(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 148 919***

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **23 05001**

(51) Int Cl[8] : ***B 03 B 5/34*** *(2023.01), B 03 B 4/00, B 07 B 1/00*

(12) **BREVET D'INVENTION** **B1**

(54) Procédé de séparation de particules à recycler.

(22) **Date de dépôt :** 22.05.23.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 29.11.24 Bulletin 24/48.

(45) **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 02.05.25 Bulletin 25/18.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

◯ **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *FOULLON Claude* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** FOULLON Claude.

(73) **Titulaire(s) :** FOULLON Claude.

(74) **Mandataire(s) :** CABINET GERMAIN ET MAUREAU.

FR 3 148 919 - B1

Description

Titre de l'invention : Procédé de séparation de particules à recycler

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un procédé de séparation de particules à recycler. Les particules sont par exemple issues d'activités de broyage de matières composites.

Art antérieur

[0002] Il et connu de récupérer les câbles électriques et en particulier des câbles de télécommunication comprenant du cuivre pour les recycler. Cette activité consiste à séparer par broyage, granulation, et table densimétrique les éléments constituant ces câbles.

[0003] Cette disposition est satisfaisante en ce qu'elle permet de récupérer des matières premières telles que des particules métalliques comme le cuivre et l'aluminium, et des particules non-métalliques constituées de divers matières plastiques.

[0004] Toutefois, il existe une difficulté à assurer une séparation de qualité entre les différentes particules métalliques fines et non métalliques et à obtenir une séparation parfaite des matières recyclées. Il est donc courant que les matières non métalliques issues de la séparation contiennent une quantité résiduelle de métaux comprise entre 3 et 7%. La quantité de matière composite inférieure à 1 mm issue du recyclage des câbles en cuivre est de l'ordre de 14 à 18 % du volume de câble traité. En France, ce rapport représente environ 15 000 tonnes de déchets composites, ce qui correspond à un gisement d'environ 950 tonnes de cuivre à extraire de tels déchets.

[0005] Il existe donc un besoin d'améliorer la pureté des sous-produits de recyclage en matière composite, et en particulier le processus de recyclage des câbles en cuivre et aluminium. En effet, il est souhaitable d'améliorer le recyclage des plastiques, de valoriser les métaux résiduels et de limiter la pollution de l'environnement par les métaux lourds.

Résumé

[0006] Des modes de réalisation concernent un procédé de séparation de particules à recycler comprenant les étapes suivantes :

[0007] disposer d'une matière de base comprenant une pluralité de particules, chaque particule présentant une densité apparente propre qui est fonction d'une forme et d'une densité de matière de la particule,

[0008] extraire une fraction dite « dense » de plus grande densité, de la matière de base, l'extraction étant réalisée par mouillage et centrifugeage de la matière de base dans un hydrocyclone, puis par prélèvement de la fraction dense en un point bas de l'hydrocyclone,

[0009] séparer les particules de la fraction dense de la matière de base sur un plateau d'une

table vibrante, la fraction dense de la matière de base étant disposée en un emplacement haut du plateau, le plateau présentant une pente s'étendant selon une direction d'extension entre l'emplacement haut et un emplacement bas du plateau, l'emplacement bas comportant une sortie basse pour recueillir une portion des particules de la fraction dense de densités apparentes les plus faibles, un écoulement d'eau suivant la direction d'extension déplaçant la portion dans le sens de la pente vers l'emplacement bas, la table vibrante comprenant une sortie latérale pour recueillir une seconde portion des particules de la fraction dense, de densités apparentes les plus élevées, la seconde portion étant déplacée vers la sortie latérale par vibration du plateau.

[0010] La densité apparente est la masse d'une particule par rapport au volume occupé par la particule, ce volume comprenant le volume constitué de matière et le volume interstitiel vide.

[0011] La matière de base peut comprendre des particules métalliques et des particules non-métalliques, et peut se présenter sous plusieurs formes. Il peut s'agit d'un broyat, c'est à dire de particules de calibres différents issues du recyclage par broyage d'anciens câbles électriques. Ce broyat est aussi appelé grenaille plastique.

[0012] Il peut s'agir de particules plus fines appelées fines ou poussières d'aspiration ou encore boue de filtration ou de décantation. Ces particules sont d'un calibre plus fin mais elles sont constituées du même mélange de matière métallique et non-métallique.

[0013] De préférence, les particules métalliques sont en cuivre ou en l'aluminium. Les particules non-métalliques comprennent principalement des particules de plastique. Par exemple pour les câbles, ces particules de plastique peuvent comprendre du polychlorure de vinyle ou PVC, du polyéthylène réticulé ou PE R, du polyéthylène à haute densité ou PEHD, du polyéthylène à basse densité ou PEBD, de l'élastomère, et quelques autres déchets organiques. D'une manière générale, ces particules forment un mélange de plastiques ayant des densités de matière comprises de 0,85 à 1,7, et de métaux ayant des densités de matière comprises entre 2,7 et 9.

[0014] Selon un mode de réalisation, par hydrocyclone, il est entendu un dispositif également connu sous le nom de classificateur hydraulique comprenant un récipient de forme conique avec une entrée en un point haut au niveau de la partie la plus large du cône et une sortie au point bas au niveau de la pointe du cône.

[0015] De préférence, l'hydrocyclone est agencé pour que le contenu du cône soit mis en rotation selon un axe vertical qui est aussi l'axe du cône. La matière de base est mélangée à l'intérieur du cône avec une quantité d'eau ou d'un fluide équivalent. Cette étape de mélange est appelée "mouillage".

[0016] Durant l'étape de mouillage, il se produit un phénomène de flottaison des particules dont la densité apparente est inférieure à 1, dans le cas où la solution de mouillage est

de l'eau. Vers le point bas, se forme un agrégat de particules les plus denses. La fraction dense prélevée correspond à tout ou partie de cet agrégat. Les particules de densités intermédiaires se concentrent au-dessus de l'agrégat en périphérie du récipient ou dans la masse d'eau en mouvement.

[0017] Le mouillage et le centrifugeage permettent une séparation satisfaisante des particules collées ou imbriquées les unes aux autres. Seule une faible fraction des particules inférieures à 100 µm peut se trouver piégée, les particules de cette fraction demeurant jointes à d'autres particules plus grosses dont la densité apparente reste néanmoins supérieure à 1, selon les performances actuelles.

[0018] La fraction dense de la matière de base extraite au point bas de l'hydrocyclone est ensuite soumise à deux forces mécaniques tendant à faire déplacer les particules différemment selon leur densité et leur forme, c'est-à-dire selon leur densité apparente, lors du passage sur la table vibrante. La table vibrante peut également être appelée table à eau inclinée.

[0019] L'écoulement de l'eau sur la table emporte les particules les plus légères vers l'emplacement bas, tandis que les particules les plus lourdes sont essentiellement soumises à la gravité. Les particules les plus lourdes, ou de densité apparente la plus élevée peuvent être le cas échéant des particules métalliques. Les particules les plus légères ou de densité apparente la moins élevée peuvent être des particules non-métalliques ou des polymères

[0020] Le passage de la fraction dense de la matière de base soutirée sur la table vibrante permet d'obtenir dans ce cas un ensemble de particules essentiellement métalliques à la sortie latérale et un ensemble de particules essentiellement non-métalliques à l'emplacement bas de la table vibrante.

[0021] Il est à noter que la sortie latérale peut recueillir des traces de particules non-métalliques. Par exemple, il peut s'agir d'une particule métallique et d'une particule non-métallique solidaires l'une dans l'autre, ou de particules non-métalliques relativement denses comme des matières minérales également arrivées à la sortie latérale. A titre d'exemple, les industriels ajoutent des poudres de carbonate de calcium pour piéger les hydrocarbures présents dans certains câbles.

[0022] De même, l'emplacement bas de la table vibrante peut recevoir des traces de particules métalliques, par exemple des particules de taille réduite qui ont été entrainées par l'écoulement d'eau.

[0023] Ce procédé permet une séparation très efficace, l'utilisation successive de l'hydrocyclone et de la table vibrante permettant une excellente concentration des particules métalliques, en particulier de petites tailles (inférieures à 800 µm).

[0024] Par ailleurs, ce procédé est économe en énergie, de l'ordre de 225 KWh par tonne de matière de base traitée. Une fois l'hydrocyclone et la table vibrante mis en place, ce

procédé nécessite peu d'intervention humaine car il est totalement automatisable.

[0025] Alternativement, une matière de base peut être soumise au procédé pour séparer les particules selon leurs densités apparentes.

[0026] Selon un mode de réalisation, la matière de base peut être transférée dans l'hydrocyclone par une trémie d'alimentation.

[0027] Dans le procédé de séparation, les particules sont acheminées en utilisant de l'eau ou une solution à densité contrôlée pouvant aller jusqu'à 1,35.

[0028] Dans le présent texte, le terme "particules" est utilisé comme terme générique pour remplacer la formulation "particules métalliques et/ou particules non-métalliques".

[0029] Selon un mode de réalisation, la table vibrante comprend :

[0030] une structure fixe,

[0031] le plateau monté mobile sur la structure fixe,

[0032] un moteur vibrant agencé pour faire vibrer le plateau.

[0033] La vibration du plateau permet, grâce à trois principaux effets physiques (étalement, stratification, déplacement), la séparation des particules et ainsi améliore la précision du tri entre particules. Le moteur vibrant est par exemple un moteur à balourd.

[0034] Selon un mode de réalisation, la table vibrante comprend un support pour le moteur vibrant solidaire du plateau et disposé sous le plateau d'un côté opposé à la sortie latérale.

[0035] L'emplacement du moteur vibrant détermine le déplacement des particules dont la densité apparente est la plus élevée. Ces dernières s'éloignent du moteur vibrant et se dirigent ainsi vers la sortie latérale.

[0036] Selon un mode de réalisation, le support présente la forme d'une plaque présentant une extrémité solidaire du dessous du plateau et s'étendant selon un angle déterminé par rapport à la direction d'extension du plateau.

[0037] L'autre extrémité du support est liée par un montant au plateau. Ce montant de la table vibrante solidifie la structure et facilite le déplacement des particules lourdes vers la sortie latérale.

[0038] De préférence, l'angle entre le support du moteur et la direction d'extension est compris entre 30 et 45°. En particulier, le support est fixé à une extrémité du plateau transversalement à la direction d'extension.

[0039] Le support présente des orifices pour le montage du moteur vibrant. Le plateau s'étend sur une longueur comprise entre 1,2 et 1,6 m transversalement à la direction d'extension.

[0040] La table vibrante comprend quatre cylindres blocs la liant à la structure fixe. Chaque cylindre bloc est monté sous le plateau un peu en retrait d'un coin correspondant du plateau.

[0041] Selon un mode de réalisation, le plateau de la table vibrante présente des rainures et/

ou des nervures s'étendant transversalement à la direction d'extension.

[0042] Cette disposition facilite la stratification et la circulation des particules de densités apparentes élevées vers la sortie latérale.

[0043] Selon un mode de réalisation, le moteur vibrant est agencé pour faire vibrer le plateau à une fréquence comprise entre 40 et 70 Hz.

[0044] Cette fréquence élevée améliore le tri. De préférence, la fréquence déterminée est située entre 50 et 65 Hz pour la matière issue du broyage de câble.

[0045] Selon un mode de réalisation, la pente du plateau, s'étendant selon la direction d'extension présente un angle compris entre 5 et 10° vers le bas par rapport à plan horizontal.

[0046] Selon un mode de réalisation, le plateau est incliné vers le bas dans une direction transversale à la direction d'extension, d'un bord du plateau comportant la sortie latérale à un bord opposé du plateau, d'un angle compris entre 1 et 3° par rapport à un plan horizontal.

[0047] Selon un mode de réalisation, le prélèvement dans la zone la plus basse de l'hydrocyclone est réalisé par une vis sans fin, et idéalement associé à une écluse.

[0048] Cette disposition permet de simplifier et d'automatiser le prélèvement de la fraction dense de la matière de base.

[0049] De préférence, la vis sans fin est montée dans un conduit reliant la zone la plus basse de l'hydrocyclone à l'emplacement haut de la table vibrante ou d'un réservoir intermédiaire apte à déverser la fraction dense de la matière de base à l'emplacement haut de la table vibrante.

[0050] Selon un mode de réalisation, l'hydrocyclone comprend un dispositif de brassage configuré pour homogénéiser la solution à l'intérieur du récipient de forme conique de l'hydrocyclone.

[0051] De préférence, le dispositif de brassage comprend deux bras aptes à mettre en mouvement la solution à l'intérieur du récipient.

[0052] De préférence, le dispositif de brassage comprend deux raclettes solidaires de l'axe, situées à la base du cône, aptes à faciliter l'écoulement de la fraction dense vers de point d'extraction bas.

[0053] Selon un mode de réalisation, la table vibrante inclut un distributeur apte à engendrer l'écoulement d'eau, le distributeur comprenant un alignement d'ouvertures pour produire une pluralité de jets d'eau parallèles formant l'écoulement d'eau.

[0054] Cette disposition permet d'orienter de manière efficace les particules non-métalliques vers l'emplacement bas.

[0055] De préférence, l'alignement d'ouvertures est orienté suivant la direction d'extension dans le sens allant de l'emplacement bas à l'emplacement haut.

[0056] L'alignement d'ouvertures est conformé pour que les jets d'eau soient introduits à

l'emplacement haut de la table pour créer un film d'eau uniforme dont le flux est contrôlé par la pression de sortie des jets d'eau.

[0057] Les jets d'eau combinés aux vibrations de la table permettent de mettre en mouvement l'ensemble des particules présentes sur le plateau.

[0058] Selon un mode de réalisation, le réservoir intermédiaire est rapporté sur le plateau à l'emplacement haut du côté opposé à la sortie latérale transversalement à la direction d'extension.

[0059] De préférence, le fond du réservoir intermédiaire est le plateau, une fente étant ménagée entre le plateau et une paroi du réservoir intermédiaire pour le passage de la fraction dense. Une buse peut être prévue pour projeter un rideau d'eau sous pression à l'intérieur du réservoir intermédiaire, cette buse étant orienté vers le point d'entrée de la matière dans le réservoir, afin d'en faciliter la sortie de manière continue.

[0060] En particulier, la fente au réservoir intermédiaire s'étend parallèlement à la direction d'extension afin d'engendrer une sortie uniforme et contrôlée de la fraction dense du réservoir intermédiaire, transversalement à la direction d'extension.

[0061] Selon un mode de réalisation, la fente est en regard du distributeur transversalement à la direction d'extension. Ainsi, lorsque la fraction dense sort du réservoir intermédiaire transversalement à la direction d'extension, l'écoulement d'eau confère à la fraction dense une trajectoire selon la direction d'extension vers le bas de la pente du plateau.

[0062] Selon un mode de réalisation, le procédé de séparation comprend une étape réalisée lors de l'étape d'extraction de la fraction dense de la matière de base et consistant à prélever par pompage une fraction légère de la matière de base dans l'hydrocyclone, la fraction légère comprenant des particules flottantes ou en suspension dans l'hydrocyclone après mouillage et centrifugeage de la matière de base.

[0063] Cette disposition permet de prélever de manière différente les particules selon leur densité apparente. En effet, lorsque l'hydrocyclone est rempli d'eau ou d'un fluide équivalent, les particules de densité inférieure à la densité de la solution flottent ou sont en suspension en haut de la colonne d'eau dans l'hydrocyclone.

[0064] Les particules de la fraction légère comprennent essentiellement des PER, PEHD et PEBD pour une solution de densité proche de un. Des traces d'autres particules peuvent également être présentes, notamment les particules métalliques et particules non-métalliques les plus petites.

[0065] Suite à l'étape de prélèvement de la fraction légère de la matière de base, les particules prélevées peuvent être directement acheminées vers un contenant correspondant, l'eau ou le fluide équivalent étant récupéré dans un bac de récupération correspondant.

[0066] Le même principe peut être utilisé pour les particules prélevées à l'emplacement bas de la table vibrante, ces particules pouvant être stockées dans un contenant cor-

respondant. Ce principe fonctionne également avec les particules collectées à la sortie latérale de la table vibrante.

[0067] Selon un mode de réalisation, la fraction légère est tamisée par un premier tamis, par exemple sous un jet d'eau claire, afin de faciliter la séparation des particules métalliques résiduelles de petites tailles, les particules de calibres supérieurs à un calibre de tamisage du premier tamis étant disposées dans un contenant correspondant destiné aux particules non-métalliques de faible densité.

[0068] La calibre de tamisage est de l'ordre de une ou plusieurs centaines de microns, par exemple entre 100 et 300 µm. Le tamis utilisé est ici appelé tamis fin.

[0069] Les particules de faible densité sont principalement des particules de Polyéthylène.

[0070] Selon un mode de réalisation, la fraction dense provenant de la sortie latérale de la table est tamisée par un second tamis, par exemple sous un jet d'eau claire, afin de faciliter la séparation des particules métalliques résiduelles de petites tailles, les particules de calibres supérieurs à un calibre de tamisage du second tamis étant disposées dans un contenant correspondant destiné aux particules non-métalliques de densité moyenne.

[0071] Les particules de densité moyenne comprennent pour tout ou partie les particules non-métalliques citées plus haut à l'exception des particules de PEHD et PEBD.

[0072] Cette disposition permet d'éliminer les particules les plus petites qui peuvent contenir des particules métalliques de petites tailles, éventuellement agrégées avec des particules non-métalliques.

[0073] La calibre de tamisage est de l'ordre d'une ou plusieurs centaines de microns, par exemple entre 100 et 300 µm.

[0074] Selon un mode de réalisation, l'étape de disposition d'une matière de base est précédée par une étape de tamisage d'une matière brute pour l'obtention de la matière de base, l'étape de tamisage consistant à éliminer les particules de la matière brute dépassant un calibre déterminé.

[0075] Le procédé de séparation est destiné à la séparation et au tri des particules les plus petites, les particules les plus grosses étant traitées différemment.

[0076] En pratique, la matière brute est tout d'abord stockée dans un silo d'entrée, puis est transférée par un système d'acheminement tel qu'une vis sans fin vers un tamis ici appelé tamis grossier.

[0077] Le tamis grossier peut être un crible vibrant légèrement incliné de quelques degrés et animé d'un mouvement vibratoire dans une ou deux dimensions.

[0078] Les particules d'un calibre inférieur au calibre prévu sont recueillies par transfert dans la trémie d'alimentation de l'hydrocyclone ou dans un bac de stockage intermédiaire selon la place disponible dans l'hydrocyclone.

[0079] Une possibilité est de choisir un calibre prévu inférieur à 1,6 mm, c'est-à-dire que

toute particule présentant une dimension supérieure est écartée pour être traitée d'une manière différente.

[0080] Ce traitement différent peut être un broyage dans le but de correspondre au calibre inférieur à 1,6 mm ou un autre type de tri.

[0081] Notamment, un séparateur électrostatique ou par effet de Foucault peut être utilisé pour séparer les particules métalliques des particules non-métalliques

[0082] Selon un mode de réalisation, les étapes sont répétées pour plusieurs lots de matière de base.

[0083] Selon un mode de réalisation, chaque lot de matière de base, à l'exception du premier, comprend un reliquat du lot précédent encore présent dans l'hydrocyclone et un complément de matière de base.

[0084] La vitesse de rotation de l'hydrocyclone est réglée selon la densité apparente des particules : la vitesse est ralentie pour les particules dans l'hydrocyclone qui sont de densité moyenne plus faible.

[0085] Les différents aspects définis ci-dessus non incompatibles peuvent être combinés.

Brève description des figures

[0086] L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description détaillée qui est exposée ci-dessous en référence aux figures annexées, dans lesquelles des signes de références identiques correspondent à des éléments structurellement et/ou fonctionnellement identiques ou similaires. Dans les figures :

[0087] [Fig.1] la figure 1 est une vue schématique d'un hydrocyclone et d'une table vibrante configurés pour réaliser le procédé de séparation ;

[0088] [Fig.2] la figure 2 est une vue schématique de dessus de la table vibrante ;

[0089] [Fig.3] la figure 3 est une vue schématique en coupe de la table vibrante selon un plan de coupe vertical transversal AA' montré sur la figure 2 ;

[0090] [Fig.4] la figure 4 est une vue arrière schématique de la table vibrante ;

[0091] [Fig.5] la figure 5 est une vue schématique similaire à la figure 1 et comprenant en plus des équipements pour la réalisation d'un tamisage préalable et d'une filtration finale.

Description détaillée

[0092] Dans la description détaillée qui va suivre des figures définies ci-dessus, les mêmes éléments ou les éléments remplissant des fonctions identiques pourront conserver les mêmes références de manière à simplifier la compréhension de l'invention.

[0093] Comme illustré à la figure 1, un procédé de séparation de particules à recycler comprend les étapes décrites ci-dessous. Dans le mode de réalisation présenté, il s'agit de particules métalliques et de particules non-métalliques qui peuvent être issues de fractions résiduelles du recyclage de câbles électriques.

[0094] Une première étape E1 consiste à disposer d'une matière de base 1 comprenant une pluralité de particules métalliques 2 et non-métalliques 4.

[0095] Chaque particule 2, 4 présente une densité apparente propre. La densité apparente est fonction d'une forme et d'une densité de matière de la particule 2, 4. La densité apparente est la masse d'une particule par rapport au volume occupé par la particule, ledit volume comprenant le volume constitué de matière et le volume interstitiel vide.

[0096] Une deuxième étape E2 consiste à extraire une fraction dense 3 de la matière de base 1. L'extraction est réalisée par mouillage et centrifugeage de la matière de base dans un hydrocyclone 5, puis par retrait de la fraction dense 3 par un prélèvement en un point bas 7 de l'hydrocyclone 5.

[0097] Une troisième étape E3 consiste à séparer les particules de densités apparentes les plus élevées, c'est à dire par exemple comprenant les particules métalliques 2 et les particules de densités apparentes les plus faibles, c'est à dire par exemple comprenant les particules non-métalliques 4 de la fraction dense 3 sur un plateau 29 d'une table vibrante 9.

[0098] La fraction dense 3 de la matière de base 1 est disposée à un emplacement haut 11 du plateau 29. Le plateau 29 présente une pente s'étendant selon une direction d'extension 13 de l'emplacement haut 11 vers un emplacement bas 15 du plateau 29. L'emplacement bas 15 est conformé pour recevoir une portion 6 la moins dense des particules de la fraction dense 3 de densités apparentes les plus faibles, c'est-à-dire par exemple comprenant les particules non-métalliques 4.

[0099] Un écoulement d'eau suivant la direction d'extension 13 déplace la portion 6 la moins dense suivant la pente du plateau 29 vers l'emplacement bas 15.

[0100] La table vibrante 9 comprend une sortie latérale 19 prévue pour recueillir une autre portion 8 des particules de la fraction dense 3 de densités apparentes les plus élevées, c'est-à-dire par exemple comprenant les particules métalliques 2. L'autre portion 8 la plus dense est déplacée par vibration du plateau 29.

[0101] La matière de base 1 comprend ici des particules métalliques 2 et des particules non-métalliques 4 qui peuvent se présenter sous plusieurs formes. Il peut s'agir d'un broyat, c'est à dire de particules de calibres différents issues d'un traitement de broyage de câbles électriques. Ce broyat est aussi appelé grenaille plastique.

[0102] Il peut s'agir de particules plus fines appelées fines ou poussières d'aspiration ou encore boues de filtration ou de décantation. Ces particules sont d'un calibre plus fin mais sont constituées également d'un mélange de matière métallique et non-métallique.

[0103] La matière de base 1 peut être issue de câbles électriques dans lequel le conducteur est un métal non-ferreux. Les particules métalliques 2 peuvent ainsi être en cuivre ou en l'aluminium. Les particules non-métalliques 4 comprennent principalement des

particules de plastique. Par exemple pour les câbles électriques, les particules non métalliques 4 peuvent comprendre du polychlorure de vinyle ou PVC, du polyéthylène réticulé ou PE R, du polyéthylène à haute densité ou PEHD, du polyéthylène à basse densité ou PEBD, de l'élastomère, et quelques autres déchets organiques.

[0104] Par hydrocyclone 5, il est entendu un dispositif également connu sous le nom de classificateur hydraulique comprenant un récipient de forme conique avec une entrée en un point haut 21 au niveau de la partie la plus large du cône et une sortie au point bas 7 au niveau de la pointe du cône.

[0105] L'hydrocyclone 5 est agencé pour que le contenu du cône soit mis en rotation selon un axe vertical qui est aussi l'axe du cône. La matière de base 3 est mélangée avec une quantité d'eau 23 à l'intérieur du cône. Cette opération de mélange est appelée « mouillage ».

[0106] L'hydrocyclone 5 comprend un dispositif de brassage configuré pour homogénéiser l'intérieur du récipient de l'hydrocyclone 5. Le dispositif de brassage peut par exemple comprendre deux bras aptes à être mis en mouvement à l'intérieur du récipient.

[0107] Il se produit un phénomène de flottaison des particules dont la densité apparente est inférieure à 1. Vers le point bas 7 du récipient se forme un agrégat de particules les plus denses. La fraction dense 3 prélevée au point bas 7 du récipient correspond à tout ou partie de cet agrégat. Les particules de densités intermédiaires se concentrent au-dessus de l'agrégat en périphérie du récipient ou en mouvement dans le volume d'eau.

[0108] Les opérations de mouillage et le centrifugeage permettent une séparation satisfaisante des particules collées ou imbriquées les unes aux autres. Seules une faible fraction des particules inférieures à 100 µm peuvent se trouver piégées et demeurent jointes à d'autres particules plus grosses dont la densité apparente reste néanmoins supérieure à 1, selon les performances actuelles.

[0109] La fraction dense 3 de la matière de base 1 prélevée est ensuite soumise à deux forces mécaniques tendant à faire déplacer les particules différemment selon leur densité et leur forme, c'est-à-dire selon leur densité apparente lors du passage sur la table vibrante. La table vibrante peut également être appelée table à eau inclinée.

[0110] L'écoulement d'eau sur la table vibrante 9 emporte les particules les moins soumises à la gravité, tandis que les particules les plus lourdes sont essentiellement soumises à la gravité. Les particules les plus lourdes, ou de densité apparente la plus élevée sont essentiellement des particules métalliques et les plus légères ou de densité apparente la moins élevée sont essentiellement des particules non-métalliques ou polymères.

[0111] On obtient ainsi un ensemble comprenant essentiellement des particules métalliques 2 à la sortie latérale 19 et un ensemble comprenant essentiellement des particules non-métalliques 4 à l'emplacement bas 15.

[0112] Il est à noter que la sortie latérale 19 peut recueillir des traces de particules non-

métalliques. Par exemple, il peut s'agir d'agglomérats comportant une particule métallique et une particule non-métallique encastrées l'une dans l'autre ou de particules non-métalliques 4 relativement denses.

[0113] De même, l'emplacement bas 15 peut recueillir des traces de particules métalliques 2, par exemple des particules de tailles réduites qui ont été déviées par l'écoulement d'eau sur la table vibrante 9.

[0114] La matière de base 1 peut être transférée dans l'hydrocyclone 5 par une trémie d'alimentation 25.

[0115] Dans le procédé de séparation, les particules sont acheminées en utilisant de l'eau ou un autre fluide équivalent.

[0116] Dans le présent texte, le terme "particules" peut être utilisé comme terme générique pour désigner des "particules métalliques 2 et/ou des particules non-métalliques 4".

[0117] Comme illustré aux figures 2 et 3, la table vibrante 9 comprend une structure fixe 27 et le plateau 29 monté mobile sur la structure fixe 27. Le plateau 29 présente un bord s'étendant sur la périphérie du plateau et délimitant la sortie inférieure et la sortie latérale 19.

[0118] Le plateau 29 est fixé sur la structure fixe 27 de manière à être incliné vers le bas de l'emplacement haut 11 à l'emplacement bas 15 d'un angle a compris entre 5 et 10° par rapport à un plan horizontal.

[0119] Le plateau 29 peut également être fixé sur la structure fixe 27 de manière à être incliné vers le bas de l'emplacement latéral 19 au bord latéral opposé du plateau d'un angle compris entre 1 et 3° par rapport à un plan horizontal. Cette disposition permet de limiter la quantité d'eau sortant par la sortie latérale 19.

[0120] La table vibrante 9 comprend également un moteur vibrant 31 configuré pour faire vibrer le plateau 29. Le moteur vibrant 31 est ici un moteur à balourd.

[0121] La table vibrante 9 comprend un support 32 pour le moteur vibrant 31 solidaire du plateau 29 et disposé sous le plateau 29 d'un côté opposé à la sortie latérale 19.

[0122] L'emplacement du moteur vibrant 31 détermine le déplacement des particules dont la densité apparente est la plus élevée. Ces dernières s'éloignent du moteur vibrant 31 et se dirigent ainsi vers la sortie latérale 19.

[0123] Selon un aspect de l'invention, le support 32 présente la forme d'une plaque comportant une extrémité solidaire du dessous du plateau 29 et s'étendant selon un angle déterminé b par rapport à la direction d'extension 13 du plateau 29.

[0124] L'autre extrémité du support 32 est liée par des montants 38 au plateau 29. Les montants 38 rigidifient la structure et facilitent le déplacement des particules lourdes vers la sortie latérale 19 par la transmission des vibrations du moteur vibrant 31.

[0125] De préférence, l'angle b est compris entre 30 et 45°. En particulier, le support 32 est fixé à une extrémité du plateau 29 transversalement à la direction d'extension 13.

[0126] Le support 32 présente des orifices pour le montage du moteur vibrant 31. Le plateau 29 s'étend sur une longueur comprise entre 1,2 à 1,6 m transversalement à la direction d'extension 13 et sur une largeur suivant la direction d'extension 13 comprise entre 0,8 et 1,2 m.

[0127] La table vibrante 9 comprend quatre cylindres blocs 36 la liant à la structure fixe 27. Chaque cylindre bloc 36 étant monté sous le plateau 29 à un coin correspondant du plateau 29.

[0128] Selon un mode de réalisation, le plateau 29 de la table vibrante 9 présente des rainures et/ou des nervures 33 s'étendant transversalement à la direction d'extension 13. Les rainures et/ou nervures 33 permettent de faciliter le déplacement des particules les plus denses vers la sortie latérale 19 de la table vibrante, sous l'effet des vibrations de la table 9.

[0129] Les rainures peuvent être moins profondes vers l'emplacement haut 11 de la table 9. Il peut y avoir à la fois des rainures et des nervures 33 qui définissent des créneaux. Ces créneaux peuvent être plus prononcés en allant dans la direction de l'emplacement bas 15.

[0130] Le moteur vibrant 31 est agencé pour faire vibrer le plateau 29 à une fréquence déterminée comprise entre 40 et 70 Hz. Plus précisément, la fréquence déterminée est située entre 50 et 65 Hz.

[0131] Le prélèvement dans la zone la plus basse de l'hydrocyclone 5 est réalisé par une vis sans fin. La vis sans fin est montée dans un conduit reliant la zone la plus basse de l'hydrocyclone et un réservoir intermédiaire 35 apte à déverser la fraction dense 3 de la matière de base à l'emplacement haut 11 de la table vibrante 9.

[0132] La table vibrante 9 inclut un distributeur 37 apte à engendrer l'écoulement d'eau, le distributeur 37 comprenant un alignement d'ouvertures ou buses pour engendrer une pluralité de jets d'eau parallèles 17 répartis sur toute la longueur (suivant la direction transversale à la direction d'extension 13) du plateau 29 de sorte à former sur le plateau 29 un film d'eau d'épaisseur uniforme dont le flux est contrôlé par la pression de sortie des jets d'eau 17 constituant l'écoulement d'eau.

[0133] De préférence, l'alignement de buses est orienté suivant une direction inverse à la direction d'extension 13 et dirigée vers la bordure 28 le long de l'emplacement haut 11 du plateau 29. De préférence, les buses sont espacées les unes des autres de 2 à 4 cm.

[0134] Les jets d'eau 17 permettent de déplacer les particules de densités apparentes les plus faibles présentes sur le plateau 29 vers l'emplacement bas 15.

[0135] Selon un mode de réalisation, le réservoir intermédiaire 35 est disposé sur le plateau 29 à l'emplacement haut 11 du côté opposé à celui de la sortie latérale 19.

[0136] Le fond du réservoir intermédiaire 35 est constitué par le plateau 29, une fente 26 étant ménagée entre le plateau 29 et une paroi du réservoir intermédiaire 35 pour le

passage de la fraction dense 3.

[0137] La fente 26 peut s'étendre parallèlement à la direction d'extension 13 de manière à ménager une sortie de la fraction dense 3 du réservoir intermédiaire 35 suivant la direction transversale à la direction d'extension 13. La fente 26 est ainsi orientée en regard du distributeur 37. De cette manière, lorsque la fraction dense 3 sort du réservoir intermédiaire 35 transversalement à la direction d'extension 13, l'écoulement d'eau confère à la fraction dense 3 une trajectoire selon la direction d'extension 13 vers le bas de la pente.

[0138] Le procédé de séparation comprend une étape E2' réalisée lors de l'étape E2 d'extraction de la fraction dense 3 de la matière de base 1 et consistant à prélever une fraction légère 39 de la matière de base 1 dans l'hydrocyclone 5 par pompage.

[0139] La fraction légère 39 comprend des particules non-métalliques 4 flottantes ou en suspension dans l'hydrocyclone 5 après mouillage et centrifugeage de la matière de base 1.

[0140] Ainsi, lorsque l'hydrocyclone 5 est rempli d'eau, les particules non-métalliques 4 de densité inférieure à un flottent ou sont en suspension.

[0141] Les particules de la fraction légère 39 comprennent essentiellement des PEHD et PEBD. Des traces d'autres particules peuvent également être présentes, notamment les particules métalliques 2 et non-métalliques 4 les plus petites ou agrégées.

[0142] Les particules non-métalliques 4 de la fraction dense sont ainsi essentiellement dépourvues de PEHD et PEBD.

[0143] Suite à l'étape de prélèvement de la fraction légère 39 de la matière de base 1, les particules non-métalliques 4 prélevées peuvent être directement acheminées vers un contenant correspondant 41, l'eau étant récupérée dans un bac de récupération 43 correspondant.

[0144] Le même principe peut être appliqué aux particules non-métalliques 4 prélevées à l'emplacement bas 15 de la table vibrante 9, les particules pouvant être stockées dans un contenant correspondant 41'. Par ailleurs, l'eau peut également être récupérée dans un bac de récupération 43' correspondant. Ce principe peut également être appliqué aux les particules métalliques 2 collectées à la sortie latérale 19 de la table vibrante. A cet effet, les particules métalliques 2 prélevées à la sortie latérale 19 peuvent être directement acheminées vers un contenant correspondant 41", l'eau étant récupérée dans un bac de récupération 43" correspondant.

[0145] Comme illustré à la figure 5, la fraction légère 39 peut également être tamisée à l'aide d'un tamis 45 sous un jet d'eau claire afin de séparer les particules métalliques résiduelles de petites tailles, les particules de calibres supérieurs au calibre de tamisage utilisé étant disposées dans le contenant 41 destiné aux particules non-métalliques 4 de faible densité.

[0146] Cette disposition permet d'éliminer les particules les plus petites qui peuvent contenir des particules métalliques 2 de petites tailles, éventuellement agrégées avec des particules non-métalliques 4.

[0147] Un tamis 45' sous jet d'eau claire peut également être utilisé pour traiter la portion 6 la moins dense prélevée à l'emplacement bas 15 de la table vibrante 9, afin de séparer les particules métalliques résiduelles de petites tailles, les particules de calibres supérieurs au calibre de tamisage utilisé étant disposées dans le contenant 41' destiné aux particules non-métalliques 4 de faible densité.

[0148] La calibre de tamisage est de l'ordre de la centaine de microns, par exemple entre 100 µm et 300 µm. Les tamis 45, 45' utilisés sont ici appelé tamis fin.

[0149] Les particules de calibres supérieurs au calibre de tamisage utilisé sont disposées dans un contenant correspondant 41 destiné aux particules non-métalliques 4 de densité moyenne.

[0150] Les particules de densité moyenne comprennent pour tout ou partie les particules non-métalliques 4 citées plus haut à l'exception des particules de PEHD et PEBD.

[0151] L'étape E1 de disposition d'une matière de base 1 peut être précédée par une étape E0 de tamisage d'une matière brute 49 pour l'obtention de la matière de base 1. Le tamisage de la matière brute consiste à éliminer les particules 2, 4 de la matière brute 49 dépassant un calibre déterminé.

[0152] Le procédé de séparation est destiné à la séparation et au tri des particules les plus petites, les particules les plus grosses étant traitées différemment.

[0153] En pratique, la matière brute est tout d'abord stockée dans un silo d'entrée 51 puis est transférée par un système d'acheminement tel qu'une vis sans fin vers un tamis ici appelé tamis grossier 53.

[0154] Le tamis grossier 53 peut être un crible vibrant légèrement incliné de quelques degrés et animé d'un mouvement vibratoire dans une ou deux dimensions.

[0155] Les particules d'un calibre inférieur au calibre prévu sont recueillies en sortie du tamis grossier 53 par transfert dans la trémie d'alimentation 25 de l'hydrocyclone 5 ou dans un bac de stockage intermédiaire 55 selon la place disponible dans l'hydrocyclone 5.

[0156] Une possibilité est de choisir un calibre prévu inférieur à 1,6 mm, c'est-à-dire que toute particule présentant une dimension supérieure est écartée par le tamis grossier 53 pour être traitée d'une manière différente.

[0157] Par exemple, un traitement par séparateur électrostatique ou par effet de Foucault peut être utilisé pour séparer les particules métalliques 2 des particules non-métalliques 4.

[0158] Les étapes détaillées ci-dessus peuvent être répétées pour plusieurs lots de matière de base 1.

[0159] Le procédé décrit ci-dessus permet une séparation très efficace des particules métalliques et des particules non métalliques, l'utilisation successive de l'hydrocyclone 5 et de la table vibrante 9 permettant une excellente concentration des particules métalliques 2, même de faible tailles (inférieures à 500 µm). Ainsi, plusieurs échantillons prélevés à la sortie latérale 19 à partir de diverses matières brutes résultant du broyage de câbles, présentent la répartition granulométrique moyenne suivante (pourcentages en poids) : 4% de particules supérieures à 1 mm, 15% de particules comprises entre 1 et 0,5 mm, 19% de particules entre 0,5 et 0,3 mm, 52% de particules entre 0,3 et 0,1 mm, et 8% de particules inférieures à 0,1 mm.

[0160] Par ailleurs, ce procédé est économe en énergie de l'ordre de 225 KWh par tonne de matière de base 1 traitée. Une fois l'hydrocyclone 5 et la table vibrante 9 mis en place, ce procédé nécessite peu d'intervention humaine car il est totalement automatisable.

[0161] La vibration du plateau 29 combinée au flux d'eau sur le plateau améliore la séparation des particules et ainsi améliore la précision du tri entre particules.

[0162] Comme il va de soi, l'invention ne se limite pas à la seule forme d'exécution décrite ci-dessus à titre d'exemple, elle en embrasse au contraire toutes les variantes de réalisation.

Revendications

[Revendication 1] Procédé de séparation de particules à recycler comprenant des étapes consistant à :
(E1) disposer d'une matière de base (1) comprenant une pluralité de particules, chaque particule présentant une densité apparente propre qui est fonction d'une forme et d'une densité de matière de la particule,
(E2) extraire une fraction dense (3) de plus grande densité, de la matière de base (1), l'extraction étant réalisée par mouillage et centrifugeage de la matière de base (1) dans un hydrocyclone (5), puis par prélèvement de la fraction dense (3) en un point bas (7) de l'hydrocyclone (5), et
(E3) séparer les particules de la fraction dense (3) de la matière de base (1) sur un plateau (29) d'une table vibrante (9), la fraction dense (3) de la matière de base (1) étant disposée en un emplacement haut (11) du plateau (29), le plateau (29) présentant une pente s'étendant selon une direction d'extension (13) entre l'emplacement haut (11) et un emplacement bas (15) du plateau (29), l'emplacement bas (15) comportant un sortie basse pour recueillir une première portion (6) des particules de la fraction dense (3) de densités apparentes les plus faibles, un écoulement d'eau suivant la direction d'extension (13) déplaçant la première portion (6) dans le sens de la pente vers l'emplacement bas (15), la table vibrante (9) comprenant une sortie latérale (19) pour recueillir une seconde portion (8) des particules de la fraction dense (3), de densités apparentes les plus élevées, la seconde portion (8) étant déplacée vers la sortie latérale par vibration du plateau (29).

[Revendication 2] Procédé de séparation selon la revendication 1, dans lequel la table vibrante (9) comprend :

- une structure fixe (27),
- le plateau (29) monté mobile sur la structure fixe (27),
- un moteur vibrant (31) agencé pour faire vibrer le plateau (29).

[Revendication 3] Procédé de séparation selon la revendication 2, dans lequel la table vibrante (9) comprend un support (32) pour le moteur vibrant (31) solidaire du plateau (29) et disposé sous le plateau (29) d'un côté opposé à la sortie latérale (19).

[Revendication 4] Procédé de séparation selon l'une des revendications 2 ou 3, dans lequel le plateau (29) de la table vibrante (9) présente des rainures et/ou des

nervures (33) s'étendant transversalement à la direction d'extension (13) pour faciliter le déplacement des particules les plus denses vers la sortie latérale (19).

[Revendication 5] Procédé de séparation selon l'une des revendications 2 à 4, dans lequel le moteur vibrant (31) est agencé pour faire vibrer le plateau (29) à une fréquence comprise entre 40 et 70 Hz.

[Revendication 6] Procédé de séparation selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel la pente du plateau (29), s'étendant selon la direction d'extension (13) présente un angle compris entre 5 et 10° vers le bas par rapport à plan horizontal.

[Revendication 7] Procédé de séparation selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le plateau (29) est incliné vers le bas dans une direction transversale à la direction d'extension (13), d'un bord du plateau comportant la sortie latérale (19) à un bord opposé du plateau, d'un angle compris entre 1 et 3° par rapport à un plan horizontal.

[Revendication 8] Procédé de séparation selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel le prélèvement dans la zone la plus basse de l'hydrocyclone (5) est réalisé par une vis sans fin.

[Revendication 9] Procédé de séparation selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel la table vibrante (9) inclut un distributeur (37) apte à engendrer l'écoulement d'eau, le distributeur (37) comprenant un alignement d'ouvertures pour produire une pluralité de jets d'eau parallèles formant l'écoulement d'eau.

[Revendication 10] Procédé de séparation selon l'une des revendications 1 à 9, comprenant une étape réalisée lors de l'étape (E2) d'extraction de la fraction dense (3) de la matière de base (1) et consistant à :
(E2') prélever une fraction légère (39) de la matière de base (1) par pompage dans l'hydrocyclone (5), la fraction légère (39) comprenant des particules flottantes ou en suspension dans l'hydrocyclone (5) après mouillage et centrifugeage de la matière de base (1).

[Revendication 11] Procédé de séparation selon la revendication 10, dans lequel la fraction légère (39) est tamisée par un premier tamis (45), les particules de calibres supérieurs à un calibre de tamisage du premier tamis étant disposées dans un contenant correspondant destiné aux particules non-métalliques (4) de faible densité.

[Revendication 12] Procédé de séparation selon l'un des revendications 1 à 11, dans lequel la portion (6) provenant de l'emplacement bas (15) est tamisée par un second tamis (45'), les particules de calibres supérieurs à un calibre de

tamisage du second tamis étant disposées dans un contenant correspondant destiné aux particules non-métalliques (4) de faible densité.

[Revendication 13] Procédé de séparation selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel l'étape (E1) de disposition d'une matière de base (1) est précédée par une étape (E0) de tamisage d'une matière brute (49) pour l'obtention de la matière de base (1), l'étape de tamisage consistant à éliminer les particules (2, 4) de la matière brute (49) dépassant un calibre déterminé.

[Revendication 14] Procédé de séparation selon l'une des revendications 1 à 13, dans lequel les étapes sont répétées pour plusieurs lots de matière de base (1), chaque lot de matière de base (1), à l'exception du premier, comprenant un reliquat du lot précédent encore présent dans l'hydrocyclone (5) et un complément de matière de base (1).

[Fig. 1]

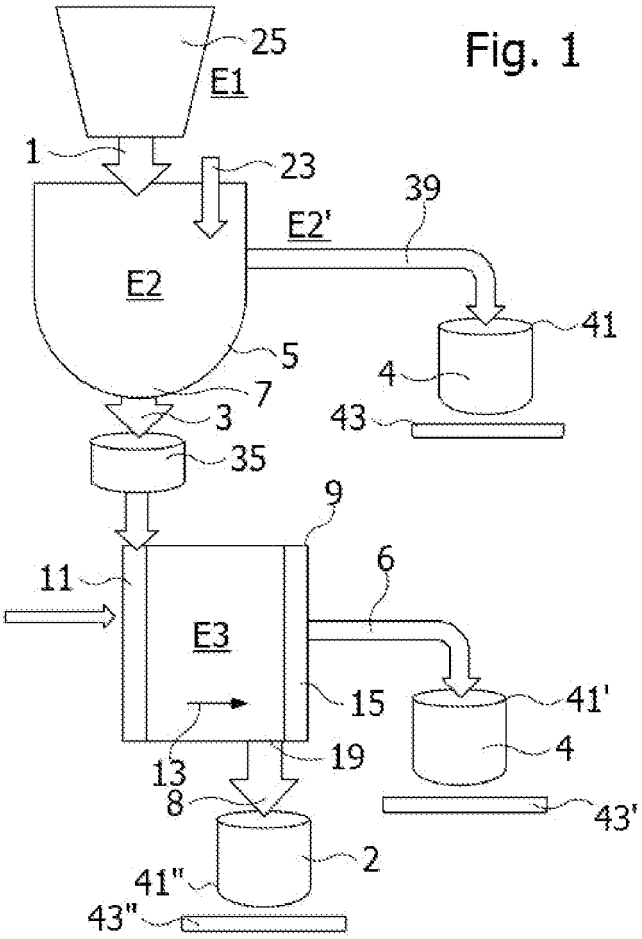


Fig. 1

[Fig. 2]

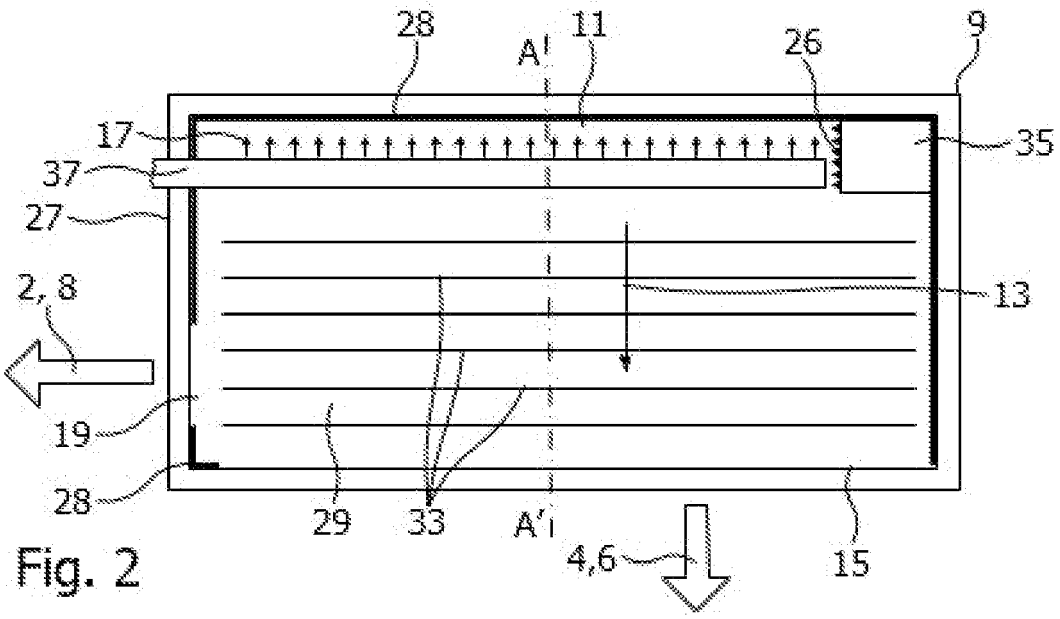


Fig. 2

[Fig. 3]

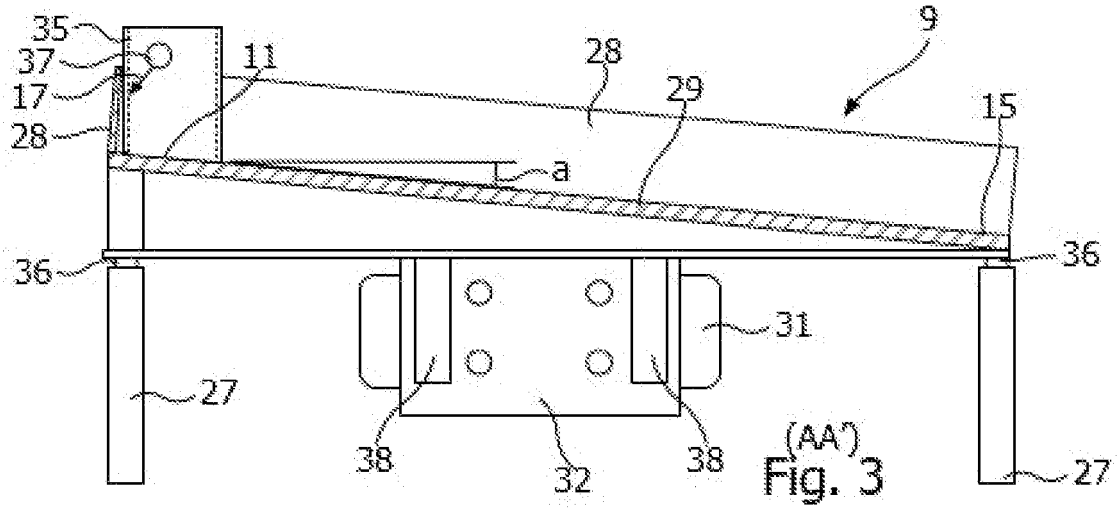


Fig. 3

[Fig. 4]

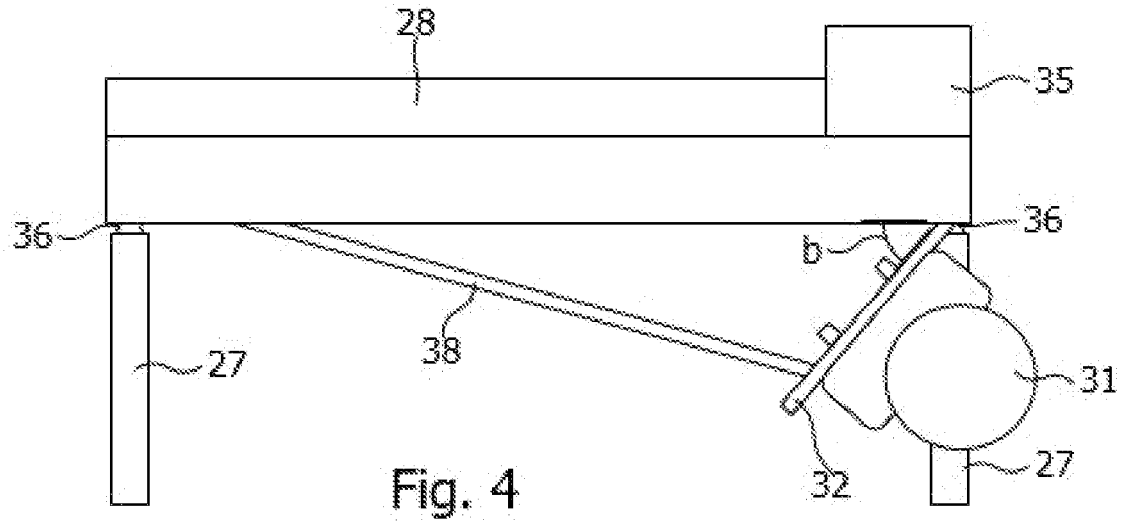
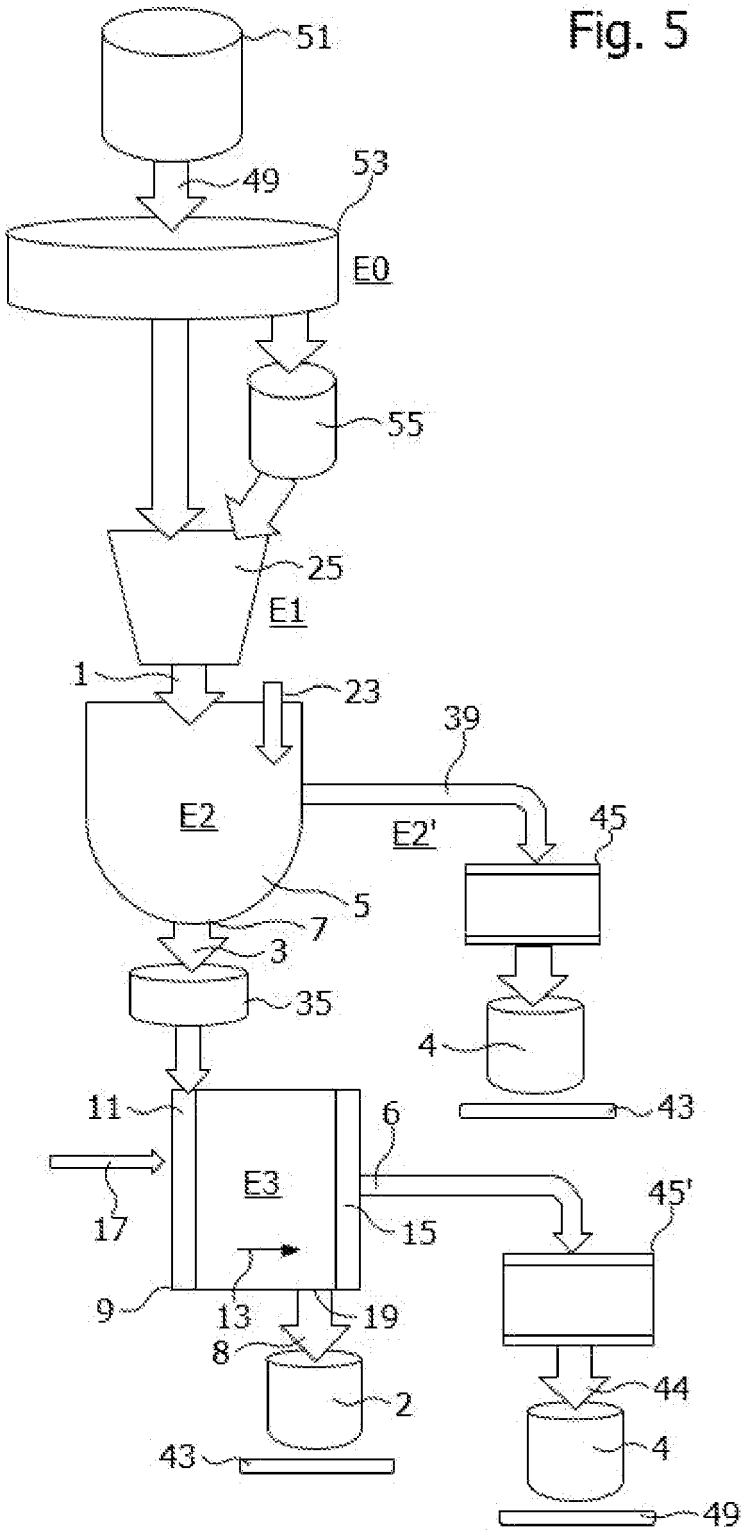


Fig. 4

[Fig. 5]

Fig. 5


51
49
53
E0
55
25
E1
1
23
39
E2
E2'
45
5
7
3
35
4
43
11
6
E3
17
15
45'
9
13
19
8
2
44
4
43
49

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.
Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☐ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

[x] Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

[x] Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

EP 0 431 582 B1 (CONSIGLIO NAZIONALE RICERCHE [IT])
27 septembre 1995 (1995-09-27)

US 2023/001426 A1 (HAMZEH NIJAD [CA])
5 janvier 2023 (2023-01-05)

EP 0 479 293 B1 (KRAUSS PETER PROF DR [DE]) 3 janvier 1996 (1996-01-03)

EP 2 643 100 B1 (COMET TRAITEMENTS SA [BE]) 18 février 2015 (2015-02-18)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT