

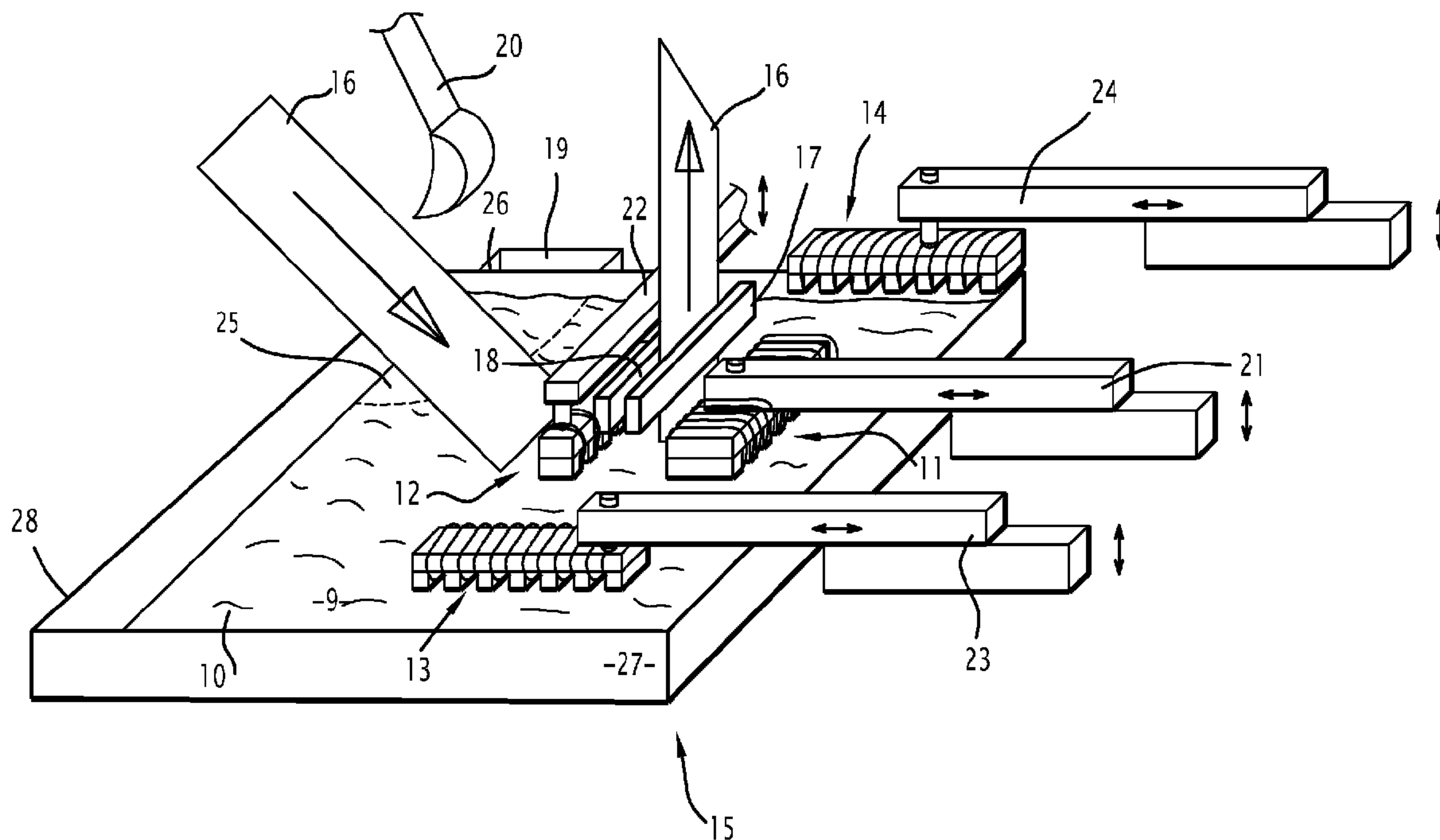


(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2011/10/20
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2013/04/25
 (45) Date de délivrance/Issue Date: 2016/11/08
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2014/04/15
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2011/052456
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2013/057385

(51) Cl.Int./Int.Cl. *C23C 2/00* (2006.01),
C23C 2/40 (2006.01)
 (72) Inventeurs/Inventors:
ANDERHUBER, MARC, FR;
DAUBIGNY, ALAIN, FR
 (73) Propriétaire/Owner:
ARCELORMITTAL INVESTIGACION Y DESARROLLO,
S.L., ES
 (74) Agent: SMART & BIGGAR

(54) Titre : PROCÉDE DE REVÊTEMENT AU TREMPÉ D'UNE BANDE D'ACIER ET INSTALLATION POUR SA MISE EN OEUVRE

(54) Title: METHOD FOR DIP COATING A STEEL STRIP AND FACILITY FOR IMPLEMENTING SAME



(57) Abrégé/Abstract:

La présente description vise un procédé de revêtement au trempé d'une bande d'acier en défilement dans un bain liquide de métal, ou d'alliage métallique contenu dans un bac, selon lequel on éloigne de la surface de la bande les mattes qui sont formées au cours du revêtement et flottent à la surface du bain, au moyen d'au moins un inducteur. Chaque inducteur produit un champ électromagnétique glissant orienté selon une direction donnée et générant une force magnétomotrice. L'ensemble des forces magnétomotrices déplace les mattes en direction d'un récipient chargé de les recueillir et/ou en direction d'une zone de la surface du bain d'où elles sont évacuées, dans lequel, pour au moins un des inducteurs, on inverse par intermittence la direction de son champ électromagnétique glissant de manière à modifier les écoulements des mattes à l'intérieur du bac.

ABRÉGÉ

La présente description vise un procédé de revêtement au trempé d'une bande d'acier en défilement dans un bain liquide de métal, ou d'alliage métallique contenu dans un bac, selon lequel on éloigne de la surface de la bande les mattes qui sont formées au cours du revêtement et flottent à la surface du bain, au moyen d'au moins un inducteur. Chaque inducteur produit un champ électromagnétique glissant orienté selon une direction donnée et générant une force magnétomotrice. L'ensemble des forces magnétomotrices déplace les mattes en direction d'un récipient chargé de les recueillir et/ou en direction d'une zone de la surface du bain d'où elles sont évacuées, dans lequel, pour au moins un des inducteurs, on inverse par intermittence la direction de son champ électromagnétique glissant de manière à modifier les écoulements des mattes à l'intérieur du bac.

Procédé de revêtement au trempé d'une bande d'acier et installation pour sa mise en œuvre

L'invention concerne la sidérurgie, et plus particulièrement les installations de revêtement au trempé des bandes d'acier, par lesquelles lesdites bandes sont recouvertes d'une couche de zinc ou d'alliage de zinc (dans le cas d'une galvanisation),
5 ou d'un autre type de métal ou d'alliage métallique tel qu'un alliage aluminium-silicium.

On rappelle que lors du revêtement au trempé d'une bande d'acier, la bande en défilement passe dans un bac renfermant le métal ou l'alliage métallique de revêtement, maintenu à l'état liquide. Le revêtement se dépose sur la bande qui ressort ensuite du
10 bain, et traverse un dispositif contrôlant l'épaisseur du revêtement et contribuant à sa solidification, constitué généralement par des buses projetant un gaz sur la surface du revêtement. Préalablement à sa pénétration dans le bain, la bande est réchauffée par un four de recuit puis refroidie à une température proche de la température du bain pour créer les conditions d'adhérence optimale entre la bande et le revêtement.

15 Au cours de la traversée du bain, on assiste au sein du bain à la formation d'oxydes et de précipités intermétalliques, essentiellement à base de Zn et de Fe dans le cas d'un bain de galvanisation, contenant du zinc liquide qui sera considéré de manière privilégiée dans la suite de la description, sans qu'il constitue une application exclusive de l'invention. Ces précipités sont appelés « mattes ». Certaines mattes ont une densité plus
20 élevée que celle du bain, et décantent au fond du bac sans gêner le processus de galvanisation. D'autres, en revanche, ont une densité inférieure à celle du bain et flottent à sa surface. Elles sont susceptibles d'être incorporées au revêtement de la bande, et donc d'y créer des défauts. Ces mattes de faible densité, qui seront les seules considérées dans la suite du texte, doivent donc être éloignées autant que possible de la
25 zone d'entrée de la bande dans le bain (si cette entrée s'effectue à l'air libre, ce qui n'est pas toujours le cas) et de la zone de sortie de la bande hors du bain, et être évacuées du bac au fur et à mesure de leur formation.

A cet effet, le plus classiquement, un opérateur se tenant au voisinage du bac pousse, à l'aide d'un outil, les mattes en direction d'un récipient situé à l'écart des zones
30 d'entrée et de sortie de la bande, ce récipient étant ensuite extrait du bac et vidé à l'aide d'un système robotisé ou non. Dans d'autres cas, l'opérateur pousse les mattes en direction d'une zone du bac où un dispositif tel qu'un robot les évacue vers un récipient extérieur au bac, dans lequel elles sont recueillies.

Cette opération est inconfortable et potentiellement dangereuse pour l'opérateur,
35 car il doit se tenir à proximité immédiate d'un bain de métal liquide chaud, avec les désagréments et les risques liés à la chaleur et à la possibilité de projections du métal

liquide. Par ailleurs, le système de contrôle de l'épaisseur de revêtement déposé sur la bande est constitué de buses de soufflage, et peut utiliser des gaz inertes tels que de l'azote afin de limiter l'oxydation du revêtement. L'utilisation de ces gaz inertes est aussi une source de risques pour l'opérateur, de par le manque d'oxygène dans l'atmosphère
5 autour du bac qu'il implique.

De plus, cette opération de nettoyage des mattes impose une limitation de la vitesse de défilement de la bande, car une vitesse élevée favorise la production des mattes, que l'opérateur et le robot doivent avoir le temps d'évacuer.

Egalement, plus la vitesse de la bande est élevée, plus les buses de contrôle de l'épaisseur de revêtement doivent projeter une quantité de gaz importante pour maintenir l'épaisseur de revêtement constante. Ceci a pour effet d'augmenter la température ambiante autour du bain, car le gaz de soufflage transporte la chaleur de la bande et du bain vers la zone de travail des opérateurs.
10

Enfin, afin de limiter les pertes d'énergie thermique liées au chauffage du bain, il est envisagé que certaines nouvelles installations de revêtement soient entièrement capotées. Il serait donc nécessaire, dans ce cas, de limiter les interventions extérieures, et notamment celle d'un opérateur pour le démantage, afin d'éviter des décapotages trop fréquents de l'installation.
15

Il y a donc un besoin d'accroître la sécurité, la rapidité et l'efficacité de l'évacuation des mattes par rapport à cette technique classique, sans pour autant modifier radicalement le procédé de galvanisation lui-même et la conception générale de l'installation qui le met en œuvre.
20

Une solution imaginée par certains sidérurgistes a été de remplacer, au moins pour l'essentiel, l'intervention humaine pour l'amenée des mattes dans la zone d'action du robot par l'action de dispositifs électromagnétiques. A l'aide de champs glissants générés par des inducteurs tels que des moteurs linéaires, des forces électromagnétiques, auxquelles le métal ou l'alliage métallique liquide sont sensibles (forces dites « magnétomotrices »), font se déplacer le métal ou l'alliage métallique liquide qui entraîne les mattes dans une zone du bac où le robot est actif, en créant un chemin de recirculation des mattes les conduisant dans ladite zone. De tels dispositifs sont décrits, par exemple, dans les documents JP-A-10-053850, JP-A-54-33234, JP-A-2005-068545, JP-11-006046.
25
30

JP-A-54-33234, par exemple, enseigne de disposer des inducteurs à champ glissant tout autour de la bande dans sa zone de sortie du bac, les champs glissants amenant les mattes dans le coin du bac où se trouve une bande transporteuse qui évacue les mattes hors du bac dans un récipient qui les recueille. Dans son cas, l'entrée de la
35

bande dans le bain de galvanisation s'effectue, comme c'est souvent le cas, à l'intérieur d'un tube plongeant dans le bain et connecté en amont au four de recuit, et les mattes qui ont décanté à la surface du bain ne peuvent venir en contact avec la surface de la bande dans cette zone. Il est donc suffisant de placer des inducteurs dans l'environnement de la zone de sortie de la bande.

5 JP-A-10-053850 enseigne de disposer des écrans parallèlement à la bande dans sa zone d'entrée dans le bac, et des inducteurs à champ glissant sont disposés au voisinage des deux extrémités de chaque écran. Les champs magnétiques ainsi générés permettent d'attirer les mattes hors de la zone comprise entre les écrans et incluant la bande.

10 Dans le cas où il n'y a pas de robot, de tels dispositifs permettent de toute façon de faciliter le travail de l'opérateur qui n'a plus à agir que dans une zone du bac dont la surface est relativement limitée.

L'expérience montre, cependant, que l'efficacité de ces dispositifs aurait intérêt à être encore améliorée. En particulier, une évacuation aussi complète que possible des mattes sans intervention humaine devrait pouvoir être réalisée, et ce avec un minimum d'inducteurs. Optimalement, un seul inducteur pourrait être suffisant si le bac est de faibles dimensions.

15 Selon plusieurs aspects, le présent mémoire descriptif vise un procédé de revêtement au trempé d'une bande d'acier en défilement dans un bain liquide de métal, ou d'alliage métallique contenu dans un bac, selon lequel on éloigne de la surface de la bande les mattes qui sont formées au cours du revêtement et flottent à la surface du bain, au moyen d'au moins un inducteur, chaque inducteur produisant un champ électromagnétique glissant orienté selon une direction donnée et générant une force magnétomotrice, 20 l'ensemble des forces magnétomotrices déplaçant les mattes en direction d'un récipient chargé de les recueillir et/ou en direction d'une zone de la surface du bain d'où elles sont évacuées, dans lequel, pour au moins un des inducteurs, on inverse par intermittence la direction de son champ électromagnétique glissant de manière à modifier les écoulements des mattes à l'intérieur du bac.

25 Selon plusieurs aspects, le présent mémoire descriptif vise une installation de revêtement au trempé d'une bande d'acier, comportant un bac renfermant à l'état liquide un bain liquide de métal ou d'alliage métallique dans lequel défile la bande, et au moins un inducteur, chaque inducteur créant un champ électromagnétique et des forces magnétomotrices contribuant à amener les mattes générées au cours de la galvanisation au voisinage d'un récipient destiné à les recevoir et/ou dans la zone d'action d'un robot ou d'un opérateur qui les amène dans le récipient, dans lequel au moins un des inducteurs

comporte un dispositif permettant d'inverser la direction du champ électromagnétique généré par l'inducteur.

Le but de l'invention est de proposer un procédé et un dispositif d'éloignement des mattes de faible densité surnageant à la surface du bain de galvanisation garantissant une meilleure efficacité que les dispositifs connus, en utilisant un minimum d'inducteurs.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de galvanisation au trempé d'une bande d'acier en défilement dans un bain liquide de métal, tel que du zinc, ou d'alliage métallique contenu dans un bac, selon lequel on éloigne de la surface de la bande les mattes qui sont formées au cours de la galvanisation et flottent à la surface du bain, au moyen d'au moins un inducteur, chaque inducteur produisant un champ électromagnétique glissant orienté selon une direction donnée et générant une force magnétomotrice, l'ensemble desdites forces magnétomotrices déplaçant lesdites mattes en direction d'un récipient chargé de les recueillir et/ou en direction d'une zone de la surface du bain d'où elles sont évacuées, caractérisé en ce que, pour au moins un desdits inducteurs, on inverse par intermittence ladite direction de son champ électromagnétique glissant de manière à modifier les écoulements des mattes à l'intérieur du bac.

Parmi lesdits inducteurs, on peut disposer au moins deux d'entre eux le long de la zone de sortie de la bande du bain, et on inverse par intermittence la direction de leurs champs magnétiques respectifs.

L'invention a également pour objet une installation de revêtement au trempé d'une bande d'acier, comportant un bac renfermant un bain liquide de métal ou d'alliage métallique dans lequel défile la bande, et au moins un inducteur, chaque inducteur créant un champ électromagnétique et des forces magnétomotrices contribuant à amener les
5 matts générées au cours du revêtement au voisinage d'un récipient destiné à les recevoir et/ou dans la zone d'action d'un robot ou d'un opérateur qui les amène dans ledit récipient, caractérisé en ce qu'au moins un desdits inducteurs comporte un dispositif permettant d'inverser la direction du champ électromagnétique généré par ledit inducteur.

Elle peut comporter au moins deux inducteurs situés de part et d'autre de la zone
10 de sortie de la bande du bain, et lesdits inducteurs comportent chacun un dispositif permettant d'inverser la direction du champ électromagnétique qu'il génère.

Lesdits inducteurs peuvent être montés sur des potences permettant de régler leur emplacement au-dessus du bac et leur distance avec la surface du bain.

Ladite installation peut comporter des dispositifs automatisés d'asservissement de
15 la distance entre chacun des inducteurs et le niveau de la surface du bain.

Selon un mode de réalisation, deux inducteurs encadrent la bande dans sa zone de sortie du bain de manière à éloigner les matts des surfaces de la bande en les faisant se déplacer parallèlement à elle, et deux inducteurs sont disposés chacun le long d'une paroi du bac, sensiblement dans le prolongement des deux autres inducteurs.

20 Dans ce cas, le bac contenant le bain a une forme générale rectangulaire, le récipient dans lequel les matts sont recueillies, et/ou la zone d'action du robot ou de l'opérateur depuis laquelle elles sont évacuées, est placé dans un coin du bac à l'opposé d'un des inducteurs, et dans le coin du bac opposé à l'autre des inducteurs est placé un inducteur destiné à orienter les matts vers ledit récipient.

25 L'installation peut comporter des moyens de commande de l'inversion de la direction du champ électromagnétique généré par au moins un inducteur qui sont eux-mêmes asservis à un dispositif permettant d'évaluer la quantité de matts accumulées dans au moins une zone du bac et de déterminer le moment où une telle inversion est souhaitable.

30 Au moins un desdits inducteurs peut être un moteur linéaire triphasé.

De préférence, au moins un desdits moteurs linéaires triphasés est du type dans lequel les bobines entourent le noyau magnétique.

Comme on l'aura compris, l'invention repose sur l'utilisation d'inducteurs à champ glissant dont au moins un d'entre eux présente la possibilité de faire varier par
35 intermittence la direction du champ glissant au cours de leur utilisation, donc la direction de la force magnétomotrice qui provoque le déplacement des matts. Eventuellement, si

5

le bac renfermant le métal liquide de revêtement est de faibles dimensions, la présence d'un seul inducteur peut être suffisante, si la direction de son champ glissant peut, selon l'invention, être inversée par intermittence.

5 Cette variation de direction du champ permet de ne pas avoir une configuration constante des chemins privilégiés de circulation des mattes à la surface du bain.

10 En effet, les inventeurs ont constaté qu'une telle constance des chemins de circulation était néfaste pour l'efficacité du dispositif électromagnétique d'entraînement des mattes. Elle conduit à la création de zones mortes et de boucles de recirculation fermées, localisées dans certaines zones du bac. Les mattes ont donc tendance à y
15 demeurer ou à s'y accumuler, et ne peuvent donc être enlevées par le robot si la zone d'action de celui-ci ne concerne pas les zones mortes et les zones où se situent les boucles de recirculation. Et si elles sont, en plus, éloignées du récipient recueillant les mattes, il faut qu'un opérateur les amène dans le récipient ou la zone d'action du robot, avec tous les inconvénients que l'on a précédemment cités en termes de sécurité et de
conditions de travail.

L'inversion (effectuée à intervalles réguliers ou non) de la direction du champ généré par au moins un inducteur, de préférence au moins par des inducteurs encadrant les deux côtés de la bande dans sa zone de pénétration dans le bac, permet de modifier le chemin de circulation des mattes. Ce faisant, les zones mortes et les boucles de
20 recirculation qui ont pu s'instaurer lorsque les champs avaient une direction donnée sont « cassées » par l'inversion de cette direction, et les mattes qui s'y étaient éventuellement accumulées sont ramenées dans le circuit de circulation qui les conduit vers la zone d'action du robot, voire directement vers le récipient qui les recueille. Une intervention humaine pour effectuer cette remise en circulation des mattes n'est donc plus nécessaire.
25 Egalement, le nombre d'inducteurs qui seraient nécessaires pour évacuer les mattes présentes sur l'ensemble de la surface du bain peut être réduit, sachant qu'il n'est pas forcément nécessaire qu'une zone donnée du bac, en particulier celles situées relativement loin de la bande, soit concernée en permanence par les courants de circulation.

30 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, donnée en référence aux figures annexées suivantes :

- la figure 1 représente un exemple de moteur linéaire qui est utilisable dans le cadre de l'invention ;

- la figure 2 représente le schéma électrique du moteur linéaire de la figure 1 ;

6

- les figures 3 à 5 représentent schématiquement les variations de l'orientation des forces magnétomotrices générées par le moteur linéaire de la figure 1 en fonction de la fréquence du courant qui le parcourt ;

5 - la figure 6 représente schématiquement en perspective un exemple d'installation de galvanisation à laquelle peut s'appliquer l'invention ;

- les figures 7 et 8 montrent schématiquement en vue de dessus l'installation de la figure 6 pour deux configurations possibles d'écoulement des mattes réalisables selon l'invention ;

10 - la figure 9 montre schématiquement en vue de dessus une variante de l'installation de la figure 6 dans laquelle un moteur linéaire supplémentaire est utilisé.

La conception générale des moteurs linéaires triphasés qui, selon un exemple privilégié de l'invention, assurent la création des champs glissants, est classique, mais leur dimensionnement et leurs caractéristiques doivent convenir aux besoins de l'installation. Une contrainte est, en particulier, d'obtenir une efficacité satisfaisante du champ glissant lorsque le moteur est placé à une distance du bain de galvanisation optimalement comprise entre 20 et 100 mm, distance à laquelle on évite en général que la surface du bain ne vienne en contact avec le moteur, ou que des projections de zinc liquide ne viennent le détériorer.

Théoriquement, une distance moteur-bain de 1 à 350 mm est possible (elle est à
20 ajuster aussi en fonction du pas polaire et de la puissance du moteur), sachant que plus cette distance est faible, plus l'efficacité du moteur est élevée, toutes choses étant égales par ailleurs. Mais la géométrie et les conditions précises de fonctionnement de l'installation de galvanisation doivent être considérées pour le choix de la distance optimale. Les moteurs sont d'ailleurs optimalement montés chacun sur une potence qui
25 permet de régler leur emplacement exact au-dessus du bain, y compris en hauteur, selon les besoins instantanés de la mise en œuvre de l'invention qui peuvent varier selon divers paramètres tels que :

- la vitesse de défilement de la bande et ses variations, qui créent des perturbations plus ou moins importantes à la surface du bain ;

30 - la vitesse de formation des mattes, qui dépend d'ailleurs entre autres de la vitesse de défilement de la bande, et qui, lorsqu'elle est importante parce que la bande défile rapidement, peut nécessiter une efficacité maximale des moteurs pour éloigner les mattes de la bande ; on aura alors intérêt à placer les moteurs au plus près de la surface du bain.

35 L'encombrement en longueur et en volume de chaque moteur doit être tel que le moteur puisse trouver sa place dans la ligne de production, compte tenu des dimensions

usuelles du bac, de la bande et de l'espace disponible pour implanter les moteurs au-dessus du bac, surtout lorsqu'on veut les implanter sur une installation préexistante. Pratiquement, la longueur d'un moteur est de 200 à 2000 mm, sa largeur de 100 à 1000 mm et sa hauteur de 50 à 600 mm.

5 La longueur et la largeur du moteur définissent sa surface active : plus la surface active est grande, plus la zone balayée par le moteur est grande, mais aussi plus l'encombrement du moteur est important, ce qui peut rendre sa mise en place difficile. Bien entendu, tous les moteurs d'une même installation ne sont pas forcément identiques. Le choix des dimensions du moteur est adapté à la taille de la zone qu'il doit balayer.

10 Optimalement, les moteurs encadrant la bande ont une longueur de l'ordre de la largeur de la bande pour garantir que les mattes seront écartées de l'ensemble de la zone de pénétration de la bande dans le bain de galvanisation. Mais cette condition n'est pas toujours remplie sur des installations destinées à traiter des bandes de largeurs diverses (de 600 à 2000 mm par exemple). Pour y remédier, on peut envisager :

15 - soit de disposer de plusieurs jeux de moteurs, de largeurs différentes, et pouvant être changés rapidement entre deux opérations de galvanisation de bandes de largeurs différentes ;

- soit, comme on l'envisagera plus loin, d'utiliser plusieurs moteurs placés côte à côte et pouvant être mis en service ou hors service selon la largeur de la bande à revêtir.

20 Le pas polaire du moteur, c'est-à-dire la distance entre deux bobines alimentées par la même phase, peut varier de 50 à 700 mm. Il correspond à la zone d'action du champ magnétique. Plus le pas polaire est réduit, plus il faut placer le moteur près de la surface du bain pour obtenir une efficacité donnée de l'entraînement des mattes. Un placement du moteur à 100 mm de la surface du bain s'accompagne généralement du

25 choix d'un pas polaire de l'ordre de 300 mm compte tenu des autres caractéristiques préférées des moteurs.

La fréquence de fonctionnement des moteurs peut aller de 1 à 500 Hz. Elle influe sur la direction de la force magnétomotrice dans le Zn liquide, comme on l'a vu plus haut. La force est optimalement aussi tangentielle que possible par rapport à la surface du bain,

30 de manière à ne pas créer d'agitation hors du voisinage immédiat de la surface (en particulier une agitation qui tendrait à remettre au cœur du bain les mattes ayant décanté au fond du bac ou celles surnageant à la surface) et assurer un déplacement aussi efficace que possible des mattes surnageant à la surface. Toutes choses étant égales par ailleurs, notamment le pas polaire, la force électromagnétique est d'autant plus

35 tangentielle que la fréquence est faible.

L'intensité du courant traversant chaque encoche des moteurs doit être suffisante pour créer une force magnétomotrice de 1000 à 20 000 Ampère-tours, sachant que pour un enroulement donné, plus l'intensité du courant est élevée, plus la force magnétomotrice générée est grande.

5 La figure 1 représente schématiquement un moteur linéaire triphasé d'un type connu en lui-même, utilisable comme inducteur dans le cadre de l'invention. Il comporte, classiquement, un noyau magnétique 1 de longueur L et de largeur l constitué par un assemblage de feuillets en fer doux. Le fer doux est utilisé pour maximiser le flux magnétique, et la construction en feuillets permet de réduire l'apparition de courants de Foucault, donc les pertes par effet Joule. Le noyau comporte des fentes 2 dans lesquelles sont placés des conducteurs électriques formant des bobines 3-8, ces bobines 3-8 étant elles-mêmes connectées les unes aux autres pour former des enroulements. Dans 10 l'exemple représenté, il s'agit d'un moteur triphasé, comportant trois enroulements de deux bobines disposées en alternance. La bobine 3 est donc reliée à la bobine 6, la bobine 4 est reliée à la bobine 7 et la bobine 5 est reliée à la bobine 8. Chaque bobine 3-8 est alimentée avec un déphasage de $2\pi/3$ pour créer le champ magnétique glissant qui va créer la force magnétomotrice déplaçant les mattes selon la même direction que le champ. Les bobines 3-8 peuvent être refroidies par une circulation interne d'eau.

La figure 2 montre le schéma électrique du moteur, avec la connexion en étoile 20 montrant l'alternance des connexions des bobines.

Pour la mise en œuvre aisée de l'invention, il est prévu un inverseur de phase 30 qui permet, en une seule opération d'actionnement, de modifier les connexions des bobines reliées aux phases 1 et 2 (respectivement, dans l'exemple représenté, les bobines 3, 5, 6, 8) de façon à pouvoir inverser instantanément la direction du champ glissant, sachant que les branchements des bobines 4, 7 reliées à la phase 3 restent inchangés. Ainsi, dans la configuration représentée en traits pleins sur la figure 2, où les bobines 3 et 6 sont reliées à la phase 1 et les bobines 5 et 8 à la phase 2, le champ glisse de gauche à droite selon la flèche 31. Dans la configuration représentée en pointillés sur la figure 2 où les bobines 3 et 6 sont reliées à la phase 2 et les bobines 5 et 8 sont reliées à la phase 1, le champ glisse de droite à gauche selon la flèche 32.

Le pas polaire du moteur, c'est-à-dire la distance « p » entre deux bobines alimentées par la même phase, par exemple les bobines 3 et 6 dans l'exemple représenté, est, comme on l'a dit, de 50 à 700 mm. Un pas polaire de 300 mm pour un moteur de longueur de 600 à 700 mm s'avère être un bon compromis entre les différents impératifs à concilier : 35

9

- un pas polaire suffisamment long pour qu'il ne soit pas nécessaire de placer le moteur à une distance trop réduite du bain de galvanisation, ce qui pourrait l'endommager ;

5 - un pas polaire suffisamment réduit pour ne pas conduire à un moteur dont la longueur serait exagérément grande.

Les figures 3 à 5 schématisent les forces magnétomotrices et leurs orientations dans le bain de galvanisation 9 pour des fréquences du courant parcourant le moteur de 10 Hz (figure 3), 50 Hz (figure 4) et 250 Hz (figure 5). Les flèches représentent, en fonction de leurs orientations et de leurs longueurs, les directions privilégiées desdites forces et leurs intensités. On voit que, comme on l'a dit, plus la fréquence est basse, plus la force magnétomotrice s'exerce tangentiellement à la surface 10 du bain, et est donc efficace, à intensité du courant égale, pour faire se déplacer les mattes dans la direction souhaitée. Mais une fréquence faible conduit à une intensité faible des forces magnétomotrices. Le choix de la fréquence du courant doit aussi être effectué en combinaison avec celui du pas polaire pour obtenir la géométrie de l'installation la plus favorable à son bon fonctionnement. On juge finalement préférable d'avoir une fréquence relativement basse et un pas polaire relativement élevé pour ne pas être obligé de placer le moteur à une distance trop faible du bain, afin d'obtenir une force magnétomotrice d'intensité néanmoins convenable, et qui s'exerce principalement selon une direction efficace pour la bonne circulation des mattes. Un courant de fréquence 10Hz, un pas polaire de 300 mm, un moteur de longueur totale de 600 à 700 mm comportant six bobines de 96 spires, chacune parcourues par un courant d'intensité 150 A, et procurant donc une force magnétomotrice de 15 000 Ampère-tours représente un bon compromis s'il est placé à une distance de 50 à 100 mm de la surface 10 du bain 9.

25 Les moteurs linéaires les plus classiques comportent un enroulement plat, avec des bobines plates traversant le noyau (voir par exemple le document EP-A- 0 949 749). Mais pour une plus grande compacité du moteur, en particulier en largeur, il est préférable de lui conférer la configuration représentée schématiquement sur les figures, où les bobines 3-8 sont disposées autour du noyau 1. Le document « Fluid flow in a continuous casting mold driven by linear induction motors » (ISIJ International, 2001, vol.41 N°8, pp851-858) décrit plus en détail de tels moteurs linéaires.

35 La figure 6 représente schématiquement une installation de galvanisation équipée, dans l'exemple représenté, de quatre moteurs linéaires 11-14 du type de celui de la figure 1, et aptes à la mise en œuvre de l'invention. De façon classique, cette installation comporte un bac 15 de forme générale rectangulaire, pourvu de moyens de maintien en température du bain liquide 9 de zinc ou, plus généralement, d'alliage de zinc (ou,

10

rappelons-le, de tout autre métal ou alliage métallique susceptible d'être utilisé pour le revêtement de la bande 16), qu'il contient. La bande en défilement 16 à galvaniser pénètre dans le bain 9 selon une direction oblique. Très souvent, comme on l'a dit, cette pénétration s'effectue, en fait, à l'intérieur d'un tube de protection, relié dans sa partie
5
amont à la ligne de recuit qui a permis de régler la température de la bande à une valeur proche de celle du bain 9. Par souci de clarté, ce tube n'a pas été représenté sur la figure 6, de même que sur les figures 7, 8 et 9. La bande 16 passe autour d'un rouleau situé à l'intérieur de la cuve 15, et ressort du bain 9 à la verticale, revêtue de sa couche de galvanisation, en direction des autres éléments de l'installation de galvanisation connus
10
en eux-mêmes et n'ayant pas d'influence sur la conception de l'invention. Comme il est connu, la bande 16 galvanisée passe, à sa sortie du bain 9, entre deux dispositifs de soufflage de gaz 17, 18 qui ajustent l'épaisseur du revêtement sur chacune des surfaces de la bande 16 et le refroidissent, contribuant donc à sa bonne solidification. Pour recueillir les mattes, on peut placer dans un coin du bac 15 un récipient dans lequel les
15
mattes peuvent être recueillies après y avoir été poussées à l'aide des moteurs 11-14. Ou alors, comme représenté, un robot 20 disposé au voisinage du bac 15 peut être déplacé dans toutes les directions de l'espace afin d'extraire les mattes du bain 9 et les envoyer dans un récipient 19 placé à côté du bac 15.

Les moteurs linéaires 11-14 sont disposés sur des potences 21-24 qui permettent
20
de modifier leurs positions respectives au-dessus du bain 9 pour optimiser :

- la situation de la zone d'action de chaque moteur 11-14 ;
- et la distance verticale entre la surface 10 du bain 9 et chacun des moteurs 11-14.

En effet, du fait de la consommation progressive du zinc au cours de la
25
galvanisation, le niveau du bain 9 tend à baisser au cours de l'opération, et si la distance entre le moteur 11-14 et la surface 10 augmente, la force magnétomotrice diminue. Un abaissement progressif du moteur 11-14 par sa potence 21-24 permet de conserver constante cette distance, donc de conserver constante la force magnétomotrice en direction et en intensité, toutes choses étant égales par ailleurs. Un autre moyen d'agir
30
sur la force magnétomotrice est d'augmenter l'intensité du courant traversant le moteur 11-14. Bien entendu, on peut combiner un réglage de la distance entre le moteur 11-14 et la surface 10 du bain 9 et un réglage de l'intensité du courant pour maîtriser la force magnétomotrice. Des moyens peuvent être prévus pour asservir automatiquement la distance entre chaque moteur 11-14 et la surface 10 du bain 9 à la variation du niveau de
35
ladite surface 10.

La disposition des différents éléments principaux de l'installation telle que représentée sur la figure 6 apparaît aussi sur les figures 7 et 8. Deux moteurs 11, 12 encadrent la bande 16 dans sa zone de sortie du bain 9 de manière à éloigner les mattes des surfaces de la bande 16 en les faisant se déplacer parallèlement à elle. Deux moteurs 5 13, 14 sont, dans l'exemple non limitatif représenté, disposés chacun le long d'une paroi latérale du bac 15 et parallèlement à elle, sensiblement dans le prolongement des deux autres moteurs 11, 12, de façon à faire longer ladite paroi aux mattes qui pénètrent dans leurs zones d'action respectives, et à les envoyer vers la zone d'action 25 du robot 20 qui les pousse dans le récipient 19 situé à proximité immédiate du bac 15. Dans l'exemple 10 représenté, la zone d'action 25 du robot 20 se situe à l'opposé de l'un 14 des moteurs disposés le long d'une paroi latérale du bac 15.

Le parallélisme des parois latérales du bac 15 et des moteurs 13,14 représenté sur les figures 6, 7 et 8 n'est, comme on l'a dit, qu'un exemple de disposition non limitatif. L'orientation de ces moteurs 13, 14 est à optimiser selon la configuration précise du bac 15 et l'emplacement précis de la zone d'action 25 du robot 20. cette optimisation peut 15 conduire à disposer au moins l'un de ces moteurs 13, 14 obliquement par rapport à la paroi latérale du bac 15 dont il est proche.

Les inventeurs ont constaté que l'efficacité d'un tel système, fonctionnant en régime permanent avec des forces magnétomotrices sensiblement constantes au moins 20 en direction, ne permettait pas de parvenir à une efficacité maximale de l'évacuation des mattes.

En effet, on assiste à terme, du fait de la stabilité des écoulements à la surface du bain 9, à la création de zones mortes où les mattes viennent s'accumuler et restent immobiles sans être captées par un des moteurs 11-14, et aussi de zones dans 25 lesquelles les mattes circulent en boucles, en ayant peu de possibilités de s'échapper pour rejoindre le flux normal de circulation qui doit les conduire dans la zone d'action 25 du robot 20 (ou directement dans le récipient 19 si celui-ci est placé dans le bac 15 lui-même). On observe donc une accumulation des mattes dans certaines zones, qui peut finir par constituer une source de pollution pour l'ensemble du bain 9 et détériorer la 30 qualité de la galvanisation.

L'invention résout ce problème en prévoyant qu'au moins un des moteurs 11-14 dispose de moyens permettant d'inverser la direction du champ électromagnétique qu'il génère, donc la direction de la force magnétomotrice qui fait se déplacer les mattes. Cette inversion peut avoir lieu systématiquement à des intervalles de temps prédéterminés et 35 être commandée manuellement ou automatiquement, des expériences préalables ayant permis de déterminer avec quelle fréquence optimale cette inversion doit être effectuée

12

en fonction des conditions de la galvanisation (notamment la vitesse de défilement de la bande 16, la nature du bain 9...). Elle peut aussi avoir lieu de façon irrégulière, à des moments déterminés par l'opérateur de l'installation, ou par un dispositif automatisé quelconque fonctionnant, par exemple, en étant asservi à des moyens d'évaluation de la
5 quantité de mattes accumulées dans une ou des zones déterminées du bac 15.

Cette évaluation de la quantité de mattes accumulées peut être fournie, par exemple, par une analyse des images captées par des caméras (infrarouges ou autres) visant les zones d'accumulation potentielle des mattes. Elle rend possible à un opérateur, ou à un dispositif automatique de gestion de l'installation de galvanisation, d'estimer que
10 l'accumulation des mattes dans un ou plusieurs endroits de la surface 10 du bain 9 est sur le point de devenir excessive ou l'est déjà, et qu'il est donc souhaitable de procéder à ladite inversion de la direction du champ d'au moins un des moteurs 11-14.

L'inversion de la direction de la force magnétomotrice associée au(x) moteur(s) 11-14 concerné(s) provoque une perturbation transitoire de la circulation des mattes, qui
15 permet ainsi d'agiter des zones auparavant stables (zones mortes ou boucles de recirculation). Cette agitation ramène les mattes qui se trouvent dans ces zones au sein du nouveau chemin privilégié de circulation des mattes qui est ainsi créé, et lesdites mattes peuvent être évacuées. Ce nouveau chemin de recirculation va, à son tour, créer de nouvelles zones mortes et boucles de recirculation, mais elles pourront être
20 « cassées » de la même façon par une inversion ultérieure de la direction du champ créé par au moins un des inducteurs 11-14.

Ces moyens d'inversion du champ de l'inducteur 11-14 peuvent être constitués, de manière très simple, par un commutateur qui modifie l'alimentation des différentes bobines 3-8. Pour cela, comme on l'a vu et représenté sur la figure 2, il suffit de prévoir
25 un commutateur de phase 30 qui modifie l'alimentation des bobines du moteur. Ce commutateur 30 est installé dans l'armoire électrique de pilotage de l'installation et peut être commandé à distance par un opérateur et/ou par un système automatique. Le changement de direction du champ glissant est instantané.

Dans le cas représenté sur les figures 7 et 8, ce sont les moteurs 11, 12 qui
30 entourent la bande 16 dans sa zone de sortie du bain 9 qui sont équipés de moyens d'inversion du sens du champ électromagnétique qu'ils génèrent.

Dans le cas de la figure 7, on a représenté un premier état de fonctionnement des moteurs 11-14 dans lequel les moteurs 11, 12 entraînent tous deux les mattes vers la paroi latérale gauche du bac 15. Elles y sont reprises par le champ généré par le moteur
35 14 situé le long de cette paroi latérale gauche 26, et envoyés en direction du récipient 19 si celui-ci est intégré au bac 15, ou, comme représenté, dans la zone d'action 25 du robot

13

20. Simultanément, le moteur 13 situé le long de la paroi latérale droite 27 du bac 15 envoie les mattes que capte son champ électromagnétique le long de la paroi latérale droite 27 vers la zone d'action 25 du robot 20. Ces mattes tendent également à être déviées par la paroi frontale 28 du bac 15 en direction de la zone d'action 25 du robot 20.

5 Les différentes flèches représentées sur la figure 7 (de même que sur les figures 8 et 9) montrent les déplacements des mattes induits par les forces magnétomotrices générées par les différents moteurs 11-14.

La figure 8 représente un second état de fonctionnement des moteurs 11-14, dans lequel les directions des champs générés par les moteurs 11, 12 encadrant la bande 16, au bout d'un certain temps d'utilisation de la configuration de la figure 7, ont été, selon l'invention, inversées par rapport au cas de la figure 7. Cette fois, les mattes se trouvant au voisinage de la bande 6 sont orientées vers le moteur 13 situé le long de la paroi latérale droite 27 du bac 15. Les moteurs 13, 14 fonctionnent comme dans le cas de la figure 7. Cette inversion est déjà suffisante pour créer des mouvements des mattes à la surface 10 du bain 9 qui sont capables de « casser » les zones mortes et les zones de recirculation créées dans la configuration de la figure 7.

On repassera de façon manuelle ou automatique dans la configuration de la figure 7 lorsque l'accumulation des mattes dans les nouvelles zones mortes et boucles de recirculation créées sera sur le point de devenir excessive, comme précédemment décrit.

20 Dans l'exemple représenté, les deux moteurs 11, 12 encadrant la bande 16 entraînent tous deux les mattes dans la même direction. Mais cette configuration n'est pas obligatoire, on peut prévoir, si la localisation des mattes à déplacer le nécessite, que les directions des champs desdits moteurs 11, 12 soient opposées, et ce de façon permanente ou temporaire.

25 Egalement, dans l'exemple représenté, les deux moteurs 11, 12 encadrant la bande 16 ont la même longueur et se font exactement face. Mais cette configuration n'est pas obligatoire et on peut prévoir que ces moteurs 11, 12 aient des longueurs différentes et/ou soient décalés l'un par rapport à l'autre, s'il s'avère que cela est profitable à la bonne évacuation des mattes dans la configuration particulière du bac 15 utilisé.

30 La figure 9 présente schématiquement une variante du cas des figures 6 à 8, dans laquelle on a ajouté un cinquième moteur 29 disposé obliquement dans le coin avant droit du bac 15. Il est donc situé sur le trajet des mattes poussées par le moteur 13 situé le long de la paroi latérale droite 27 du bac 15, et a pour fonction de renforcer l'effet de ce moteur 13 dans l'expédition des mattes en direction de la zone d'action 25 du robot 20..

35 On peut ainsi réduire la taille de la zone d'action 25 du robot 20 et, de manière générale, augmenter l'efficacité de l'évacuation des mattes hors du voisinage de la bande 16 et en

14

direction de la zone d'action 25 du robot 20. Les moteurs 11, 12 encadrant la bande 16 ont, comme dans le cas des figures 7 et 8, leurs champs électromagnétiques en alternance dans l'une ou l'autre direction.

5 On peut aussi envisager que les différents moteurs 11-14 ou 11-14, 29, ou au moins certains d'entre eux, soient déplaçables en cours d'opération dans une direction qui leur permette d'accompagner le déplacement des mattes, et ainsi d'assister le déplacement d'un groupe de mattes donné pendant une durée plus longue que si le moteur 11-14 ou 11-14, 29 ne leur donnait qu'une seule impulsion, lorsque ces mattes sont situées en-dessous de la zone d'action initiale du moteur 11-14 ou 11-14, 29.

10 Bien entendu, les exemples des figures 6-9 ne sont pas limitatifs, tant du point de vue du nombre de moteurs que de leur disposition. On peut aussi prévoir que d'autres moteurs que des moteurs 11, 12 encadrant la bande 16 (en plus d'eux ou à leur place) puissent avoir leurs directions d'action inversables. Mais les environs de la zone de sortie de la bande 16 étant les plus sensibles en termes de risques de pollution du dépôt de
15 zinc, ou d'alliage métallique de revêtement en général, par les mattes (si la zone d'entrée de la bande est protégée par un tube connecté au four de recuit comme c'est souvent le cas), il est clair que, de préférence, des moteurs d'une grande efficacité doivent y être disposés. Et surtout si ces moteurs 11, 12 sont les plus puissants du dispositif, c'est de préférence ceux dont il sera le plus profitable d'inverser les directions d'action. On peut
20 aussi prévoir de remplacer l'un et/ou l'autre de ces deux moteurs 11, 12, dont la longueur est, si possible, du même ordre que la largeur de la bande, par plusieurs moteurs de plus petite taille disposés les uns à côté des autres et dont les champs magnétiques auraient la même direction. Ce peut être une façon de résoudre un problème d'encombrement que pourrait poser l'implantation d'un moteur unique de grande taille dans le bain,
25 particulièrement dans le cas du moteur 12 situé entre la zone d'entrée de la bande 16 dans le bain 9 et la zone de sortie de la bande 16. Ce peut aussi être une façon de faire facilement varier la taille de la zone d'action des moteurs encadrant la bande 16 en fonction de la largeur de la bande 16 si celle-ci peut prendre plusieurs valeurs différentes sur une même installation de revêtement. Pour cela, il suffit de mettre électriquement hors
30 service les moteurs qui débordent au-delà de la largeur de la bande 16, voire également de les déplacer à l'écart du bac 15.

Bien entendu, les exemples qui ont été décrits ne sont pas limitatifs et d'autres dispositions des inducteurs sont envisageables, en particulier lorsque la zone où la bande 16 pénètre dans le bain 9 doit elle aussi être exempte de mattes si la bande 16 s'y trouve
35 à l'air libre, ou si le récipient 19 recueillant les mattes et/ou la zone d'action 25 du robot 20 sont placés ailleurs qu'il ne le sont dans les exemples représentés. L'homme du métier

15

saura adapter le nombre et la disposition des inducteurs à la géométrie particulière de son installation de revêtement, l'essentiel étant l'existence de la possibilité d'inverser par intermittence la direction d'action d'au moins un des inducteurs pour éviter la pérennisation des zones mortes et des boucles de recirculation à la surface 10 du bain 9, qui est propice à l'accumulation des mattes.

Pour des bacs 15 de faibles dimensions, il est envisageable de n'utiliser qu'un moteur unique dont on fait varier par intermittence la direction du champ glissant qu'il génère. Dans ce cas il peut être judicieux de prévoir deux récipients 19 situés chacun dans le prolongement dudit moteur mais à l'opposé l'un de l'autre, pour recueillir les 10 mattes déplacées lors des périodes pendant lesquelles le champ du moteur glisse selon l'une ou l'autre direction.

A titre d'exemple non limitatif, pour une mise en œuvre de l'invention sur une installation de galvanisation de bandes d'acier de 650 à 1350 mm de largeur défilant normalement à 60-120 m/min mais étant susceptibles de défiler à une vitesse supérieure 15 à 200 m/min grâce à l'utilisation de l'invention, on peut utiliser un bac 15 rectangulaire de 4 x 3,20 m et quatre moteurs 11-14 disposés comme sur les figures 6 à 8, Ces moteurs sont alimentés par un courant de fréquence 10Hz. Ils ont chacun un pas polaire de 300 mm, une longueur totale de 600 à 700 mm, et comportent chacun six bobines de 96 spires, chacune parcourue par un courant d'intensité 150 A, et procurant donc une force 20 magnétomotrice de 15 000 Ampère-tours.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de revêtement au trempé d'une bande d'acier en défilement dans un bain liquide de métal, ou d'alliage métallique contenu dans un bac, selon lequel on éloigne de la surface de la bande les mattes qui sont formées au cours du revêtement et flottent à la surface du bain, au moyen d'au moins un inducteur, chaque inducteur produisant un champ électromagnétique glissant orienté selon une direction donnée et générant une force magnétomotrice, l'ensemble des forces magnétomotrices déplaçant les mattes en direction d'un récipient chargé de les recueillir et/ou en direction d'une zone de la surface du bain d'où elles sont évacuées, dans lequel, pour au moins un des inducteurs, on inverse par intermittence la direction de son champ électromagnétique glissant de manière à modifier les écoulements des mattes à l'intérieur du bac.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel parmi les inducteurs, on dispose au moins deux d'entre eux le long de la zone de sortie de la bande du bain, et dans lequel on inverse par intermittence la direction de leurs champs magnétiques respectifs.

3. Installation de revêtement au trempé d'une bande d'acier, comportant un bac renfermant à l'état liquide un bain liquide de métal ou d'alliage métallique dans lequel défile la bande, et au moins un inducteur, chaque inducteur créant un champ électromagnétique et des forces magnétomotrices contribuant à amener les mattes générées au cours de la galvanisation au voisinage d'un récipient destiné à les recevoir et/ou dans la zone d'action d'un robot ou d'un opérateur qui les amène dans le récipient, dans lequel au moins un des inducteurs comporte un dispositif permettant d'inverser la direction du champ électromagnétique généré par l' inducteur.

4. Installation selon la revendication 3, comportant au moins deux inducteurs situés de part et d'autre de la zone de sortie de la bande du bain, et en ce que les inducteurs comportent chacun un dispositif permettant d'inverser la direction du champ électromagnétique qu'il génère.

5. Installation selon la revendication 3 ou 4, dans lequel les inducteurs sont montés sur des potences permettant de régler leur emplacement au-dessus du bac et leur distance avec la surface du bain.

6. Installation selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, comportant des dispositifs automatisés d'asservissement de la distance entre chacun des inducteurs et le niveau de la surface du bain.

7. Installation selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, dans lequel deux inducteurs encadrent la bande dans sa zone de sortie du bain de manière à éloigner les mattes des surfaces de la bande en les faisant se déplacer parallèlement à elle, et dans lequel deux inducteurs sont disposés chacun le long d'une paroi du bac, sensiblement dans le prolongement des deux autres inducteurs.

8. Installation selon la revendication 7, dans lequel le bac contenant le bain a une forme générale rectangulaire, en ce que le récipient dans lequel les mattes sont recueillies ou la zone d'action du robot ou de l'opérateur est situé dans un coin du bac à l'opposé d'un des inducteurs, et dans lequel dans le coin du bac opposé à l'autre des inducteurs est placé un inducteur destiné à orienter les mattes vers le récipient.

9. Installation selon l'une quelconque des revendications 3 à 8, comportant des moyens de commande de l'inversion de la direction du champ électromagnétique généré par au moins un inducteur qui sont eux-mêmes asservis à un dispositif permettant d'évaluer la quantité de mattes accumulées dans au moins une zone du bac et de déterminer le moment où une telle inversion est souhaitable.

10. Installation selon l'une quelconque des revendications 3 à 9, dans lequel au moins un des inducteurs est un moteur linéaire triphasé.

11. Installation selon la revendication 10, dans lequel au moins un des moteurs linéaires triphasés est du type dans lequel les bobines entourent le cœur.

1/4

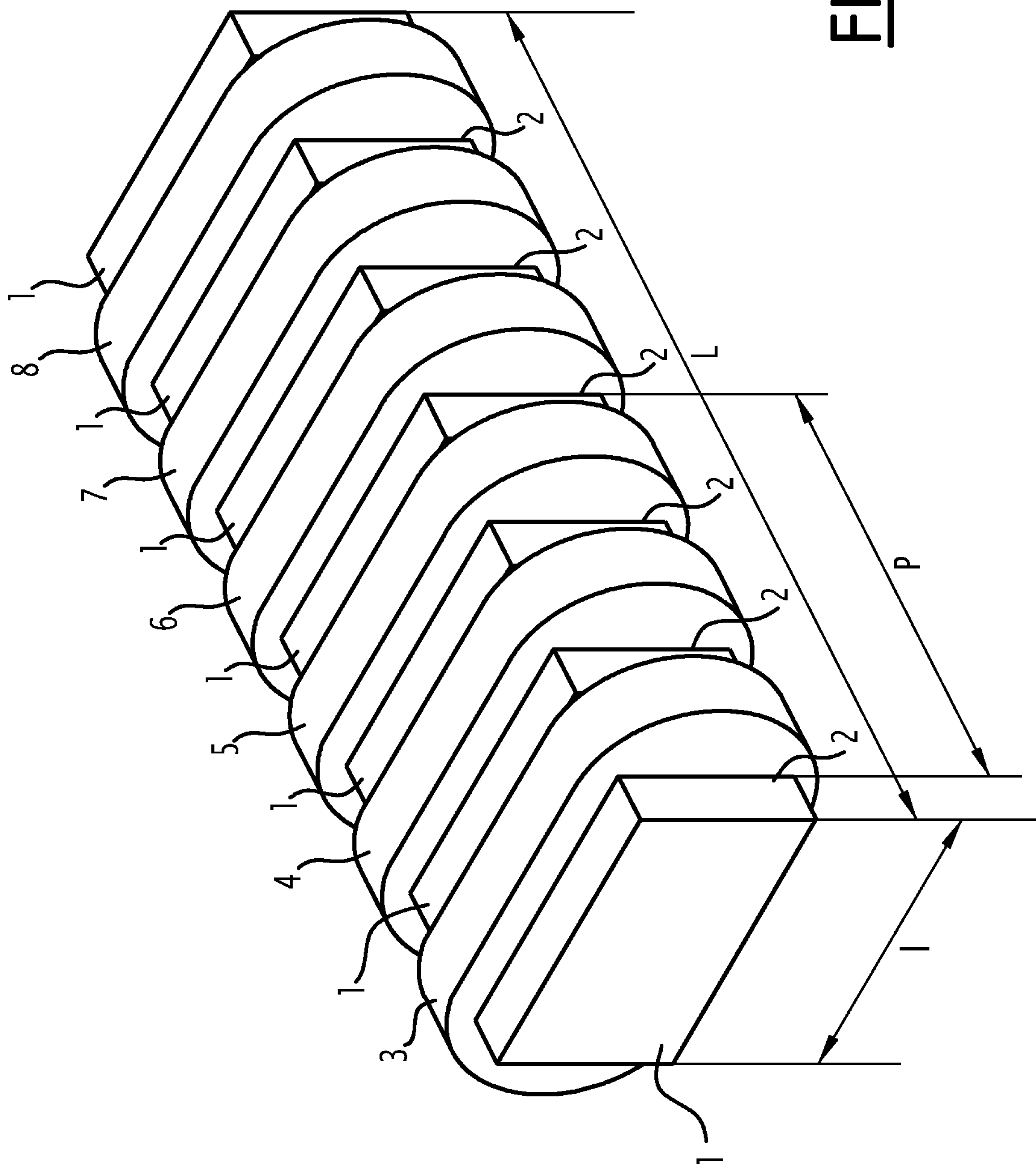


FIG.1

2/4

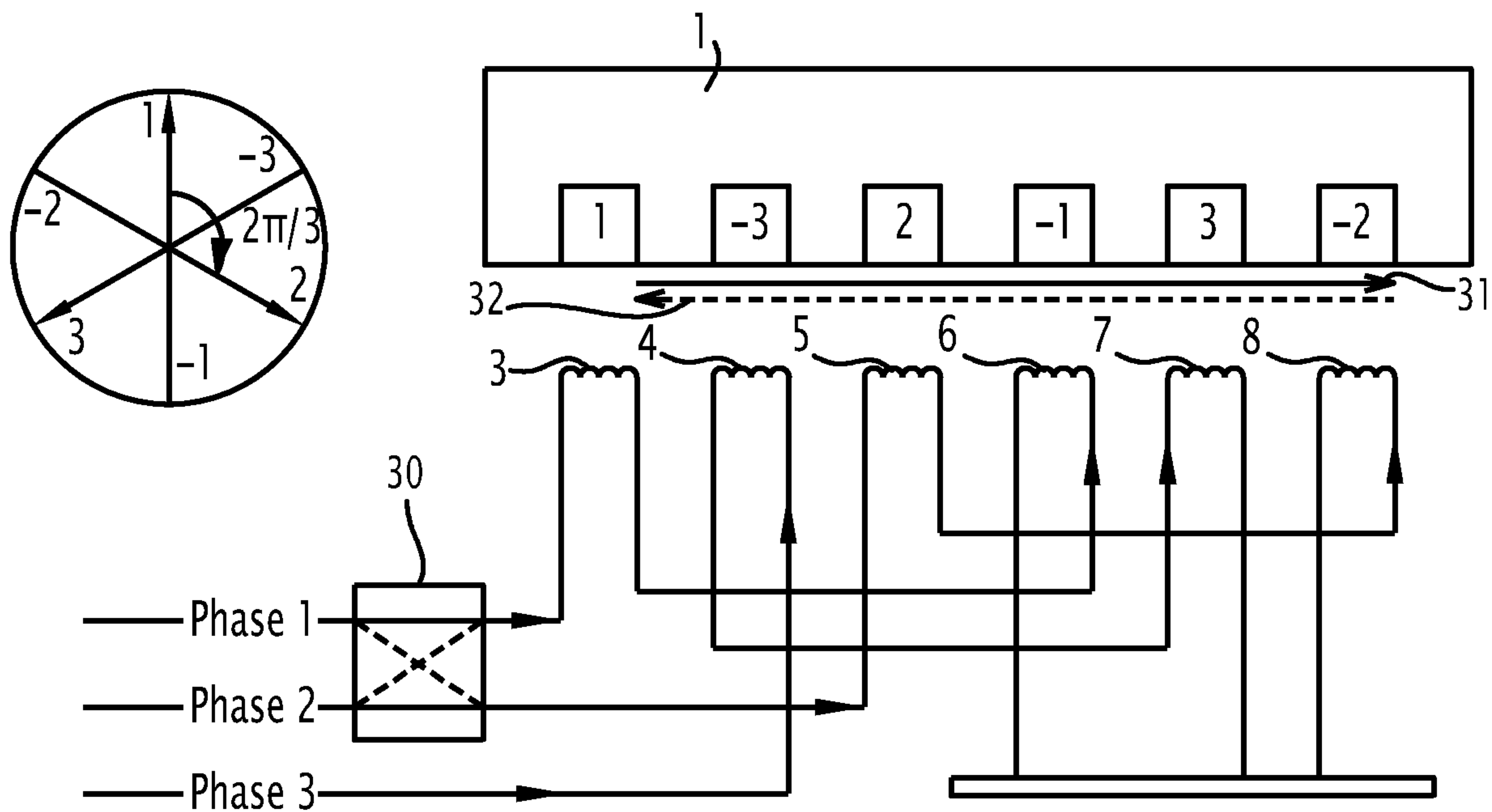


FIG.2

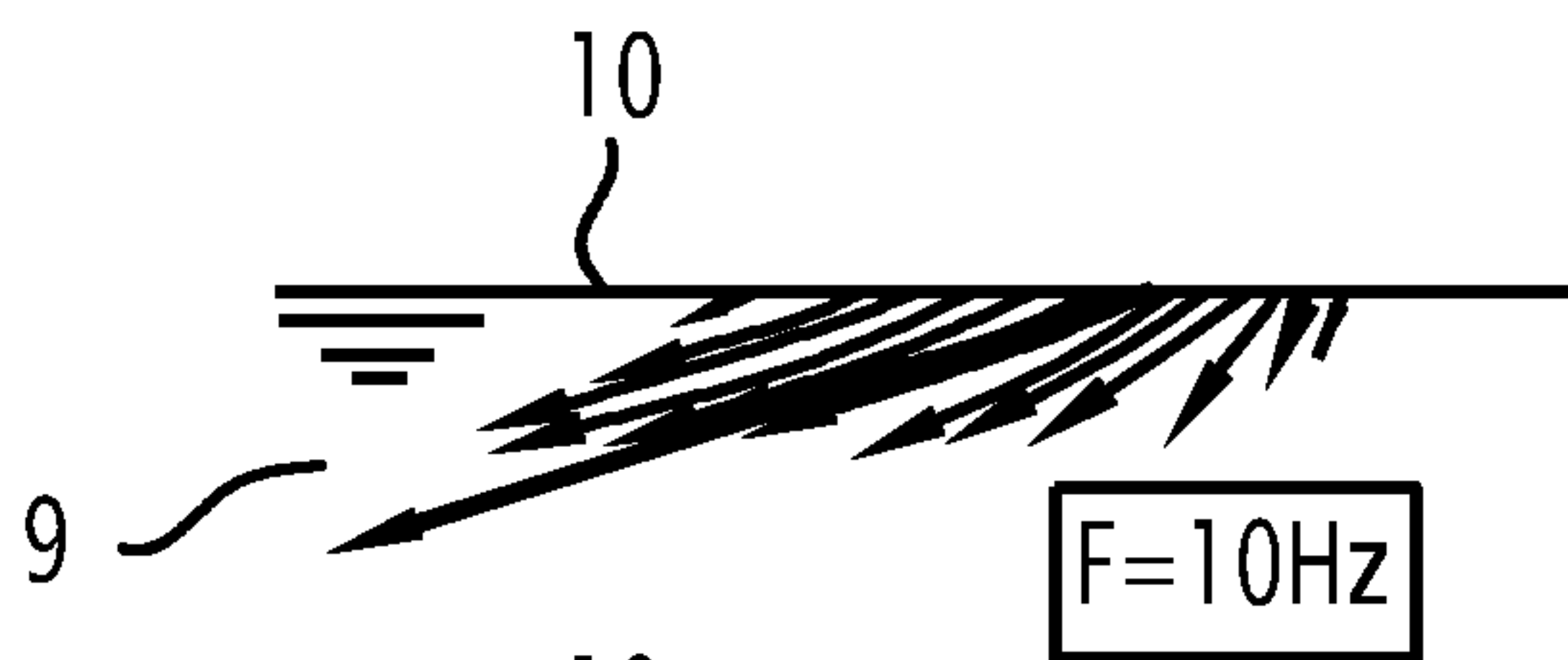


FIG.3

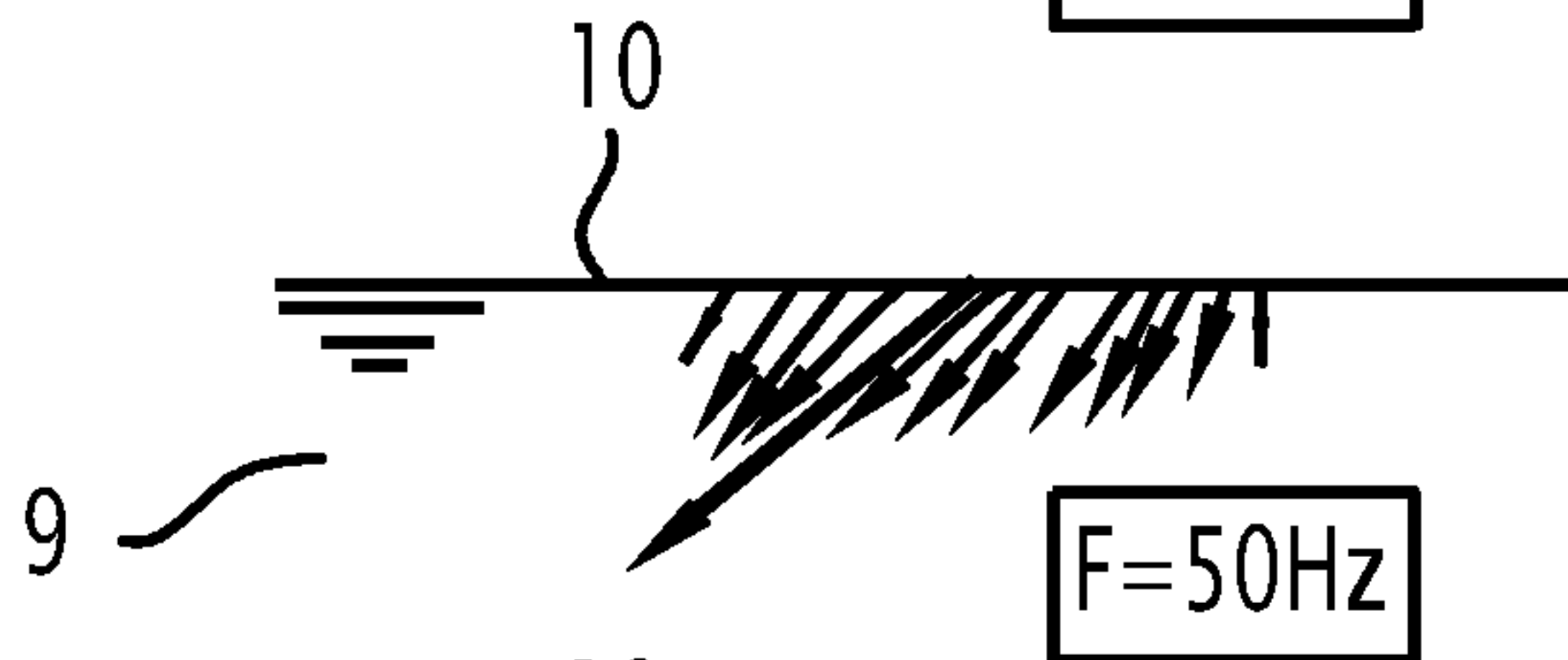


FIG.4

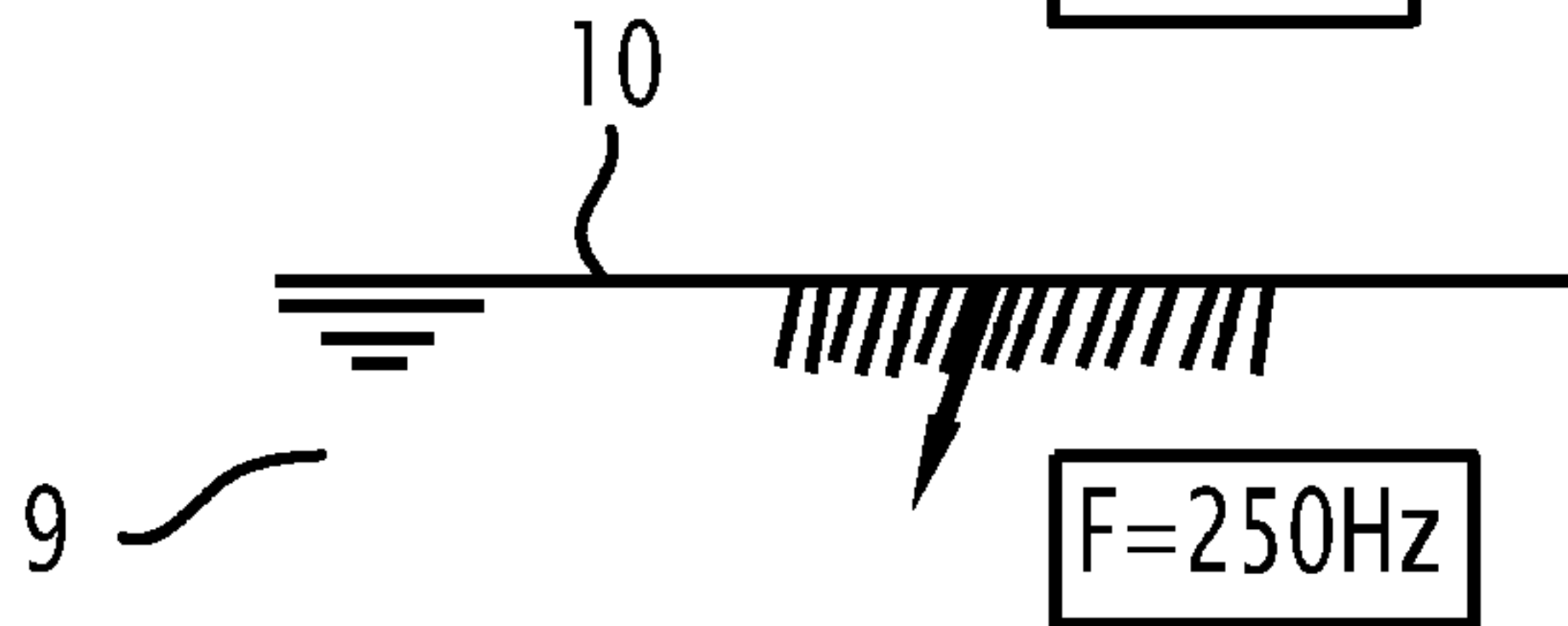


FIG.5

3/4

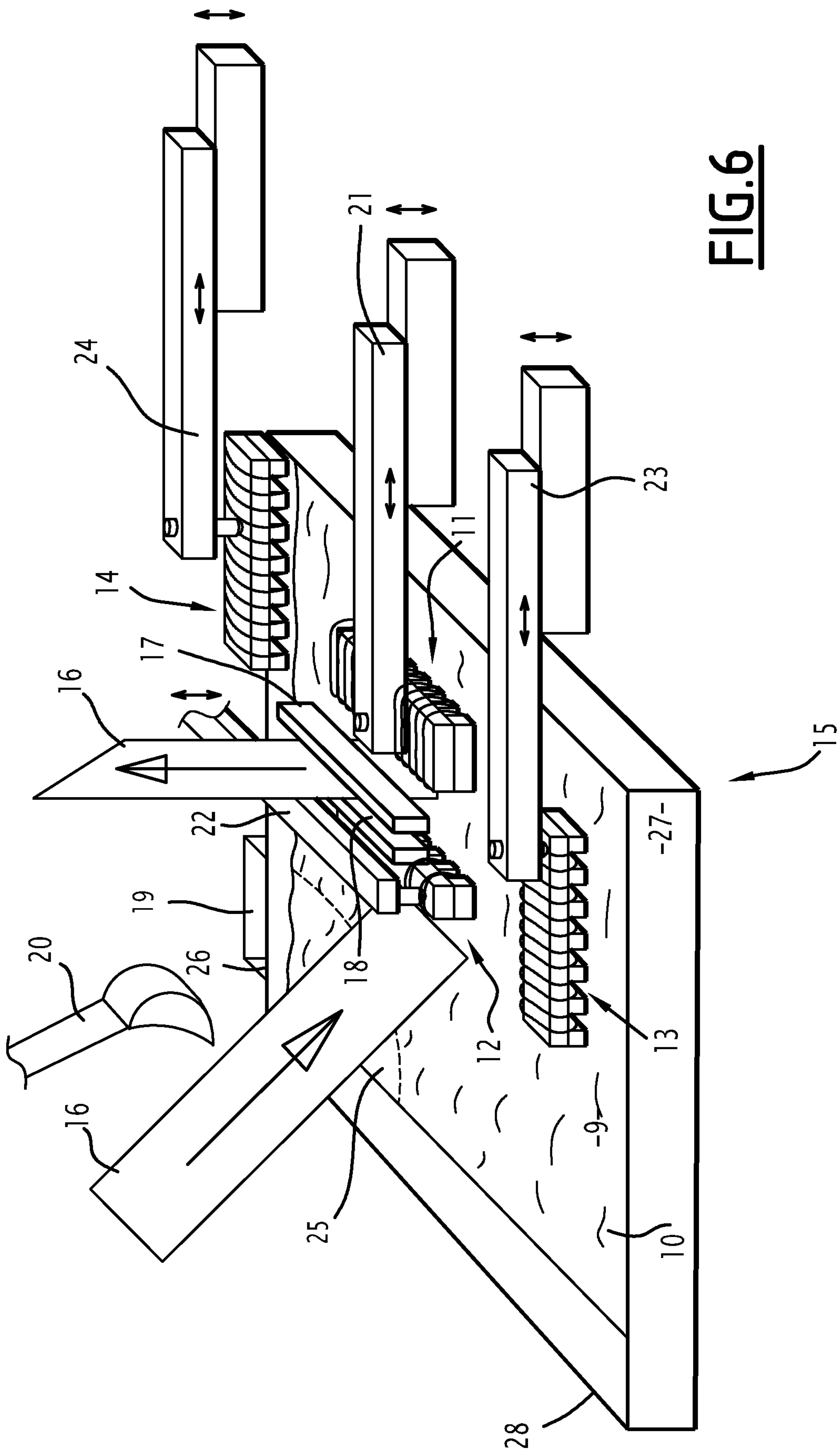


FIG. 6

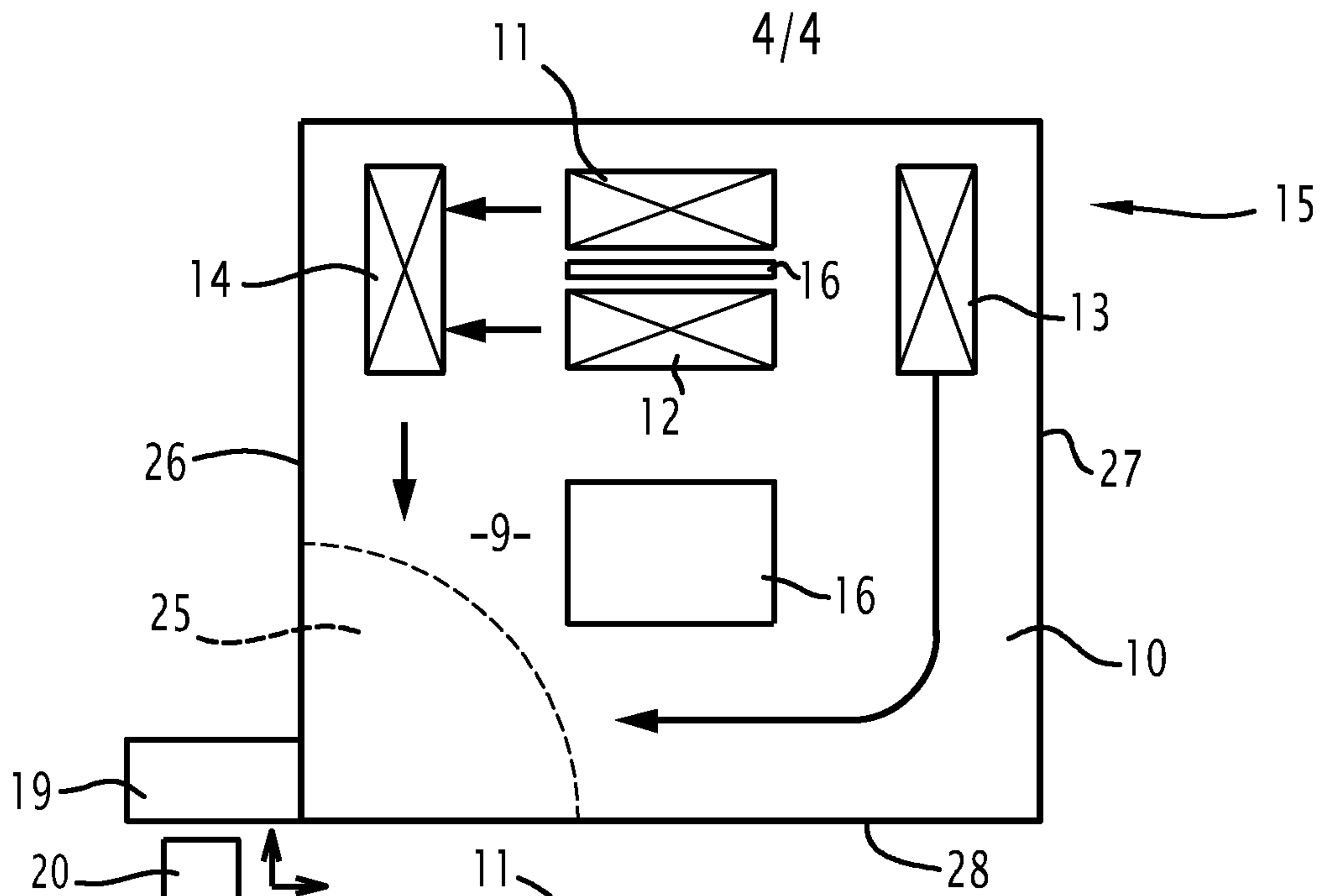


FIG. 7

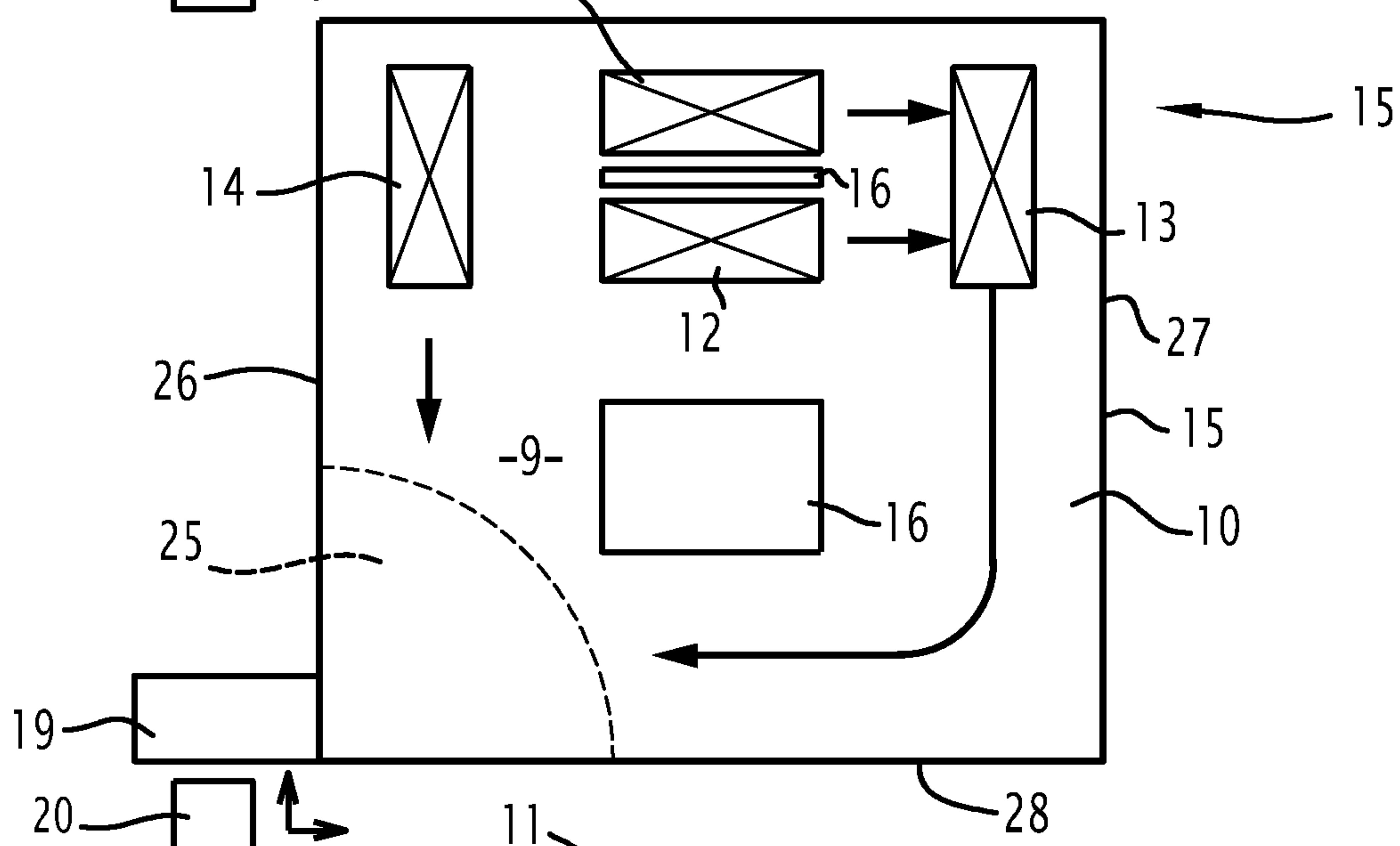


FIG. 8

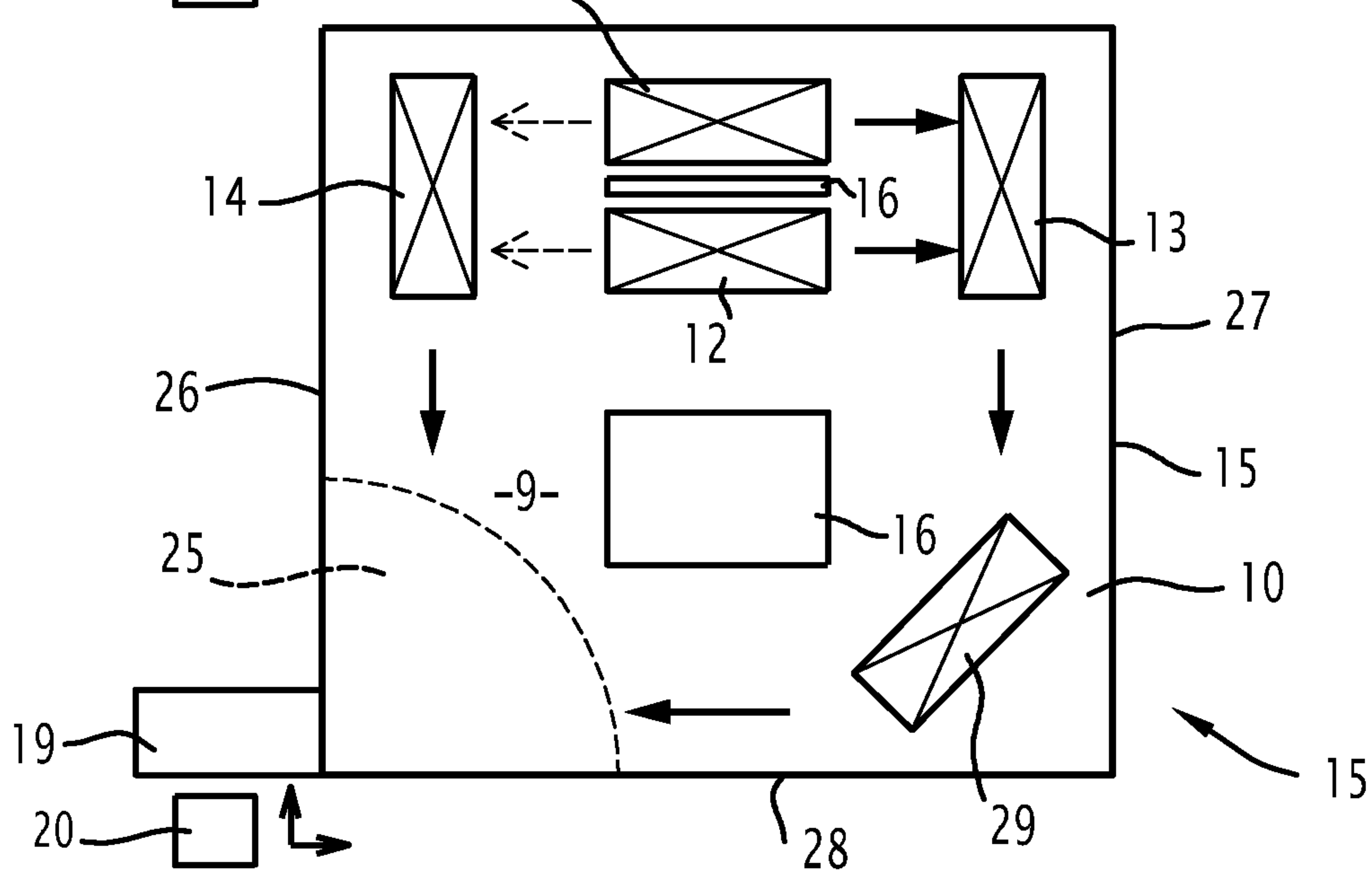


FIG. 9

