



DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
29.03.2023 Bulletin 2023/13

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F26B 3/08 (2006.01) F26B 3/22 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **22186843.3**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F26B 3/08; F26B 3/225; F26B 2210/16

(22) Date de dépôt: **26.07.2022**

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(71) Demandeur: **Proxipel SA**
1261 Le Vaud (CH)

(72) Inventeur: **PFISTER, Richard**
1623 Semsales (CH)

(74) Mandataire: **Grosfillier, Philippe et al**
André Roland SA
IP Attorneys & Services
Avenue Collonges 21
1004 Lausanne (CH)

(30) Priorité: **22.09.2021 PCT/IB2021/058642**

(54) **PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE SÉCHAGE DE BIOMASSE**

(57) L'invention concerne un procédé de séchage de biomasse comprenant les étapes suivantes :
- génération d'un flux d'air chaud ou de vapeur d'eau surchauffée,
- mélange de l'air chaud ou de la vapeur d'eau surchauffée avec de la biomasse sous forme de particules, de manière à former un lit fluidisé,
- soumission du lit fluidisé à un vide partiel ; caractérisé par le fait que le vide partiel est obtenu par l'application d'une phase de détente au lit fluidisé.

L'invention concerne également un dispositif de séchage de biomasse structurellement adapté pour l'utilisation du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes ; caractérisé par le fait qu'il comprend une unité de génération d'air chaud ou de vapeur surchauffée, une zone de formation d'un lit fluidisé et une unité de détente du lit fluidisé.

Le dispositif selon l'invention peut être avantageusement utilisé dans une unité mobile de production de pellets.

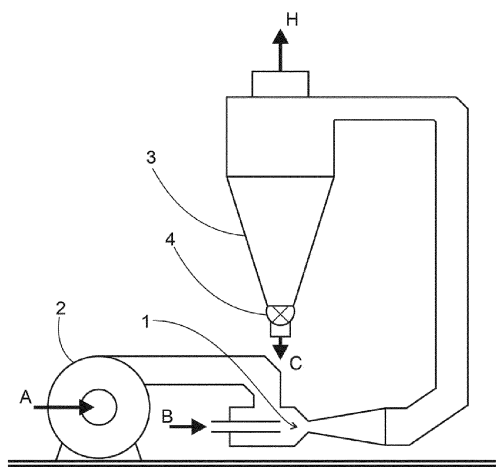


FIG. 1

Description

Domaine de l'invention

[0001] La présente invention concerne le séchage de biomasse, notamment de déchets de bois. L'invention peut être avantageusement utilisée pour la production de pellets.

Etat de la technique

[0002] Des procédés et dispositifs de séchage de biomasse sont notamment décrits dans les documents brevets EP 2 845 894 A1, FR 2 440 786 et FR 2 475 200.

[0003] Le séchage par pulvérisation, également appelé séchage par atomisation est largement connu et utilisé dans l'industrie. Ce procédé utilise une ou plusieurs tours d'atomisation pour sécher des liquides pulvérisés, par exemple pour produire de la poudre de lait, ou pour sécher des poudres. Toutefois, cette technique suppose que le produit à sécher soit mélangé avec un solvant, le plus souvent de l'eau, pour être pulvérisable et former un aérosol de fines gouttelettes qui présentent alors une surface optimale d'évaporation dans le flux d'air chaud, pour répondre aux principes physiques de la mécanique des fluides et de la thermodynamique.

[0004] Le séchage de bois dans un autoclave maintenu sous vide d'air partiel est largement connu et utilisé dans l'industrie. Ce procédé est cependant réservé au séchage des bois de menuiserie en planches de forte épaisseur et produit un résultat de haute qualité. Il répond au principe physique de l'abaissement de la pression partielle de vapeur d'eau qui règne au cœur du matériau. En effet, du fait de la capillarité des cellules du bois cette pression est inférieure à la pression atmosphérique qui règne à la surface du bois, et la mise en dépression permet alors à l'eau liée aux pores du bois de remonter en surface et être ainsi séchée par le flux d'air chaud.

[0005] La demande de brevet DE 27 36 372 présente un dispositif de séchage et de production de copeaux comprenant les éléments suivants :

- a. un générateur de chauffage à air chaud,
- b. une chambre de séchage tubulaire à brassage rotatif, soumise à une pression réduite,
- c. un ventilateur centrifuge,
- d. un cyclone.

[0006] Cette antériorité ne précise toutefois pas comment la pression est réduite dans la chambre de séchage.

Description générale de l'invention

[0007] Un des buts de la présente invention vise à remédier aux problèmes mentionnés dans le chapitre précédent.

[0008] A cet effet, elle concerne un procédé de séchage de biomasse comprenant les étapes suivantes :

- génération d'un flux d'air chaud ou de vapeur surchauffée,
- mélange de l'air chaud ou de la vapeur surchauffée avec de la biomasse sous forme de particules, de manière à former un lit fluidisé,
- soumission du lit fluidisé à un vide partiel.

[0009] Le procédé selon l'invention se caractérise par le fait que le vide partiel est obtenu par l'application d'une phase de détente au lit fluidisé.

[0010] Dans le présent document, le terme « particule » se réfère à un élément de géométrie quelconque et de taille relativement faible, dont le diamètre moyen est inférieur à 5 mm.

[0011] L'application d'une phase de détente a pour effet d'induire un séchage des particules de biomasse beaucoup plus efficace que le séchage proposé par les dispositifs de l'état de la technique.

[0012] De préférence, la phase de détente est réalisée par le passage du lit fluidisé au travers d'un Venturi.

[0013] Selon une variante de l'invention, le lit fluidisé, à l'entrée du Venturi, est constitué à parts égales, exprimées en masse, d'un mélange de biomasse et d'air chaud.

[0014] Le passage du lit fluidisé peut être réalisé à travers plusieurs Venturi disposés en série.

[0015] La pression motrice exercée dans le Venturi est de préférence fournie par une turbine d'air centrifuge ou un jet de vapeur sèche.

[0016] La vapeur sèche peut être produite par une chaudière à vapeur électrogène, alimentée par une fraction de la biomasse sèche autoproduite lors dudit procédé.

[0017] L'invention concerne également un dispositif de séchage de biomasse structurellement adapté pour l'utilisation du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes ; caractérisé par le fait qu'il comprend une unité de génération d'air chaud ou de vapeur surchauffée, une zone de formation d'un lit fluidisé et une unité de détente du lit fluidisé.

[0018] De préférence, l'unité de détente comprend un Venturi.

[0019] L'unité de détente peut également comprendre plusieurs Venturi disposés en série.

[0020] Selon une variante de l'invention, l'unité de génération comprend une turbine centrifuge.

[0021] L'invention concerne également une production de pellets comprenant un dispositif tel que décrit précédemment.

[0022] Dans la présente invention, et contrairement au procédé de séchage par autoclavage sous vide, les particules de biomasse sont mélangées avec un flux d'air ou de vapeur à haute température et subissent consécutivement une détente directe.

[0023] Le procédé selon l'invention utilise l'action conjuguée de la chaleur de convection apportée par de l'air chaud ou de la vapeur surchauffée et celle d'un vide partiel induit lors d'une phase de détente. L'invention réunit

deux procédés physiques, autoclavage et pulvérisation, et permet ainsi d'optimiser le rendement de séchage tout en miniaturisant le dispositif de séchage.

[0024] L'invention concerne de la sorte un cycle thermodynamique ouvert, pouvant comprendre une phase de compression, de préférence obtenue par une turbine centrifuge à air chaud ou une chaudière à vapeur d'eau surchauffée, et une phase de détente pouvant être avantageusement induite par un ou plusieurs Venturi.

[0025] Dans la présente invention, et contrairement aux procédés de pulvérisation de l'état de la technique, les particules de biomasse ne traversent pas une buse de pulvérisation, mais sont mélangées à de l'air chaud ou à de la vapeur surchauffée pour constituer un lit fluidisé. Le mélange ainsi obtenu subit ensuite une phase de détente, p.ex. au moyen d'un Venturi, qui abaisse fortement la pression du milieu dans lequel se trouve la biomasse à sécher.

Description détaillée de l'invention

[0026] La figure 1 représente un exemple de séchoir selon l'invention

[0027] Références utilisées dans la figure :

1. Venturi
2. Turbine centrifuge
3. Cyclone
4. Écluse
- A. Introduction air
- B. Entrée biomasse humide
- C. Sortie biomasse sèche
- H. Sortie air humide

[0028] L'admission dans le Venturi **1** de la biomasse sous forme de particules, mélangée à de l'air chaud, à raison d'une partie de biomasse pour une partie d'air chaud, ces parties étant exprimées en masse, et l'action d'une turbine centrifuge **2** qui alimente le Venturi **1** avec de l'air chaud ou l'action de la vapeur d'eau surchauffée, constitue un cycle capable de produire à la sortie du Venturi **1**, une dépression atmosphérique propice à la vaporisation de l'eau liée dans les particules de biomasse et favoriser leur séchage.

[0029] Cette détente provoque un vide d'air inférieur à la pression partielle de vapeur capillaire qui règne au cœur du bois,

[0030] La différence de pression permettant alors d'expulser la vapeur d'eau liée contenue au cœur des particules de bois.

[0031] Le brouillard de biomasse pulvérisée et de va-

peur d'eau expulsée est recueilli dans un cyclone de décantation **3** qui a pour effet de séparer les particules de biomasse sèche qui retombent par gravité au pied du cyclone **3** et sont retirées, via une écluse **4**, de l'air humide qui s'échappe au sommet du cyclone **3**.

[0032] Plusieurs Venturis peuvent être placés en série sous la forme d'un chapelet ou emboîtés en série les uns dans les autres comme des poupées russes.

[0033] La pression motrice admise à l'entrée du Venturi est de préférence fournie par un ventilateur d'air centrifuge ou un jet de vapeur sèche.

[0034] Dans le dispositif illustré sur la figure 1 :

- a. le vide partiel est généré par un Venturi **1**,
- b. une turbine centrifuge à air **2** aspire de l'air sec **A**,
- c. le mélange de biomasse humide et d'air chaud, ou de vapeur surchauffée, entre dans le Venturi **1** à travers un conduit d'entrée **B**,
- d. la biomasse sèche est séparée de l'air humide dans le cyclone **3**,
- e. la biomasse sèche sort du cyclone au niveau de sa partie inférieure **C**, à travers une écluse **4**,
- f. l'air humide séparé de la biomasse sort du cyclone au niveau de sa partie supérieure **H**.

[0035] Selon un exemple non-illustré ce dispositif s'intègre dans une unité mobile de production de pellets, p. ex. à bord d'une semi-remorque ou d'un autre support mobile ou non, de façon à limiter l'effectif de production à une seule personne.

[0036] L'invention peut être avantageusement utilisée dans l'industrie des séchoirs mobiles à céréales, bois déchiqueté et biomasses diverses, qui sont embarqués à bord de remorques agricoles, ou montés sur un châssis mobile, ou des séchoirs fixes disposant de peu de place. Ces séchoirs occupent un volume très important, ce qui rend problématique, voire impossible, leur intégration dans une seule unité mobile de production.

[0037] On relèvera enfin que le dispositif selon l'invention, particulièrement dans sa variante avec Venturi, offre notamment l'avantage de présenter un faible encombrement.

Revendications

1. Procédé de séchage de biomasse comprenant les étapes suivantes :

- génération d'un flux d'air chaud ou de vapeur d'eau surchauffée,
 - mélange de l'air chaud ou de la vapeur d'eau surchauffée avec de la biomasse sous forme de particules, de manière à former un lit fluidisé,
 - soumission du lit fluidisé à un vide partiel ;
- caractérisé par le fait que** le vide partiel est obtenu par l'application d'une phase de détente au lit fluidisé.

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel la phase de détente est réalisée par le passage du lit fluidisé au travers d'un Venturi (1).

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le lit fluidisé, à l'entrée du Venturi (1), est constitué à parts égales, exprimées en masse, d'un mélange de biomasse et d'air chaud ou de vapeur d'eau surchauffée. 5

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes **caractérisé par** le passage du lit fluidisé à travers plusieurs Venturi (1) disposés en série. 10

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4 **caractérisé en ce que** la pression motrice admise sur le Venturi (1) est fournie par une turbine d'air centrifuge (2) ou un jet de vapeur sèche. 15

6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** de la vapeur sèche est produite par une chaudière à vapeur électrogène, alimentée par une fraction de la biomasse sèche autoproduite lors dudit procédé. 20

7. Dispositif de séchage de biomasse structurellement adapté pour l'utilisation du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes ; **caractérisé par le fait qu'il** comprend une unité de génération d'air chaud ou de vapeur surchauffée, une zone de formation d'un lit fluidisé et une unité de détente du lit fluidisé. 25

8. Dispositif selon la revendication 7 dans lequel l'unité de détente comprend un Venturi (1). 30

9. Dispositif selon la revendication 8 dans lequel l'unité de détente comprend plusieurs Venturi (1) disposés en série. 35

10. Dispositif selon la revendication 8 ou 9 dans lequel l'unité de génération comprend une turbine centrifuge (2). 40

11. Unité de production de pellets comprenant un dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 10. 45

50

55

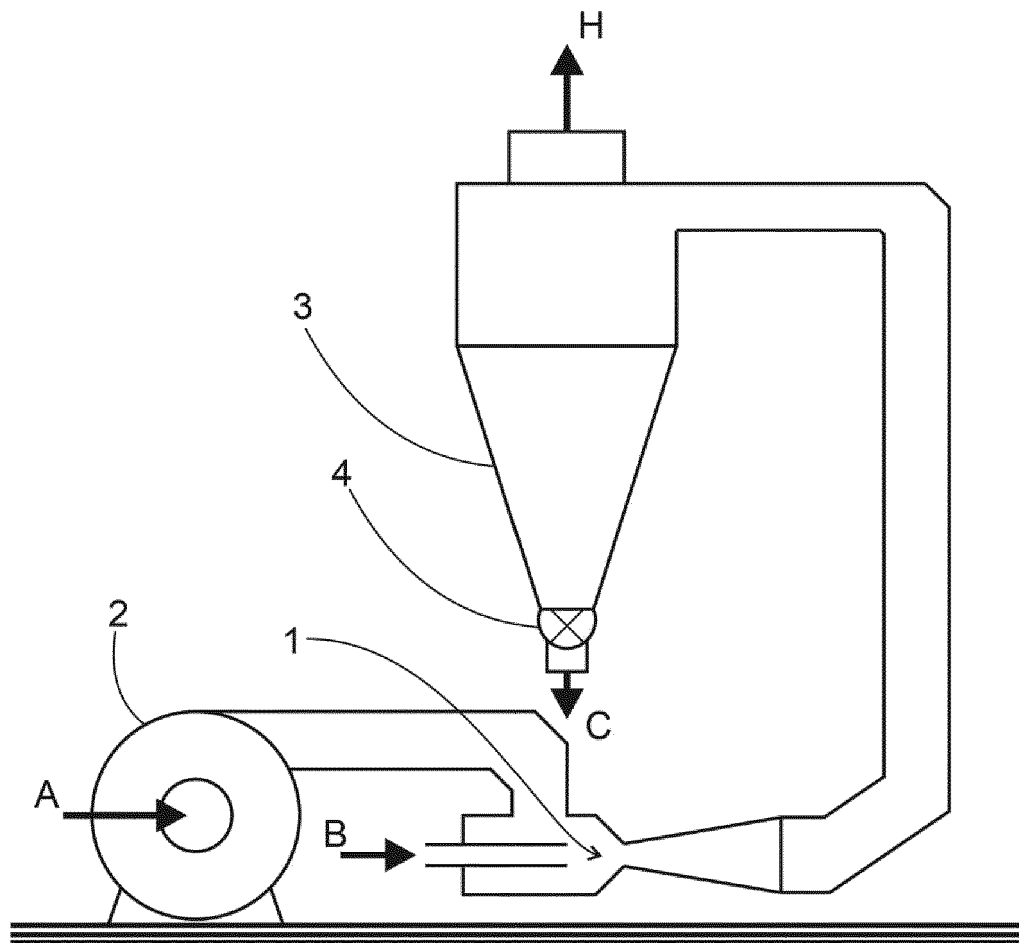


FIG. 1



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 22 18 6843

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	GB 2 465 361 A (STUBBING THOMAS JOHN [NZ]; DUNNE TERENCE PATRICK [GB] ET AL.) 19 mai 2010 (2010-05-19)	1, 2, 5, 7, 8, 10, 11	INV. F26B3/08 F26B3/22
Y	* page 11, ligne 21 - page 20, ligne 13; figures 1-3 *	3, 4, 6, 9	
X	EP 1 033 081 B1 (BAT CIGARETTENFAB GMBH [DE]) 21 décembre 2005 (2005-12-21)	1, 2, 5, 7, 8, 10, 11	
Y	* alinéas [0044] - [0049]; figures 1, 2 *	3, 4, 6, 9	
X	FR 3 020 451 A1 (GUYOMARC H RAYMOND [FR]) 30 octobre 2015 (2015-10-30)	1, 2, 5, 7, 8, 10, 11	
Y	* exemples 2, 3 *	3, 4, 6, 9	
Y	US 2014/318130 A1 (DUONG FREDERIC [FR]) 30 octobre 2014 (2014-10-30)	3, 4, 6, 9	
	* figures 1-9 *		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F26B
Lieu de la recherche			Examineur
La Haye			Makúch, Milan
Date d'achèvement de la recherche			
31 janvier 2023			
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul			T : théorie ou principe à la base de l'invention
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie			E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
A : arrière-plan technologique			D : cité dans la demande
O : divulgation non-écrite			L : cité pour d'autres raisons
P : document intercalaire			& : membre de la même famille, document correspondant

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 22 18 6843

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

31-01-2023

	Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
10	GB 2465361	A	19-05-2010	CN	102132120 A		20-07-2011
				EP	2344824 A2		20-07-2011
				GB	2465246 A		19-05-2010
15				GB	2465361 A		19-05-2010
				HK	1142122 A1		26-11-2010
				MY	159158 A		30-12-2016
				WO	2010055281 A2		20-05-2010

20	EP 1033081	B1	21-12-2005	AT	313276 T		15-01-2006
				AU	758500 B2		20-03-2003
				BR	0000725 A		31-10-2000
				CA	2300022 A1		03-09-2000
				DE	19909318 A1		14-09-2000
25				EP	1033081 A2		06-09-2000
				PL	338751 A1		11-09-2000
				US	6397851 B1		04-06-2002
	US	2002189624 A1		19-12-2002			

30	FR 3020451	A1	30-10-2015	AUCUN			

	US 2014318130	A1	30-10-2014	AU	2012356178 A1		10-07-2014
				CA	2859748 A1		27-06-2013
				CN	104185716 A		03-12-2014
				EP	2795073 A1		29-10-2014
35				FR	2984400 A1		21-06-2013
				PL	2795073 T3		30-09-2016
				US	2014318130 A1		30-10-2014
	WO	2013093770 A1		27-06-2013			

40							
45							
50							
55							

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 2845894 A1 [0002]
- FR 2440786 [0002]
- FR 2475200 [0002]
- DE 2736372 [0005]