

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 877 862

②1 N° d'enregistrement national : 04 12109

⑤1 Int Cl⁸ : B 21 B 38/00 (2006.01)

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 12.11.04.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 19.05.06 Bulletin 06/20.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : VAI CLECIM Société par actions sim-
plifiée — FR.

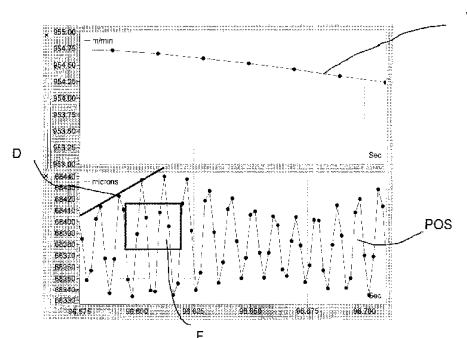
⑦2 Inventeur(s) : ABI KARAM MICHEL et LOPEZ SABIO
EMILIO.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : CABINET LAVOIX.

⑤4 PROCÉDE DE DETECTION DES VIBRATIONS D'UNE CAGE DE LAMINOIR.

⑤7 L'invention a pour objet un procédé de détection des vibrations d'une cage de laminoir (1) équipée d'un vérin hydraulique (6) comme dispositif de serrage des cylindres (4,5) de laminage. Ce vérin hydraulique comporte un capteur de mesure (64) de la position de la partie mobile par rapport à la partie fixe ce capteur délivre un signal numérique POS. Dans le procédé de l'invention on détecte les vibrations par une observation directe du signal de position (POS) et sa comparaison par rapport à une fenêtre spatio-temporelle (F) dont les dimensions sont déterminées en fonction de la fréquence à détecter. Conformément à l'invention on peut définir différentes fenêtres d'observation (F) adaptées à la détection de différents phénomènes vibratoires. Dans un laminoir tandem on observe le signal de position (POS) du vérin hydraulique (6) de chaque cage (1) de laminage selon le procédé de l'invention ce qui permet de détecter la mise en vibration sur chacune des cages et de déterminer la cage sur lequel le phénomène a commencé.



FR 2 877 862 - A1



La présente invention se rapporte à un procédé de détection des vibrations d'une cage de laminoir. Elle s'applique à la détection de différents types de vibrations des cages de laminoir dans leurs diverses utilisations, en laminage à chaud et en laminage à froid et pour des matériaux divers. L'invention s'applique particulièrement à la détection des vibrations qui affectent l'épaisseur lors du laminage de produits plats sous forme de bande pour lesquels la mise à l'épaisseur et les caractéristiques mécaniques sont obtenues par écrouissage à froid. Cet écrouissage est pratiqué habituellement sur des trains de laminoirs dénommés tandem, en particulier pour la fabrication de feuillards d'acier. On trouve aussi des laminoirs à une seule cage pour la fabrication de feuillards d'acier ou de métaux non ferreux, comme l'aluminium.

Ces vibrations peuvent provenir des différents organes du laminoir en mouvement ainsi que des phénomènes liés à la lubrification de l'entrefer des cylindres. Certaines d'entre elles, dénommées chatter, entraînent un phénomène divergent en amplitude.

D'une façon générale, dans une cage de laminoir, le produit à laminier passe entre deux cylindres de travail qui définissent le plan de laminage ; ces cylindres sont en général de diamètre relativement réduit au regard des efforts auxquels ils sont soumis, ils sont donc généralement appuyés respectivement sur au moins deux cylindres de soutien entre lesquels est appliqué l'effort de laminage.

Les laminoirs dits de type "quarto", comportent donc quatre cylindres superposés, respectivement deux cylindres de travail associés, respectivement, à deux cylindres de soutien de plus grand diamètre.

Dans les laminoirs "sexto", des cylindres intermédiaires sont interposés entre chaque cylindre de travail et le cylindre de soutien correspondant.

D'autres types de laminoir, comprenant un plus ou moins grand nombre de cylindres sont connus et utilisés dans l'industrie.

Les cylindres prennent appui les uns sur les autres le long de lignes d'appui sensiblement parallèles, et dirigées suivant une génératrice dont le profil, normalement rectiligne, dépend des efforts appliqués et de la résistance des cylindres. Elles déterminent le plan de serrage. Généralement l'effort de serrage est appliqué par des vis ou des vérins interposés entre la cage et les extrémités de l'arbre du cylindre de soutien supérieur, le cylindre de soutien inférieur prenant appui par ces extrémités directement sur la cage. A part ce dernier, les autres cylindres doivent donc pouvoir se déplacer par rapport à la cage et, à cet effet, sont portés par des organes de support montés coulissants verticalement dans deux fenêtres ménagées dans les deux colonnes de la cage.

Des moyens de serrage tels que vis ou vérins, prenant appui sur la cage, exercent un effort vertical dans le sens de resserrement des cylindres pour le laminage du produit

passant entre les cylindres de travail. Des capteurs de position sont montés dans chaque organe de serrage, ils permettent de calculer la valeur de l'entrefer compris entre les cylindres de travail et ainsi de contrôler la réduction de l'épaisseur du produit laminé.

Les laminoirs tandem comportent une succession de cages disposées l'une à la suite de l'autre sur le trajet de la bande dont elles assurent une réduction progressive de l'épaisseur. Sous l'effet des masses importantes qui sont en rotation, telles que les cylindres de laminage, les cylindres d'appui, les engrenages des réducteurs de commande des cages de laminoir, de tels trains de laminage sont sujets à entrer en vibration de manière intempestive, particulièrement quand on cherche à laminer à grande vitesse.

Ce phénomène ressemble à un phénomène de résonance car il se produit à une fréquence sensiblement fixe pour une cage de laminoir déterminée au-delà d'un certain seuil de vitesse, il peut provoquer des variations d'épaisseur, des casses de bande ainsi que des marques sur les cylindres de laminage et sur la bande.

Ce phénomène est donc particulièrement gênant pour la production car le remède le plus immédiat pour pallier cet inconvénient est de réduire la vitesse.

Bien qu'aujourd'hui encore l'origine de ces vibrations ne soit pas parfaitement expliquée, on a déterminé un certain nombre de causes susceptibles de provoquer le phénomène, qui prend son origine dans l'interaction entre la traction de la bande entre les cages et le processus de réduction de l'épaisseur dans l'entrefer des cylindres qui, compte tenu des efforts engendrés, provoque une déformation élastique de toute la cage de laminage. Ces phénomènes ont été particulièrement remarqués sur les laminoirs tandem à froid pour l'acier et la description se rapporte plus particulièrement à ce cas, mais le procédé de l'invention peut être appliqué à tous les autres cas de laminage.

Dans un laminoir tandem à froid il y a une forte interaction entre la traction entre les cages et les efforts de laminage ; en effet la bande est maintenue parfaitement tendue dans l'espace entre deux cages successives par un réglage de la traction dans la bande, dans chacun des inter-cages, Les cages de laminoir sont équipées pour cela de dispositifs de serrage des cylindres qui permettent de contrôler la réduction de l'épaisseur du produit laminé et aussi de régler la traction entre deux cages successives. On s'arrange pour maintenir ainsi les conditions de laminage constantes dans chacune des cages et pour éviter ainsi d'atteindre des niveaux de traction qui risqueraient d'entraîner une rupture de la bande.

En effet la régulation d'un train tandem à froid utilise la loi de conservation de la masse appliquée à la bande. Comme la largeur de celle-ci ne change pas au passage dans une cage de laminoir à froid, cette loi conserve le débit de métal qui est le produit de l'épaisseur par la vitesse. L'objectif est d'obtenir une épaisseur constante à la sortie du

train tandem et pour cela on maintient l'épaisseur de la bande en sortie de la première cage parfaitement constante à l'aide des moyens de serrage des cylindres de la première cage, ainsi que les vitesses de la première et de la dernière cage par le contrôle des vitesses des cages. Ce système de contrôle bien connu est encore appelé « mass flow »

- 5 Ainsi les tractions amont et aval d'une cage de laminoir et la force de laminage interagissent par l'intermédiaire du métal qui s'écoule de manière élasto-plastique dans l'entrefer et il est clair qu'une perturbation affectant le régime des tractions va avoir une conséquence immédiate sur l'épaisseur. L'ensemble mécanique ainsi constitué par les cages du laminoir peut être excité en vibration par des fréquences liées à la rotation des
10 cylindres et à leur entraînement comme la fréquence de rotation des cylindres de travail, des fréquences liées au nombre de dents des engrenages placés sur les réducteurs de cages à pinions d'entraînement, etc ...

- Dans certaines conditions d'écoulement du métal entre les cylindres de travail et en particulier selon les conditions de lubrification et selon la rugosité des cylindres, il peut
15 y avoir un accrochage en résonance à partir d'une certaine vitesse. Si on ne corrige aucun paramètre, le phénomène vibratoire est alors divergent et il peut conduire jusqu'à la casse de la bande. En tout état de cause la longueur de la bande qui a été soumise aux vibrations porte des marques importantes et des variations d'épaisseurs obligeant à la rebuter.

- 20 On a donc cherché à caractériser les différents résonateurs pouvant intervenir dans le phénomène de façon à calculer ses fréquences propres et les comparer aux fréquences observées sur les équipements. Les cages de laminoir ont donc fait l'objet de modélisations plus ou moins sophistiquées de manière à isoler des bandes de fréquences susceptibles de correspondre au phénomène de chatter par rapport à d'autres plus
25 représentatives des signatures vibratoires des différentes parties de la cage de laminoir, en particulier des parties tournantes.

- Dans de telles modélisations on trouve des systèmes à plusieurs degrés de liberté et on trouve aussi plusieurs modes de vibrations correspondant à plusieurs fréquences de résonance. On a alors comparé aux mesures faites dans les cages de laminoir. A cet effet
30 on a équipé les cages d'accéléromètres et on a procédé à des enregistrements lors des montées en vitesses des laminoirs tandem, particulièrement les dernières cages qui sont les plus susceptibles d'entrer en vibration. On s'est alors aperçu que les modes de vibrations compris dans deux bandes de fréquences sont particulièrement gênant, parce que leur amplitude devient grande et entraîne de graves perturbations sur les cages des
35 laminoirs. Par comparaison à l'échelle musicale on a l'habitude de parler des fréquences du troisième octave pour celles comprises entre 100 hertz et 250 hertz et de cinquième octave pour celles comprises entre 500 Hz et 700 Hz.

- Les effets ne semblent d'ailleurs pas être les mêmes puisque on a mis en évidence que les vibrations de troisième octave provoquent des défauts d'épaisseurs et des casses de bande et les vibrations de cinquième octave provoquent des marques sur les cylindres d'appui. De plus, selon les conditions précises de laminage, l'entrée en
- 5 vibration ne se fera pas toujours à la même fréquence mais dans une des plages indiquées. Le problème est donc de détecter le plus tôt possible la naissance de vibrations pouvant être néfastes à l'épaisseur ou à l'état de surface du produit laminé de façon à prendre les mesures correctrices nécessaires, la plus rapide et la plus efficace étant de diminuer rapidement la vitesse de l'installation de laminage.
- 10 Pour cela il est donc nécessaire d'installer des capteurs susceptibles d'enregistrer les vibrations, et d'établir un traitement de leur signal permettant de déclencher une action correctrice seulement pour les vibrations qui peuvent devenir gênantes. Il ne serait en effet pas acceptable de provoquer des ralentissements intempestifs de l'installation de laminage qui provoque une diminution de la productivité et peut générer un accroissement
- 15 de la dispersion de l'épaisseur du produit laminé. Il a été proposé depuis longtemps de disposer des accéléromètres et de déclencher une action lorsque l'amplitude du signal émis dépasse un certain seuil. Ainsi le brevet BE 890928 décrit une telle méthode déjà ancienne et propose aussi un filtrage du signal des accéléromètres dans une certaine bande de fréquences, correspondant à celle des vibrations indésirables.
- 20 Une telle méthode permet d'éviter les dommages les plus importants tels que les bris de bande pouvant endommager les installations elles mêmes mais elle présente aujourd'hui plusieurs types d'inconvénients.
- Le capteur lui-même, du type accéléromètre, est très sensible à toutes les accélérations et le signal est généralement entaché de bruit de fond. On a cherché à l'installer sur un
- 25 organe mécanique au plus près de l'endroit où les vibrations indésirables vont prendre naissance. Le montage de ce capteur doit être soigné car, en général, seules les vibrations ayant lieu dans une direction déterminée sont intéressantes. Il en résulte souvent des montages sur les paliers des cylindres de laminoir ou dans des endroits peu accessibles pour des capteurs fragiles. Si on équipe les paliers des cylindres de laminage
- 30 cela oblige à équiper tous les jeux de paliers et refaire les connexions à chaque changement de cylindres. Plus récemment on a pu installer ces capteurs sur le haut de la cage de laminoir et enregistrer un signal exploitable, il est alors important de soigner le traitement du signal pour extraire et détecter le parasite que l'on recherche.
- Ce traitement du signal, lui-même, pour éliminer le bruit de fond, génère un retard
- 35 qui peut être néfaste au déclenchement de l'alarme et de l'action de correction au moment voulu. De plus le traitement simple dans une bande de fréquences ne permet pas de distinguer les fréquences de vibrations qui ont une origine néfaste et peuvent

provoquer la divergence de celles qui correspondent aux vibrations constantes provoquées par certaines masses tournantes de l'installation.

Dans un brevet plus récent, EP 1 125 649 on a tenté de remédier à ces inconvénients en proposant un traitement assez sophistiqué d'un signal acoustique issu d'un microphone. Le problème de la localisation du capteur et de sa fragilité est ainsi
5 résolu mais il reste celui du traitement du signal. En effet un microphone capte toutes les fréquences acoustiques présentes et il est du type accéléromètre puisqu'il est sensible à une pression transmise par l'air ambiant. Le signal est entaché d'un bruit de fond important. De manière à éliminer les bruits de fond on propose dans ce brevet un
10 traitement du signal assez sophistiqué, fondé sur la combinaison de plusieurs approches dont le but est d'identifier l'apparition des vibrations véritablement nuisibles. Pour cela il est possible de combiner des filtres passe-bande, des détections de pics, des calculs de facteur de résonance, des analyses de Fourier, une alarme est alors donnée lorsqu'un de ces paramètres, ou leur combinaison dépasse un certain seuil dans une bande de
15 fréquence prédéterminée.

Cette méthode présente encore des inconvénients : le temps de traitement du signal ne permet pas d'intervenir au plus tôt pour prendre les mesures correctrices et la méthode détecte la divergence de la mise en vibration d'une cage du laminoir tandem, or on a observé récemment que des vibrations non divergentes peuvent prendre naissance et
20 détériorer l'épaisseur ou l'état de surface du produit laminé.

De plus, du fait de l'interaction des forces de laminage de chaque cage avec les tractions amont et aval de chacune d'elles, le phénomène de vibration démarre en général sur une cage et se propage aux autres. Le dispositif proposé ne peut capter que les fréquences acoustiques émises par l'ensemble des cages du laminoir tandem, il n'est pas
25 directement capable de différencier les cages les unes des autres.

Mais la présente invention a pour but de résoudre ces problèmes en proposant un nouveau procédé de détection fonctionnant à partir du signal de mesure d'un autre type de capteur et ne nécessitant pas de traitement préalable de ce signal pour générer un signal de détection de vibration. Dans un procédé selon l'invention on utilise les
30 composants et les capteurs qui constituent une cage de laminoir moderne. En effet depuis de nombreuses années les cages de laminoir sont équipées de moyens de serrage constitués de vérins hydrauliques ce qui permet d'agir sur la force de laminage avec un temps de réponse très court, souvent inférieur à 50 millisecondes. Ces vérins hydrauliques sont depuis longtemps équipés de capteurs de position numériques de
35 grande résolution, en général au moins égale à 1 micromètre. Il est en effet important de pouvoir contrôler l'entrefer des cages de laminage avec une grande précision au niveau du produit à laminer. En sortie des laminoirs à froid on obtient pour des tôles d'acier de

carrosserie d'épaisseur 0,4 millimètres une tolérance courante de 0,7% ce qui représente 2,8 micromètres.

En régime normal de laminage on peut calculer une relation entre la valeur de l'entrefer des cylindres et la mesure du capteur de position du vérin de serrage en tenant compte
5 de l'effet de l'allongement élastique de tous les éléments de la cage de laminoir produit par la force de laminage. Et dans ces conditions les variations du signal du capteur de position proviennent de la commande des vérins par le système de régulation de l'épaisseur et sont généralement limitées à quelques micromètres.

En ce qui concerne les phénomènes de vibration la relation entre cette
10 perturbation qui a pris naissance dans l'entrefer et la mesure faite par le capteur de position est tout à fait différente. En effet on pourrait établir une relation en tenant compte de tous les effets d'inertie des différentes parties de la cage de laminoir, combinés aux effets dus à l'élasticité de ces mêmes parties générant autant de résonateurs ayant chacun une fréquence propre. Par ailleurs pour les besoins de la régulation d'épaisseur la
15 conception des dispositifs de serrage hydraulique leur confère une fréquence de coupure de 15 à 20 hertz.

Or il a été observé par le déposant que le signal du capteur de position est perturbé par les vibrations, par un effet inattendu de transmission de ces vibrations à travers tout l'empilage des cylindres constituant la cage de laminage et le vérin
20 hydraulique de serrage. De nombreux essais complémentaires ont permis de déterminer que le signal de position est parfaitement modulé par la vibration de façon tout à fait fiable et fidèle au niveau de la fréquence et de l'amplitude. La modulation apparaît dès le début de la naissance de la vibration et l'amplitude varie selon celle de la vibration, se superposant aux variations d'amplitude du signal dues à l'action du système de régulation
25 de l'épaisseur.

Il est donc possible d'établir un procédé de détection des vibrations d'une cage de laminoir équipée d'un dispositif de serrage hydraulique en observant le signal de mesure du capteur de position du vérin hydraulique de serrage, ce signal de position numérique est propre de tout bruit de fond, il est habituellement observé à l'aide d'un échantillonnage
30 dont la période est de l'ordre de la milliseconde et il suffit d'observer directement ses variations d'amplitude sur un intervalle de temps donné. Il n'est besoin d'aucun filtre qui provoquerait un retard de plusieurs périodes par rapport à celle de la vibration à détecter. Dans un procédé selon l'invention on mémorise en temps réel et en permanence le signal de mesure (POS) du capteur de position, on compare directement un échantillon de ce
35 signal à une fenêtre (F) d'observation spatio-temporelle, dont les dimensions ainsi que la taille de l'échantillon sont choisis en fonction de la cage de laminoir et de la fréquence des

vibrations à détecter, et on déclenche un signal de détection de vibration lorsque l'échantillon de signal n'est plus contenu dans ladite fenêtre (F).

Selon le procédé de l'invention la dimension temporelle de la fenêtre (F) d'observation représente une longueur de temps suffisante pour que l'échantillon du signal de position contenu puisse être représentatif du phénomène de vibration à détecter, si ce phénomène est venu perturber le signal de position et se trouve donc contenu aussi dans l'échantillon. D'une manière pratique dans le procédé de l'invention la dimension temporelle de la fenêtre (F) d'observation a une longueur au moins égale à un temps équivalent à 2 périodes du signal du phénomène de vibration à détecter.

Selon le procédé de l'invention la hauteur de la fenêtre d'observation (F) a une dimension spatiale représentant une taille supérieure à l'amplitude de la plus grande variation répétitive du signal de mesure de la position (POS) du vérin hydraulique de serrage. De manière pratique selon le procédé de l'invention la hauteur de la fenêtre d'observation (F) a une dimension spatiale représentant une amplitude du signal de mesure de la position (POS) du vérin hydraulique de serrage supérieure à 4 micromètres.

Selon le procédé de détection de l'invention on compte le nombre fois pour lesquelles l'amplitude du signal de mesure de la position (POS) du vérin hydraulique de serrage (6) a dépassé la hauteur de la fenêtre d'observation (F) et on signale une détection de vibration lorsque le nombre fois pour lesquelles l'amplitude du signal de mesure de la position (POS) du vérin hydraulique de serrage a dépassé la hauteur de la fenêtre d'observation (F) est supérieur à celui qu'il est habituel d'observer lors des actions correctrices de la plus forte amplitude autorisée, des systèmes de contrôle de ladite cage de laminoir. D'une manière courante, et selon le procédé de l'invention, on signale une détection de vibration lorsque le nombre fois pour lesquelles l'amplitude du signal de mesure de la position (POS) du vérin hydraulique de serrage a dépassé la hauteur de la fenêtre d'observation (F) est supérieur à deux.

Selon un mode perfectionné du procédé de l'invention on mesure l'amplitude de chaque dépassement par rapport à la dimension de la fenêtre (F), pour les fenêtres d'observation ayant déclenché un signal de détection de vibration, et on détermine la pente (D) de la variation de l'amplitude de chaque dépassement, dans une même fenêtre d'observation (F), pour les fenêtres d'observation ayant déclenché un signal de détection de vibration.

Selon une variante du procédé de l'invention, on détermine la pente de la variation de l'amplitude de chaque dépassement, dans des fenêtres d'observation (F) différentes, pour les fenêtres d'observation ayant déclenché un signal de détection de vibration.

Toujours selon l'invention on utilise le procédé pour chacune des cages d'un laminoir tandem en déterminant pour cela une taille de l'échantillon du signal de mesure

de la position (POS) du vérin hydraulique de serrage de chaque cage et un dimensionnement de la fenêtre d'observation adaptés aux fréquences des vibrations à détecter sur chacune desdites cages du laminoir tandem.

Dans le cas du laminoir tandem, on compare les pentes (D) de la variation de l'amplitude des dépassements survenus sur chaque cage du laminoir tandem. Ensuite on décide que les actions correctrices à apporter sont faites au moins sur la cage dont la pente (D) de la variation de l'amplitude des dépassements est la plus forte.

Selon une autre variante du procédé de l'invention on utilise différentes tailles de l'échantillon du signal de mesure de la position (POS) du vérin hydraulique de serrage et différents dimensionnements de la fenêtre d'observation (F), pour détecter différents modes de vibration de la cage de laminoir, chacun d'eux étant adapté aux fréquences des vibrations correspondant à chacun des modes de vibration à détecter.

Mais l'invention sera mieux comprise par la description d'un mode particulier de réalisation.

- La figure 1 représente une cage de laminoir équipée d'un serrage hydraulique vue en élévation.
- La figure 2 représente la vue de côté de la figure 1.
- La figure 3 représente un enregistrement typique du signal de mesure du capteur de position perturbé par la vibration.
- La figure 4 illustre le procédé de l'invention.

Ainsi qu'il est représenté sur les figures 1 et 2 une cage de laminoir 1 comporte deux colonnes de support respectivement 2 et 2' écartées et reliées par des traverses 3, 3', entre lesquelles est monté un ensemble de cylindres superposés ayant des axes parallèles et placés sensiblement dans un même plan de serrage S perpendiculaire à la direction de déplacement du produit P.

Chaque colonne 2, 2' a une forme fermée en anneau et comporte chacune deux montants verticaux 21, 22 (respectivement 21', 22') et deux parties horizontales 23, 24 (respectivement 23', 24').

On peut réaliser des laminoirs de différents types. D'une façon générale, dans un laminoir, le produit à laminier passe entre deux cylindres de travail 4, 4' qui définissent le plan de laminage dans lequel défile le produit P. Ces cylindres sont en général de diamètre relativement réduit au regard des efforts auxquels ils sont soumis, ils sont donc généralement appuyés respectivement sur au moins deux cylindres de soutien 5, 5' entre lesquels est appliqué l'effort de laminage.

Les laminoirs dits de type "quarto", comportent donc quatre cylindres superposés, respectivement deux cylindres de travail associés, respectivement, à deux cylindres de soutien de plus grand diamètre.

Dans les laminoirs "sexto", des cylindres intermédiaires sont interposés entre chaque cylindre de travail et le cylindre de soutien correspondant.

D'autres types de laminoir, comprenant un plus ou moins grand nombre de cylindre sont connus et utilisés dans l'industrie.

5 Les cylindres prennent appui les uns sur les autres le long de lignes d'appui sensiblement parallèles, et dirigées suivant une génératrice dont le profil, normalement rectiligne, dépend des efforts appliqués et de la résistance des cylindres. Généralement l'effort de serrage est appliqué par des vis ou des vérins 6, 6' interposés entre la cage et les extrémités de l'arbre du cylindre de soutien supérieur 5, le cylindre de soutien inférieur 10 5' prenant appui par ces extrémités directement sur la cage de laminoir 1. A part ce dernier, les autres cylindres doivent donc pouvoir se déplacer par rapport à la cage et, à cet effet, sont portés par des organes de support 51, 51' appelés empoises, ils sont montés coulissants verticalement dans deux fenêtres ménagées entre les montants verticaux respectivement 21, 22 et 21', 22' des deux colonnes respectivement 2 et 2' de 15 la cage de laminoir 1.

Les cylindres sont montés rotatifs autour de leur axe dans des paliers installés dans ces organes de supports. Ainsi le cylindre de soutien supérieur 5 est équipé à ses extrémités de deux organes de supports 51a, 51b coulissants verticalement entre les montants verticaux 21, 22 et 21', 22' des deux colonnes 2 et 2' de la cage de laminoir 1. 20 Le cylindre de soutien inférieur 5' est équipé à ses extrémités de deux organes de support 51'a, 51'b pouvant coulisser entre les montants verticaux 21, 22 et 21', 22' des deux colonnes 2 et 2' de la cage de laminoir 1 pour les besoins de démontage et de changement des cylindres de soutien.

Pendant la phase de laminage les organes de support 51'a, 51'b du cylindre de soutien 25 inférieur 5' appuient directement sur les parties horizontales inférieures 24, 24' des colonnes 2, 2' de la cage de laminoir 1

L'invention se rapporte à des cages de laminoir dont les moyens de serrage sont constitués par des vérins hydrauliques. Dans le mode de réalisation décrit et correspondant aux figures 1 et 2 ces vérins hydrauliques sont installés à la partie 30 supérieure de la cage. Mais il existe des configurations dans lesquelles ces vérins sont installés à la partie inférieure de la cage de laminoir. C'est dans ce dernier cas le cylindre de soutien supérieur qui sera directement appuyé par ses organes de support 51a, 51b sur les parties horizontales supérieures 23, 23' des colonnes 2, 2' de la cage de laminoir 1.

35 L'invention peut s'appliquer indifféremment à l'une ou l'autre des configurations sans sortir du cadre de la protection donnée par les revendications.

Des moyens de serrage constitués de vérins hydrauliques prenant appui sur la surface inférieure de la partie horizontale supérieure 23, 23' des colonnes 2 et 2' de la cage de laminoir 1, exercent un effort vertical dans le sens de resserrement des cylindres pour le laminage du produit P passant entre les cylindres de travail 4, 4'.

- 5 Généralement, chaque cylindre de travail est monté rotatif, autour de son axe, sur des paliers portés par deux organes de support appelés empoises 41a, 41b et 41'a, 41'b et celles-ci sont montées coulissantes, parallèlement au plan de serrage S passant par les axes des cylindres de travail, chacune entre deux faces de guidage planes ménagées respectivement de part et d'autre dudit plan de serrage sur les deux côtés de la fenêtre
10 correspondante de la cage. Comme les cylindres de soutien ont un grand diamètre, les faces de guidage correspondantes 52, 52' sont généralement ménagées directement sur les deux montants de la colonne correspondante de la cage.

- En revanche, les cylindres de travail ayant un diamètre plus faible, leurs empoises sont plus petites et les faces de guidage correspondantes 42, 42', qui sont plus
15 resserrées, sont ménagées, généralement, sur deux pièces massives 7 fixées sur les deux montants encadrant la fenêtre et s'étendant en saillie vers l'intérieur de celle-ci. Ces blocs peuvent comporter des dispositifs de contrôle de la flexion des cylindres de travail, généralement des vérins, non représentés sur la figure. Il n'est pas besoin de décrire davantage tous ces dispositifs bien connus des cages de laminoirs, qui ont fait l'objet de
20 nombreuses publications et brevets.

- Ainsi peut-on appliquer une force d'écrouissage réglable par la pression hydraulique du vérin sur le produit à laminier P par l'intermédiaire de l'empilage des cylindres en rotation qui permettent ainsi le défilement du produit P. Chaque vérin hydraulique est constitué d'un corps de vérin 61 et d'un piston 62 entre lesquels on injecte
25 de l'huile. La pression hydraulique provient d'une centrale équipée de pompes et l'huile est généralement injectée dans le vérin par l'intermédiaire de servo-valves. Ces dispositifs ne sont pas représentés, ils sont bien connus dans le domaine des équipements de laminoirs et du laminage, ils ont fait l'objet de nombreux brevets et publications.

- Pour contrôler l'action d'écrouissage sur le produit on équipe le vérin hydraulique d'un capteur de position. Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 1 le corps
30 du vérin 61 constitue la partie fixe du dispositif de serrage et s'appuie sur la surface inférieure de la partie horizontale 23 de la colonne 2 de la cage de laminage 1. Le piston 62 constitue la partie mobile du dispositif de serrage qui exerce l'effort sur la partie supérieure des empoises 51a, 51b du cylindre de soutien supérieur 5. Le mouvement du
35 piston est transmis par une tige 65 au capteur 64 installé au dessus de la colonne. On dispose souvent un seul capteur de position situé dans l'axe du vérin de serrage hydraulique. Pour réaliser cela on pratique un perçage 25 dans la partie horizontale

supérieure 23 de la colonne 2 . L'étanchéité par rapport au corps du vérin 61 et à la tige 65 reliée au piston 62 par un dispositif d'étanchéité 63. Il n'est pas besoin de décrire d'avantage ce genre de montage qui a fait l'objet de brevets de la part du déposant. Bien entendu le même dispositif est installé dans l'autre colonne 2' de la cage de laminoir et, dans le mode de réalisation décrit, ce dispositif exerce l'effort de serrage entre la partie horizontale 23' de la colonne 2' et l'empoise 51b du cylindre d'appui supérieur 5.

Par ailleurs depuis de nombreuses années on connaît des capteurs de position, tels que les règles optiques digitales, qui délivrent un signal numérique de position avec une précision au moins égale au micromètre. Il existe aussi d'autres types de capteurs de position basée sur d'autres technologies capables de délivrer un signal du même type. On peut enfin noter qu'il est possible, pour des raisons de place ou de technologie de vérin, de faire l'installation inverse, c'est-à-dire installer le corps du vérin sur le sommet des empoises 51a, 51b du cylindre d'appui 5, le piston 62 venant alors appuyer sur la partie horizontale 23, 23' des colonnes 2 et 2' de la cage de laminoir 1.

Pendant le laminage sous l'effet de l'effort transmis au produit P les différentes parties de la cage de laminoir se déforment de manière élastique, les montants 21, 21' et 22, 22' s'allongent, les cylindres de travail 4,4' et les cylindres de soutien 5,5' sont écrasés ainsi que les empoises des cylindres de soutien dans une moindre mesure. L'ensemble de ces déformations est appelé cédage de la cage de laminage et sa valeur est proportionnelle à l'effort de serrage. C'est ainsi que la valeur du déplacement du piston par rapport au corps du vérin doit être plus importante que la variation produite sur l'entrefer existant entre les cylindres de travail entre lesquels le produit est laminé. Mais on sait établir les équations régissant tout cela et on sait établir des modèles de cage de laminoir et des modèles de cédage permettant de déterminer les variations d'entrefer en fonction des variations de la position des vérins de serrage et de la force de laminage. Il est ainsi possible d'assurer le contrôle de l'entrefer de laminage par celui de la position des vérins hydrauliques.

Mais cet empilage de cylindres et leurs déformations élastiques, ainsi que celles des colonnes elles-mêmes, associés aux masses correspondantes, constituent autant de résonateurs mécaniques qui peuvent entrer en vibration sous l'effet d'une excitation venue de l'extérieur et en particulier de l'entrefer.

Toutes ces masses constituent des masses d'inertie importantes et, en ce qui concerne les cylindres, sont aussi des masses en rotation sous l'effet du couple exercé par les moteurs au travers des systèmes d'entraînement, en général constitués de réducteurs équipés d'engrenages et d'allonges de transmission à cardan. Tous les défauts de rotation de ces ensembles peuvent être la source de vibrations transmises jusqu'au produit laminé P.

Par ailleurs les produits plats sont en général laminés sur des laminoirs tandem constitués de plusieurs cages de laminage disposées l'une derrière l'autre dans lesquels le produit passe successivement. Chacune d'elles est constituée sensiblement de la même façon et les ensembles de masses d'inertie et de ressorts ont des fréquences

5 propres qui sont en général différentes mais situées dans une plage de fréquences assez étroite. Comme le produit laminé s'allonge successivement dans chaque cage de laminage les vitesses de rotation des cages sont différentes et, lors de la montée en vitesse du laminoir tandem elles peuvent être excitée chacune séparément lors du passage par leur fréquence propre.

10 Bien entendu, pour des raisons de coûts de production, on a intérêt à toujours faire fonctionner le laminoir tandem à la vitesse maximale possible selon la puissance disponible et la réduction d'épaisseur à effectuer sur le produit.

La figure 3 montre ce qu'il est possible d'observer selon le procédé de l'invention. L'enregistrement dans la partie centrale POS montre le signal du capteur de mesure de la

15 position du vérin hydraulique de serrage. Par un effet surprenant le signal de position retransmet la mise en vibration de chatter de l'ensemble du laminoir de manière parfaitement nette et fidèle. On l'observe ici sous forme de battements allant en s'amplifiant.

En effet, comme il a été dit, l'ensemble des cages d'un laminoir tandem sont

20 susceptibles d'entrer en vibration, et ceci sur des fréquences légèrement différentes, ce qui peut expliquer le phénomène de battement. Sur ce laminoir, objet de l'expérience et des investigations du déposant, non équipé encore de système automatique, l'opérateur a commandé un ralentissement, visible sur la courbe V. L'effet est immédiatement visible sur le signal du capteur de position. La détection a été lente, lorsque le signal a atteint

25 une amplitude suffisante, car cette opération a été conduite par l'opérateur en mode manuel.

Sur cet enregistrement on peut compter environ 10 périodes du signal sur un intervalle de temps de 100 millisecondes, ce qui correspond à une fréquence proche de 100 Hz. La courbe FT est la transformée de Fourier du signal de position POS. Son

30 examen a permis de vérifier que le phénomène de vibration était bien identifié par l'observation du signal de position POS. En effet la transformée de Fourier calculée sur un intervalle de temps permettant d'avoir un échantillon représentatif du signal observé, montre un pic à la fréquence d'environ 110 Hz et deux pics latéraux moindres situés approximativement à 105 Hz et 115 Hz, ils représentent les fréquences de vibration

35 secondaires qui sont à l'origine du battement. On comprend donc qu'il est nécessaire de détecter au plus tôt les vibrations néfastes à l'épaisseur ou à l'état de surface du produit

laminé P, mais aussi de déterminer quelle est la cage du laminoir tandem sur laquelle le phénomène a démarré, de façon à prendre les mesures correctrices les plus appropriées.

Ainsi il n'est pas besoin de capteurs supplémentaires, comme ceux du type des accéléromètres, généralement fragiles, dont l'installation est délicate et dont le signal est
 5 souvent accompagné d'un bruit de fond important, ni d'un traitement du signal sophistiqué pour trier le signal significatif parmi l'ensemble des signaux délivrés, et nécessitant de nombreuses transformations génératrices de retards importants, pour pouvoir détecter la mise en état de vibration d'une cage de laminoir. Dans le procédé de l'invention on observe de manière directe le signal de position POS issu du capteur numérique équipant
 10 les vérins hydrauliques du dispositif de serrage de la cage de laminoir pendant un intervalle de temps convenablement choisi, on surveille ainsi la forme du signal et l'évolution de son amplitude pour déclencher un signal de détection de vibration. Ceci peut être fait, selon le procédé de l'invention, par une observation directe du signal de position POS.

15 Le signal du capteur de mesure de position est délivré sous forme numérique et sa fréquence d'échantillonnage est bien entendu suffisamment élevée pour observer un signal dont la fréquence est environ 100 Hz à 200 Hz tout en répondant aux lois du traitement du signal comme la loi de Shannon. Dans la pratique on fait une lecture du capteur de position toutes les millisecondes ou toutes les deux millisecondes. Ce signal
 20 est le reflet de la commande faite par le système de régulation d'épaisseur. On peut y voir apparaître certains signaux périodiques issus des défauts de circularité ou d'excentricité des cylindres, mais la fréquence la plus élevée contenue dans ces signaux, serait alors de l'ordre de 20 Hz à 30 Hz pour une vitesse de laminage allant de 1500 à 2000 mètres par minute. Par ailleurs l'amplitude de la variation de position de la partie mobile du vérin
 25 hydraulique est en général de quelques micromètres, pouvant atteindre quelques dizaines de micromètres en fonctionnement normal et en régime établi.

Dans un système complet de commande d'un laminoir tandem les cages de laminage sont pré réglées à des valeurs bien déterminées en fonction du produit à laminier et de la réduction d'épaisseur à obtenir, les régulations sont alors volontairement limitées
 30 dans leur amplitude d'action de façon à détecter des éventuelles anomalies de fonctionnement ou de pré réglage lorsque ces régulations arrivent, par exemple en butée d'action. Il est donc parfaitement possible de savoir à partir de quelles valeurs de leur amplitude les variations du signal de position sont le reflet d'autres phénomènes. Dans l'exemple de la figure 3 le phénomène de chatter entraîne immédiatement des variations
 35 d'amplitude dépassant 10 micromètres sur un intervalle de temps de quelques dizaines de millisecondes.

Dans le procédé de l'invention on mémorise donc le signal de position par un certain nombre de points et on l'observe, ou on le compare à la taille d'une fenêtre spatiotemporelle, lorsque le signal n'est plus contenu dans cette fenêtre on déclenche une alarme de détection de vibration. La largeur de la fenêtre, selon l'axe du temps, a une dimension correspondant à un intervalle de temps significatif par rapport à la période du signal à détecter, dans la pratique on pourra prendre par exemple un temps supérieur ou égal à deux cycles dudit signal. Comme il a été dit précédemment la hauteur de la fenêtre, selon l'axe des espaces, a une dimension correspondant à une taille supérieure à celles des corrections répétitives données par les systèmes de régulation, dans la pratique on pourra fixer un seuil, par exemple à 4 micromètres. Il reste à déterminer la fréquence des dépassements du signal hors de la fenêtre d'observation. Pour cela on compte le nombre de dépassements hors de ladite fenêtre et on compare au nombre maximal pour lequel ces dépassements sont observés pour des actions les plus fortes des systèmes de régulation, par exemple celles qui correspondent aux butées préréglées.

D'une manière pratique si on cherche à détecter une fréquence de vibration de l'ordre de 100 Hz et que l'on a mémorisé le signal de position sur un intervalle de temps équivalent à deux périodes du signal à détecter, c'est-à-dire environ 20 millisecondes, on sera sûrs d'être en présence de cette fréquence si on a plus de deux dépassements hors de la fenêtre avec une amplitude supérieure au seuil fixé.

On recommence ensuite la mesure avec la mémorisation du signal de position sur un autre intervalle de temps de manière à créer une autre fenêtre d'observation. Selon les cas, et pour tenir compte de particularités de certaines installations, on pourra utiliser différentes méthodes de mémorisation et stockage des mesures, comme par exemple le gel instantané d'un certain nombre de points de mesures (latch), le remplissage et la vidange d'une pile de type 'FIFO' (first IN first OUT) ou la création d'une moyenne glissante en ajoutant un nouveau point à chaque nouvelle mesure et en retirant le premier point pris en compte. De toutes ces manières on crée une succession d'échantillons de points de mesures du signal de la position du vérin hydraulique du dispositif de serrage que l'on peut comparer successivement à la fenêtre d'observation définie.

La figure 4 illustre ainsi la méthode d'observation du procédé de l'invention. Elle représente une vue dilatée selon l'axe horizontal du signal représenté sur la figure 3 pendant une période de temps pendant laquelle le signal de position est perturbé par le phénomène de vibration de chatter. Une fenêtre d'observation F est représentée sur la figure 4, elle correspond aux valeurs minimales des seuils qui ont été définis précédemment. Ces seuils doivent être ajustés selon les caractéristiques de l'installation et la tendance à entrer dans des états vibratoires néfastes, car il n'est pas souhaitable de provoquer des ralentissements fréquents de l'installation, mais d'autre part il est

intéressant de détecter au plus tôt les vibrations, car elles affectent l'épaisseur ou l'état de surface du produit laminé P avant de devenir divergentes et de provoquer des dommages plus importants.

On peut d'ailleurs noter que le procédé de l'invention permet, à partir de

5 l'observation du signal de position, de détecter un état vibratoire, ou une variation dans l'état vibratoire d'une cage de laminoir, correspondant à différents phénomènes. On a déjà évoqué les défauts de circularité et d'excentricité des cylindres de laminage, mais il est possible de détecter d'autres défauts provenant, par exemple, d'une usure des organes des systèmes d'entraînement comme les engrenages des réducteurs ou les

10 allonges de transmission des couples. Il suffit pour cela de caractériser le défaut en fréquence et en amplitude et de définir une fenêtre d'observation selon le procédé de l'invention. On pourra alors observer les échantillons mémorisés du signal de position au travers des différentes fenêtres ainsi définies et correspondant à des défauts différents à détecter.

15 Dans un laminoir tandem on pourra établir des fenêtres d'observation différentes selon chaque cage et adaptées à leur caractéristiques propres. Par exemple si certaines cages sont du type quarto et d'autres du type sexto elles auront des caractéristiques différentes, et dans tous les cas les plages de diamètre des cylindres utilisés sur chaque cage sont différentes ainsi que les caractéristiques de l'entraînement. On utilise

20 généralement en effet les mêmes moteurs sur toutes les cages et, compte tenu des vitesses différentes du produit dans les cages successives, les rapports de réduction des réducteurs de vitesse employés sont différents. Le moyen d'action le plus rapide et le plus efficace lorsque le phénomène de chatter apparaît est de commander un ralentissement de l'installation. Mais si on veut éviter que le phénomène ne se reproduise lors de

25 l'accélération suivante il est souhaitable de changer d'autres paramètres, sinon on est conduit à exploiter l'installation à une vitesse ralentie et les pertes de productivité sont importantes. Il est donc particulièrement important de déterminer quelle est la cage sur lequel le phénomène est apparu en premier de façon à modifier ses conditions de fonctionnement, en changeant par exemple la lubrification ou la température du lubrifiant

30 ou tout autre paramètre connu pour son influence sur les conditions de mise en vibration d'une cage de laminoir.

Ainsi dans un mode de réalisation perfectionné du procédé de l'invention on calcule l'amplitude du dépassement du signal de position dans chaque fenêtre d'observation. Ceci peut se faire sur une cage déterminée à l'aide de différentes fenêtres

35 d'observation choisies en fonction de phénomènes vibratoires différents à surveiller. Ceci peut aussi se faire sur l'ensemble du laminoir tandem à partir des fenêtres d'observation de même type, réglées aux valeurs spécifiques de chaque cage. On peut ainsi évaluer

l'amplitude du phénomène selon les cages. Mais pour déterminer avec certitude quelle est la cage du laminoir tandem qui est entrée la première en vibration, le seul critère de l'amplitude peut être incertain dans des cas de figure particuliers. En effet, comme l'illustre la figure 3 le phénomène de chatter peut présenter une forme modulée par des battements dont l'amplitude varie. Cela peut compliquer la localisation du point de démarrage du phénomène.

Dans un autre mode de réalisation perfectionné du procédé de l'invention, après le calcul de l'amplitude des dépassements on détermine la variation de ces dépassements à l'intérieur de chaque fenêtre d'observation et on calcule le gradient de ces variations lors du démarrage du phénomène sur chacune des cages du laminoir tandem. Ceci est illustré sur la figure 4 par la pente de la droite D qui relie les sommets de la courbe représentant les oscillations du signal de position. La cage sur laquelle le problème est apparu en premier est celle pour laquelle on mesure la plus forte pente pour la droite D. En effet c'est sur cette cage que le signal s'est amplifié le plus vite, c'est donc cette cage qui était soumise au phénomène excitateur d'origine et a induit les vibrations les autres cages, ensuite il y a pu avoir des phénomènes de résonance et de battements entre les cages du laminoir tandem.

Dans le procédé de l'invention on peut ainsi détecter au plutôt un phénomène de vibration qui peut affecter l'épaisseur ou l'état de surface du produit laminé P, et détecter aussi un phénomène divergent et donner une alarme pouvant déclencher les actions correctrices. Après avoir commandé un ralentissement du laminoir tandem et évité des dégâts importants, l'indication, grâce au procédé de l'invention, de la cage sur laquelle le phénomène a démarré permet de modifier ses conditions de fonctionnements pour éviter que le problème ne resurgisse lors de la réaccélération suivante.

Mais l'invention n'est pas limitée au seul mode de réalisation décrit. Ainsi on pourra réaliser de différentes manières le dispositif de serrage hydraulique du laminoir et l'alimenter en différents fluides possibles, de même on pourra équiper la partie mobile et/ou la partie fixe dudit dispositif de serrage de différents types de capteurs numériques donnant la position de l'une de ces deux parties par rapport à l'autre tout en restant dans le domaine de l'invention. Comme cela a été dit les phénomènes de vibration ont été observés le plus souvent sur les laminoirs tandem à froid pour le laminage de bandes d'acier, mais le procédé de l'invention peut être appliqué aux laminoirs à chaud et aux laminoirs monocages ainsi qu'à ceux utilisés pour l'élaboration de bandes en matériaux non ferreux, comme l'aluminium par exemple. Par ailleurs on a dit que le procédé de l'invention peut servir à détecter différents modes de vibrations des cages de laminoir, il est aussi possible de s'en servir pour détecter toutes les anomalies provoquant des variations rapides du signal de position, du type impulsionnelles, répétitives ou non, sans

sortir du domaine de l'invention. Par exemple une marque de cylindre va provoquer un défaut qui va générer une impulsion brève à chaque tour dudit cylindre, il suffit pour la détecter selon le procédé de l'invention de déterminer les dimensions adéquates de la fenêtre d'observation. Ainsi, pour simplifier la rédaction, le terme 'vibration' a été utilisé
5 dans les revendications, mais il doit être étendu à toute anomalie provoquant un signal, répétitif ou non, de variation rapide sans sortir du domaine de l'invention.

De même les signes de référence insérés après les caractéristiques techniques mentionnées dans les revendications, ont pour seul but de faciliter la compréhension de ces dernières et n'en limitent aucunement la portée.

REVENDECATIONS

1) Procédé de détection des vibrations d'une cage de laminoir (1) du type comportant deux montants (2, 2') formant chacun un anneau entre lesquels sont disposés un ensemble de cylindres de laminage, constitué d'au moins deux cylindres de travail (4, 4'), permettant de réduire l'épaisseur du produit à laminier (P), empilés dans un plan sensiblement vertical (S) constituant le plan de serrage et montés rotatifs dans des empoises (41, 41', 51, 51') formant palier, lesquelles sont montées coulissantes verticalement entre des surfaces de guidage supportées par les parties verticales (21, 22) des montants, ladite cage de laminoir comportant des moyens de serrage des cylindres à l'aide de vérins hydrauliques (6, 6') prenant appui sur une partie horizontale de chaque montant (23, 23') et exerçant l'effort de serrage sur les empoises des cylindres, les dits vérins hydrauliques comportant en outre un capteur de position (64) donnant à chaque instant un signal représentatif de la position (POS) de la partie mobile du vérin hydraulique (62), et de l'empoise (51), par rapport à la partie fixe du vérin (61) hydraulique, et à la partie horizontale (23) de chaque montant, caractérisé par le fait que l'on mémorise en temps réel et en permanence le signal de mesure (POS) du capteur de position, que l'on compare directement un échantillon de ce signal à une fenêtre (F) d'observation spatio-temporelle, la taille de l'échantillon et les dimensions de la fenêtre étant choisis en fonction de la cage de laminoir et de la fréquence des vibrations à détecter, et que l'on déclenche un signal de détection de vibration lorsque l'échantillon de signal n'est plus contenu dans ladite fenêtre (F).

2) Procédé de détection des vibrations d'une cage de laminoir (1) selon la revendication 1) caractérisé en ce que la dimension temporelle de la fenêtre (F) d'observation a une longueur de temps suffisante pour que l'échantillon contenu soit représentatif du phénomène de vibration à détecter.

3) Procédé de détection des vibrations d'une cage de laminoir (1) selon la revendication 2) caractérisé en ce que la dimension temporelle de la fenêtre (F) d'observation a une longueur au moins égale à un temps équivalent à 2 périodes du signal du phénomène de vibration à détecter.

4) Procédé de détection des vibrations d'une cage de laminoir (1) selon l'une des revendications 2) ou 3) caractérisé en ce que la hauteur de la fenêtre d'observation (F) a une dimension spatiale représentant une taille supérieure à l'amplitude de la plus grande variation répétitive du signal de mesure de la position (POS) du vérin hydraulique de serrage (6).

5) Procédé de détection des vibrations d'une cage de laminoir (1) selon la

revendication 4) caractérisé en ce que la hauteur de la fenêtre d'observation (F) a une dimension spatiale représentant une amplitude du signal de mesure de la position (POS) du vérin hydraulique (6) de serrage supérieure à 4 micromètres.

5 6) Procédé de détection des vibrations d'une cage de laminoir (1) selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que l'on compte le nombre fois pour lesquelles l'amplitude du signal de mesure de la position (POS) du vérin hydraulique de serrage (6) a dépassé la hauteur de la fenêtre d'observation (F).

10 7) Procédé de détection des vibrations d'une cage de laminoir (1) selon la revendication 6) caractérisé en ce que l'on signale une détection de vibration lorsque le nombre fois pour lesquelles l'amplitude du signal de mesure de la position (POS) du vérin hydraulique de serrage (6) a dépassé la hauteur de la fenêtre d'observation (F) est supérieur à celui qu'il est habituel d'observer lors des actions correctrices de la plus forte amplitude autorisée, des systèmes de contrôle de ladite cage de laminoir.

15 8) Procédé de détection des vibrations d'une cage de laminoir (1) selon la revendication 6) caractérisé en ce que l'on signale une détection de vibration lorsque le nombre fois pour lesquelles l'amplitude du signal de mesure de la position (POS) du vérin hydraulique de serrage (6) a dépassé la hauteur de la fenêtre d'observation (F) est supérieur à deux.

20 9) Procédé de détection des vibrations d'une cage de laminoir (1) selon la revendication 6) caractérisé en ce que l'on mesure l'amplitude de chaque dépassement par rapport à la dimension de la fenêtre (F), pour les fenêtres d'observation ayant déclenché un signal de détection de vibration.

25 10) Procédé de détection des vibrations d'une cage de laminoir (1) selon la revendication 9) caractérisé en ce que l'on détermine la pente (D) de la variation de l'amplitude de chaque dépassement, dans une même fenêtre d'observation (F), pour les fenêtres d'observation ayant déclenché un signal de détection de vibration.

30 11) Procédé de détection des vibrations d'une cage de laminoir (1) selon la revendication 9) caractérisé en ce que l'on détermine la pente de la variation de l'amplitude de chaque dépassement, dans des fenêtres d'observation (F) différentes, pour les fenêtres d'observation ayant déclenché un signal de détection de vibration.

35 12) Procédé de détection de différents modes de vibrations d'une cage de laminoir (1) selon le procédé de l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que l'on utilise différentes tailles de l'échantillon du signal de mesure de la position (POS) du vérin hydraulique de serrage (6) et différents dimensionnements de la fenêtre d'observation (F), chacun d'eux étant adaptés aux fréquences des vibrations correspondant à chacun des modes de vibration à détecter.

13) Procédé de détection des vibrations des cages (1) d'un laminoir tandem selon le procédé de l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que l'on utilise pour chaque cage de laminoir (1) une taille de l'échantillon du signal de mesure de la position (POS) du vérin hydraulique (6) de serrage de chaque cage et un

- 5 dimensionnement de la fenêtre d'observation adaptés aux fréquences des vibrations à détecter sur chaque cage du laminoir tandem.

14) Procédé de détection des vibrations des cages (1) d'un laminoir tandem selon la revendication 13) caractérisé en ce que l'on compare les pentes (D) de la variation de l'amplitude des dépassements sur chaque cage du laminoir tandem.

- 10 15) Procédé de détection et de correction des vibrations des cages (1) d'un laminoir tandem selon la revendication 14) caractérisé en ce que l'on décide que les actions correctrices à apporter sont faites au moins sur la cage dont la pente (D) de la variation de l'amplitude des dépassements est la plus forte.

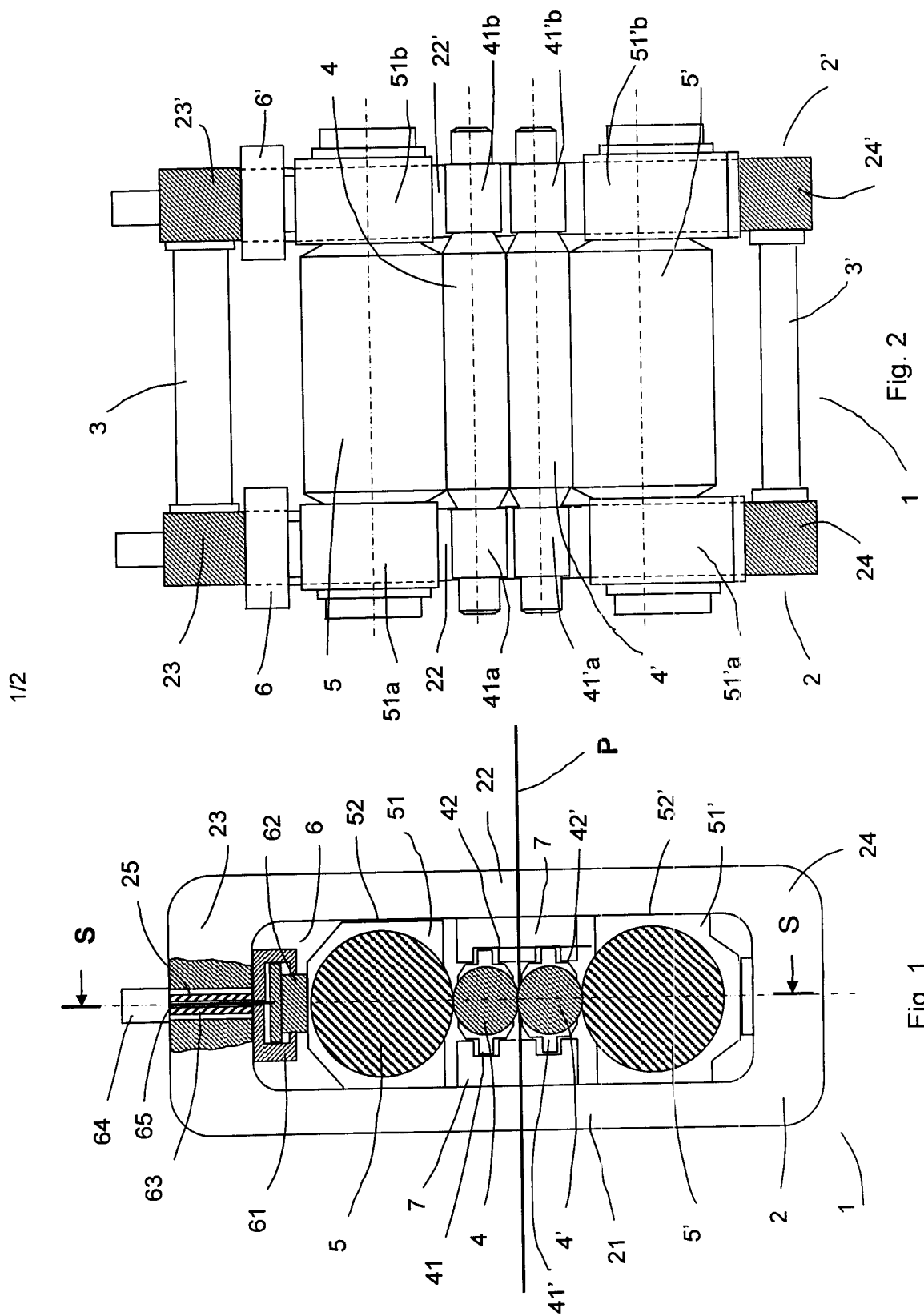
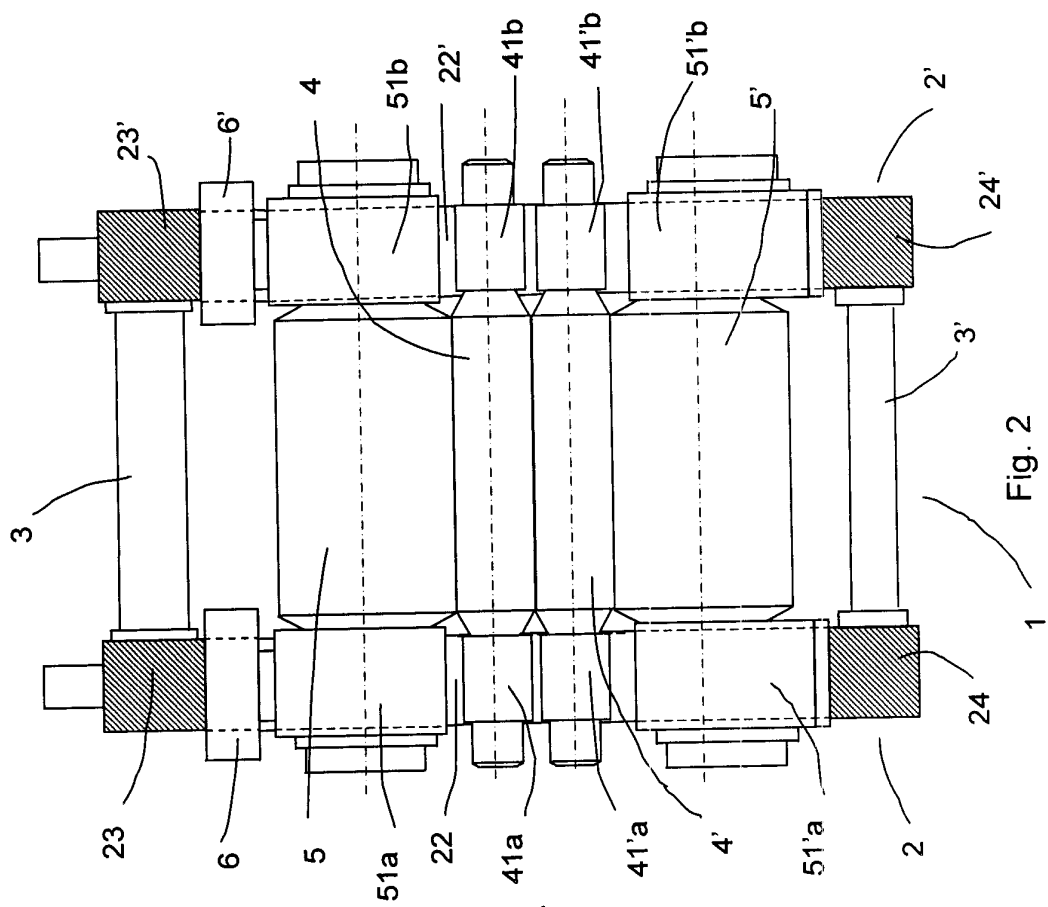


Fig. 1



Fig. 2



2/2

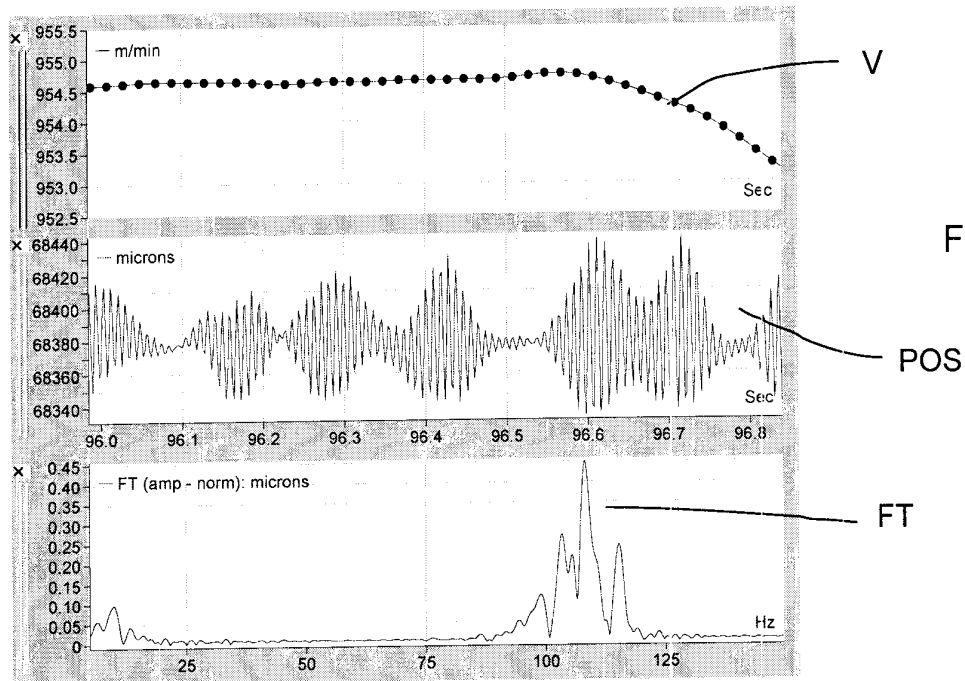


Fig. 3

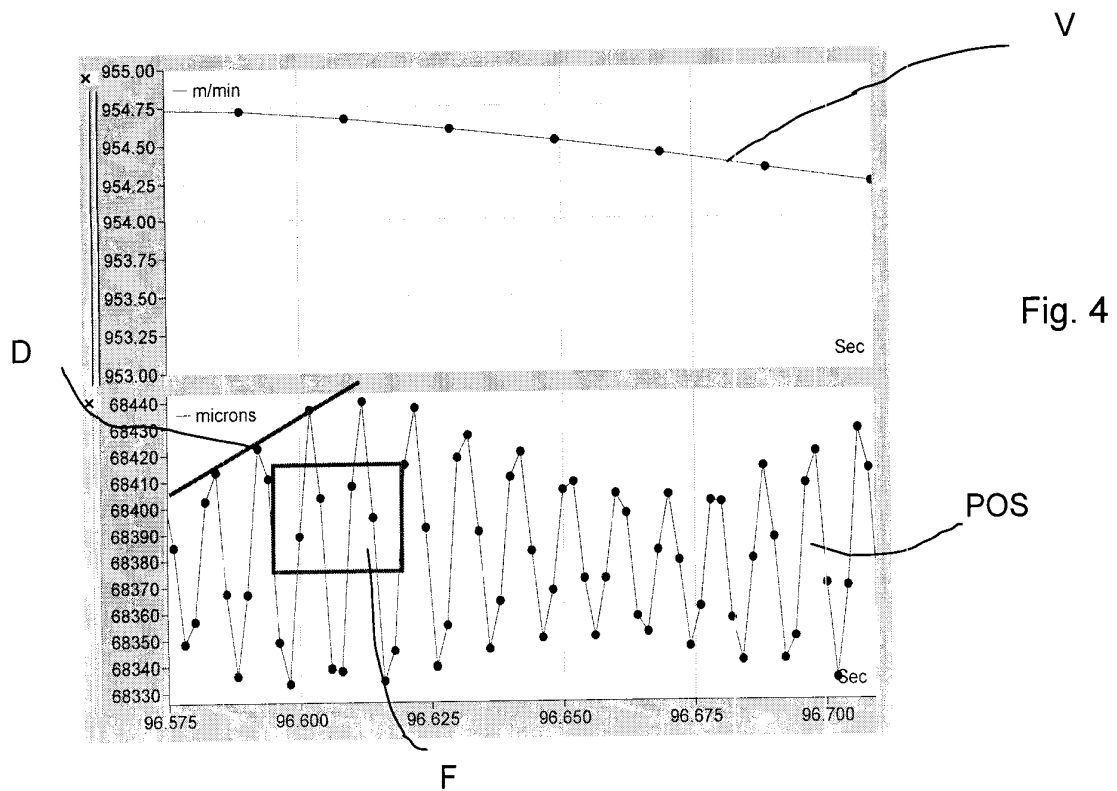


Fig. 4



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 656927
FR 0412109

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	DE 100 23 554 A1 (ABB PATENT GMBH) 22 novembre 2001 (2001-11-22) * figures 1,3 *	1-14	B21B38/00
A	----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 10, 31 octobre 1996 (1996-10-31) & JP 08 141612 A (NIPPON STEEL CORP), 4 juin 1996 (1996-06-04) * abrégé *	1	
A	----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 08, 30 août 1996 (1996-08-30) & JP 08 108205 A (SUMITOMO METAL IND LTD), 30 avril 1996 (1996-04-30) * abrégé *	1	
A	----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 300 (M-433), 27 novembre 1985 (1985-11-27) & JP 60 137512 A (KAWASAKI SEITETSU KK), 22 juillet 1985 (1985-07-22) * abrégé *	1	
A	----- EP 1 457 274 A (VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU GMBH & CO) 15 septembre 2004 (2004-09-15) * revendication 1; figure 2 *		B21B G01H
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 juin 2005		Forciniti, M	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0412109 FA 656927**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **01-06-2005**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 10023554 A1	22-11-2001	AUCUN	
JP 08141612 A	04-06-1996	AUCUN	
JP 08108205 A	30-04-1996	JP 2964887 B2	18-10-1999
JP 60137512 A	22-07-1985	AUCUN	
EP 1457274 A	15-09-2004	EP 1457274 A2	15-09-2004