



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2013/07/12
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2014/01/23
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2014/12/17
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2013/051682
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2014/013171
(30) Priorité/Priority: 2012/07/17 (FR12/56891)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *F27B 1/00* (2006.01),
C04B 2/12 (2006.01), *F27B 1/21* (2006.01)

(71) Demandeur/Applicant:
VICAT, FR

(72) Inventeurs/Inventors:
JACOB, YVAN-PIERRE, FR;
PASQUIER, MICHEL, FR;
RENIE, DOMINIQUE, FR;
BEAUVENT, GUY, FR

(74) Agent: NORTON ROSE FULBRIGHT CANADA
LLP/S.E.N.C.R.L., S.R.L.

(54) Titre : FOUR DROIT POUR LA FABRICATION D'UN CLINKER

(54) Title: OPTIMISED VERTICAL-SHAFT KILN FOR PRODUCING SULFOALUMINOUS CLINKER

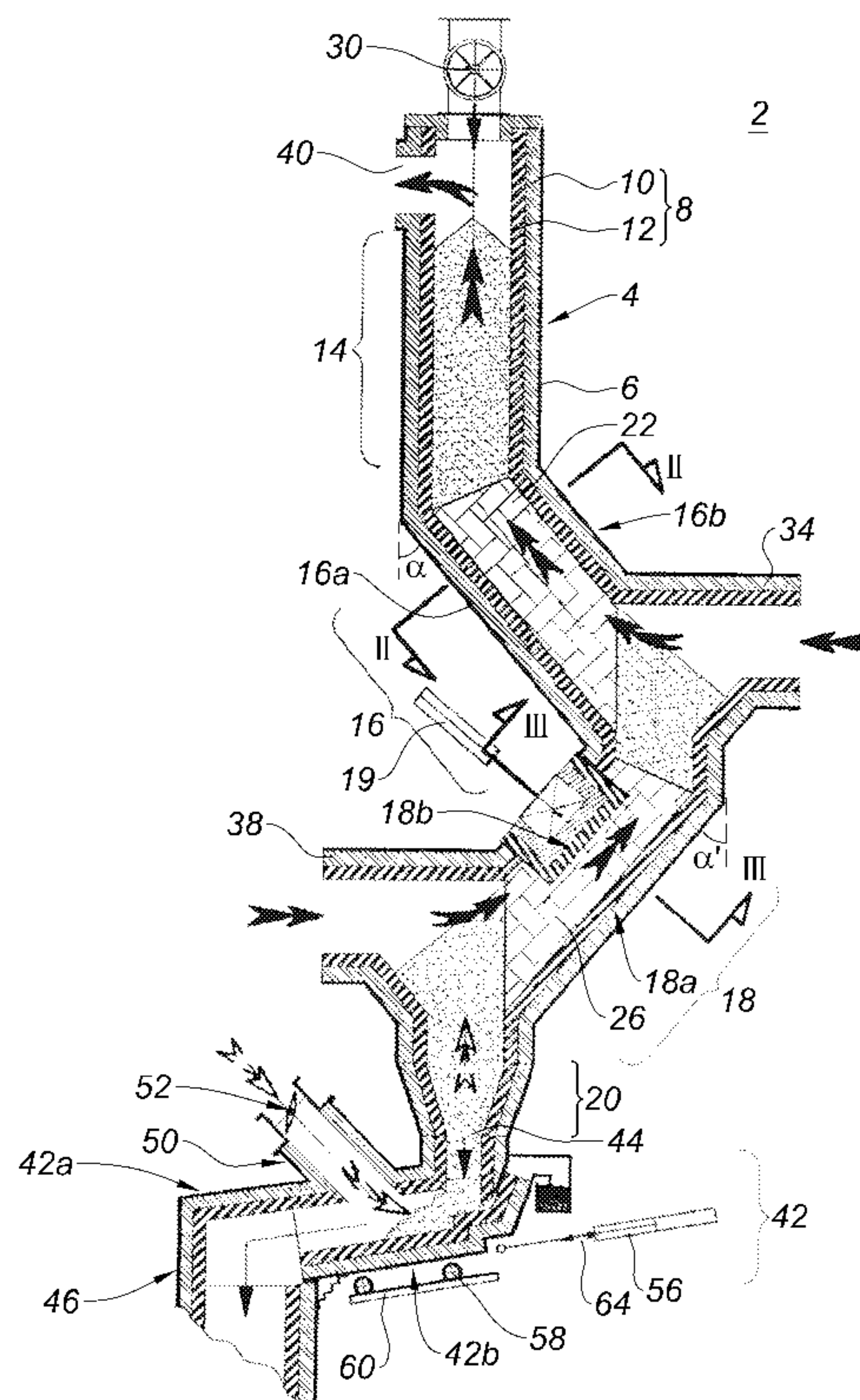


Fig. 1

(57) Abrégé/Abstract:

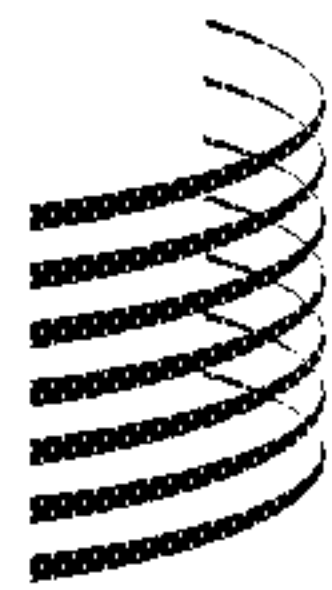
L'invention concerne un four droit (2) pour la fabrication d'un clinker comportant: -une enceinte(4) tubulaire comprenant de haut en bas :un tronçon d'alimentation (14); un tronçon de décarbonatation (16) présentant une surface inférieure (16a) inclinée; un



(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):

tronçon de clinkérisation (18) présentant une surface inférieure (18a) inclinée; un premier tronçon de collection (20); -des premiers moyens d'extraction (42) agencés pour extraire le clinker du premier tronçon de collection (20); -des moyens de génération d'un premier gaz présentant une température comprise entre 950°C et 1250°C, et d'amenée de celui-ci dans le tronçon de décarbonatation (16); -des moyens de génération d'un second gaz oxydant présentant une température comprise entre 1250°C et 1450°C, et d'amenée de celui-ci dans le tronçon de clinkérisation (18); et -des premiers moyens d'aspiration des premier et second gaz issus du tronçon d'alimentation (14).

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
23 janvier 2014 (23.01.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/013171 A1(51) Classification internationale des brevets :
F27B 1/00 (2006.01) C04B 2/12 (2006.01)
F27B 1/21 (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2013/051682(22) Date de dépôt international :
12 juillet 2013 (12.07.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
12/56891 17 juillet 2012 (17.07.2012) FR(71) Déposant : VICAT [FR/FR]; Tour Manhattan, 6 Place de
l'Iris, F-92095 Paris La Defense (FR).(72) Inventeurs : JACOB, Yvan-Pierre; 820 Chemin des Mar-
tyrs de la Résistance, F-38480 Pont De Beauvoisin (FR).
PASQUIER, Michel; 14 Rue du Docteur Mouisset, F-
69006 Lyon (FR). RENIE, Dominique; 79 Chemin de
Beauregard, F-38500 Coublevie (FR). BEAUVENT, Guy;
2667 Rue de Belle, La Maloterie, F-62720 Wierre Effroy
(FR).(74) Mandataire : CABINET GERMAIN & MAUREAU;
B.P. 6153, F-69466 Lyon Cedex 06 (FR).(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : 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, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), européen (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).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : OPTIMISED VERTICAL-SHAFT KILN FOR PRODUCING SULFOALUMINOUS CLINKER

(54) Titre : FOUR DROIT POUR LA FABRICATION D'UN CLINKER

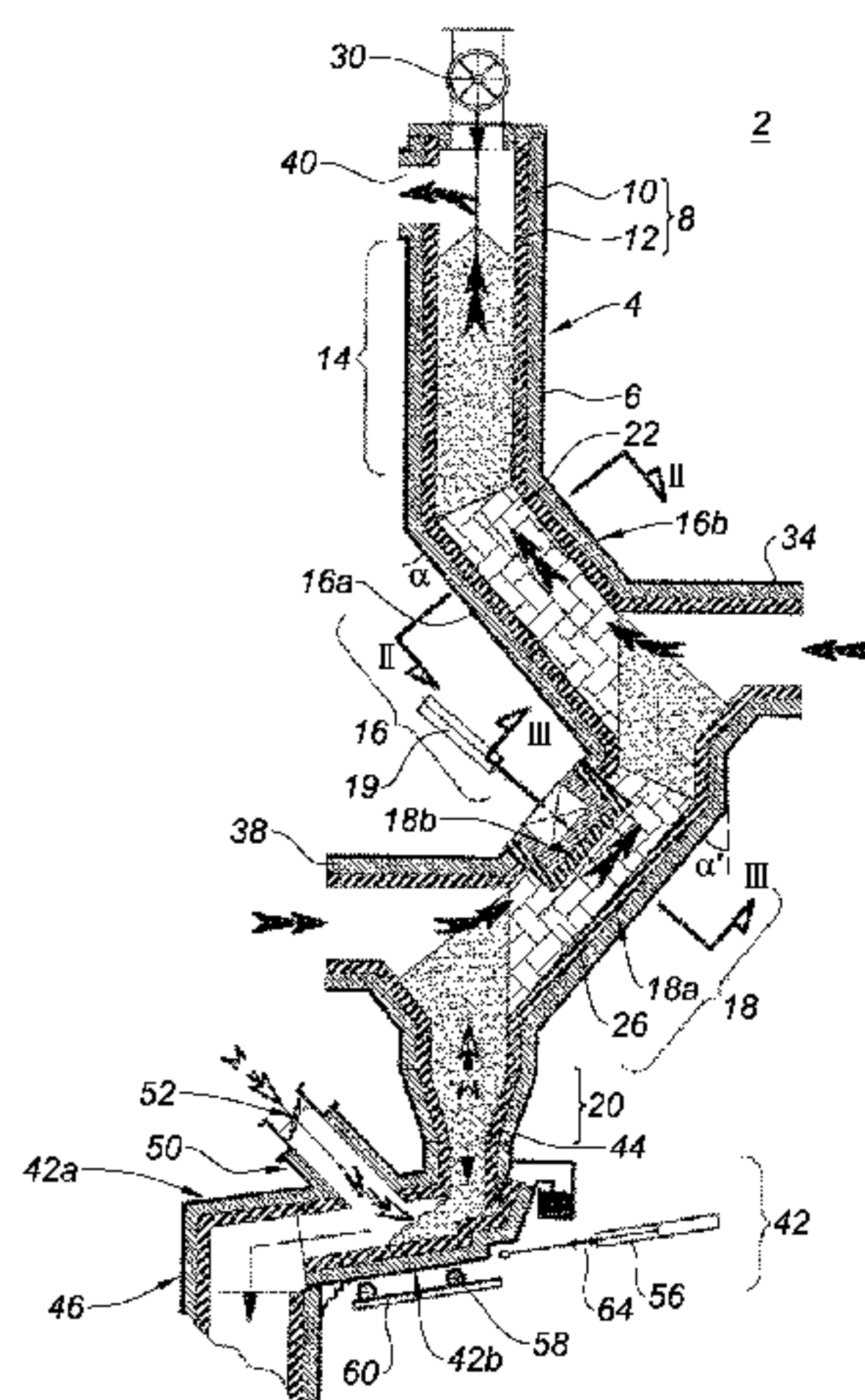


Fig. 1

(57) Abstract : The invention relates to a vertical-shaft kiln (2) for producing a clinker comprising a tubular enclosure (4) comprising, from top to bottom: a feeding section (14); a decarbonation section (16) having an inclined inner surface (16a); a clinkerisation section (18) having an inclined inner surface (18a); a first collection section (20); first extraction means (42) arranged in such a way as to extract the clinker from the first collection section (20); means for generating a first gas having a temperature of between 950°C and 1250°C, and for feeding same into the decarbonation section (16); means for generating a second oxidising gas having a temperature of between 1250°C and 1450°C, and for feeding same into the clinkerisation section (18); and first means for the intake of the first and second gases from the feeding section (14).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2014/013171 A1

L'invention concerne un four droit (2) pour la fabrication d'un clinker comportant: -une enceinte(4) tubulaire comprenant de haut en bas :.un tronçon d'alimentation (14);. un tronçon de décarbonatation (16) présentant une surface inférieure (16a) inclinée;. un tronçon de clinkérisation (18) présentant une surface inférieure (18a) inclinée;.un premier tronçon de collection (20); -des premiers moyens d'extraction (42) agencés pour extraire le clinker du premier tronçon de collection (20); -des moyens de génération d'un premier gaz présentant une température comprise entre 950°C et 1250°C, et d'amenée de celui-ci dans le tronçon de décarbonatation (16); -des moyens de génération d'un second gaz oxydant présentant une température comprise entre 1250°C et 1450°C, et d'amenée de celui-ci dans le tronçon de clinkérisation (18); et -des premiers moyens d'aspiration des premier et second gaz issus du tronçon d'alimentation (14).

FOUR DROIT POUR LA FABRICATION D'UN CLINKER

La présente invention concerne un four droit pour la fabrication d'un clinker, notamment sulfo-alumineux, sulfo-alumineux bélitique, alinitique, fluoro alinitique, chloro-alumineux, ou plus généralement tout clinker se formant en solution solide sans génération de phase liquide, ainsi qu'une installation équipée de ce four.

Le terme « four droit » (encore appelé « shaft kiln » en langue anglaise) désigne tout four dont l'enceinte s'étend dans une direction essentiellement verticale.

Une installation pour la fabrication d'un clinker vise généralement à atteindre deux objectifs : produire un clinker en masse et produire un clinker régulier, c'est-à-dire homogène.

On connaît de l'état de la technique une installation pour la fabrication d'un clinker sulfo-alumineux équipée d'un préchauffeur à cyclones, d'un précalcinateur et d'un four rotatif. Une telle installation si elle permet la production de masse ne permet pas la production d'un clinker régulier.

On connaît, par le document FR2928643, une installation pour la fabrication d'un clinker sulfo-alumineux équipée d'un four droit de décarbonatation et d'un four à passage de clinkérisation.

Le four droit comporte une enceinte à l'intérieur duquel est déversé un cru contenant notamment du calcium, de l'aluminium, de la silice, du fer, et du soufre sous forme minérale combinée comme par exemple des oxydes, des hydroxydes, des carbonates, des chlorures ou des sulfates. Le four droit comporte des canaux d'amenée d'un gaz à une température comprise entre 900°C et 1150°C, de manière à déshydrater et à décarbonater le cru.

Le four à passage comporte un foyer, à l'intérieur duquel circule une pluralité de chariots mobiles. Une couche de cru issu du four droit est étendue sur chacun des chariots. Le four à passage comporte une pluralité de brûleurs répartis le long du foyer. Ces brûleurs portent le cru à une température de l'ordre de 1250°C à 1450°C, de manière à le clinkériser.

Une telle installation permet de contrôler finement le profil de températures lors de la clinkérisation en ajustant la puissance des brûleurs et la vitesse de déplacement des chariots. Ainsi, le clinker fabriqué présente une très bonne régularité.

Toutefois, l'épaisseur des couches de cru disposées sur les chariots du four à passage est faible. Aussi, la capacité de production d'une telle installation est limitée.

On connaît également, par le document CN1094383, une installation pour la fabrication d'un clinker sulfo-alumineux équipée d'un four droit. Ce four droit comporte un foyer à l'intérieur duquel est déversé un cru contenant du calcium, de l'aluminium, de la silice, du fer, et du soufre mélangé à un combustible solide tel que du charbon.

Un inconvénient d'une telle installation est que le cru présente une granulométrie irrégulière. Aussi, lorsque ce cru est déversé dans le foyer, l'air circule en quantité inégale entre les boulettes formant le cru, et le combustible est mélangé de manière hétérogène. Par suite, la combustion du combustible est inégale, et le clinker réalisé est irrégulier.

En outre, la proximité du combustible et des boulettes de cru engendre la formation de zones réductrices dans le foyer, c'est-à-dire de zones en déficit d'oxygène. Ces zones réductrices conduisent à la perte de soufre et à une dégradation de la composition chimique recherchée. En particulier, une phase $C_{12}A_7$, appelée mayénite, apparaît. Cette phase accélère fortement la prise hydraulique d'un ciment, et est par conséquent préjudiciable.

Enfin, un four droit, du type de celui décrit dans le document CN1094383, est généralement pourvu d'une bouche d'admission d'air ambiant en partie basse du foyer.

Une telle bouche permet l'admission d'air de combustion du combustible solide mélangé au cru.

Une telle bouche permet en outre le refroidissement du clinker avant extraction du foyer. D'autre part, les risques de collage, et par suite de colmatage du foyer, par le clinker peuvent être limités.

Un inconvénient d'un tel type de four droit est que le refroidissement est subi plutôt que maîtrisé. Or, on sait que la vitesse de refroidissement du clinker détermine le temps de prise et la demande en eau du ciment réalisé à partir de ce clinker.

En conséquence, un ciment réalisé à partir d'un clinker fabriqué dans ce type de four présente un temps de prise et une demande en eau mal maîtrisés.

L'invention vise à remédier à tout ou partie des inconvénients précités.

L'invention vise en particulier à fournir un four droit pour la fabrication d'un clinker sulfo-alumineux régulier et dans le cadre d'une production en masse.

L'invention concerne un four droit pour la fabrication d'un clinker, caractérisé en ce qu'il comporte :

- une enceinte tubulaire comprenant de haut en bas :
 - un tronçon d'alimentation s'étendant sensiblement verticalement, conçu pour recevoir un cru ;
 - un tronçon de décarbonatation présentant une surface inférieure inclinée par rapport à la verticale ;
 - un tronçon de clinkérisation présentant une surface inférieure inclinée par rapport à la verticale ;
 - un premier tronçon de collection s'étendant sensiblement verticalement ;
- des premiers moyens d'extraction agencés pour extraire le clinker du premier tronçon de collection, adaptés pour moduler le débit d'extraction du clinker ;
- des premiers moyens de génération agencés pour générer un premier gaz présentant une température comprise entre 950°C et 1250°C ;
- des premiers moyens d'amenée agencés pour amener le premier gaz dans le tronçon de décarbonatation ;
- des seconds moyens de génération agencés pour générer un second gaz oxydant présentant une température comprise entre 1250°C et 1450°C ;
- des seconds moyens d'amenée agencés pour amener le second gaz oxydant dans le tronçon de clinkérisation ; et
- des premiers moyens d'aspiration des premier et second gaz issus du tronçon d'alimentation.

Selon une première forme d'exécution, la surface inférieure du tronçon de clinkérisation est orientée transversalement à la surface inférieure du tronçon de décarbonatation.

Selon une seconde forme d'exécution, les faces inférieures des tronçons de décarbonatation et de clinkérisation sont inclinées dans le même sens. De préférence, elles possèdent la même inclinaison. Elles peuvent être décalées l'une par rapport à l'autre, un décrochement vers le bas étant prévu entre l'extrémité inférieure de la surface inférieure du tronçon de

décarbonatation et l'extrémité supérieure de la surface inférieure du tronçon de clinkérisation.

Le clinker fabriqué par le four selon l'invention peut être un clinker sulfo-alumineux, sulfo-alumineux bélitique, alinitique, fluoro alinitique, chloro-alumineux, ou plus généralement tout clinker se formant en solution solide sans génération de phase liquide.

De préférence, le cru contient du calcium, de l'aluminium, de la silice, du fer, et du soufre sous forme minérale combinée comme les oxydes, les hydroxydes, les carbonates, les chlorures ou les sulfates.

L'utilisation du second gaz oxydant, c'est-à-dire en excès d'air, est particulièrement avantageuse en ce qu'elle empêche la formation de zones réductrices dans le tronçon de clinkérisation, et par suite empêche la formation de la phase $C_{12}A_7$ préjudiciable.

L'utilisation de tronçons de décarbonatation et de clinkérisation présentant des surfaces inférieures inclinées permet de répartir la charge sur les surfaces inférieures et non plus sur les boulettes formant le cru, de manière à réduire le risque de collage et de colmatage des tronçons de décarbonatation et de clinkérisation.

Les surfaces inférieures des tronçons de décarbonatation et de clinkérisation orientées transversalement permettent la formation de talus à travers lesquels le premier et/ou le second gaz remontent à contre courant. Ainsi, les échanges thermiques entre le cru et les premier et second gaz sont maximisés.

La dissociation des premiers et seconds moyens d'amenée permet de contrôler finement le profil de température dans le tronçon de décarbonatation et de clinkérisation.

Les premiers moyens d'extraction permettent d'ajuster finement le temps de séjour du cru dans le tronçon de clinkérisation.

Ainsi, la régularité d'un clinker fabriqué avec une installation équipée d'un four droit selon l'invention est :

- meilleure que celle d'un clinker fabriqué avec l'installation décrite dans le document CN1094383 ; et

- sensiblement identique à celle d'un clinker fabriqué avec l'installation décrite dans le document FR2928643.

Une installation équipée du four droit selon l'invention présente une capacité de production supérieure à celle de l'installation décrite dans le document FR2928643.

Enfin, le four droit selon l'invention ne nécessite plus que le cru soit mélangé à un combustible solide, ce qui permet de s'affranchir des inconvénients liés à l'utilisation d'un combustible solide.

Le four droit selon l'invention peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

Suivant une caractéristique, le tronçon de décarbonatation et le tronçon de clinkérisation présentent des sections transversales rectangulaires ;

le tronçon de décarbonatation et le tronçon de clinkérisation présentent des surfaces supérieures inclinées par rapport à la verticale ;

le bord inférieur de la surface inférieure du tronçon de décarbonatation s'étend sensiblement à l'aplomb du bord inférieur de la surface supérieure de ce tronçon de décarbonatation ; et

le bord inférieur de la surface inférieure du tronçon de clinkérisation s'étend sensiblement à l'aplomb du bord inférieur de la surface supérieure de ce tronçon de clinkérisation.

De préférence, les surfaces inférieures des tronçons de décarbonatation et de clinkérisation forment un angle compris entre 80° et 140°.

De préférence, les surfaces inférieures des tronçons de décarbonatation et de clinkérisation forment un angle inférieur à 45° par rapport à la verticale.

De façon avantageuse, les premiers moyens de génération sont distincts des deuxièmes moyens de génération.

Avantageusement, les premiers moyens d'amenée sont agencés pour amener le premier gaz dans le tronçon de décarbonatation, depuis l'extrémité aval de ce tronçon de décarbonatation ; et

les seconds moyens d'amenée sont agencés pour amener le second gaz dans le tronçon de clinkérisation, depuis l'extrémité aval de ce tronçon de clinkérisation.

Ainsi, les premier et second gaz remontent le cru à contre courant sur toute la longueur des tronçons de décarbonatation et de clinkérisation, de telle sorte que les échanges thermique sont maximisés.

Dans cette description, les termes « amont » et « aval » sont utilisés en référence au sens d'écoulement du cru dans l'enceinte.

Toujours de manière avantageuse, le tronçon de décarbonatation présente une pluralité de cloisons longitudinales divisant ce tronçon en une pluralité de conduits ; et/ou

le tronçon de clinkérisation présente une pluralité de cloisons longitudinales divisant ce tronçon en une pluralité de conduits.

De telles cloisons permettent d'homogénéiser le profil de vitesse du cru sur toute la largeur des tronçons de décarbonatation et de clinkérisation, et par suite d'homogénéiser le temps de séjour du cru dans chacun des tronçons de décarbonatation et de clinkérisation.

En outre, de telles cloisons permettent de répartir la charge sur les cloisons et non plus sur les boulettes formant le cru, de manière à réduire le risque de collage et de colmatage des tronçons de décarbonatation et de clinkérisation.

Suivant une caractéristique, les moyens premiers d'amenée comprennent une pluralité de premiers carneaux débouchant chacun au niveau de l'extrémité aval d'un conduit du tronçon de décarbonatation ; et

les seconds moyens d'amenée comprennent une pluralité de seconds carneaux débouchant chacun au niveau de l'extrémité aval d'un conduit du tronçon de clinkérisation.

Un tel agencement permet de s'assurer que chacun des conduits du tronçon de décarbonatation et du tronçon de clinkérisation reçoivent un même débit de premier ou second gaz. Ainsi, le traitement thermique du cru est identique dans chacun des conduits.

Avantageusement, le four comporte :

- un second tronçon de collection disposé entre le tronçon de décarbonatation et le tronçon de clinkérisation ;
- des seconds moyens d'extraction agencés pour extraire le cru décarbonaté contenu dans le second tronçon de collection et l'amener au tronçon de clinkérisation, ces seconds moyens d'extraction étant adaptés pour moduler le débit d'extraction du cru décarbonaté.

Les seconds moyens d'extraction permettent d'ajuster finement le temps de séjour du cru dans le tronçon de décarbonatation.

De préférence, les premiers et/ou seconds moyens d'extraction comprennent :

- une partie supérieure fixe et une partie inférieure mobile délimitant un tronçon de raccordement, ce tronçon étant pourvu d'une bouche d'entrée et d'une bouche de sortie décalées verticalement et horizontalement ;

la partie inférieure mobile étant déplaçable dans une direction déterminée alternativement entre une position avancée et une position reculée, pour permettre l'écoulement, respectivement, du clinker et du cru décarbonaté dans le tronçon de raccordement ; et

- des moyens de déplacement et de guidage de la partie mobile relativement à la partie fixe.

Les premiers et/ou seconds moyens d'extraction comprennent ainsi des moyens d'extraction de type extracteur à tiroir (encore appelé « reciprocating feeder » en langue anglaise).

Le temps de séjour du cru dans le tronçon de décarbonatation et/ou dans le tronçon de clinkérisation peut être ajusté en jouant sur la fréquence et sur la course de la partie mobile.

Avantageusement, la partie supérieure fixe des premiers moyens d'extraction présente une tubulure d'amenée d'air ambiant équipée de moyens de régulation du débit d'air ambiant amené.

Une telle tubulure permet de réguler le débit d'air dans les seconds moyens d'extraction et par suite de maîtriser le refroidissement du clinker.

Le refroidissement du clinker permet de limiter les risques de collage et de colmatage des premiers moyens d'extraction.

Suivant une caractéristique, le four comporte des seconds moyens d'aspiration agencés entre le tronçon de décarbonatation et le tronçon de clinkérisation pour aspirer tout ou partie du second gaz issu du tronçon de clinkérisation.

Dans ces conditions, le second gaz remonte dans le tronçon de clinkérisation puis est évacué hors de l'enceinte. Seule une infime partie du second gaz remonte dans le tronçon de décarbonatation. Le contrôle du profil thermique dans le tronçon de décarbonatation est alors mieux maîtrisé.

Suivant une autre caractéristique, le four comporte des moyens de réglage de la position de la surface supérieure inclinée du tronçon de clinkérisation par rapport à la surface inférieure inclinée du tronçon de clinkérisation, de façon à faire varier le temps de séjour du clinker dans le tronçon de clinkérisation.

Cette souplesse permet de faire varier la section du tronçon de clinkérisation et donc d'agir sur le temps de clinkérisation en conservant une hauteur de boulettes constante.

Suivant une autre caractéristique, le four comporte :

- des premiers moyens de mesure de la température des premier et second gaz amenés ;
- des deuxièmes moyens de mesure de la pression des premier et second gaz amenés ; et/ou
- des troisièmes moyens de mesure de la température du cru à l'intérieur des tronçons de décarbonatation et de clinkérisation ; et
- une unité de commande agencée pour commander les premiers moyens d'amenée et les seconds moyens d'amenée en fonction des mesures réalisées par les premiers, deuxièmes et/ou troisièmes moyens de mesure.

L'unité de commande peut alors mettre en œuvre une loi de contrôle de telle sorte que les températures et pressions dans les tronçons de décarbonatation et de clinkérisation soient régulées autour de valeurs de consigne.

Suivant une autre caractéristique, l'enceinte comprend une enveloppe externe métallique, et une enveloppe interne réalisée par empilement d'au moins:

- un premier revêtement en un matériau thermiquement isolant monté sur l'enveloppe externe métallique ; et
- un deuxième revêtement en un matériau réfractaire monté sur le premier revêtement.

Le premier revêtement protège l'enveloppe externe métallique de la dilatation thermique. Le deuxième revêtement protège le premier revêtement contre l'abrasion.

La présence conjointe d'un premier revêtement en un matériau thermiquement isolant et d'un deuxième revêtement en un matériau réfractaire permet de protéger l'enveloppe externe métallique de l'enceinte de l'affaiblissement qui serait normalement provoqué si celle-ci atteignait la température du cru, dont la température va en s'accroissant à mesure que ce cru s'écoule dans l'enceinte.

L'invention concerne également une installation pour la fabrication d'un clinker comportant :

- un four tel que présenté ci-avant ; et

- un refroidisseur, de préférence un refroidisseur à grilles à déplacement alternatif, agencé pour refroidir le clinker extrait par les premiers moyens d'extraction.

Un « refroidisseur à grilles à déplacement alternatif » est encore connu sous le terme « reciprocating grate cooler ».

Le refroidisseur permet de maîtriser parfaitement le refroidissement du clinker et non plus de le subir. Ainsi, un ciment réalisé à partir d'un clinker fabriqué par une telle installation présente un temps de prise et une demande en eau maîtrisés.

L'invention concerne enfin un procédé de fabrication d'un clinker comprenant les étapes suivantes :

- prévoir un four selon l'invention ;
- amener un premier gaz présentant une température comprise entre 950°C et 1250°C dans le tronçon de décarbonatation ; et
- amener un second gaz oxydant présentant une température comprise entre 1250°C et 1450°C dans le tronçon de clinkérisation.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit en référence au dessin schématique annexé représentant, à titre d'exemple non limitatif, quatre fours droits selon l'invention.

Figure 1 est une vue en coupe longitudinale d'un premier four droit ;

Figure 2 en est une vue en coupe transversale selon la ligne II-II de figure 1 ;

Figure 3A en est une vue en coupe transversale selon la ligne III-III de figure 1, lorsque la surface supérieure du tronçon de clinkérisation est avancée par rapport à la surface inférieure de ce même tronçon de clinkérisation ;

Figure 3B en est une vue en coupe transversale selon la ligne III-III de figure 1, lorsque la surface supérieure du tronçon de clinkérisation est reculée par rapport à la surface inférieure de ce même tronçon de clinkérisation ;

Figure 4 en est une vue de côté ;

Figure 5 est une représentation schématique d'une installation équipé du four droit de figure 1 ;

Figure 6 est une vue en coupe longitudinale d'un deuxième four droit ;

Figure 7 est une vue en coupe longitudinale d'un troisième four droit ;

Figure 8 est une vue en coupe longitudinale d'un quatrième four droit ;

Figure 9A est une vue en coupe transversale selon la ligne IX-IX de figure 8, lorsqu'un clapet de régulation de perte de charge du second gaz est en position avancée ; et

Figure 9B est une vue en coupe transversale selon la ligne IX-IX de figure 8, lorsque le clapet de régulation de perte de charge du second gaz est en position reculée.

La figure 1 représente un four droit 2 pour la fabrication d'un clinker sulfo-alumineux. Ce four 2 comporte une enceinte 4 tubulaire s'étendant essentiellement verticalement.

L'enceinte 4 comprend une enveloppe externe 6 métallique, et une enveloppe interne 8 réalisée par empilement :

- d'un revêtement 10 en un matériau thermiquement isolant monté sur l'enveloppe externe 6 ; et
- d'un revêtement 12 en un matériau réfractaire monté sur le revêtement 10.

Le revêtement 10 en un matériau thermiquement isolant est caractérisé par une conductivité thermique à 1000°C comprise entre 0,05 et 0,4 W/m.K, une densité comprise entre 50 et 500 kg/m³, et une résistance à la compression comprise entre 0,1 et 0,5 MPa.

Le revêtement 12 en un matériau réfractaire est caractérisé par une conductivité thermique à 1000°C comprise entre 0,2 et 2,5 W/m.K, une densité comprise entre 1000 et 3000 kg/m³, et une résistance à la compression comprise entre 20 et 120 MPa. Par exemple, le matériau réfractaire peut être du carbure de silicium.

L'enceinte 4 comprend de haut en bas un tronçon d'alimentation 14, un tronçon de décarbonatation 16, un tronçon de clinkérisation 18, et un tronçon de collection 20.

Les tronçons d'alimentation 14 et de collection 20 s'étendent sensiblement verticalement. Les tronçons de décarbonatation 16 et de clinkérisation 18 sont inclinés par rapport à la verticale.

Plus spécifiquement, les tronçons de décarbonatation 16 et de clinkérisation 18 présentent des sections transversales rectangulaires.

Les tronçons de décarbonatation 16 et de clinkérisation 18 présentent des surfaces inférieures, respectivement, 16a et 18a et supérieures, respectivement, 16b et 18b parallèles.

Les surfaces inférieure 16a et supérieure 16b du tronçon de décarbonatation 16 forment un angle α de l'ordre de 40° par rapport à la verticale. De même, les surfaces inférieures et supérieures du tronçon de clinkérisation forment un angle α' de l'ordre de 40° par rapport à la verticale.

Les surfaces inférieures 16a et 18a des tronçons de décarbonatation 16 et de clinkérisation 18 forment un angle compris entre 80° et 140° .

Les tronçons de décarbonatation 16 et de clinkérisation 18 sont agencés de telle sorte que :

- le bord inférieur de la surface inférieure 16a du tronçon de décarbonatation 16 s'étend sensiblement à l'aplomb du bord inférieur de la surface supérieure 16b de ce tronçon de décarbonatation 16, et

- le bord inférieur de la surface inférieure 18a du tronçon de clinkérisation 18 s'étend sensiblement à l'aplomb du bord inférieur de la surface supérieure 18b de ce tronçon de clinkérisation 18.

La position de la surface supérieure 18b du tronçon de clinkérisation est réglable par rapport à sa surface inférieure 18a. Ce réglage, peut être effectué par exemple au moyen de vérins 19 qui déplacent tout ou partie de la surface supérieure 18b par rapport à la surface inférieure 18a, qui reste fixe.

Le tronçon de décarbonatation 16 présente trois cloisons 22 longitudinales délimitant quatre conduits 24 (représentés à la figure 2). De même, le tronçon de clinkérisation 18 présente trois cloisons 26 longitudinales délimitant quatre conduits 28 (représentés aux figures 3A et 3B). Les cloisons 22 et 26 sont en matériau réfractaire.

Le four 2 comporte un sas 30 d'introduction de boulettes de cru dans le tronçon d'alimentation 14. Dans l'exemple, le sas 30 est rotatif. Le sas 30 est étanche de manière à limiter le débit d'air ambiant susceptible de pénétrer dans l'enceinte 4.

Le four 2 comporte des moyens de génération 32 (représentés à la figure 5) d'un premier gaz présentant une température comprise entre 950°C et 1250°C . Le premier gaz peut être un gaz oxydant ou réducteur.

Un premier gaz réducteur ne serait pas préjudiciable dans la mesure où ce premier gaz remonte depuis le tronçon de décarbonatation 16 en direction du tronçon d'alimentation 14 situé directement au-dessus sans traverser le tronçon de clinkérisation 18 situé directement en-dessous. Les moyens de génération 32 du premier gaz sont décrits par la suite.

Le four 2 comporte des moyens d'amenée du premier gaz dans le tronçon de décarbonatation. Ces moyens d'amenée du premier gaz comprennent quatre carneaux 34 (représentés à la figure 4) débouchant chacun au niveau de l'extrémité aval d'un conduit 24 du tronçon de décarbonatation 16.

Le four 2 comporte des moyens de génération 36 (représentés à la figure 5) d'un second gaz présentant une température comprise entre 1250°C et 1450°C. Ce second gaz est oxydant de manière à empêcher la formation de zones réductrices dans le tronçon de clinkérisation 18 et par suite empêcher la formation de la phase $C_{12}A_7$ préjudiciable lors de la clinkérisation. Les moyens de génération 36 du second gaz sont décrits par la suite.

Le four 2 comporte des moyens d'amenée du second gaz dans le tronçon de clinkérisation 18. Ces moyens d'amenée comprennent quatre carneaux 38 débouchant chacun au niveau de l'extrémité aval d'un conduit 28 du tronçon de clinkérisation 18.

Le four 2 comporte des moyens d'aspiration des premier et second gaz issus du tronçon d'alimentation. Ces moyens d'aspiration comprennent un carneau 40 débouchant dans le tronçon d'alimentation et un ventilateur de tirage 41 (représenté à la figure 5).

Le four 2 comporte des moyens d'extraction agencés pour extraire le clinker contenu dans le tronçon de collection. Les moyens d'extraction sont ici réalisés sous forme d'un extracteur à tiroir 42.

L'extracteur à tiroir 42 comprend une partie supérieure fixe 42a et une partie inférieure mobile 42b délimitant un tronçon de raccordement. Ce tronçon est pourvu d'une bouche d'entrée 44 raccordée au tronçon de collection 20 et d'une bouche de sortie 46 raccordée à un refroidisseur 48 (représenté à la figure 5). Les bouches d'entrée 44 et de sortie 46 sont décalées verticalement et horizontalement.

La partie supérieure fixe 42a de l'extracteur à tiroir 42 est équipée d'une tubulure 50 d'amenée d'air ambiant et de moyens de régulation du débit

d'air ambiant. Ces moyens de régulation sont ici réalisés sous forme d'un clapet 52.

La partie inférieure mobile 42b est déplaçable dans une direction déterminée 54 alternativement entre une position avancée et une position reculée, pour permettre l'écoulement du clinker contenu dans le tronçon de collection 20.

L'extracteur à tiroir 42 comprend des moyens de déplacement et de guidage de la partie mobile 42b relativement à la partie fixe 42a. Les moyens de déplacement comprennent par exemple un vérin pneumatique 56.

Les moyens de guidage comprennent des roulettes 58 fixées sous la partie mobile 42b et engagées dans des rails 60.

Le débit d'extraction du clinker peut être modulé en jouant sur la fréquence et sur la course de la partie mobile. Une augmentation de la fréquence augmente le débit d'extraction. Une diminution de la fréquence réduit le débit d'extraction. Un allongement de la course augmente le débit d'extraction. Un raccourcissement de la course diminue le débit d'extraction.

Le four 2 comporte enfin :

- des capteurs de température des premier et second gaz amenés (non représentés) ;
- des capteurs de mesure de la pression des premier et second gaz amenés (non représentés) ;
- des capteurs de mesure de la température du cru à l'intérieur des tronçons de décarbonatation 16 et de clinkérisation 18 (non représentés), tel que des pyromètres ; et
- une unité de commande (non représentée) agencée pour commander les moyens de génération 32 et 36 des premier gaz et second gaz en fonction des mesures réalisées par les capteurs de mesure.

Un procédé de fonctionnement du four 2 est maintenant décrit.

Des boulettes de cru contenant du calcium, de l'aluminium, de la silice, du fer, et du soufre, de préférence sous forme minérale combinée comme les oxydes, les hydroxydes, les carbonates, les chlorures ou les sulfates, sont déversées dans le tronçon d'alimentation 14 par l'intermédiaire du sas 30. Les boulettes de cru s'écoulent par gravité dans l'enceinte 4.

A mesure que les boulettes de cru s'écoulent dans le tronçon d'alimentation 14, les premier et second gaz remontent dans l'enceinte 4 sous l'effet du ventilateur de tirage 41, et portent les boulettes de cru à une

température de l'ordre de 600°C. Les boulettes de cru sont séchées, préchauffées, et subissent certaines transformations chimiques, telle que la déshydroxylation de la bauxite.

La longueur et la section du tronçon d'alimentation 14 sont dimensionnées afin de garantir un temps de séjour minimum des boulettes de cru dans le tronçon d'alimentation 14. En effet, il est nécessaire que ces transformations chimiques ne soient pas trop rapides afin d'éviter l'altération des boulettes de cru.

Les boulettes de cru s'écoulent ensuite dans le tronçon de décarbonatation 16. La surface inférieure 16a inclinée permet la formation, à son extrémité aval, d'un talus à partir duquel remontent le premier gaz et le second gaz. Les boulettes de cru sont portées à une température comprise entre 850°C et 950°C, et sont décarbonatées.

La longueur et la section du tronçon de décarbonatation 16 sont dimensionnées de manière à ce que le temps de séjour des boulettes de cru dans le tronçon de décarbonatation 16 soit égal à un temps déterminé.

Les boulettes de cru s'écoulent alors dans le tronçon de clinkérisation 18. La surface inférieure 18a inclinée permet, à son extrémité aval, la formation d'un talus à partir duquel remonte uniquement le second gaz. Les boulettes de cru sont portées à une température comprise entre 1280°C et 1450°C, et sont clinkérisées.

La longueur et la section du tronçon de clinkérisation sont dimensionnées de manière à ce que le temps de séjour des boulettes de cru dans le tronçon de clinkérisation 18 soit égal à un temps déterminé.

Enfin, les boulettes de cru clinkérisées sont collectées dans le tronçon de collection 20.

L'extracteur à tiroir 42 extrait, à un débit déterminé, les boulettes de clinker du tronçon de collection 20 sous l'effet du déplacement alternatif de la partie mobile 42a relativement à la partie fixe 42b, et amène ces boulettes de clinker dans le refroidisseur 48 raccordé à la bouche de sortie 46 de l'extracteur à tiroir 42.

Une installation 62 équipée du four 2 et son procédé de fonctionnement sont maintenant décrits en référence à la figure 5.

Initialement, le cru est broyé, homogénéisé et bouleté, par exemple par une presse à rouleaux 64.

Un dispositif de manutention, par exemple un élévateur à godet 66, collecte les boulettes de cru et alimente le sas 30 du four 2.

Le four 2 transforme alors chimiquement les boulettes de cru en boulettes de clinker (tel que décrit ci-avant). L'extracteur à tiroir 42 amène les boulettes de clinker à l'intérieur du refroidisseur 48.

Le refroidisseur 48 est ici un refroidisseur à grilles à déplacement alternatif, plutôt qu'un refroidisseur rotatif ou qu'un refroidisseur à ballonnets. Le refroidisseur 48 comprend une batterie de ventilateur 68 insufflant de l'air dans une chambre 70 à travers laquelle est convoyé le clinker.

Le clinker refroidi est récupéré en aval du refroidisseur 48 par un convoyeur 72, par exemple un convoyeur à chaîne, adapté pour transporter le clinker à une température de l'ordre de 150°C à 250°C. Le convoyeur 72 transporte le clinker jusqu'à un silo 74, où celui-ci est stocké en vue d'être broyé.

L'air insufflé par les ventilateurs 68, après s'être réchauffé au contact du clinker, est extrait de la chambre 70 par une gaine 76 débouchant à une extrémité amont du refroidisseur 48 et par une gaine 78 débouchant à une extrémité aval du refroidisseur 48.

L'air le plus chaud, extrait par la gaine 76, est conduit à l'intérieur d'un pot de mélange 79 dont la fonction apparaîtra par la suite. La gaine 76 est équipée d'un clapet 77.

L'air le moins chaud, extrait par la gaine 78, est conduit jusqu'à des gaines 80 et 82. La gaine 80 alimente un système de séchage du cru avant broyage (non représenté) sous l'effet d'un ventilateur de tirage 81.

La gaine 82 rejoint le carneau 40 pour alimenter une gaine 84. L'air conduit par la gaine 82 élève la température des premier et second gaz conduit par le carneau 40 au dessus du point de rosée. La gaine 82 est équipée d'un clapet 83.

La gaine 84 conduit les premier et second gaz et l'air chaud venant du refroidisseur vers un filtre 86, par exemple un filtre à manche. Le filtre 86 dépoussière et rejette les premier et second gaz et l'air chaud venant du refroidisseur dans l'atmosphère par une cheminée 88, sous l'effet d'un ventilateur de tirage 41.

La gaine 84 est raccordée à une gaine 90 d'amenée d'air frais. Cette gaine 90 est équipée d'un clapet 92 susceptible d'être ouvert lorsque la

température à l'aspiration du filtre 86 dépasse une valeur maximale spécifiée par le fournisseur.

Les moyens de génération 32 du premier gaz sont maintenant décrits. Les moyens de génération 32 comprennent un générateur 94 d'un gaz à très haute température et le pot de mélange 79. Le générateur 94 comprend un foyer 96, un ventilateur 98, et une source de combustible 100. Le générateur 94 est par exemple un générateur à charbon pulvérisé. Le gaz à très haute température produit par le générateur 94 est amené au pot par un carneau 102. Le carneau 102 est équipé d'un clapet 104.

Le pot 79 forme le premier gaz en mélangeant de l'air chaud venant du refroidisseur amené par la gaine 76 et le gaz chaud amené par le carneau 102. Le pot 79 est raccordé au tronçon de décarbonatation 16 par les carnaux 34.

Le pot 79 est équipé de brûleurs 106, par exemple des brûleurs à gaz. Les brûleurs 106 permettent d'assurer une assistance lors des phases de démarrage, et de réguler finement la température du premier gaz formé dans le pot 79.

Les moyens de génération 36 du second gaz sont maintenant décrits. Les moyens de génération 36 comprennent un foyer 108, tel qu'un brûleur, un ventilateur 110, et une source de combustible 112, telle que du gaz naturel, configurés pour générer le second gaz oxydant.

La circulation de l'air de refroidissement et des premier et second gaz dans l'installation 62 est assurée par le ventilateur de tirage 41 disposé en aval du filtre 86 et par le ventilateur de tirage 81.

En particulier, le ventilateur 41 génère un gradient de pression à l'intérieur de l'enceinte 4, de telle sorte que le point de pression le plus élevé de l'enceinte 4 soit le tronçon de collection 20, sensiblement à pression atmosphérique, et le point de pression le moins élevé de l'enceinte 4 soit le tronçon d'alimentation 14. Ainsi, les premier et second gaz remontent l'enceinte 4 à contre-courant des boulettes de cru, puis sont aspirés par le carneau 40.

Les ventilateur 41 et 81 sont dimensionnés de manière à vaincre les pertes de charges résultant de la présence des boulettes de cru dans l'enceinte 4, de la présence du filtre 86, de la présence des carnaux 34, 40 et 102, des gaines 76, 78, 80, 82, 84, et 90, de la présence du pot 79 et de la présence des clapets 77, 83 et 104. En proportion de leur degré de fermeture, ces clapets 77, 83 et 104 provoquent une perte de charge plus ou moins

importante. Ainsi, les clapets 77, 83, et 104 permettent d'équilibrer les pertes de charge dans l'installation.

La figure 6 représente un deuxième four droit 200, qui constitue une variante du four 2 et dans lequel les mêmes éléments sont désignés par les mêmes références qu'à la figure 1. Le four 200 comporte un tronçon de collection 202 additionnel disposé entre le tronçon de décarbonatation 16 et le tronçon de clinkérisation. Ce tronçon de collection additionnel s'étend sensiblement verticalement.

Le four 200 comporte des moyens d'extraction agencés pour extraire le cru contenu dans le tronçon de collection 16 et l'amener dans le conduit de clinkérisation 18. Ces moyens d'extraction sont adaptés pour moduler le débit d'extraction du cru.

Les moyens d'extraction sont réalisés sous la forme d'un extracteur à tiroir 204 identique à l'extracteur à tiroir 42, à l'exception que la partie fixe est dépourvue de la tubulure 50 d'amenée d'air ambiant et du clapet 52.

Le four 200 comporte enfin des moyens d'aspiration agencés entre le tronçon de décarbonatation 16 et le tronçon de clinkérisation 18 pour aspirer tout ou partie du second gaz issu du tronçon de clinkérisation 18. Ces moyens d'aspiration comprennent un carneau 206.

La figure 7 représente un troisième four droit 300, qui constitue une variante du four 2 de figure 1 et dans lequel les mêmes éléments sont désignés par les mêmes références qu'à la figure 1. Ce four 300 se distingue du four 2, en ce que les deux tronçons respectivement de décarbonatation 316 et de clinkérisation 318 sont inclinés dans le même sens. Les surfaces inférieures 316a et 318a possèdent la même inclinaison, décalées l'une par rapport à l'autre, et un décrochement vers le bas 319 est prévu entre l'extrémité inférieure de la surface inférieure 316a du tronçon de décarbonatation et l'extrémité supérieure de la surface inférieure 318a du tronçon de clinkérisation. La surface supérieure 318b est mobile par rapport à la surface inférieure 318a.

La figure 8 représente un quatrième four 400, qui constitue une variante du four 200 de figure 6, et dans lequel les mêmes éléments sont désignés par les mêmes références qu'à la figure 6.

Le four 400 comporte un tronçon de raccordement 402 reliant l'extracteur à tiroir 204 au tronçon de clinkérisation 18.

Le dispositif de réglage par vérins de la position des surfaces inférieure et supérieure 18a et 18b du tronçon de clinkérisation 18 est remplacé par l'acceptation d'une variation de la hauteur de couche dans le tronçon de clinkérisation. La variation de perte de charge du gaz traversant cette couche, résultant de la variation de hauteur de couche, est compensée par le déplacement d'un clapet 404 équipant le tronçon de raccordement 402. Le clapet 404 est commandé par un vérin 406.

Comme il va de soi, l'invention ne se limite pas aux seules formes d'exécution du four décrites ci-dessus à titre d'exemples, elle en embrasse au contraire toutes les variantes de réalisation.

Le sas 30 peut être remplacé par un sas à clapets.

L'enveloppe externe métallique 6 peut être remplacée par une enveloppe externe en béton armé.

L'extracteur à tiroir 42 peut être remplacé par un extracteur à casque.

Le vérin 56 peut être remplacé par un vérin hydraulique ou un mécanisme d'embiellage associé à un moteur.

La presse à rouleaux 64 peut être remplacée par une assiette de granulation.

L'élévateur à godet 66 peut être remplacé par un convoyeur à bande, un convoyeur à chaîne, ou un convoyeur vibrant.

Le convoyeur 72 peut être remplacé par un convoyeur à écaille, ou tout autre type de convoyeur permettant d'assurer le transport d'un clinker à une température de l'ordre de 150°C à 250°C.

Le silo 74 peut être remplacé par un entrepôt de stockage.

Les premier et second gaz et l'air de refroidissement issu du filtre 86 peuvent être utilisés dans un système de cogénération plutôt que rejeté dans l'atmosphère par la cheminée 88.

Le filtre 86 peut être remplacé par un filtre électrostatique.

Le générateur 94 peut être remplacé par un générateur à coke de pétrole, ou à tout autre combustible solide ou liquide ayant un faible coût et permettant de générer le premier gaz, un stoker à charbon brut, un pyrolyseur à charbon, un pyrolyseur à biomasse, un pyrolyseur à déchet ou analogue.

Les brûleurs 106 peuvent être des brûleurs à fioul.

Les moyens de génération 36 peuvent comprendre un brûleur à gaz autre qu'à gaz naturel, à fioul, à gazole ou un générateur au charbon

pulvérisé, à coke de pétrole, ou à tout autre combustible solide ou liquide ayant un faible coût et permettant de générer le second gaz.

REVENDEICATIONS

1. Four droit (2 ; 200 ; 300 ; 400) pour la fabrication d'un clinker, caractérisé en ce qu'il comporte :

- une enceinte (4) tubulaire comprenant de haut en bas :
 - un tronçon d'alimentation (14) s'étendant sensiblement verticalement, conçu pour recevoir un cru;
 - un tronçon de décarbonatation (16,316) présentant une surface inférieure (16a) inclinée par rapport à la verticale ;
 - un tronçon de clinkérisation (18,318) présentant une surface inférieure (18a ; 318a) inclinée par rapport à la verticale ;
 - un premier tronçon de collection (20) s'étendant sensiblement verticalement ;
- des premiers moyens d'extraction (42) agencés pour extraire le clinker du premier tronçon de collection (20), adaptés pour moduler le débit d'extraction du clinker ;
- des premiers moyens de génération (32) agencés pour générer un premier gaz présentant une température comprise entre 950°C et 1250°C,
- des premiers moyens d'amenée agencés pour amener le premier gaz dans le tronçon de décarbonatation (16) ;
- des seconds moyens de génération (36) agencés pour générer un second gaz oxydant présentant une température comprise entre 1250°C et 1450°C,
- des seconds moyens d'amenée agencés pour amener le second gaz oxydant dans le tronçon de clinkérisation (18); et
- des premiers moyens d'aspiration (40, 41) agencés pour aspirer les premier et second gaz issus du tronçon d'alimentation (14).

2. Four (2 ; 200 ; 400) selon la revendication 1, caractérisé en ce que la surface inférieure (18a) du tronçon de clinkérisation (18) est orientée transversalement à la surface inférieure (16a) du tronçon de décarbonatation (16).

3. Four (300) selon la revendication 1, caractérisé en ce que les faces inférieures (316a ; 318a) des tronçons de décarbonatation (316) et de clinkérisation (318) sont inclinées dans le même sens.

4. Four (300) selon la revendication 3, caractérisé en ce que les faces inférieures (316a, 318a) des tronçons de décarbonatation (316) et de clinkérisation (318) possèdent la même inclinaison.

5. Four (300) selon l'une des revendications 3 et 4, caractérisé en ce qu'un décrochement vers le bas (319) est prévu entre l'extrémité inférieure de la surface inférieure (16a) du tronçon de décarbonatation (16) et l'extrémité supérieure de la surface inférieure (18a) du tronçon de clinkérisation (18).

6. Four (2 ; 200 ; 300 ; 400) selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le tronçon de décarbonatation (16 ; 316) et le tronçon de clinkérisation (18, 318) présentent des sections transversales rectangulaires ;

en ce que le tronçon de décarbonatation (16 ; 316) et le tronçon de clinkérisation (18 ; 318) présentent des surfaces supérieures (16b ; 18b) inclinées par rapport à la verticale ;

en ce que le bord inférieur de la surface inférieure (16a ; 316a) du tronçon de décarbonatation (16 ; 316) s'étend sensiblement à l'aplomb du bord inférieur de la surface supérieure (16b) de ce tronçon de décarbonatation (16,316) ; et

en ce que le bord inférieur de la surface inférieure (18a, 318a) du tronçon de clinkérisation (18 ; 318) s'étend sensiblement à l'aplomb du bord inférieur de la surface supérieure (18b) de ce tronçon de clinkérisation (18 ; 318).

7. Four (2 ; 200 ; 300 ; 400) selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les premiers moyens d'amenée sont agencés pour amener le premier gaz dans le tronçon de décarbonatation (16 ; 316), depuis l'extrémité aval de ce tronçon de décarbonatation (16 ; 316); et

en ce que les seconds moyens d'amenée sont agencés pour amener le second gaz dans le tronçon de clinkérisation (18 ; 318), depuis l'extrémité aval de ce tronçon de clinkérisation (18 ; 318).

8. Four (2 ; 200 ; 300 ; 400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le tronçon de décarbonatation (16 ; 316) présente une pluralité de cloisons (22) longitudinales divisant ce tronçon (16 ; 316) en une pluralité de conduits (24) ; et/ou

en ce que le tronçon de clinkérisation (18 ; 318) présente une pluralité de cloisons (26) longitudinales divisant ce tronçon (18 ; 318) en une pluralité de conduits (28).

9. Four (2 ; 200 ; 300 ; 400) selon la revendication 8, caractérisé en ce que les premiers moyens d'amenée comprennent une pluralité de premiers carneaux (34) débouchant chacun au niveau de l'extrémité aval d'un conduit (24) du tronçon de décarbonatation (16,316); et

les seconds moyens d'amenée comprennent une pluralité de seconds carneaux (38) débouchant chacun au niveau de l'extrémité aval d'un conduit (28) du tronçon de clinkérisation (18,318).

10. Four (200 ; 400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 caractérisé en ce qu'il comporte :

- un second tronçon de collection (202) disposé entre le tronçon de décarbonatation (16) et le tronçon de clinkérisation (18) ;

- des seconds moyens d'extraction (204) agencés pour extraire le cru décarbonaté contenu dans le second tronçon de collection (202) et l'amener au tronçon de clinkérisation (18), ces seconds moyens d'extraction (204) étant adaptés pour moduler le débit d'extraction du cru décarbonaté.

11. Four (2 ; 200 ; 300 ; 400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que les premiers et/ou seconds moyens d'extraction (42, 204) comprennent :

- une partie supérieure fixe (42a) et une partie inférieure mobile (42b) délimitant un tronçon de raccordement, ce tronçon étant pourvu d'une bouche d'entrée (44) et d'une bouche de sortie (46) décalées verticalement et horizontalement ;

la partie inférieure mobile (42b) étant déplaçable dans une direction déterminée (54) alternativement entre une position avancée et une position reculée, pour permettre l'écoulement, respectivement, du clinker et du cru décarbonaté dans le tronçon de raccordement ; et

- des moyens de déplacement (56) et de guidage (58, 60) de la partie mobile (42b) relativement à la partie fixe (42a).

12. Four (2 ; 200 ; 300 ; 400) selon la revendication 11, caractérisé en ce que la partie supérieure fixe (42a) des premiers moyens d'extraction (42) présente une tubulure (50) d'amenée d'air ambiant équipée de moyens de régulation (52) du débit d'air ambiant amené.

13. Four (200 ; 400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'il comporte des seconds moyens d'aspiration (206, 41) agencés entre le tronçon de décarbonatation (16) et le tronçon de clinkérisation (18) pour aspirer tout ou partie du second gaz issu du tronçon de clinkérisation (18).

14. Four (2 ; 200 ; 300 ; 400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de réglage de la position de la surface supérieure (18b ; 318b) inclinée du tronçon de clinkérisation (18 ; 318) par rapport à la surface inférieure (18a ; 318a) inclinée du tronçon de clinkérisation (18 ; 318), de façon à faire varier le temps de séjour du clinker dans le tronçon de clinkérisation (18 ; 318).

15. Four (2 ; 200 ; 300 ; 400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce qu'il comporte :

- des premiers moyens de mesure de la température des premier et second gaz amenés ;
- des deuxièmes moyens de mesure de la pression des premier et second gaz amenés ; et/ou
- des troisièmes moyens de mesure de la température du cru à l'intérieur des tronçons de décarbonatation (16) et de clinkérisation (18) ; et
- une unité de commande agencée pour commander les premiers moyens d'amenée et les seconds moyens d'amenée en fonction des mesures réalisées par les premiers, deuxièmes et/ou troisièmes moyens de mesure.

16. Installation (62) pour la fabrication d'un clinker, caractérisée en ce qu'elle comporte :

- un four (2 ; 200 ; 300 ; 400) selon l'une quelconque des revendications 1 à 15 ; et
- un refroidisseur (48), de préférence un refroidisseur à grilles, agencé pour refroidir le clinker extrait par les premiers moyens d'extraction (42).

17. Procédé de fabrication d'un clinker, comprenant les étapes suivantes :

- prévoir un four selon l'une quelconque des revendications 1 à 15 ;
- amener un premier gaz présentant une température comprise entre 950°C et 1250°C dans le tronçon de décarbonatation (16) ; et
- amener un second gaz oxydant présentant une température comprise entre 1250°C et 1450°C dans le tronçon de clinkérisation (18).

1 / 8

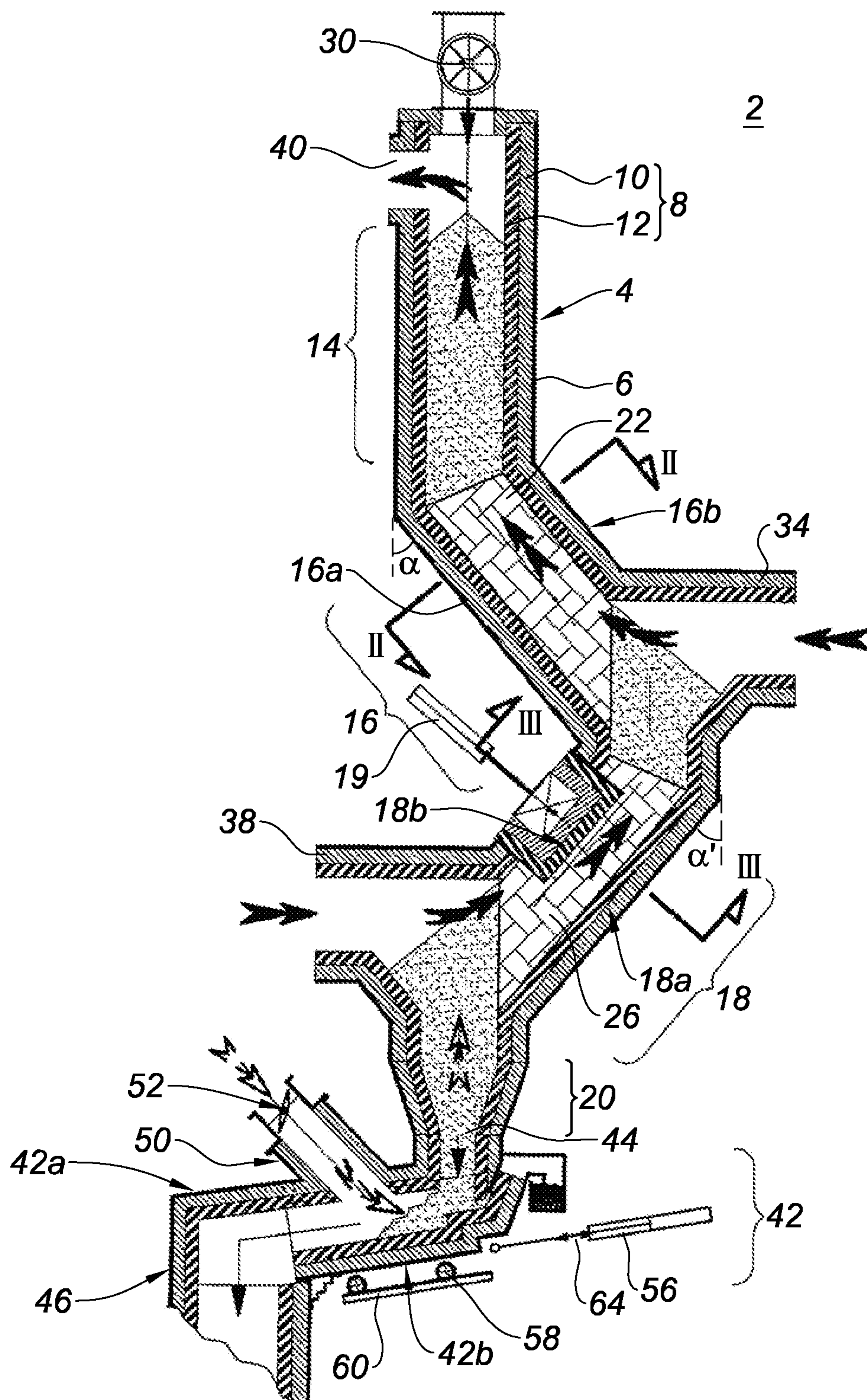
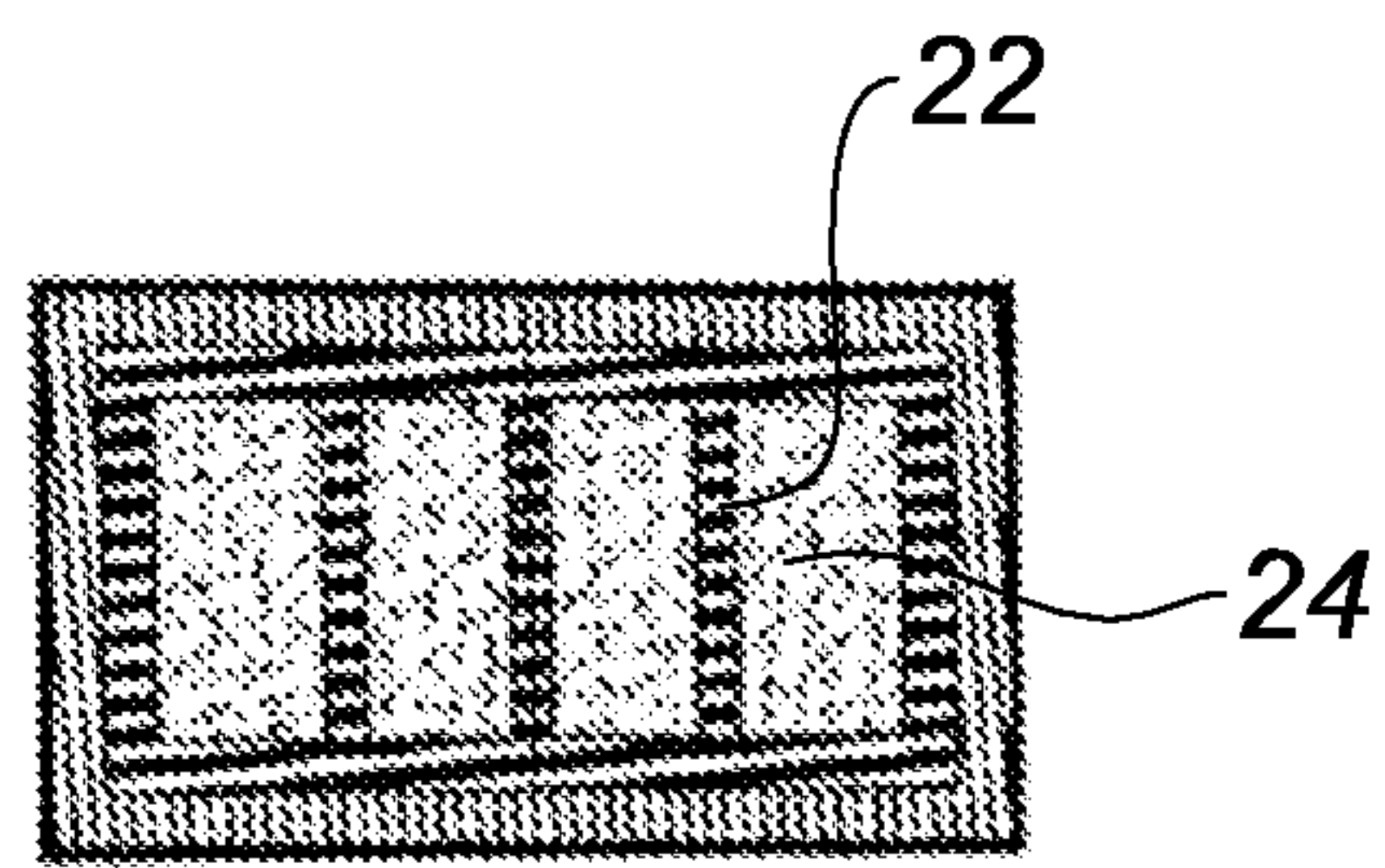
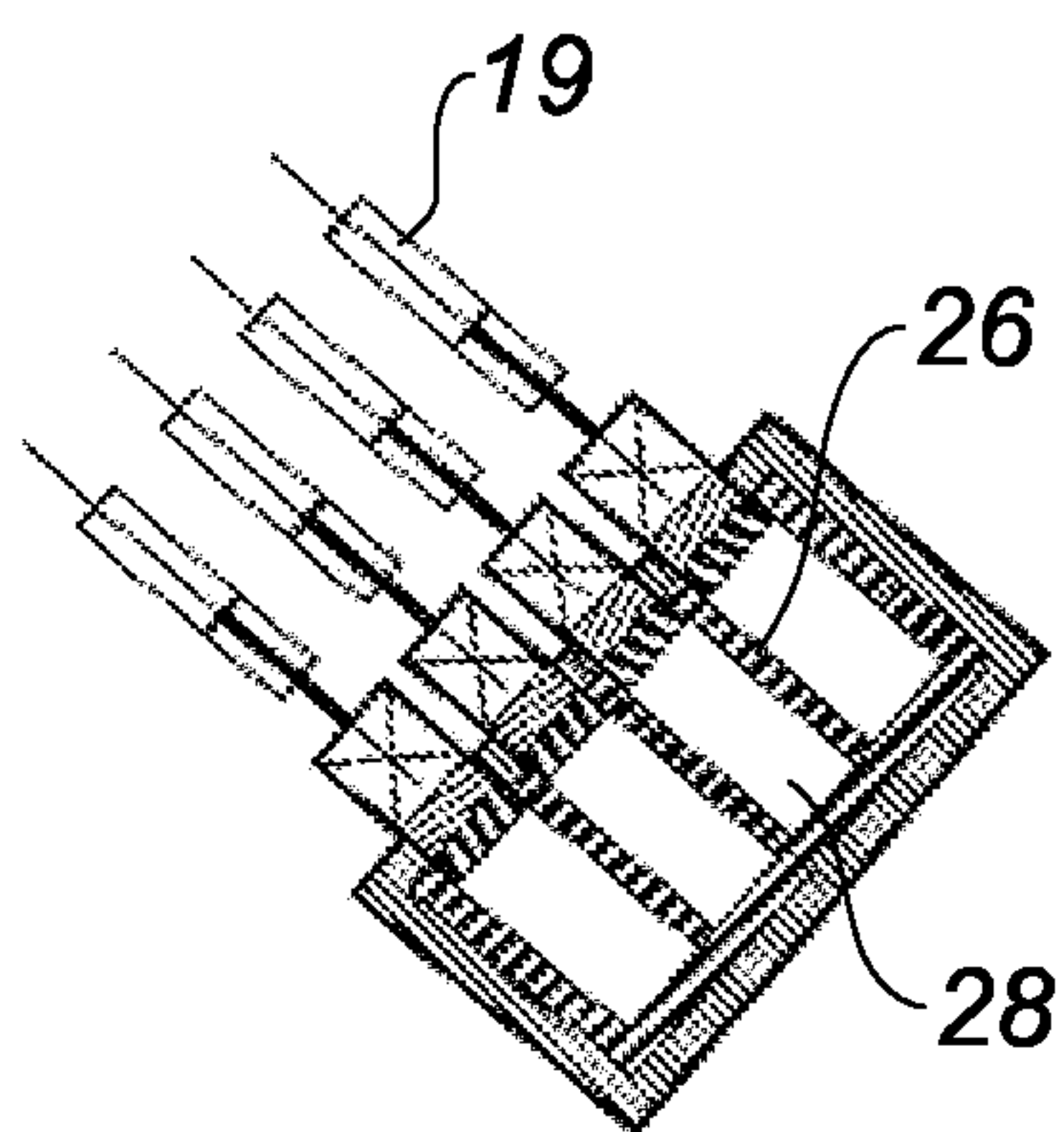
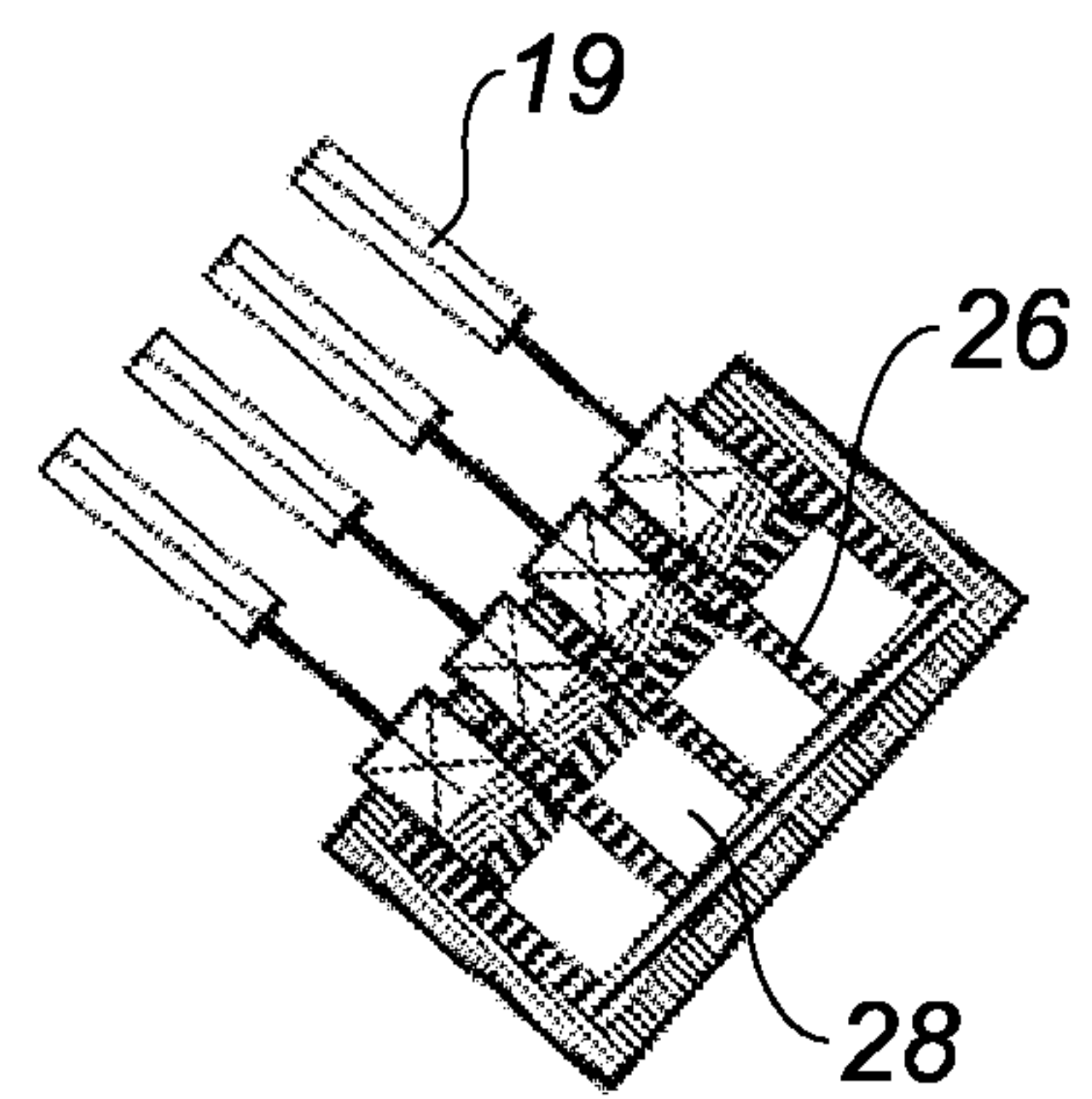


Fig. 1

2 / 8

*Fig. 2**Fig. 3A**Fig. 3B*

3 / 8

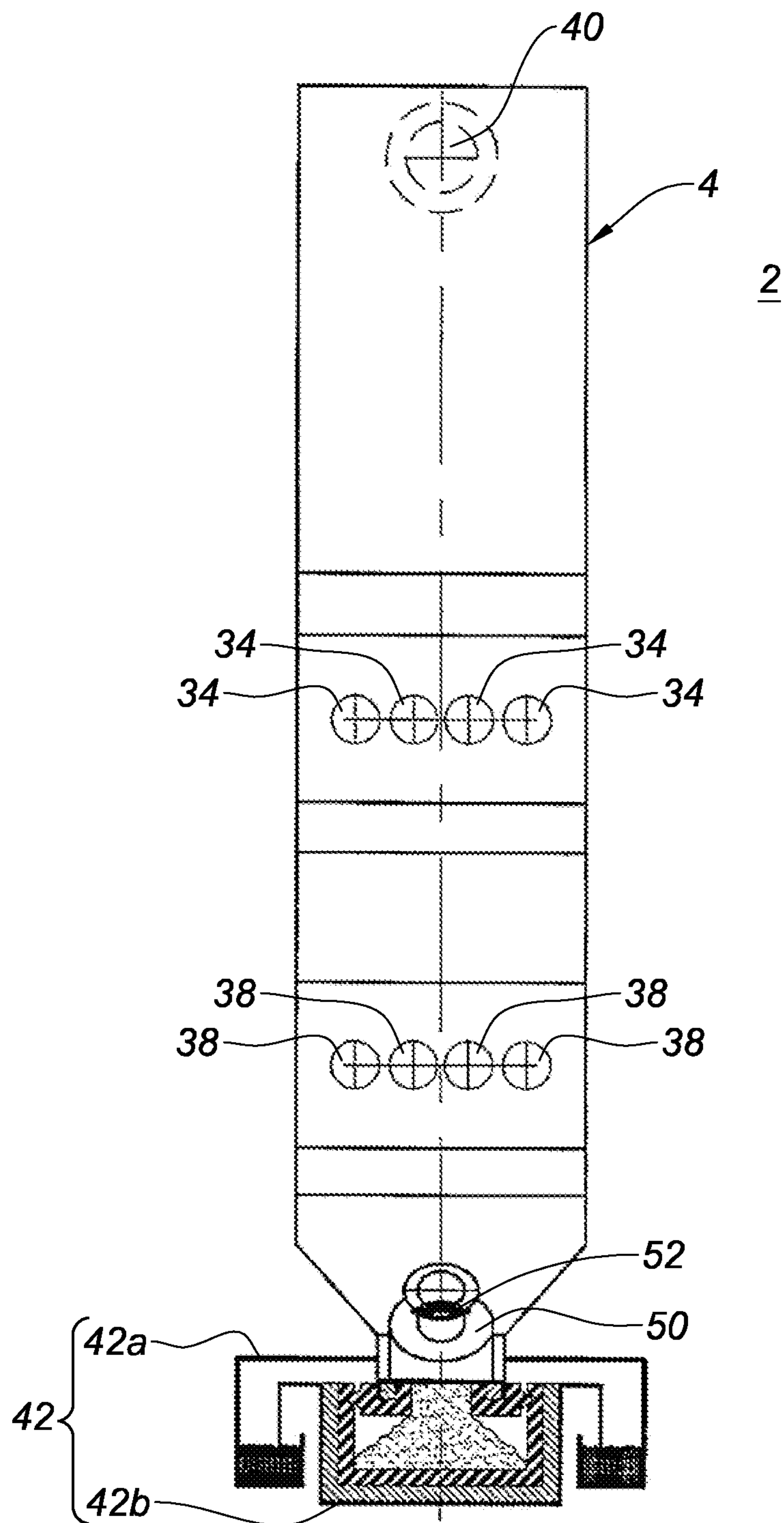


Fig. 4

4 / 8

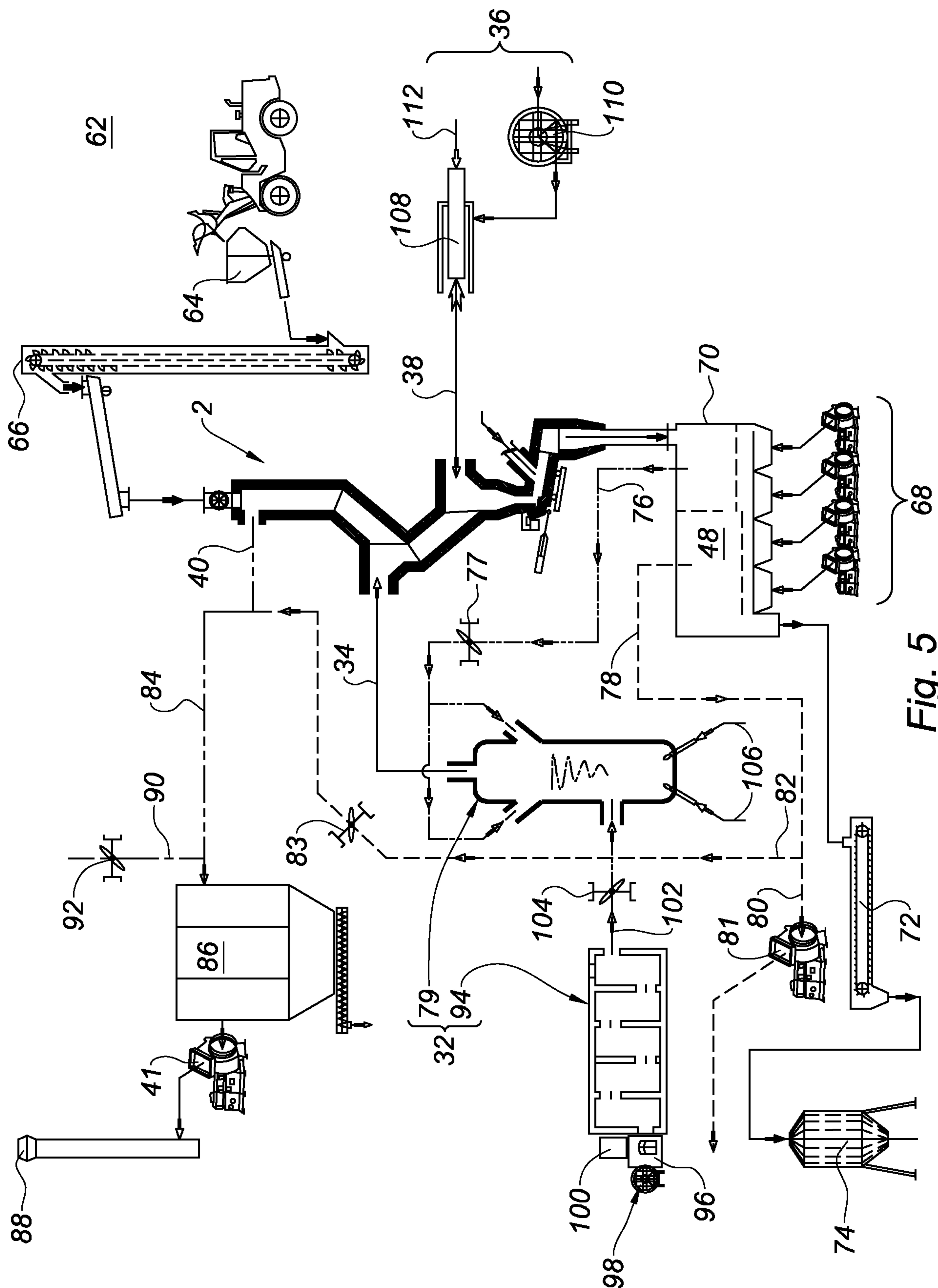


Fig. 5

5 / 8

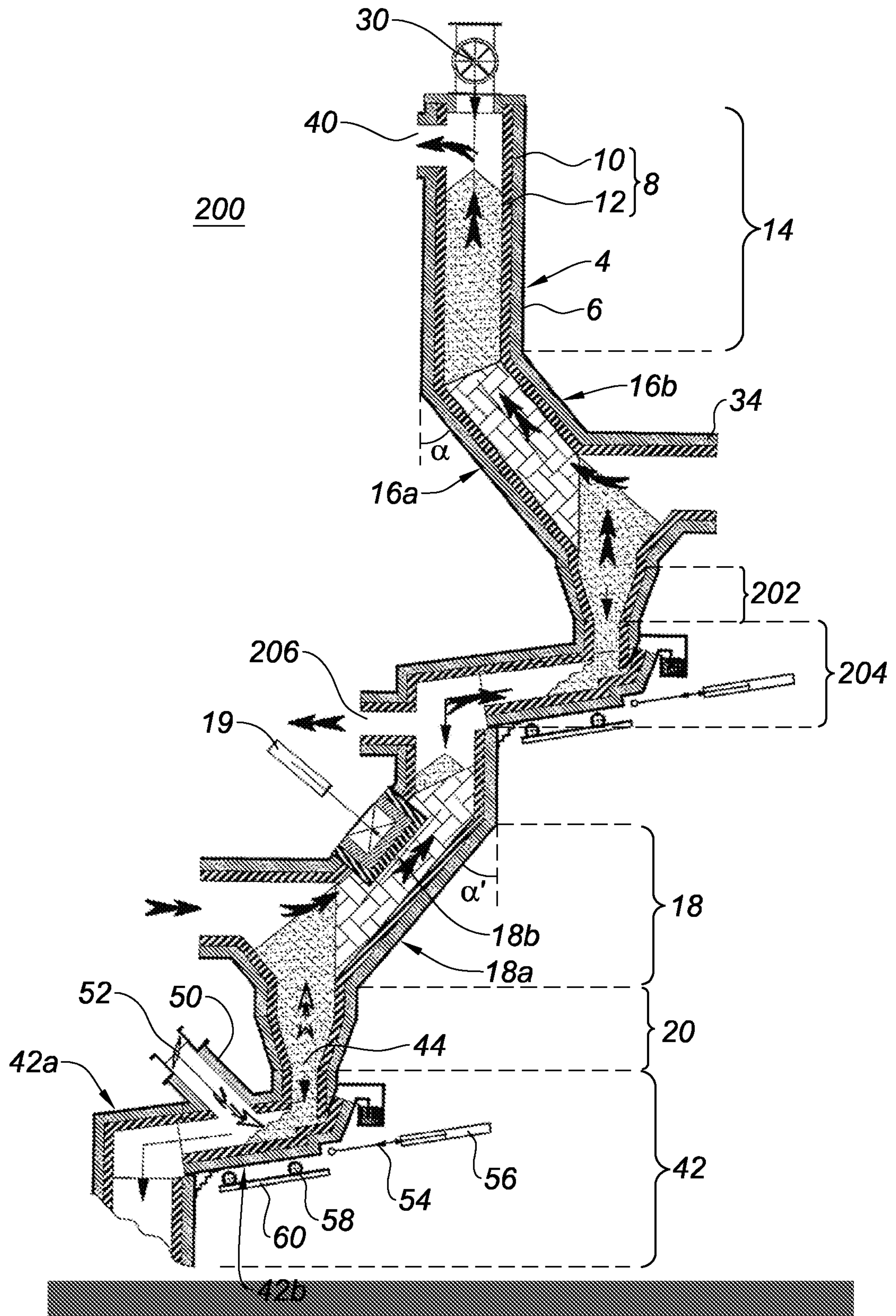


Fig. 6

6 / 8

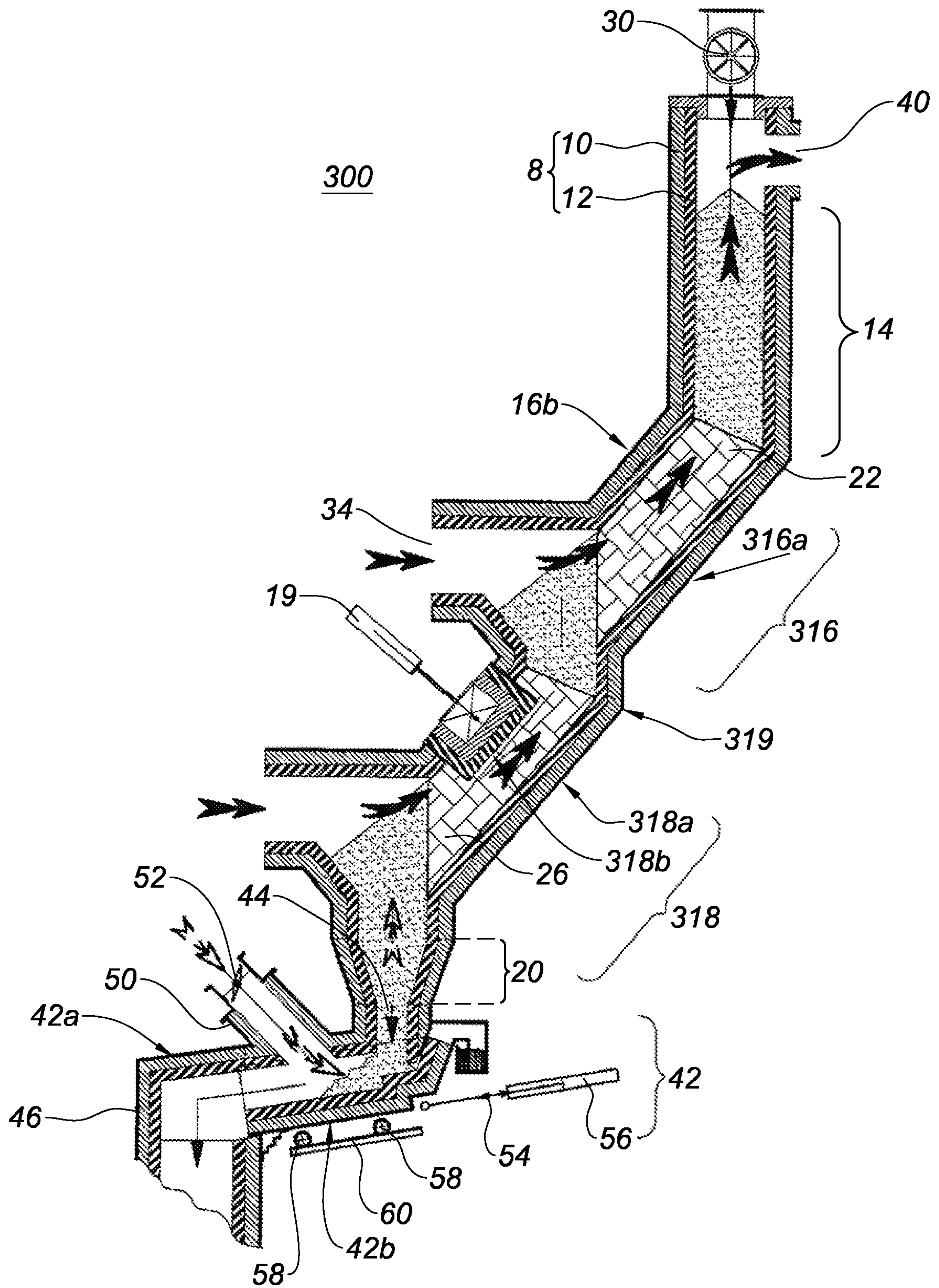


Fig. 7

7 / 8

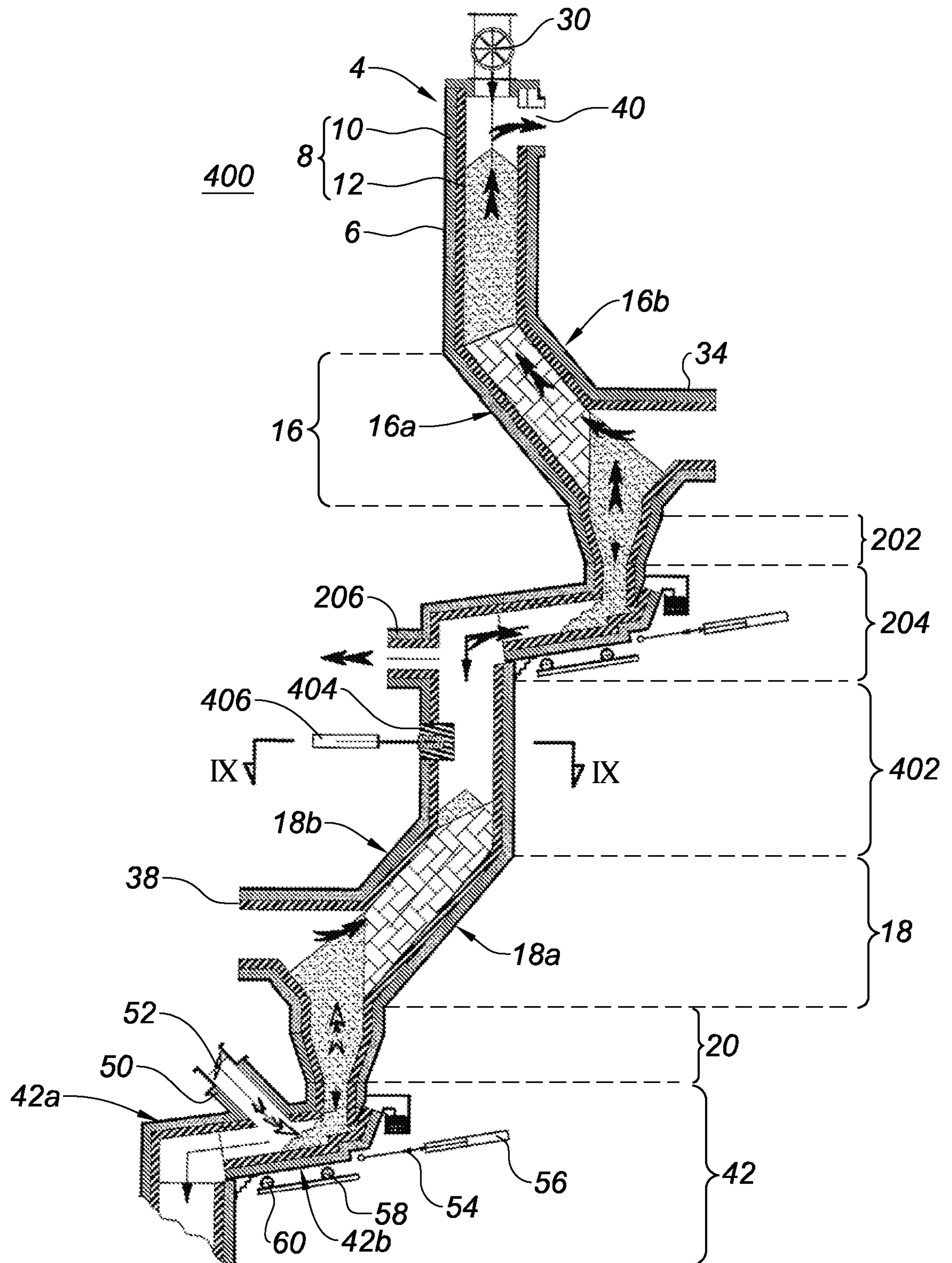
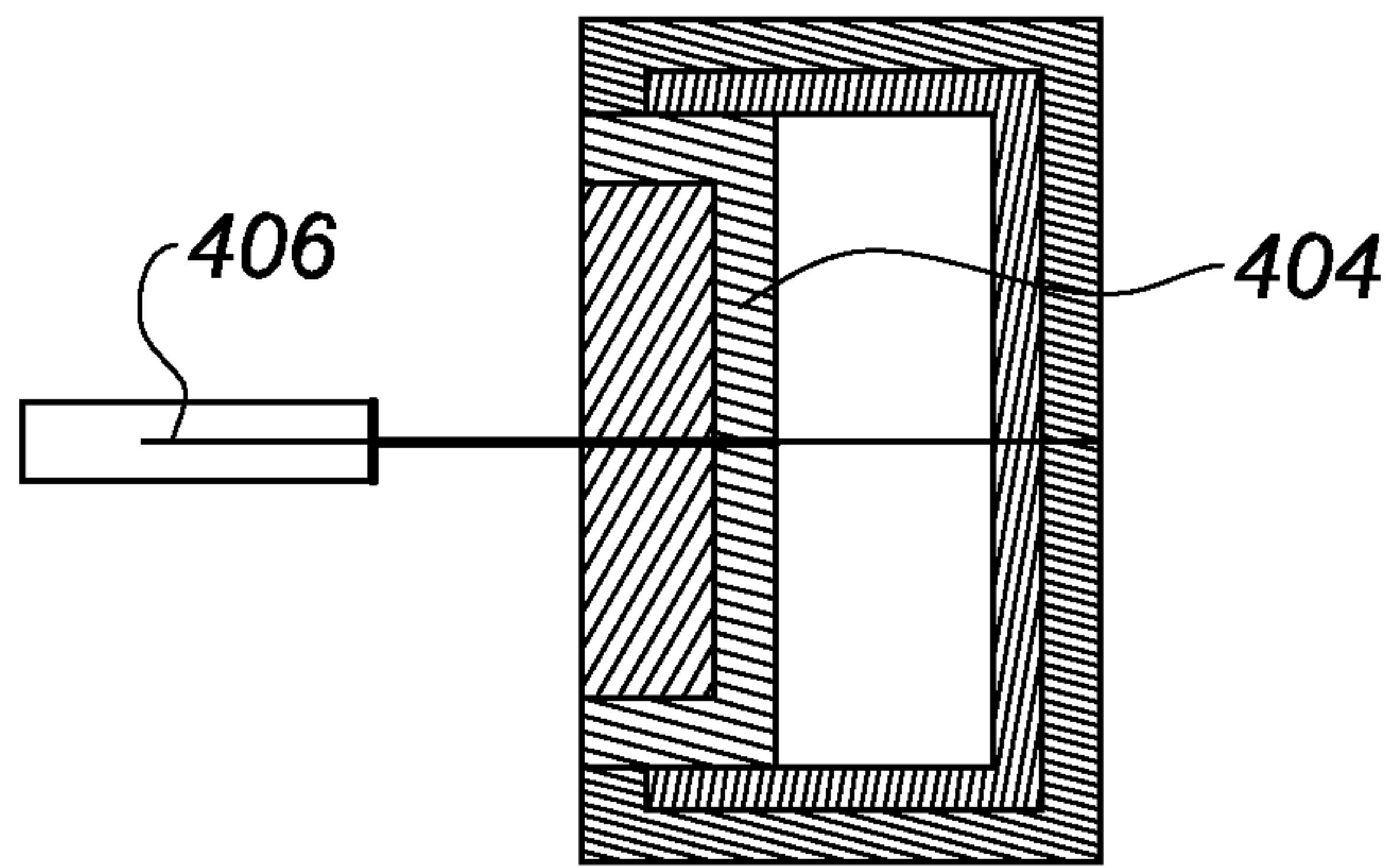


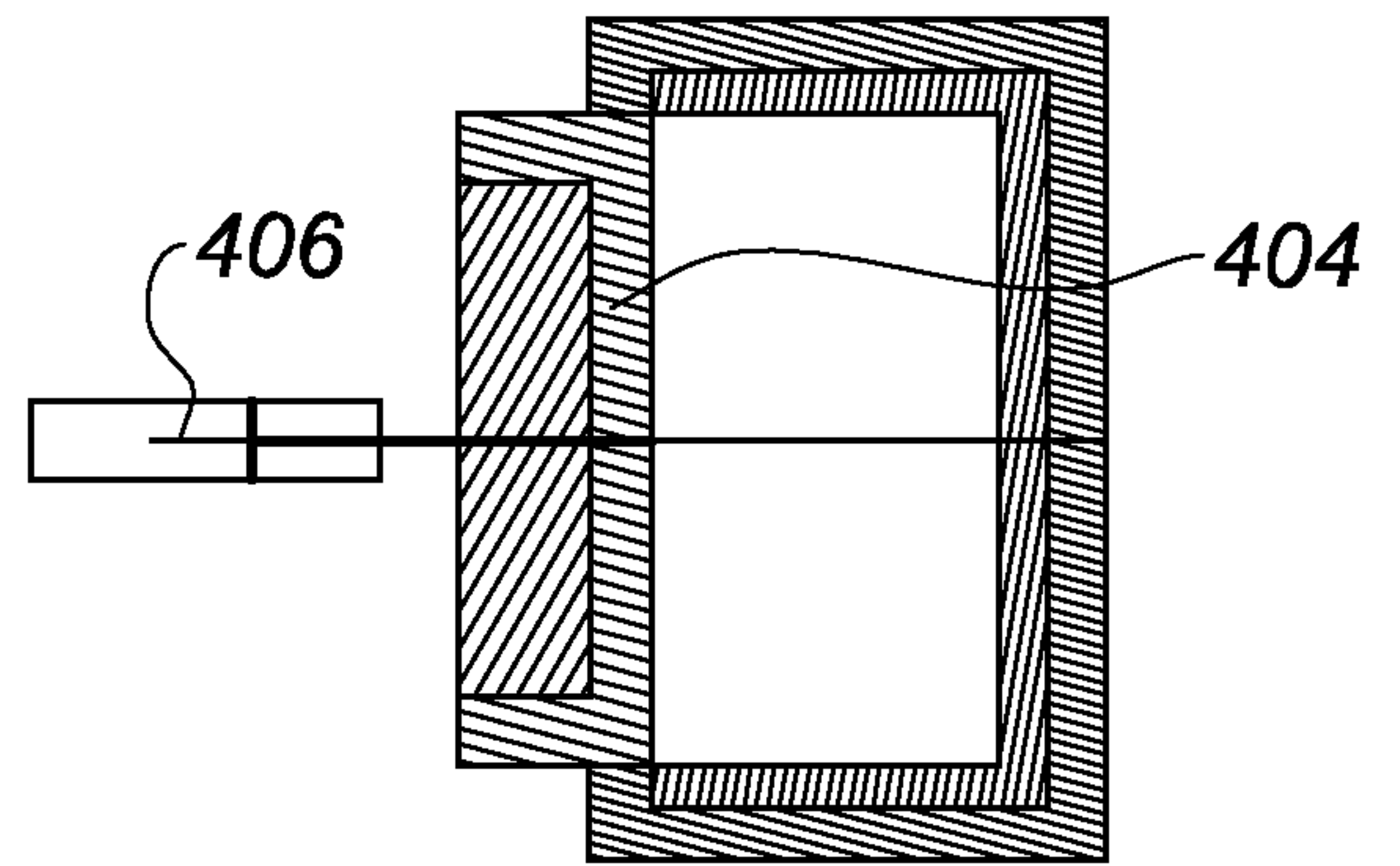
Fig. 8

8 / 8

IX - IX

*Fig. 9A*

IX - IX

*Fig. 9B*

