ist es von Vorteil, wenn der Einheitenaufsatz auf dem Trageschlitten und/oder auf dem Schwenkschlitten angeordnet ist. Auf diese Weise kann der Einheitenaufsatz und mithin auch eine entsprechende Bearbeitungseinrichtung und ggf. auch die jeweilige Dichtung auf bauliche einfache Weise an unterschiedliche große Durchmesser bzw. an unterschiedlichen Mantelgeometrien, wie beispielsweise an unterschiedliche Kegelwinkel der jeweils zu bearbeitenden Rohre, angepasst werden.

[71] Hierbei spielt es zunächst eine untergeordnete Rolle, ob der Trageschlitten den Schwenkschlitten oder der Schwenkschlitten den Trageschlitten tragen, wobei letzteres zu einer Variation des Verstellwegs des Trageschlittens hinsichtlich des Transportweges führen kann, was jedoch letztlich unkritisch ist, solange ein Komponente des Verstellwegs senkrecht zu dem Transportweg ausgerichtet ist.

[72] Vorzugsweise stehen der Verstellweg des Transportschlittens und die Schwenkachse des Schwenkschlittens senkrecht aufeinander, was eine einfache und gut steuerbare Anstellung der jeweiligen Komponenten, insbesondere beispielsweise der Einheitenaufsätze bzw. der Bearbeitungseinrichtungen, ermöglicht.

[73] Wie bereits vorstehend dargelegt, ist es von Vorteil, wenn das Rohr drehbar ist, damit es beispielsweise drehend an einer Mantelbearbeitungseinrichtung vorbei geführt werden kann. Dementsprechend ist es von Vorteil, wenn der Rohrtransport eine Dreheinrichtung umfasst, mittels welcher das Rohr um eine parallel zu dem Transportweg ausgerichtete Achse drehbar ist.

[74] An sich kann für das thermische Spritzen jedes geeignete thermische Spritzverfahren, wie beispielsweise ein Flammsspritzen mittels Pulver oder Draht, ein Detonations-spritzen, ein Kaltgasspritzen, ein atmosphärisches Plasmaspritzen oder ein Vakuumplasmaspritzen, genutzt werden. Als besonders geeignetes thermisches Spritzverfahren haben sich jedoch Hochgeschwindigkeitsflammspritzen, Heißdrahtspritzen und/oder Lichtbogenspritzen,

auch Lichtbogendrahtspritzen genannt, erwiesen. Letztere Verfahren ermöglichen insbesondere eine verhältnismäßig große Bearbeitungsbreite bzw. eignen sich insbesondere für eine thermisch gespritzte Beschichtung von Rohren, insbesondere von Großrohren bzw. spiralgeschweißten Rohren.

5 [75] Insbesondere kann die thermisch gespritzte Beschichtungslage Zn-Al (Zink-Aluminium) umfassen. Hierbei haben sich insbesondere Verhältnisse zwischen Zn und Al von 40/60 als Minimum hinsichtlich der Haltbarkeit einer entsprechenden Beschichtung ergeben. Insbesondere kann das Verhältnis zwischen Zn und Al nicht über 90/10 betragen, was ebenfalls, kumulativ bzw. alternativ hierzu eine ausreichend haltbare Beschichtung gewährleistet. In der
10 Praxis haben sich insbesondere Verhältnisse zwischen Zn und Al von 50/50 bzw. von 80/20 als vorteilhaft erwiesen.

[76] Alternativ bzw. kumulativ hierzu kann die thermisch gespritzte Beschichtungslage Cu oder sonstige Edel- oder Halbedelmetalle umfassen, was ebenfalls zu einer gut haltbaren Beschichtung führt. Es versteht sich, dass auch andere Materialien alternativ bzw. kumulativ für
15 die thermisch gespritzte Beschichtungslage zum Einsatz kommen können.

[77] Vorzugsweise umfasst die Siegelung Sol-Gel-Anteile. Bei geeigneter Anpassung der jeweiligen Sol-Gel-Anteile kann einerseits eine gute Verarbeitung und mithin eine betriebssichere Beschichtung der Siegelung gewährleistet werden. Andererseits kann sichergestellt werden, dass die Siegelung ausreichend innig mit der thermisch gespritzten Beschichtungslage verwächst,
20 sodass eine sehr gute Stabilität gewährleistet werden kann.

[78] Vorzugsweise ist die Siegelung eine Sol-Gel-Siegelung oder ein Sol-Gel-Lack, die einerseits an sich käuflich erhältlich sind und andererseits hinsichtlich ihrer Viskosität und hinsichtlich ihrer Lösungsmittel an die jeweiligen Erfordernisse verhältnismäßig einfach angepasst werden können.

25 [79] Die die Siegelung umfassende Beschichtungslage kann beispielsweise aufgespritzt oder aufgerollt werden. Beide Verfahren lassen sich verhältnismäßig einfach betriebssicher ausgestalten, wobei insbesondere im Zusammenhang mit einer Siegelung welche Sol-Gel-Anteile umfasst, eine jeweilige Anpassung der Siegelung hinsichtlich der Viskosität, hinsichtlich des Lösungsmittels und/oder hinsichtlich der siegelnden Eigenschaften erfolgen kann.

30 [80] Vorzugsweise ist die Siegelung hydrophob ausgebildet, sodass eine Belastung der Beschichtung durch Wasser, insbesondere auch durch Salzwasser, auf ein Minimum reduziert

werden kann. Insbesondere bei der Verwendung einer Siegelung, welche Sol-Gel-Anteile umfasst, kann eine Anpassung der Siegelung hinsichtlich ihrer hydrophoben Eigenschaft mit an sich bekannten Maßnahmen erfolgen.

[81] Wie bereits vorstehend mehrfach angesprochen, eignet sich vorliegende Erfindung insbesondere für Großrohre. In diesem Zusammenhang sei betont, dass vorliegend Großrohre in der Regel mit einer Wandstärke größer als 8,0 mm anzusetzen sind. Obgleich im Stand der Technik Hinweise darauf zu finden sind, dass bereits Rohre mit Durchmessern größer 35 mm und Längen über 2,5 m als Großrohre bezeichnet werden, wird vorliegend davon ausgegangen, dass entsprechende Großrohre im vorliegenden Zusammenhang zumindest 5 m lang sind und Durchmesser über 1,5 m aufweisen.

[82] Häufig können entsprechende Turmsegmente bzw. Piling-Rohrsegmente oder Brückenrohrsegmente Durchmesser über 3,0 m oder 3,5 m oder sogar bis zu 4,3 m oder mehr aufweisen und/oder Längen bis zu 20,0 m, 25,0 m oder sogar 30,0 m oder mehr umfassen.

[83] Gerade entsprechende Rohre werden vorzugsweise als geschweißte Spiralrohre bereitgestellt, was unter Umständen sogar doppelwandig geschehen kann, wie beispielsweise in der EP 2 873 786 B1 offenbart. Derartige geschweißte Spiralrohre eignen sich insbesondere für die Herstellung von Großrohren, wie sie vorstehend näher erläutert wurden.

[84] Je nach konkreter Umsetzung kommen bei Großrohren bzw. spiralgeschweißten Rohren Wandstärken über 10,0 mm bzw. 11,0 mm und sogar 12,0 mm zum Tragen. Aus Gründen der Bearbeitung wird die Wandstärke in der Regel unter 30,0 mm bzw. unter 28,0 mm und sogar unter 26,0 mm liegen.

[85] Insoweit versteht es sich, dass das Rohr vorzugsweise metallisch insbesondere aus Stahl, ist, was entsprechend gute statische aber auch verarbeitungstechnische Vorteile mit sich bringt.

[86] Insbesondere kann das Rohr auch konisch ausgebildet sein, was insbesondere dann der Fall sein kann, wenn ein geschweißtes Spiralrohr zur Anwendung kommt. Derartig konisch ausgebildete Rohre eignen sich insbesondere als Türme, wie beispielsweise als Brückentürme oder Windradtürme, können jedoch auch als Piling-Rohre und/oder Brückenrohre zur Anwendung kommen.

[87] Es versteht sich, dass die Merkmale der vorstehend bzw. in den Ansprüchen beschriebenen Lösungen gegebenenfalls auch kombiniert werden können, um die Vorteile entsprechend kumuliert umsetzen zu können.

[88] Weitere Vorteile, Ziele und Eigenschaften vorliegender Erfindung werden anhand nachfolgender Beschreibung von Ausführungsbeispielen erläutert, die insbesondere auch in anliegender Zeichnung dargestellt sind. In der Zeichnung zeigen:

- Figur 1 eine perspektivische Ansicht auf eine Mantelbearbeitungseinrichtung einer Beschichtungsanlage bei einlaufendem Rohr;
- Figur 2 die Mantelbearbeitungseinrichtung nach Fig. 2 aus einer anderen Perspektive bei weitergelaufenem Rohr;
- Figur 3 eine Seitenansicht der Mantelbearbeitungseinrichtung nach Fign. 1 und 2 in der in Fig. 2 dargestellten Betriebssituation;
- Figur 4 eine Aufsicht auf die Mantelbearbeitungseinrichtung nach Fign. 1 bis 3 in der in Fign. 2 und 3 dargestellten Betriebssituation;
- Figur 5 eine Rückansicht der Mantelbearbeitungseinrichtung nach Fign. 1 bis 4 in der in Fign. 2 bis 4 dargestellten Betriebssituation;
- Figur 6 eine Fig. 5 entsprechende Rückansicht der Mantelbearbeitungseinrichtung nach Fign. 1 bis 4 bei nahezu ausgelaufenem Rohr;
- Figur 7 einen Einheitenaufsatz der Mantelbearbeitungseinrichtung nach Fign. 1 bis 6 bei großem Rohrdurchmesser in perspektivischer Ansicht;
- Figur 8 den Einheitenaufsatz nach Fig. 7 bei großem Rohrdurchmesser in einer Seitenansicht;
- Figur 9 den Einheitenaufsatz nach Fign. 7 und 8 in ähnlicher Darstellung wie Fig. 7 bei kleinem Rohrdurchmesser;
- Figur 10 den Einheitenaufsatz nach Fign. 7 bis 9 in ähnlicher Darstellung wie Fig. 8 bei kleinem Rohrdurchmesser;
- Figur 11 eine perspektivische Ansicht auf eine Stirnbereichbearbeitungseinrichtung der Beschichtungsanlage nach Fign 1 bis 10;
- Figur 12 die Stirnbereichbearbeitungseinrichtung nach Fig. 11 aus einer anderen Perspektive in einer von Fig. 11 abweichenden Betriebssituation;
- Figur 13 eine Querschnittsdarstellung einer Beschichtung eines Rohrs mit thermisch gespritzter Beschichtungslage; und
- Figur 14 eine Querschnittsdarstellung einer Beschichtung eines Rohrs mit thermisch gespritzter Beschichtungslage und eine Siegelung umfassender Beschichtungslage.

[89] Die als Ausführungsbeispiel erläuterte Beschichtungsanlage 10 umfasst einerseits eine Mantelbearbeitungseinrichtung 11 und einen ein Rohr 20 an der Mantelbearbeitungseinrichtung 11 entlang eines Transportweges 12, der parallel zu einer Haupterstreckungsrichtung 27 des Rohrs 20 ausgerichtet ist, transportierendem Rohrtransport 13, wie dieses insbesondere in den
5 Figuren 1 bis 6 im Detail dargestellt ist.

[90] Darüber hinaus umfasst die Beschichtungsanlage 10 eine Stirnbereichbearbeitungseinrichtung 14, mittels welcher Stirnbereiche 28 des Rohrs 20 entsprechend bearbeiten werden können, wie dieses in Figuren 11 und 12 exemplarisch dargestellt ist.

[91] Die Mantelbearbeitungseinrichtung 11 hingegen dient im Wesentlichen der
10 Bearbeitung der Mantelfläche 29 des Rohrs 20.

[92] Wie unmittelbar ersichtlich, kann die Mantelfläche 29 in ihrem Durchmesser bzw. Radius variieren. Bei dem in Figuren 1 bis 6 dargestellten Ausführungsbeispiel kommt exemplarisch ein konisches Rohr 20 zur Anwendung.

[93] In einer konkreten Umsetzung kann, ggf., die Stirnbereichbearbeitungseinrichtung 14 auch entlang des Transportweges 12 angeordnet sein, sodass das jeweilige Rohr
15 20 sukzessive von der Mantelbearbeitungseinrichtung 11 bzw. von der Stirnbereichbearbeitungseinrichtung 14 bearbeitet werden kann. Bei vorliegender Beschichtungsanlage 10 jedoch sind die Mantelbearbeitungseinrichtungen 11 mit ihrem Rohrtransport 13 und die Stirnbereichbearbeitungseinrichtung 14 getrennt voneinander ausgebildet.

[94] Bei vorliegendem Ausführungsbeispiel ist der Transportweg 12 durch Schienen
20 realisiert, auf denen, je Rohr 20, ein angetriebener Transportwagen 71 und ein geschleppter Transportwagen 72 laufen können, die jeweils Aufnahmerahmen 73 aufweisen, die mit dem jeweils zu bearbeitenden Rohr 20 verbunden werden können.

[95] Auf diese Weise kann das Rohr 20 mittels der Transportwagen 71, 72 entlang des
25 Transportweges 12 transportiert werden, wobei der angetriebene Transportwagen 71 die für den Transport notwendigen Kraft aufbringt, während der geschleppte Transportwagen 72 über das Rohr 20 von dem angetriebenen Transportwagen 71 mitbewegt wird.

[96] Die Transportwagen 71, 72 weisen jeweils eine Dreheinrichtung 16 auf, mittels
30 welcher der Aufnahmerahmen 73 um 360° rotiert werden kann. Je nach konkreter Umsetzung der Erfindung kann auch ein kleinerer Rotationswinkel vorgesehen sein, wenn beispielsweise die Drehrichtung während des Prozesses geändert wird. Mittels der Dreheinrichtung 16 kann das

Rohr 20 um eine parallel zu dem Transportweg 12 ausgerichtete Achse 17, welche bei vorliegendem Ausführungsbeispiel der Hauptstreckungsrichtung 27 des Rohrs 20 entspricht, gedreht werden. Auch hinsichtlich der Dreheinrichtung 16 fungiert der angetriebene Transportwagen 71 antreibend und weist einen entsprechenden Drehantrieb auf, während an dem
5 geschleppten Transportwagen 72 lediglich ein Drehlager für den Aufnahmerahmen 73 als Dreheinrichtung 16 vorgesehen ist, sodass dort der Aufnahmerahmen 73 einer durch die Dreheinrichtung 16 des angetriebenen Transportwagen 71 vorgegebenen Drehung folgt.

[97] Die Mantelbearbeitungseinrichtung 11 weist entlang des Transportweges 12 vier Bearbeitungseinheiten 30 auf.

10 [98] Dieses ist zunächst eine Sandstrahleinheit 33 mit einer Sandstrahleinrichtung 53, welche bei vorliegendem Ausführungsbeispiel nach dem Schleuderradprinzip ausgebildet ist.

[99] Auch umfasst die Mantelbearbeitungseinrichtung 11 eine Reinigungseinheit 34 mit einer Reinigungseinrichtung 54, welche bei diesem Ausführungsbeispiel durch rotierenden Bürsten umgesetzt ist. An dieser Stelle können in abweichenden Ausführungsformen auch andere
15 Reinigungseinrichtungen, wie beispielsweise eine Absaugung oder eine Druckluftbeaufschlagung, ergänzend oder als Alternative vorgesehen sein. Ebenso können als Reinigungseinrichtung 54 auch Lösungsmittel oder ähnliches versprühende Einrichtungen ggf. zur Anwendung kommen.

[100] Darüber hinaus umfasst die Mantelbearbeitungseinrichtung 11 zwei Beschichtungseinheiten 31, 32 als weitere Bearbeitungseinheiten 30, die jeweils dementsprechend auch Be-
20 schichtungseinrichtungen 51, 52 aufweisen.

[101] Hierbei ist die Beschichtungseinrichtung 51 für ein thermisches Spritzen, insbesondere von Heißdrahtspritzen, was sich bei dieser Ausgestaltung als besonders vorteilhaft erwiesen hat, von Zn-Al ausgerichtet. Es versteht sich, dass an dieser Stelle auch andere Materialien, wie beispielsweise Cu und ähnliches, thermisch gespritzt werden können.

25 [102] Die zweite Beschichtungseinrichtung 52 hingegen ist für ein Aufspritzen einer Sol-Gel-Siegelung oder eines Sol-Gel-Lacks ausgelegt.

[103] Dementsprechend dient auch die erste Beschichtungseinheit 31 dem thermischen Spritzen, während die Beschichtungseinheit 32 dem Auftragen einer Siegelung umfassenden Beschichtung dient.

[104] Die Beschichtungseinrichtungen 51, 52, die Sandstrahleinrichtung 53 und die Reinigungseinrichtung 54 können zusammenfassend als Bearbeitungseinrichtungen 50 bezeichnet werden. Es versteht sich, dass in abweichenden Ausführungsformen noch ergänzende Bearbeitungseinrichtungen 50 bzw. Bearbeitungseinheiten 30 für die Mantelbearbeitungseinrichtung
5 11 vorgesehen sein können.

[105] Jede der Bearbeitungseinheiten 30 umfasst einen Trageschlitten 41, der senkrecht 42 zu dem Transportweg 12 verlagerbar ist. Hierbei tragen die Trageschlitten 41 jeweils Schwenkschlitten 43, die um eine Schwenkachse 44 schwenkbar sind, welche senkrecht zu dem Transportweg 12 und vorzugsweise senkrecht zu der Verlagerungsrichtung 42 der Trageschlitten 41 aus-
10 gerichtet ist.

[106] Die Schwenkschlitten 43 tragen jeweils Einheitenaufsätze 45, welche ein Gehäuse 46 umfassen, dass wiederum ein Bearbeitungsfenster 47 aufweist. Innerhalb des jeweiligen Gehäuses 46 der Einheitenaufsätze 45 sind die zugehörigen Bearbeitungseinrichtungen 50 der jeweiligen Bearbeitungseinheiten 30 angeordnet. Auf diese Weise können die Bearbeitungs-
15 einrichtungen 50 jeweils durch die Bearbeitungsfenster 47 hindurch auf das jeweilige Rohr 20 bearbeitend wirken, wie dieses insbesondere auch aus den Figuren 7 bis 10 ersichtlich ist.

[107] Um die Bearbeitungsfenster 47 weisen die Einheitenaufsätze 45 jeweils eine umlaufende Dichtung 60 auf. Diese dient zum einen – naturgemäß – der Minimierung von Partikeln oder Fluiden, die aus den Einheitenaufsätzen 45 austreten können und zum anderen auch einem
20 möglichen Eindringen von etwaigen Kontaminationen in die Einheitenaufsätze 45 während der Bearbeitung, insbesondere während des Beschichtens.

[108] Als Dichtung 60 kommen, je nach konkreten Erfordernissen, Bürstendichtungen, Mehrkammerdichtsysteme und/oder Sperrluftdichtsysteme zum Einsatz.

[109] Wie insbesondere den Figuren 7 bis 10 aber auch den Figuren 5 und 6 zu entnehmen,
25 können sich die Dichtungen 60 bzw. die Bearbeitungsfenster 47 an unterschiedliche Rohrdurchmesser anpassen, indem die Dichtung 60 mehrere Dichtungssegmente 61 aufweisen, die zueinander in ihrem Winkel anstellbar sind. Hierbei sind, wie insbesondere in den Figuren 7 bis 10 dargestellt, jeweils zentrale Dichtungssegmente 61 vorgesehen, welche im Wesentlichen starr an dem Gehäuse 46 des Einheitenaufsatzes 45 angesetzt sind. Nach oben und nach unten sind
30 jeweils Dichtungssegmente 61 vorgesehen, die in ihrem Winkel in Bezug auf die zentralen Dichtungssegmente 61 anstellbar sind, sodass entsprechend unterschiedliche Radien abgedichtet werden können.

[110] Durch senkrecht 42 zu dem Transport 12 verlagerbaren Trageschlitten 41 und die um die Schwenkachse 44 schwenkbaren Schwenkschlitten 43 können die Einheitenaufsätze 45 und mit ihnen die Bearbeitungsfenster 47 und die Dichtungen 60 entsprechend unterschiedlicher Radien und unterschiedlicher Neigungen der Mantelfläche 29 des jeweiligen Rohrs 20 verlagert
5 werden.

[111] Auf diese Weise können insbesondere auch an konischen Rohre 20, wie in Figuren 5 und 6 exemplarisch dargestellt, durch die Bearbeitungseinrichtung 50 in abgedichteten Umgebungen innerhalb der Einheitenaufsätze 45 Bearbeitungen erfolgen.

[112] Jeder Bearbeitungseinrichtung 51 kann eine Bearbeitungsbreite B, vgl. Fig. 4, und
10 eine Bearbeitungshöhe H, vgl. Fig. 3, zugeordnet werden. Bei vorliegendem Ausführungsbeispiel sind die Bearbeitungsbreiten B und Bearbeitungshöhen H der jeweiligen Bearbeitungseinrichtungen 50 bzw. Bearbeitungseinheiten 30 identisch gewählt, sodass beispielsweise bei einem schrittweisen Drehen jeweils vergleichbare Winkelsegmente bzw. bei einer axialen Verlagerung vergleichbare Breitenbereiche des jeweiligen Rohrs 20 durch die Bearbeitungseinheiten 30
15 bearbeitet werden können.

[113] Darüber hinaus sind die Bearbeitungseinheiten 30 um ganzzahlige Vielfache der Bearbeitungsbreite B voneinander beabstandet angeordnet, sodass letztlich jeweils identische Bereiche der Mantelfläche 29 des Rohrs 20 durch die jeweiligen Bearbeitungseinheiten 30 bearbeitet werden können.

[114] Je nach konkreter Verfahrensführungen können die Transportwagen 71, 72 und
20 mithin das Rohr 20 zunächst stillstehen und das Rohr 20 um 380° schrittweise entsprechend der Bearbeitungshöhe H drehen, sodass ein entsprechender Mantelring des Rohrs 20 von den jeweiligen Bearbeitungseinheiten 30 bearbeitet werden kann. Anschließend kann eine schrittweise Verlagerung der Transportwagen 71, 72 und mithin auch des Rohrs 20 um eine
25 Bearbeitungsbreite B erfolgen, sodass dann ein axial mit der Bearbeitungsbreite B folgender Mantelring der Mantelfläche 29 des Rohrs 20 entsprechend bearbeitet werden kann. Diese Vorgehensweise wird wiederholt. Auf diese Weise kann schrittweise die gesamte Mantelfläche 29 des Rohrs 20 bearbeitet werden.

[115] Ebenso ist es denkbar, dass das Rohr 20 in einer Spiralbewegung zu verlagern, bei
30 welcher das Rohr 20 sowohl durch die Transportwagen 71, 72 entlang des Transportwegs 12 transportiert und gleichzeitig durch die Dreheinrichtung 16 um die Achse 17 gedreht wird, wobei,

in konkreter Umsetzung, die Transportgeschwindigkeit dividiert durch die Drehgeschwindigkeit vorzugsweise gleich der Bearbeitungsbreite B ist.

[116] Die Bewegungsabläufe können bei beiden Vorgehensweisen, je nach konkreter Verfahrensführung, jeweils kontinuierlich oder entsprechend schrittweise erfolgen.

5 [117] Zur Bearbeitung der Stirnbereiche 28 des Rohrs 20 dient, wie bereits erläutert, die Stirnbereichbearbeitungseinrichtung 14, welche bei diesem Ausführungsbeispiel einen Roboter 15, der bei diesem Ausführungsbeispiel als Roboterarm ausgebildet ist, umfasst, der seinerseits einen Bearbeitungskopf 39 trägt.

10 [118] Bei vorliegendem Ausführungsbeispiel ist dieser Bearbeitungskopf 39 ein Beschichtungskopf 38, wobei an dieser Stelle, je nach konkreter Umsetzung, auch ein Sandstrahlkopf oder ein Reinigungskopf zur Anwendung kommen kann. Ggf. kann der Bearbeitungskopf 39 mehrere Teilköpfe aufweisen, deren benötigte Bearbeitungseinrichtung nach Bedarf jeweils dem Rohr 20 zugewandt wird. Ebenso können austauschbare Bearbeitungsköpfe 39 vorgesehen sein.

15 [119] In der Regel wird der Stirnbereich 28 mit einer Breite von ungefähr 50 cm über die Stirnbereichbearbeitungseinrichtung 14 bearbeitet, wobei hier, je nach konkreter Umsetzung, auch größere oder kleinere Dimensionen vorgesehen sein können, insoweit die Mantelbearbeitungseinrichtung 11 diesbezüglich entsprechend mit der Stirnbereichbearbeitungseinrichtung 14 in Übereinstimmung arbeiten kann.

20 [120] Je nach konkreter Umsetzung kann die Stirnbereichbearbeitungseinrichtung 14 auch eine Dreheinrichtung umfassen, was insbesondere dann von Vorteil ist, wenn der Roboter 15 nicht über den gesamten Umfang des Rohrs 20 dieses entsprechend Bearbeiten kann, was beispielsweise durch eine geringe Armlänge bedingt sein kann. Dieses ermöglicht es, dass insbesondere kleine Roboter 15 ebenfalls zur Anwendung kommen können, was dann
25 entsprechend kostengünstig ist.

[121] Im Konkreten kann sowohl durch die Mantelbearbeitungseinrichtung 11 als auch durch die Stirnbereichbearbeitungseinrichtung 14 jeweils die Oberfläche des Rohrs 20 zunächst sandgestrahlt bzw. gereinigt werden. Danach kann eine Beschichtung 21 aufgetragen werden, die zunächst eine thermisch gespritzte Beschichtungslage 22 umfasst, wie exemplarisch in Figur 13
30 dargestellt. Anschließend kann eine die Siegelung umfassende Beschichtungslage 23 aufgetragen werden, wie dieses exemplarisch in Figur 14 dargestellt ist.

[122] Die thermisch gespritzten Beschichtungslagen 22 weisen verfahrensbedingt eine verhältnismäßig strukturierte Oberfläche mit Tälern und Hinterschneidungen auf, welche durch die eine Siegelung umfassende Beschichtungslage 23 aufgefüllt werden kann.

[123] In der Praxis wird eine Schichtdicke zwischen 100 μm und 500 μm der Beschichtung
5 21 für ausreichend erachtet. Hierbei sollten weniger als 80 μm und wenigstens 3 μm auf die Schichtdicke der eine Siegelung umfassenden Beschichtungslage 23 fallen.

Bezugszeichenliste:

10	Beschichtungsanlage	30	38	Beschichtungskopf
11	Mantelbearbeitungseinrichtung	39		Bearbeitungskopf
12	Transportweg			
5	13		41	Trageschlitten
	14		42	senkrecht zu dem Transportweg 12
	15	35	43	Schwenkschlitten
	16		44	Schwenkachse
	17		45	Einheitenaufsatz
10	18		46	Gehäuse des Einheitenaufsatz 45
	19		47	Bearbeitungsfenster
	20	40		
	21		50	Bearbeitungseinrichtung
	22		51	thermisch spritzende Beschichtungs-
15	23			einrichtung
	24		52	Beschichtungseinrichtung zum Be-
	25	45		schichten mit einer Siegelung
	26		53	Sandstrahleinrichtung
	27		54	Reinigungseinrichtung
20	28			
	29		60	Dichtung
	30	50	61	Dichtungssegment
	31			
	32		71	angetriebener Transportwagen
25	33		72	geschleppter Transportwagen
	34		73	Aufnahmerahmen
	35	55		
	36		B	Bearbeitungsbreite
	37		H	Bearbeitungshöhe

Patentansprüche:

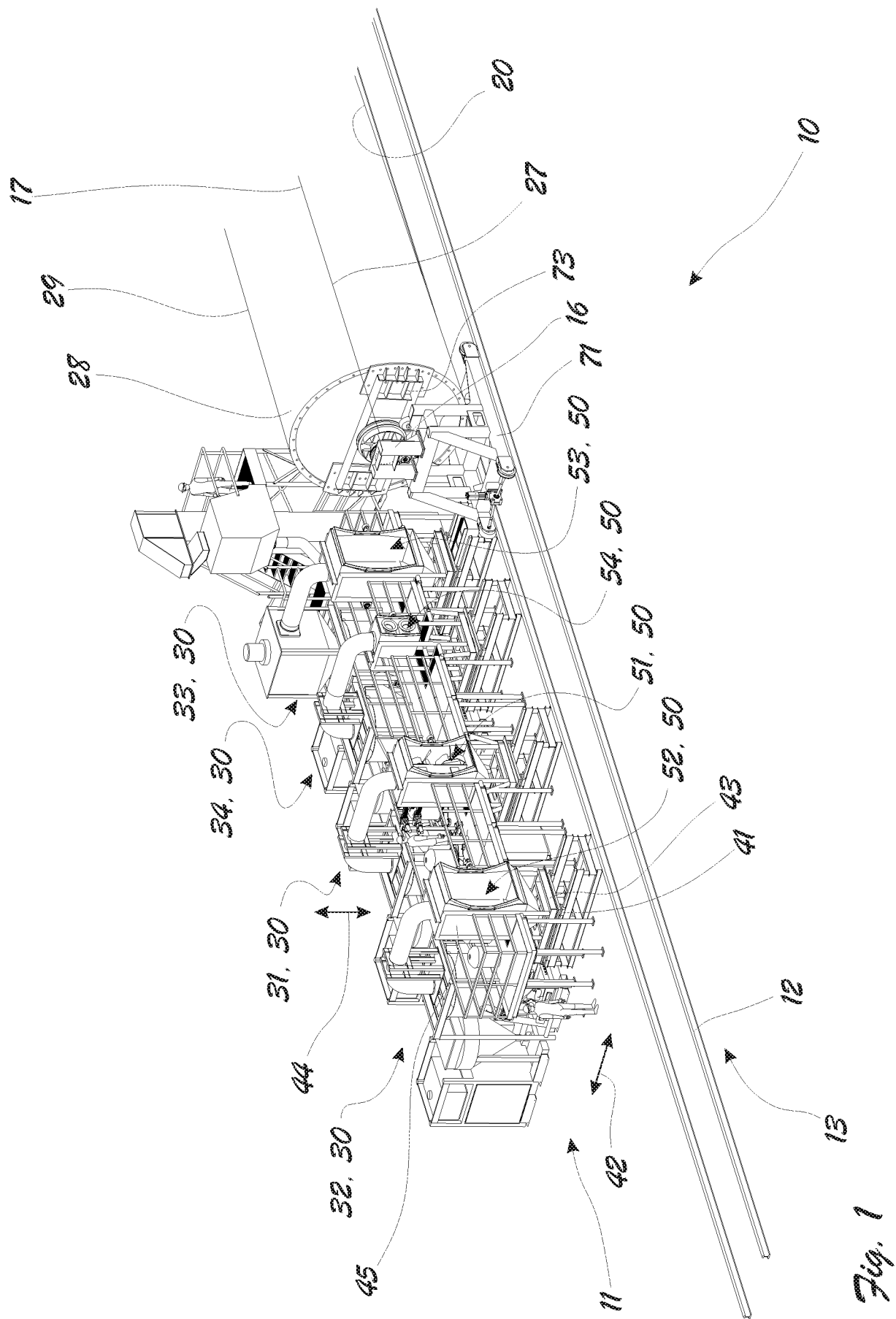
1. Rohr (20) mit einer Korrosion und/oder Verschleiß hemmenden Beschichtung (21),
dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (21) eine thermisch gespritzte Beschichtungslage (22) und eine eine Siegelung umfassende, in die thermisch gespritzte Beschichtungslage (22) eingedrungene Beschichtungslage (23) aufweist.
5
2. Rohr (20) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die die Beschichtungslage (22) und die Beschichtungslage (23) umfassende Beschichtung (21) zwischen 100 µm und 500 µm dick ist.
3. Rohr (20) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die die Siegelung umfassende Beschichtungslage (23) wenigstens 3 µm, vorzugsweise wenigstens 4 µm, stark ist und/oder weniger als 80 µm, vorzugsweise weniger als 70 µm, über die thermisch gespritzte Beschichtungslage (22) vorsteht.
10
4. Beschichtungsverfahren zum Beschichten eines Rohrs (20) mit einer Korrosion und/oder Verschleiß hemmenden Beschichtung (21), **dadurch gekennzeichnet, dass** zunächst eine thermisch gespritzte Beschichtungslage (22) thermisch auf das Rohr (20) gespritzt und anschließend eine eine Siegelung umfassende Beschichtungslage (23) auf die thermisch gespritzte Beschichtungslage (22) aufgetragen und vor dem Spritzen der thermisch gespritzten Beschichtungslage (22) das Rohr (20) gesandstrahlt und nach dem Sandstrahlen und vor dem Spritzen der thermisch gespritzten Beschichtungslage (22) das Rohr (20) gereinigt wird.
15
20
5. Beschichtungsverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die die Siegelung umfassende Beschichtungslage (23) aufgespritzt oder aufgerollt wird.
6. Beschichtungsverfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (20) nach dem Sandstrahlen und vor dem Spritzen der thermisch gespritzten Beschichtungslage (22) abgebürstet wird.
25
7. Beschichtungsverfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst die Stirnbereiche (28) des Rohrs (20) und anschließend die Mantelfläche (29) des Rohrs (20) entsprechend behandelt werden.

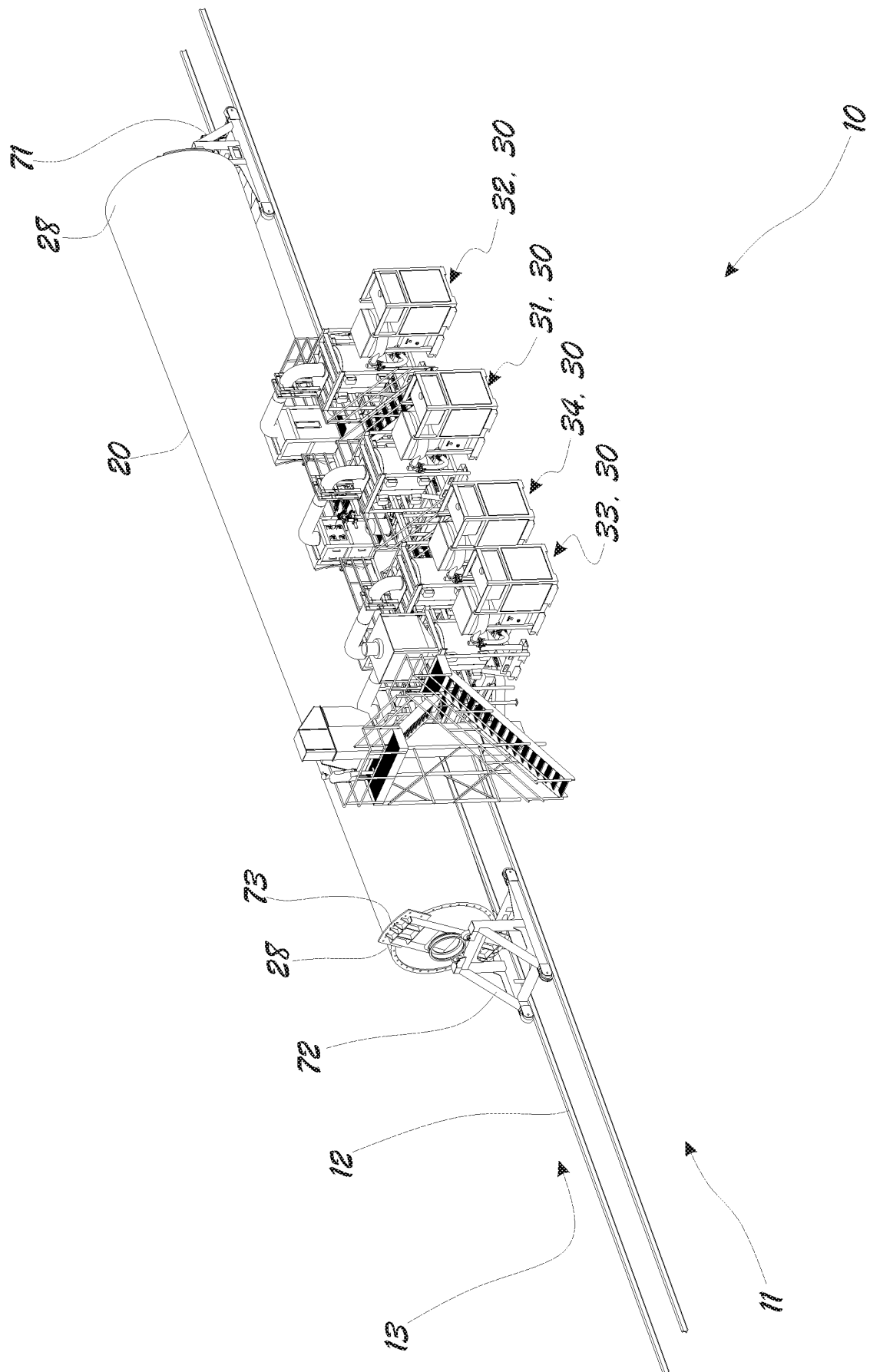
8. Beschichtungsverfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (20) an einer Mantelbearbeitungseinrichtung (11) drehend vorbeigeführt wird.
- 5 9. Beschichtungsverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Mantelbearbeitungseinrichtung (11) wenigsten eine Bearbeitungseinheit (30) mit einer Bearbeitungsbreite (B) aufweist, das Rohr (20) mit einer Transportgeschwindigkeit entlang eines Transportwegs (12), der parallel zu einer Haupterstreckungsrichtung (27) des Rohrs (20) ausgerichtet ist, transportiert wird und das Rohr (20) mit einer Drehgeschwindigkeit gedreht wird, wobei die Transportgeschwindigkeit dividiert durch die
10 Drehgeschwindigkeit kleiner oder gleich, vorzugsweise gleich, der Bearbeitungsbreite (B) ist.
10. Beschichtungsverfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Transport und die Drehung sowie die Bearbeitung kontinuierlich oder schrittweise erfolgen.
- 15 11. Beschichtungsanlage (10) zum Beschichten eines Rohrs (20) mit einer Korrosion und/oder Verschleiß hemmenden Beschichtung (21), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtungsanlage (10) eine zumindest eine Beschichtungseinheit (31, 32), eine Sandstrahleinheit (33) und eine Reinigungseinheit (34) umfassende Mantelbearbeitungseinrichtung (11) und einen ein Rohr (20) an der Mantelbearbeitungseinrichtung
20 (11) entlang eines Transportwegs (12), der parallel zu einer Haupterstreckungsrichtung (27) des Rohrs (20) ausgerichtet ist, transportierenden Rohrtransport (13) und/oder **dass** die Beschichtungsanlage (10) eine Stirnbereichbearbeitungseinrichtung (14) mit einem zumindest einen Beschichtungskopf (38) tragenden Roboter (15), die für den Roboter (15) oder für einen weiteren Roboter (15) einen Sandstrahlkopf und einen Reinigungskopf vorhält, aufweist.
25
12. Beschichtungsanlage (10) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Mantelbearbeitungseinrichtung (11) eine weitere Beschichtungseinheit (31, 32) umfasst.

13. Beschichtungsanlage (10) nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Mantelbearbeitungseinrichtung (11) zumindest zwei Bearbeitungseinheiten (30) aufweist, die parallel zu dem Transportweg (12) eine Bearbeitungsbreite (B) aufweisen, wobei die Bearbeitungsbreiten (B) der Bearbeitungseinheiten (30) identisch gewählt sind und/oder die Bearbeitungseinheiten (30) um ein ganzzahliges Vielfaches der Bearbeitungsbreite (B) voneinander beabstandet angeordnet sind.
14. Beschichtungsanlage (10) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine, vorzugsweise jede, der Bearbeitungseinheiten (30) der Mantelbearbeitungseinrichtung (11) eine Bearbeitungshöhe (H) aufweist, die den kleinsten Durchmesser, vorzugsweise zwei Drittel des kleinsten Durchmessers, der zu beschichtenden Rohre (20) nicht überschreitet.
15. Beschichtungsanlage (10) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine, vorzugsweise jede, der Bearbeitungseinheiten (30) der Mantelbearbeitungseinrichtung (11) einen senkrecht zu dem Transportweg (12) verlagerbaren Trageschlitten (41) und/oder einen um eine senkrecht zu dem Transportweg (12) angeordnete Schwenkachse (44) schwenkbaren Schwenkschlitten (43) aufweist.
16. Beschichtungsanlage (10) nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine, vorzugsweise jede, der Bearbeitungseinheiten (30) der Mantelbearbeitungseinrichtung (11) wenigstens einen Einheitenaufsatz (45) mit einer Bearbeitungseinrichtung (50), wie einer Sandstrahleinrichtung (53), einer Reinigungseinrichtung (54) oder einer Beschichtungseinrichtung (51, 52), aufweist.
17. Beschichtungsanlage (10) nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Einheitenaufsatz (45) ein Bearbeitungsfenster (47) mit einer umlaufenden Dichtung (60) aufweist.
18. Beschichtungsanlage (10) nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtung (60) an unterschiedliche Rohrdurchmesser anpassbar ist und/oder dass die Dichtung (60) wenigstens zwei, vorzugsweise wenigstens drei, zueinander in ihrem Winkel anstellbare Dichtungssegmente (61) aufweist.

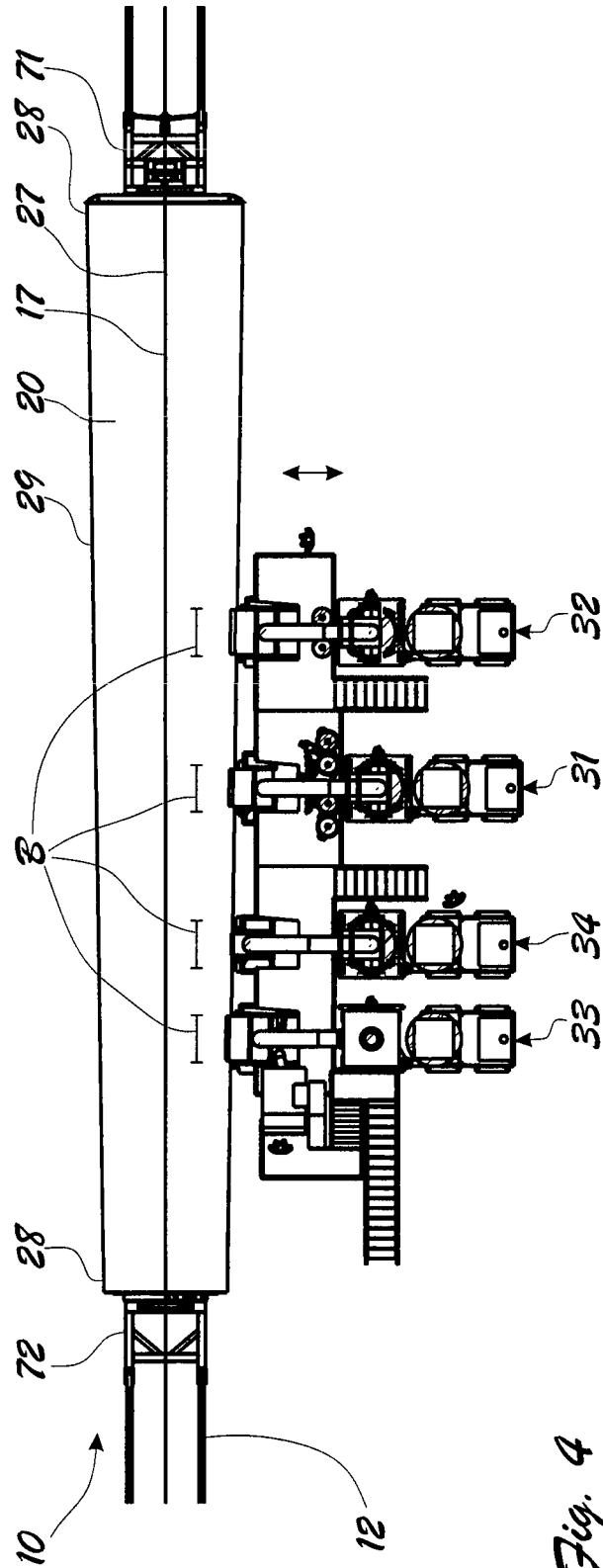
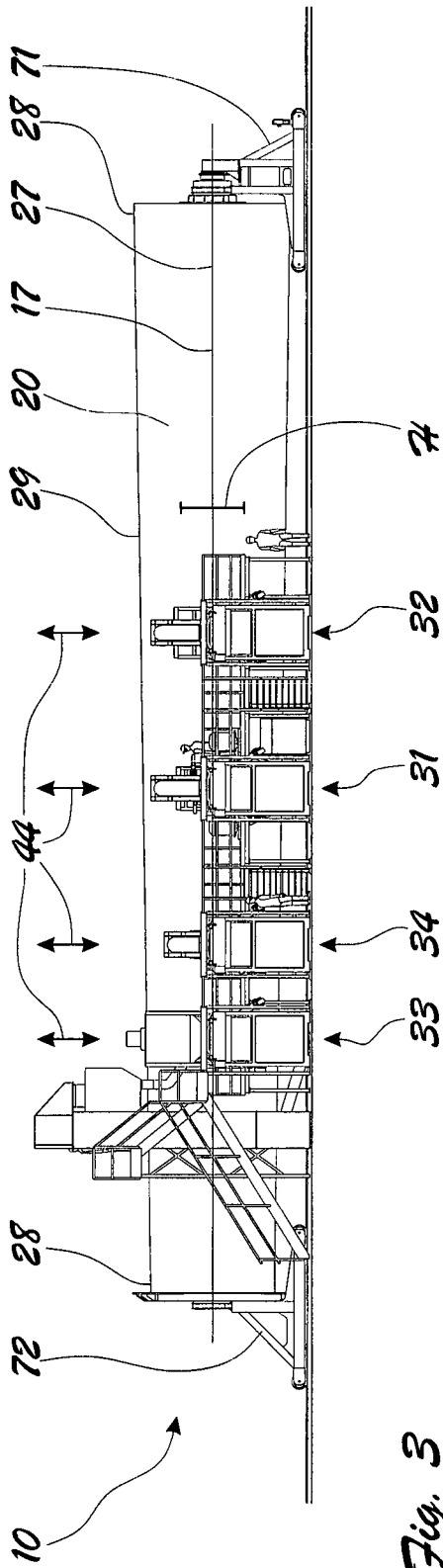
19. Beschichtungsanlage (10) nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtung (60) eine Bürstendichtung, ein Mehrkammerdichtsystem und/oder ein Sperrluftdichtsystem umfasst.
- 5 20. Beschichtungsanlage (10) nach Anspruch 15 und nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Einheitenauflauf (45) auf dem Trageschlitten (41) und/oder auf dem Schwenkschlitten (43) angeordnet ist.
- 10 21. Beschichtungsanlage (10) nach einem der Ansprüche 11 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Rohrtransport (13) eine Dreheinrichtung (16) umfasst, mittels welcher das Rohr (20) um eine parallel zu dem Transportweg (12) ausgerichtete Achse (17) drehbar ist.
22. Rohr (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, Beschichtungsverfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 10 oder Beschichtungsanlage (10) nach einem der Ansprüche 11 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das thermische Spritzen Hochgeschwindigkeitsflammspritzen, Heißdrahtspritzen und/oder Lichtbogenspritzen umfasst.
- 15 23. Rohr (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und 22, Beschichtungsverfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 10 und 22 oder Beschichtungsanlage (10) nach einem der Ansprüche 11 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die thermisch gespritzte Beschichtungslage (22) Zn-Al, vorzugsweise in einem Verhältnis zwischen 40/60 und 90/10, Cu und/oder andere Materialien umfasst.
- 20 24. Rohr (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, 22 und 23, Beschichtungsverfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 10, 22 und 23 oder Beschichtungsanlage (10) nach einem der Ansprüche 11 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Siegelung Sol-Gel-Anteile umfasst und vorzugsweise eine Sol-Gel-Siegelung oder ein Sol-Gel-Lack ist.
- 25 25. Rohr (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und 22 bis 24, Beschichtungsverfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 10 und 22 bis 24 oder Beschichtungsanlage (10) nach einem der Ansprüche 11 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Siegelung hydrophob ausgebildet ist.

26. Rohr (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und 22 bis 25, Beschichtungsverfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 10 und 22 bis 25 oder Beschichtungsanlage (10) nach einem der Ansprüche 11 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (20) ein Großrohr ist, dass das Rohr (20) ein geschweißtes Spiralrohr ist, dass das Rohr (20) konisch ausgebildet ist, dass das Rohr (20) metallisch, vorzugsweise aus Stahl, ist.
- 5





254



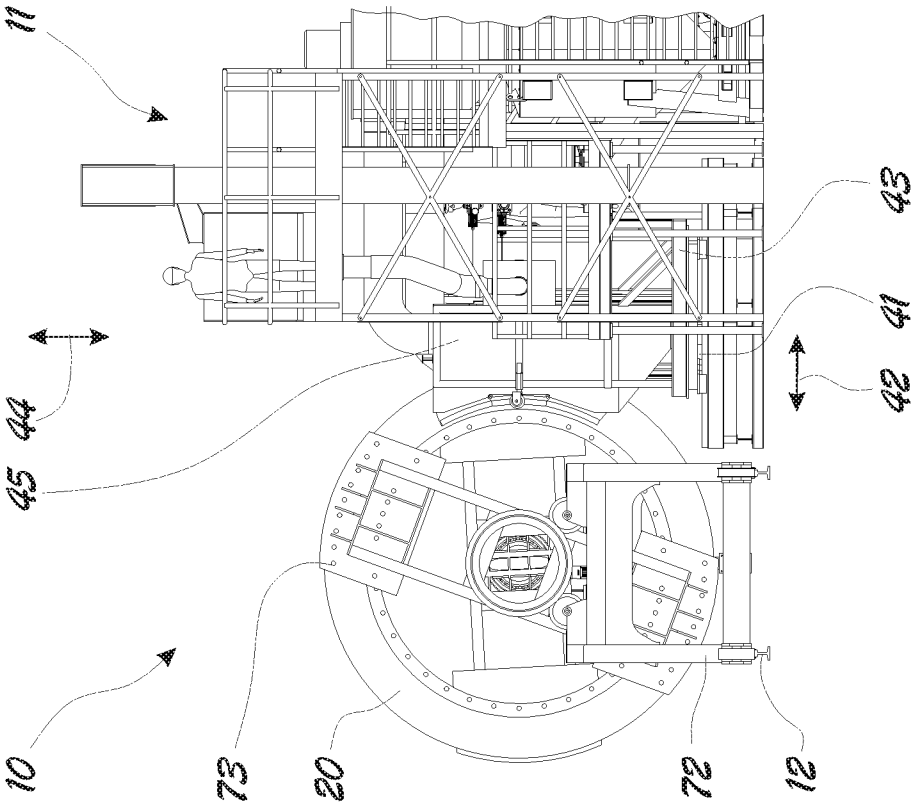


Fig. 6

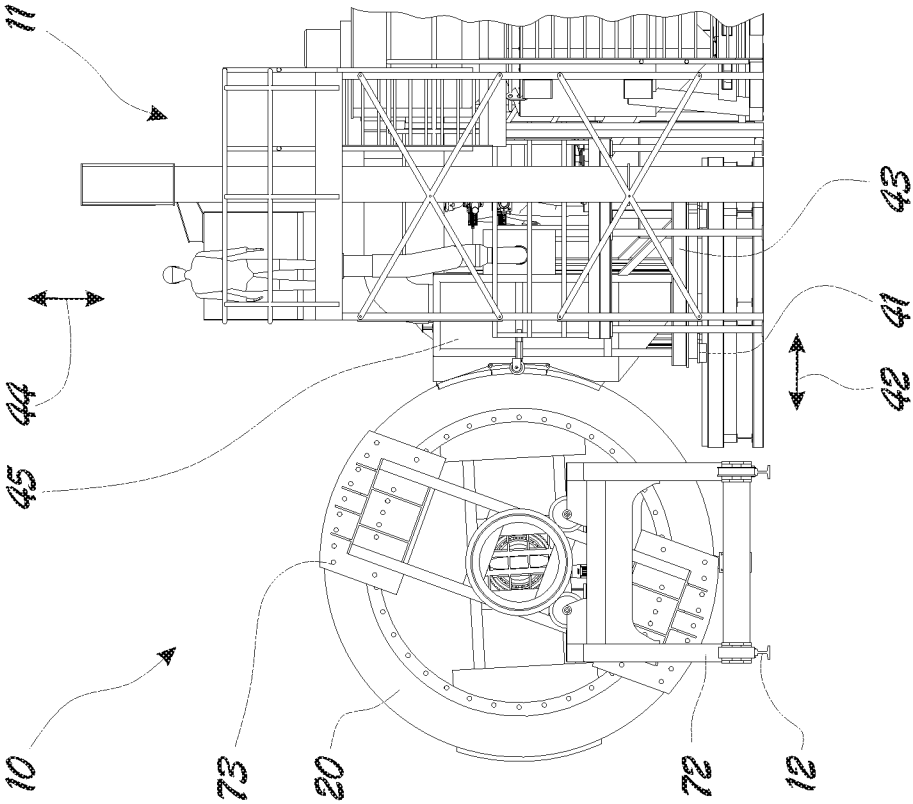
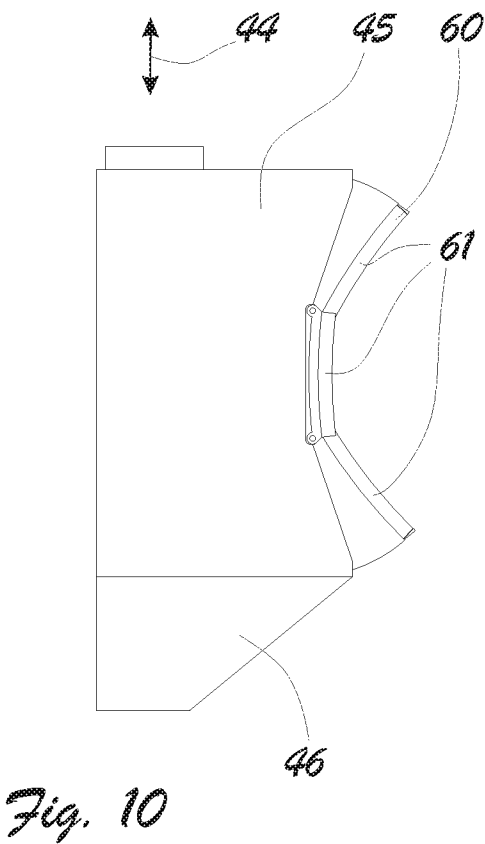
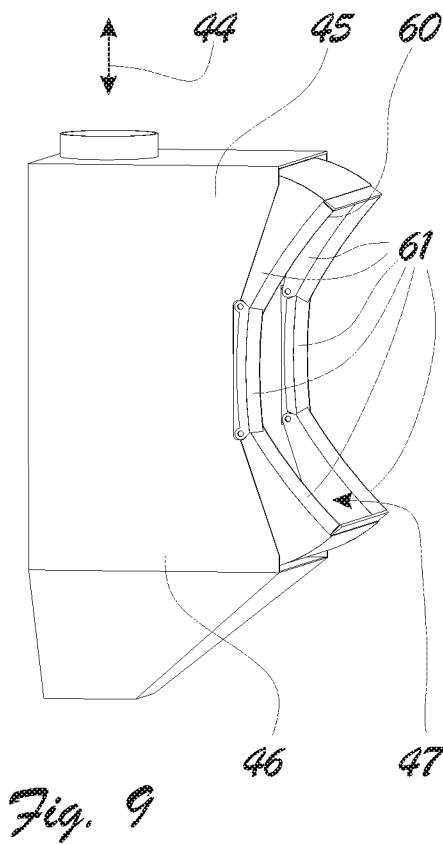
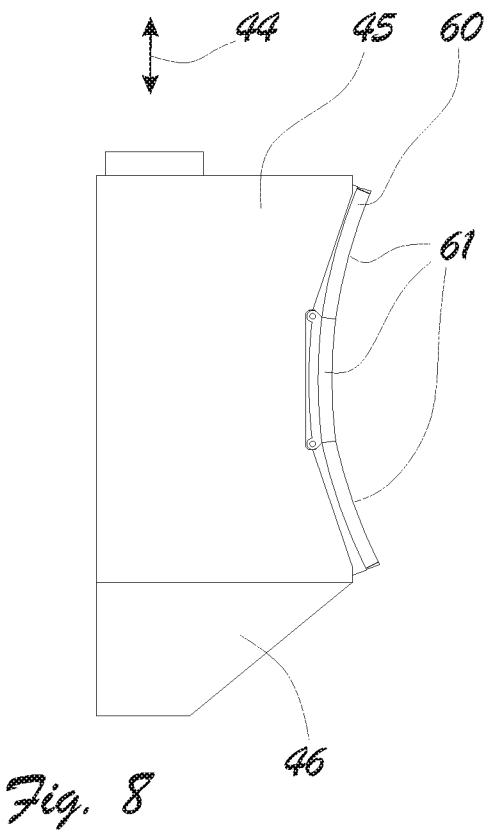
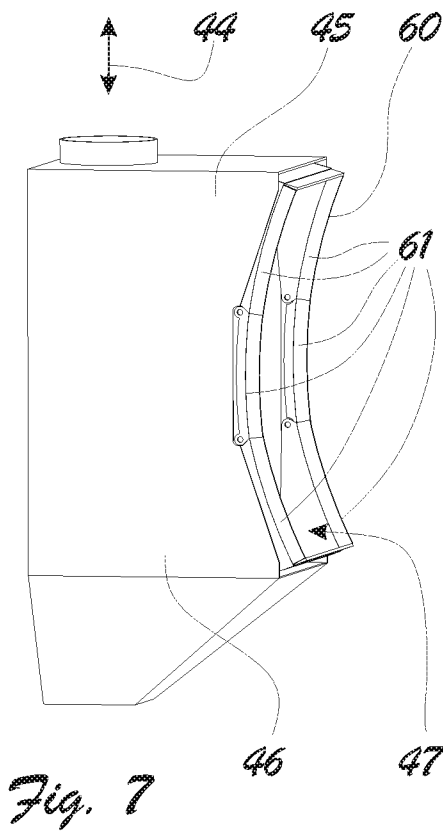
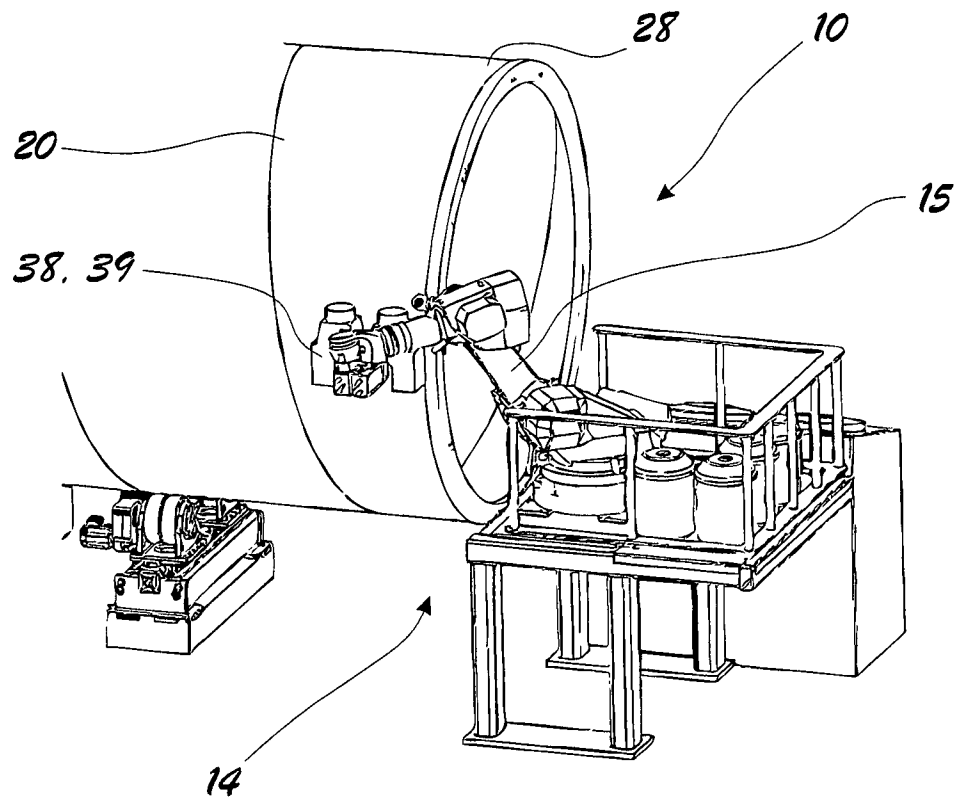
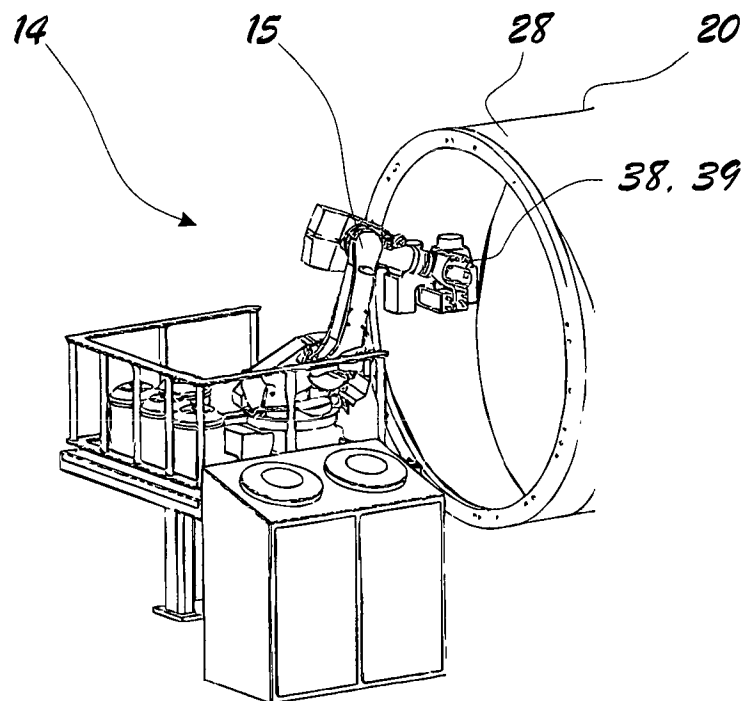
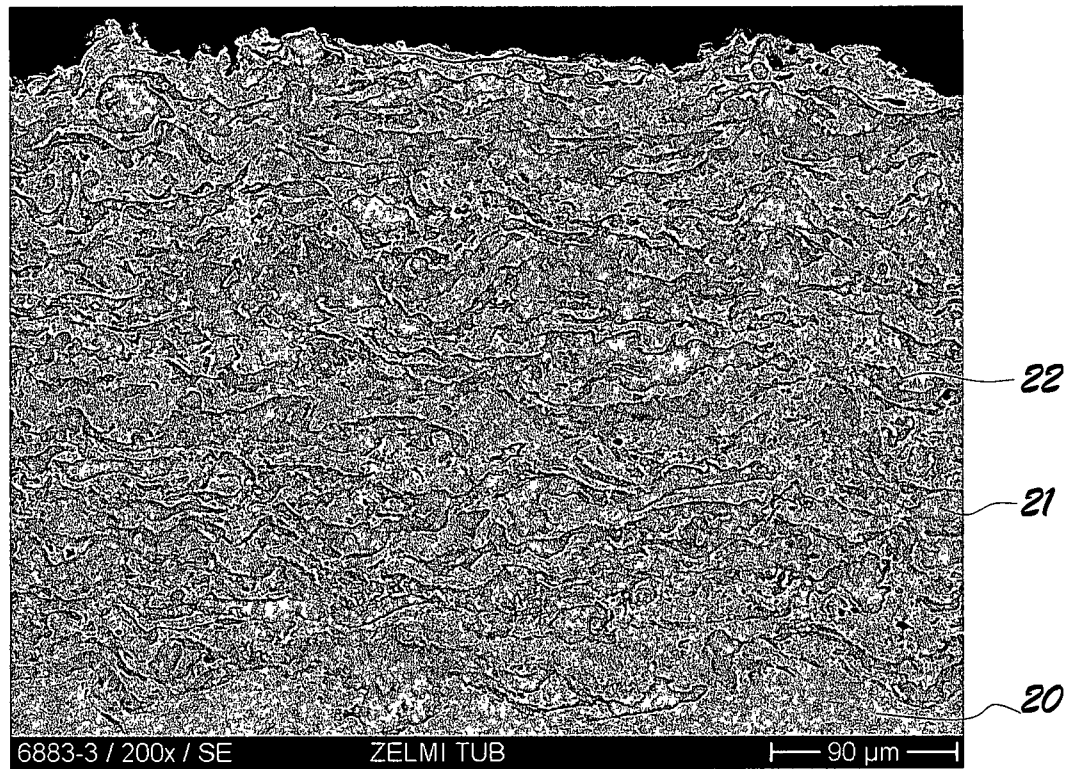
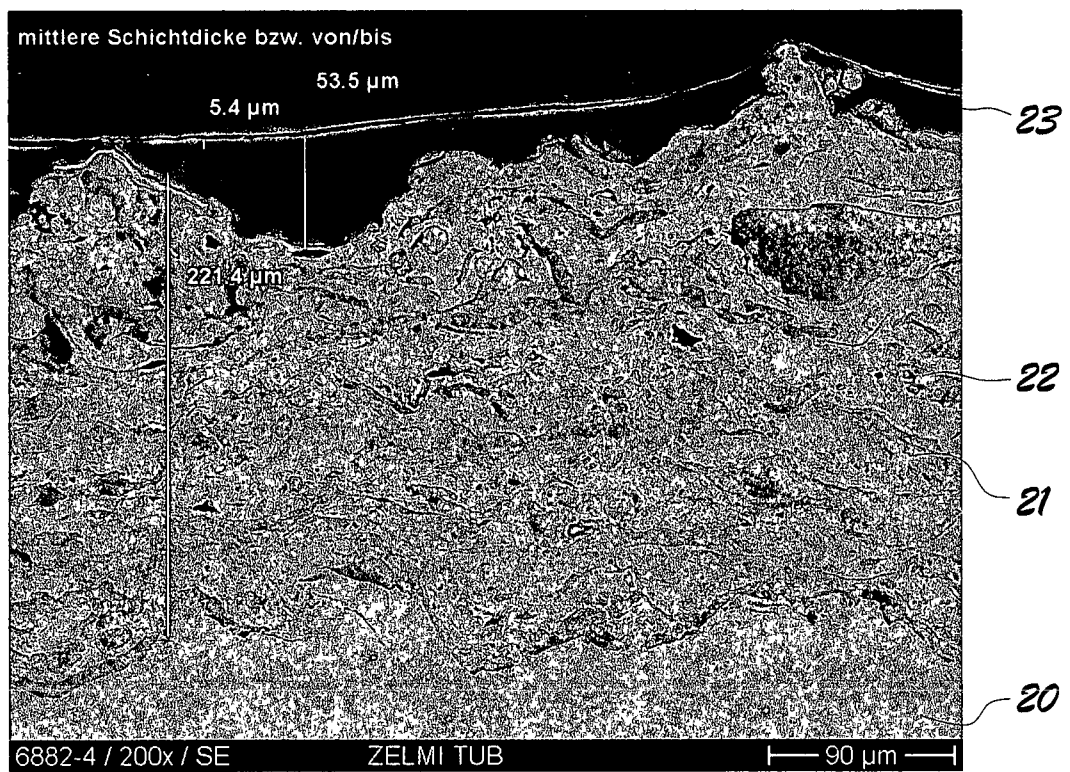


Fig. 5



*Fig. 11**Fig. 12*

*Fig. 13**Fig. 14*