ROYAUME DE BELGIQUE

SPF ECONOMIE, P.M.E.,

CLASSES MOYENNES & ENERGIE

BREVET D'INVENTION

NUMERO DE PUBLICATION : 1014971A3

NUMERO DE DEPOT : 2002/0192

Classif. Internat. : G01B G06T B21B

Date de délivrance le : 06 Juillet 2004

Le Ministre de l'Economie,

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l' arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 18 Mars 2002 à 15H30 à l 'Office de la Propriété Intellectuelle

ARRETE:

ARTICLE 1.- Il est délivré à : CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES ASBL Avenue Ariane 5, B-1200 BRUXELLES(BELGIQUE)

représenté(e)(s) par : VAN MALDEREN MICHEL, OFFICE VAN MALDEREN, BD. DE LA SAUVENIERE 85/043 - B 4000 LIEGE.

un brevet d' invention d' une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LA DETERMINATION EN LIGNE DE RUGOSITE DE BANDES D'ACIER EN MOUVEMENT.

INVENTEUR(S) : Moreas Geneviève, rue du Taillis 173C, B-4520 Moha (Wanze); Schyns Marc, rue du Chesnay 11, B-4690 Roclenge-sur-Geer (BE)

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeurs(s).

Pour expédition certifiée conforme

L. WUYTS
CONSEILLER

Bruxelles, le 06 Juillet 2004
PAR DELEGATION SPECIALE :

L. WUYTS
CONSEILLER

PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LA DETERMINATION EN LIGNE DE RUGOSITE DE BANDES D'ACIER EN MOUVEMENT

Objet de l'invention

[0001] La présente invention se rapporte à un nouveau procédé permettant d'estimer la rugosité d'une bande en mouvement d'acier laminé à chaud, et plus particulièrement après l'opération de décapage de ladite bande.

[0002] L'invention se rapporte également au dispositif pour la mise en œuvre du procédé.

Etat de la technique

[0003] Il est connu que, dans les applications où une certaine formabilité est nécessaire, les tôles d'acier obtenues par laminage à froid seront amenées avantageusement dans le futur à être remplacées par des tôles minces obtenues par laminage à chaud. Cette tendance est dictée par des raisons économiques.

[0004] Parmi les paramètres affectant la formabilité, la rugosité de la tôle est très importante, celle-ci étant directement liée à la quantité de lubrifiant qui peut s'accumuler à la surface du produit lors de la lubrification dans les zones critiques de la partie formée.

[0005] La valeur de rugosité Ra, dite "rugosité arithmétique", est exprimée en termes de moyenne arithmétique d'un profil filtré de rugosité déterminé à partir des écarts d'une courbe de mesure par rapport à une

ligne moyenne. Elle peut notamment être calculée selon la norme DIN 3768, sans que cette définition soit limitative de la cadre de la présente invention. D'autres paramètres de rugosité, tels que la valeur crête, pourraient également être utilisés.

[0006] Dans le cas des tôles laminées à chaud et décapées, la Demanderesse a étudié le moyen de corréler les paramètres de process à la rugosité du produit obtenu grâce à ce process. La rugosité obtenue sur le produit résulte de la succession d'une série d'opérations (laminage, bobinage, décapage) et non du "skin-pass" comme dans le cas des produits laminés à froid. Le contrôle en est dès lors rendu plus difficile.

[0007] L'état de la technique comprend deux types de profileurs pour la détermination de rugosité : les profileurs tactiles et optiques.

[0008] Les méthodes tactiles utilisent des pointes de lecture mises en contact avec la surface.

[0009] On peut notamment citer un certain nombre de méthodes optiques existantes.

[0010] Les méthodes interférométriques (interférométrie par mesure de phase, par balayage vertical et projection de franges d'interférence) utilisent les interférences résultant de la superposition des ondes lumineuses incidentes sur une surface et des ondes lumineuses réfléchies par cette même surface. Leur précision peut être très grande, de l'ordre du nanomètre et elles fournissent un profil 3D de la surface observée, profil qui peut être utilisé pour calculer les différents paramètres de rugosité 2D et 3D. Toutefois ces méthodes requièrent une surface parfaitement statique, c'est-à-dire sans vibration et sans mouvement, pendant toute la durée de la mesure, soit typiquement pendant une à plusieurs

secondes. Ceci est donc rédhibitoire pour une application en ligne sur un produit défilant.

[0011] Dans la méthode confocale, le profil de la surface est mesuré par une série de positionnements successifs d'un point de la surface étudiée à son niveau de focalisation le plus élevé. Ceci requiert ainsi un balayage vertical pour chaque point d'observation de la surface. La précision atteinte peut être très élevée mais l'étape de balayage vertical requiert un temps de mesure incompatible avec un produit défilant, soit plusieurs secondes.

[0012] Toutes ces techniques présentent donc l'inconvénient de nécessiter un certain temps pour la prise de mesure, ce qui est incompatible avec une prise de décision en ligne sur des installations fonctionnant à grande vitesse.

[0013] Un autre procédé utilisé est celui de la mesure de la direction de réflexion d'un rayon incident à la surface. Partant d'un rayon incident, formant un certain angle avec la normale à cette surface, la direction de réflexion est mesurée au travers d'un ensemble optique permettant d'augmenter la sensibilité de la mesure. L'expérience industrielle de ce type de mesure ainsi que les calculs obtenus montrent que la précision est limitée par les types de pentes rencontrées sur les surfaces observées. De plus, l'intervalle de mesure en Ra, typiquement de 0,3 µm à 3 µm, n'est pas couvert efficacement.

[0014] On utilise également la méthode de mesure du lobe de réflexion (diffusion) d'un rayon incident à la surface. Selon la théorie de Beckmann, lorsqu'un rayon incident d'angle connu est envoyé sur une surface, une relation existe entre la rugosité arithmétique de cette surface et la puissance réfléchie par cette même surface

(voir demandes de brevets LU-A-87483, LU-A-87 630, EP-A-484 310 et BE-A-905 862). Cette méthode est efficace en terme de mesure de la rugosité arithmétique en ligne mais ne fournit aucune autre information quant à l'aspect de la surface, c'est-à-dire par exemple la distribution des plateaux et des creux. De plus, son efficacité est fonction du niveau de réflectivité de la surface, ce qui, dans le cas de tôles laminées à chaud, est un inconvénient majeur car la surface pouvant être plus ou moins oxydée, son aspect et sa réflectivité peuvent fortement varier.

Buts de l'invention

[0015] La présente invention vise à fournir un procédé d'acquisition de l'image d'une surface de dimensions données, ayant de préférence au moins 500 µm de largeur de champ de vision, en un temps très court, c'est-à-dire en moins de 100 ns et ainsi de figer le mouvement d'un produit pouvant défiler à grande vitesse (plus de 10 m/s).

[0016] Un autre but de la présente invention est de pouvoir évaluer, en utilisant un éclairage adéquat, la rugosité du produit observé sans souffrir de l'influence de la réflectivité du produit.

[0017] Un but encore complémentaire de l'invention est de pouvoir évaluer, de par le fait même de la technique décrite qui consiste en une observation de la surface, l'aspect général de celle-ci et de donner une indication de l'évolution de la réflectivité du produit.

Principaux éléments caractéristiques de l'invention

[0018] La présente invention se rapporte à un procédé pour l'évaluation en ligne de la rugosité arithmétique d'une surface en défilement, de préférence une

bande d'acier revêtu par un métal, mettant un œuvre essentiellement :

- une source de lumière laser illuminant ladite surface sous incidence oblique, comprise entre 5 et 40°, et de préférence à 20° ± 2°,
- un dispositif de mesure optique, de préférence un microscope industriel,
- un capteur de distance,
- des moyens comprenant un moteur pour déplacer ledit dispositif de mesure selon son axe optique en vue d'assurer sa focalisation sur ladite surface et des moyens pour positionner l'axe optique perpendiculairement au plan contenant ladite surface ;
- un appareil de prise de vue avec sortie analogique ou digitale, de préférence une caméra matricielle CCD ou C-MOS avec une résolution spatiale d'au moins 1 µm ;
- des moyens matériels et logiciels, couplés audit appareil de prise de vue pour l'acquisition, le traitement, l'analyse et l'archivage d'images, ainsi que pour l'établissement d'un diagnostic quant aux caractéristiques de rugosité de ladite surface. Selon le procédé, on réalise les opérations suivantes :
- on procède à l'acquisition d'une image d'une partie de la surface de dimensions données et on traite numériquement cette image pour faire apparaître des objets, c'est-à-dire des groupes de pixels interconnectés par un côté ou par la diagonale ;
- on élimine les objets ayant une surface inférieure à une valeur minimale prédéterminée ;
- on calcule le produit du nombre d'objets restants par la surface moyenne desdits objets restants, le produit étant essentiellement proportionnel à la rugosité arithmétique de la surface, le coefficient de

proportionnalité dépendant de l'installation industrielle particulière utilisée.

[0019] Avantageusement, le traitement numérique de l'image comprend en outre le détail des étapes suivantes :

- on procède à une égalisation par histogramme pour rendre l'image indépendante du niveau d'illumination de la surface ;
- on binarise l'image avec une méthode de seuil, de préférence la méthode de "seuil à résidus minima" ;
- on dilate l'image obtenue, c'est-à-dire qu'on maximise les valeurs de gris dans un voisinage déterminé, au moyen d'un "kernel" quasi-circulaire de demi-largeur de 1 à 6 pixels et ensuite on érode l'image, c'est-à-dire qu'on minimise les valeurs de gris dans un voisinage déterminé, au moyen d'un "kernel de demi-largeur de 2 à 7 pixels, la demi-largeur du "kernel" d'érosion étant supérieure d'au moins un pixel à la demi-largeur du kernel de dilatation ;
- les pixels voisins, c'est-à-dire se touchant par un côté ou par la diagonale, étant considérés comme interconnectés, les pixels noirs voisins sont regroupés sous forme desdits objets pour assurer la segmentation de l'image ;
- on calcule la valeur de certaines caractéristiques des objets, de préférence des paramètres géométriques tels que la surface de l'objet, la largeur, la hauteur et l'angle d'ellipse d'inertie de l'objet ;
- on trie les objets trouvés de manière à éliminer ceux qui ont une surface inférieure à une valeur comprise entre 25 à 100 pixels.

[0020] Selon l'invention, pour une ligne industrielle déterminée, on établit une courbe d'étalonnage reliant des valeurs de rugosité arithmétique à des valeurs

du produit précité, de préférence une droite de régression linéaire par moindres carrés.

[0021] Selon une modalité d'exécution préférée de l'invention, la surface appartient à une bande d'acier galvanisée ou galvannealed en défilement sur une ligne de laminage à chaud à une vitesse comprise entre 1 et 10 m/s.

[0022] Toujours selon l'invention, dans le cas de la mise en œuvre d'une bande d'acier en défilement, on positionne la bande en l'appliquant sur la surface d'un cylindre par traction et on positionne le microscope de manière telle que l'axe optique du système croise orthogonalement l'axe du cylindre et est compris dans un segment d'arc situé entre la première et la dernière ligne de contact entre la bande supportant la surface et le cylindre.

[0023] Selon une autre caractéristique de l'invention, préalablement à l'opération de prise d'image, on procède à une focalisation du microscope telle que :

- on positionne le microscope dans un intervalle de distances donné selon l'axe optique de sorte que sa distance de focalisation sur la surface soit comprise dans ledit intervalle ;
- on ajuste de manière itérative la position du microscope, mesurée par rapport à la surface à l'aide du capteur de distance de manière à passer périodiquement par rapport à la distance de focalisation.

[0024] Un autre aspect de la présente invention concerne un dispositif pour la mise en œuvre du procédé d'évaluation en ligne de la rugosité d'une surface défilante, comprenant un premier ensemble composé de :

- une source de lumière laser, de préférence un laser pulsé dans le visible d'énergie réglable jusqu'à 10 mJ, illuminant ladite surface sous incidence oblique,

comprise entre 5 et 40°, et de préférence à 20°, le temps d'illumination étant de préférence réglable de 0 à 10 ns, ladite source étant couplée à une fibre optique avec au moins un diffuseur, permettant l'éclairage de l'entrée du microscope ;

- un microscope industriel, équipé d'un objectif de grossissement compris entre 5x et 30x, à distance de focalisation supérieure à 10 mm et à profondeur de champ minimale supérieure à la moitié de la rugosité estimée pic à pic, de préférence à 15 µm et comprenant une lentille d'adaptation caméra de grossissement compris entre 2,5x et 5x ;
- un capteur de distance de type triangulation laser, placé à une distance d'au moins 10 mm de la surface observée, ledit capteur étant monté obliquement de sorte que la zone visée par ledit capteur corresponde à la zone observée par le microscope ;
- des moyens comprenant un moteur pour déplacer ledit dispositif de mesure selon son axe optique en vue d'assurer sa focalisation sur ladite surface ;
- une caméra matricielle à fonctionnement asynchrone, de préférence CCD ou C-MOS, fournissant un champ de vision d'au moins 500 µm de large et une résolution spatiale d'au moins 0,001 fois le champ de vision ;
- des moyens matériels et logiciels, couplés à ladite caméra matricielle pour l'acquisition, le traitement, l'analyse et l'archivage d'images, ainsi que pour l'établissement d'un diagnostic quant aux caractéristiques de rugosité de ladite surface. Ce dispositif comprend également un deuxième ensemble constitué de deux éléments, tels que des tables de rotation motorisées, permettant de positionner l'axe

optique de manière perpendiculaire au plan contenant la surface observée.

[0025] Le deuxième ensemble est de préférence pourvu d'un système antivibratoire permettant d'isoler ledit ensemble de la charpente métallique telle qu'existante en ligne industrielle et soumise à des vibrations éventuelles.

[0026] C'est un avantage de l'invention que lesdits moyens matériels et logiciels comprennent un ordinateur commandant les ensembles précités.

Brève description des figures

[0027] La figure 1 représente le schéma de principe de fonctionnement du dispositif de mesure utilisé pour mettre en œuvre le procédé de l'invention.

[0028] La figure 2 est une représentation schématique en élévation du dispositif de mesure de la figure 1.

[0029] Les figures 3.a à 3.c représentent des images digitales obtenues avec le dispositif de mesure décrit à la figure 1 en éclairage longitudinal par rapport au défilement pour des tôles présentant trois valeurs différentes de rugosité Ra.

[0030] Les figures 3.d à 3.f représentent les images digitales obtenues avec le dispositif de mesure décrit à la figure 1 en éclairage transversal par rapport au défilement pour des tôles présentant les trois mêmes valeurs de rugosité Ra.

[0031] La figure 4 représente un ordinogramme détaillant les étapes du procédé de l'invention.

[0032] La figure 5 représente la courbe d'étalonnage reliant la rugosité d'une bande d'acier au produit du nombre d'objets mesurés par leur surface moyenne.

Description d'une forme d'exécution préférée de l'invention

[0033] Des études sur la rugosité des matériaux, notamment des études de texture par faisceau électronique ou encore par décharge électrique sur rouleaux de laminage à froid, ont montré qu'il existe une relation entre le Ra et le nombre de pics par centimètre carré présentés par une surface donnée.

[0034] Ainsi donc, on peut établir une relation entre la surface des "plateaux" et des "creux" et la rugosité de cette surface. Sur base de cette constatation, le procédé proposé par la présente invention consiste à utiliser une illumination oblique pour amener la lumière dans les creux et/ou sur les plateaux. L'image obtenue de la surface est alors traitée de manière à pouvoir déterminer par calcul un paramètre directement relié à la rugosité de surface.

[0035] Selon l'invention, on utilise un microscope en ligne développé par la Demanderesse (GaScope®) et décrit à la figure 1 pour faire l'acquisition des images de la surface. Ce microscope a été modifié pour utiliser une illumination oblique, par exemple entre 5 et 40°, et de préférence à 20°, plutôt que l'illumination de champ clair.

[0036] L'appareillage de mesure en ligne A pour la mise en œuvre du procédé de l'invention comprend au moins un microscope industriel 1 équipé d'un objectif à grande distance de travail 2, de préférence supérieure à 5 mm, une lentille d'adaptation caméra, un appareil de prise de vue avec une sortie analogique ou digitale, comme par exemple une caméra matricielle 3, de préférence CCD ou C-MOS, un éclairage oblique comprenant un laser 4, un capteur de distance 5 et un moteur agissant sur le déplacement selon l'axe Z qui est l'axe optique du microscope afin de permettre la focalisation correcte du système.

[0037] L'appareillage A est monté sur un ensemble D comprenant deux éléments B et C, tels que des tables de rotation motorisées, ledit ensemble D permettant de positionner l'axe optique Z de manière perpendiculaire au plan contenant la surface observée S (Figures 1 et 2). De préférence, l'ensemble D est pourvu d'un système antivibratoire permettant d'isoler ledit ensemble de la charpente métallique telle qu'existante en ligne industrielle et soumise aux diverses vibrations souvent présentes dans ce type d'environnement industriel.

[0038] L'appareillage A est associé également à des moyens tels qu'un ordinateur permettant d'assurer au moins les opérations suivantes :

- contrôler les moyens de positionnement de l'axe optique, par exemple le ou les moteurs de réglage de la distance selon l'axe optique Z et de positionnement des tables B et C ;
- contrôler la distance entre l'objectif 2 du microscope et la surface S examinée ;
- agir sur l'éclairage laser 4 précité ;
- décider de la prise d'images et étant pourvu d'au moins une carte d'acquisition d'images (frame grabber) apte à travailler avec des caméras en fonctionnement asynchrone ;
- traiter et analyser des images ;
- éventuellement émettre un diagnostic et archiver les résultats.

[0039] Ce type d'appareillage a déjà été décrit par la Demanderesse dans la demande de brevet belge N° 2001/00398 (non publiée). Toutefois, la présente invention a nécessité une modification de l'éclairage laser qui est oblique et non plus de type champ clair (bright field), comme signalé ci-dessus.

[0040] La figure 3 présente une série de 3 images, soit en éclairage longitudinal par rapport à la direction de défilement de la bande, soit en éclairage transversal, et correspondant à un Ra valant respectivement 1,27 µm, 2,16 µm et 3,01 µm. Les dimensions de la surface observées sont 1740 µm x 1320 µm. Le grossissement est de 5x + 2,5x.

[0041] La surface observée doit avoir au moins de 500 µm de largeur de champ de vision.

[0042] Un filtre à bande passante plus ou moins étroite autour de la longueur d'onde du faisceau lumineux d'éclairage incident peut avantageusement être ajouté sur le chemin optique d'observation afin d'éliminer l'influence éventuelle de tout autre éclairage extérieur ou de réflexions pouvant provenir de dispositifs non utilisés comme éclairage en tant que tel (par exemple, capteur de distance utilisant un faisceau dont la longueur d'onde est différente du faisceau d'éclairage et qui peut être réfléchi dans la direction d'observation).

Description de la prise d'image

[0043] La figure 4 décrit schématiquement les étapes du procédé conduisant d'abord à la prise d'image et ensuite au traitement de celle-ci.

[0044] Le produit en mouvement, de préférence une bande d'acier, comportant la surface S à caractériser est positionné en appliquant ledit produit sur la surface d'un cylindre 6 par traction. Le microscope 1 est positionné de manière telle que l'axe optique Z soit perpendiculaire au plan comprenant la surface S examinée à l'échelle microscopique. De préférence, dans le cas d'une bande d'acier S en défilement et passant sur le cylindre 6 d'axe 7, l'axe optique Z du système croise orthogonalement l'axe 7 et est compris dans un segment d'arc compris entre la

première ligne de contact et la deuxième ligne de contact entre la bande supportant la surface S et le cylindre 6, afin de se placer à un endroit du rouleau où le produit épouse parfaitement la forme du cylindre 6 et donc où la position de sa surface n'est fonction que de la position du rouleau 6 et de la surface S elle-même.

[0045] On focalise le système optique de manière à obtenir une image nette. Initialement, le microscope est positionné de sorte que la distance de focalisation soit préférentiellement dans un intervalle de distance où la focalisation est possible. La surface d'observation passe périodiquement par une position de focalisation, suite à l'ajustement selon Z du microscope 1, la mesure de distance étant effectuée par le capteur de distance 5. Cette position est continuellement évaluée par l'ordinateur qui, lorsque la distance requise à la focalisation est atteinte, déclenche l'impulsion d'éclairage laser et l'acquisition de l'image.

Description détaillée du traitement d'image

[0046] Comme on peut l'observer sur les différentes images de la figure 2 prises en lumière oblique, les creux apparaissent en noir à cause de l'ombre projetée par les pics ou plateaux. La révélation de ces creux requiert un certain traitement de l'image décrit ci-après (voir également figure 4) :

- l'image est égalisée au moyen d'une égalisation par histogramme de manière à la rendre indépendante du niveau d'éclairage ;
- l'image est binarisée avec une méthode de seuil utilisant comme seuil un "seuil à résidus minima" : on passe par exemple de 256 niveaux de gris à deux niveaux correspondant respectivement au noir et au blanc. Cette

opération sélectionne une valeur de seuil telle que la différence quadratique moyenne entre la source et l'image de seuil est minimisée ;

- une dilatation de l'image obtenue est pratiquée au moyen d'un "kernel" quasi-circulaire de demi-largeur 1 à 6 pixels par exemple, et ensuite une érosion est pratiquée au moyen d'un "kernel" de demi-largeur 2 à 7 pixels par exemple, le nombre de pixels du "kernel" d'érosion correspondant en tout cas à une demi-largeur supérieure au moins d'un pixel à la demi-largeur du kernel de dilatation. Le but de cette étape est de remplir d'éventuels trous ; les opérations de dilatation et d'érosion sont des opérations de base bien connues de l'homme de métier en traitement d'image : la dilatation consiste à affecter à tous les pixels dans un voisinage (kernel) déterminé la valeur de gris maximale dans ledit voisinage (ici le blanc) tandis que l'érosion consiste à affecter à tous les pixels dans un voisinage déterminé la valeur de gris minimale dans ce voisinage (ici le noir) ;
- en considérant que les pixels voisins, c'est-à-dire se touchant par un côté (ou un coin, c'est-à-dire par la diagonale), sont interconnectés, les pixels noirs voisins sont groupés pour former des "blobs" ("pâtés", "taches"), référencés ultérieurement comme des "objets". Un blob est donc un ensemble de pixels de même classe et interconnectés ;
- après cette segmentation de l'image, la valeur de certaines caractéristiques de l'objet, par exemple des paramètres géométriques, peut être calculée. Les paramètres calculés peuvent être respectivement :

  1. la surface de l'objet : le nombre de pixels dudit objet ;

2. la largeur d'ellipse de l'objet : le nombre de pixels selon le grand axe de son ellipse d'inertie ;

3. la hauteur d'ellipse de l'objet : le nombre de pixels selon le petit axe de son ellipse d'inertie ;

4. l'angle d'ellipse de l'objet : la direction son axe principal d'inertie ;

- les objets trouvés sont triés de manière à éliminer ceux qui ont une surface inférieure à une valeur minimale, c'est-à-dire comportant de 25 à 100 pixels (bruit) ;
- la valeur résultante de surface moyenne des objets sélectionnés multipliée par le nombre desdits objets conduisent à l'obtention d'un paramètre lié à la rugosité. En utilisant ces valeurs "produits objets x surface" plutôt que le nombre d'objets seul, on obtient une relation linéaire entre cette grandeur et la rugosité (Figure 5). Cette droite correspond à une courbe d'étalonnage qui doit être établie pour chaque ligne de laminage particulière.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour l'évaluation en ligne de la rugosité arithmétique (Ra) d'une surface (S) en défilement, de préférence une bande d'acier revêtu par un métal, mettant un œuvre essentiellement :

- une source (4) de lumière laser illuminant ladite surface sous incidence oblique, comprise entre 5 et 40°, et de préférence à 20° ± 2°,
- un dispositif de mesure optique, de préférence un microscope industriel (1),
- un capteur de distance (5),
- des moyens comprenant un moteur pour déplacer ledit dispositif de mesure selon son axe optique (Z) en vue d'assurer sa focalisation sur ladite surface (S) et des moyens (D) pour positionner l'axe optique (Z) perpendiculairement au plan contenant ladite surface (S) ;
- un appareil de prise de vue avec sortie analogique ou digitale (3), de préférence une caméra matricielle CCD ou C-MOS avec une résolution spatiale d'au moins 1 µm ;
- des moyens matériels et logiciels, couplés audit appareil de prise de vue pour l'acquisition, le traitement, l'analyse et l'archivage d'images, ainsi que pour l'établissement d'un diagnostic quant aux caractéristiques de rugosité de ladite surface, caractérisé en ce que,
- on procède à l'acquisition d'une image d'une partie de la surface (S) de dimensions données et on traite numériquement cette image pour faire apparaître des objets, c'est-à-dire des groupes de pixels interconnectés par un côté ou par la diagonale ;
- on élimine les objets ayant une surface inférieure à une valeur minimale prédéterminée ;

- on calcule le produit (P) du nombre d'objets restants par la surface moyenne desdits objets restants, le produit (P) étant essentiellement proportionnel à la rugosité arithmétique (Ra) de la surface (S), le coefficient de proportionnalité (k) dépendant de l'installation industrielle particulière utilisée.

2. Procédé d'évaluation de rugosité selon la revendication 1, caractérisé en ce que le traitement numérique de l'image comprend en outre le détail des étapes suivantes :

- on procède à une égalisation par histogramme pour rendre l'image indépendante du niveau d'illumination de la surface (S) ;
- on binarise l'image avec une méthode de seuil, de préférence la méthode de "seuil à résidus minima" ;
- on dilate l'image obtenue, c'est-à-dire qu'on maximise les valeurs de gris dans un voisinage déterminé, au moyen d'un "kernel" quasi-circulaire de demi-largeur de 1 à 6 pixels et ensuite on érode l'image, c'est-à-dire qu'on minimise les valeurs de gris dans un voisinage déterminé, au moyen d'un "kernel" de demi-largeur de 2 à 7 pixels, la demi-largeur du "kernel" d'érosion étant supérieure d'au moins un pixel à la demi-largeur du kernel de dilatation ;
- les pixels voisins, c'est-à-dire se touchant par un côté ou par la diagonale, étant considérés comme interconnectés, les pixels noirs voisins sont regroupés sous forme desdits objets pour assurer la segmentation de l'image ;
- on calcule la valeur de certaines caractéristiques des objets, de préférence des paramètres géométriques ;

- on trie les objets trouvés de manière à éliminer ceux qui ont une surface inférieure à une valeur comprise entre 25 à 100 pixels.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que les caractéristiques calculées des objets sont sélectionnées parmi le groupe comprenant la surface de l'objet, la largeur, la hauteur et l'angle d'ellipse d'inertie de l'objet.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, pour une ligne industrielle déterminée, on établit une courbe d'étalonnage reliant des valeurs de rugosité arithmétique (Ra) à des valeurs du produit précité (P).

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que ladite courbe d'étalonnage est une droite de régression linéaire par moindres carrés.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la surface (S) appartient à une bande d'acier galvanisée ou galvannealed en défilement sur une ligne de laminage à chaud à une vitesse comprise entre 1 et 10 m/s.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, dans le cas de la mise en œuvre d'une bande d'acier en défilement, on positionne la bande (S) en l'appliquant sur la surface d'un cylindre (6) par traction.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'on positionne le microscope (1) de manière telle que l'axe optique (Z) du système croise orthogonalement l'axe (7) du cylindre (6) et est compris dans un segment d'arc situé entre la première et la dernière ligne de contact entre la bande supportant la surface (S) et le cylindre (6).

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, préalablement à l'opération de prise d'image, on procède à une focalisation du microscope (1) telle que :

- on positionne le microscope (1) dans un intervalle de distances donné selon l'axe optique (Z) de sorte que sa distance de focalisation sur la surface (S) soit comprise dans ledit intervalle ;
- on ajuste de manière itérative la position du microscope (1), mesurée par rapport à la surface (S) à l'aide du capteur de distance (5) de manière à passer périodiquement par rapport à la distance de focalisation.

10. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé d'évaluation en ligne de la rugosité (Ra) d'une surface (S) défilante, selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend un premier ensemble (A) composé de :

- une source (4) de lumière laser, de préférence un laser pulsé dans le visible d'énergie réglable jusqu'à 10 mJ, illuminant ladite surface sous incidence oblique, comprise entre 5 et 40°, et de préférence à 20° ± 2°, le temps d'illumination étant de préférence réglable de 0 à 10 ns, ladite source (4) étant couplée à une fibre optique avec au moins un diffuseur, permettant l'éclairage de l'entrée du microscope (1) ;
- un microscope industriel (1), équipé d'un objectif de grossissement compris entre 5x et 30x, à distance de focalisation supérieure à 10 mm et à profondeur de champ minimale supérieure à la moitié de la rugosité estimée pic à pic, de préférence à 15 µm et comprenant une lentille d'adaptation caméra de grossissement compris entre 2,5x et 5x ;

- un capteur de distance (5) de type triangulation laser, placé à une distance d'au moins 10 mm de la surface observée (S), ledit capteur étant monté obliquement de sorte que la zone visée par ledit capteur corresponde à la zone observée par le microscope (1) ;
- des moyens comprenant un moteur pour déplacer ledit dispositif de mesure selon son axe optique (Z) en vue d'assurer sa focalisation sur ladite surface (S) ;
- une caméra matricielle à fonctionnement asynchrone, de préférence CCD ou C-MOS, fournissant un champ de vision d'au moins 500 µm de large et une résolution spatiale d'au moins 0,001 fois le champ de vision ;
- des moyens matériels et logiciels, couplés à ladite caméra matricielle pour l'acquisition, le traitement, l'analyse et l'archivage d'images, ainsi que pour l'établissement d'un diagnostic quant aux caractéristiques de rugosité de ladite surface.

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comprend un deuxième ensemble (D) constitué de deux éléments (B,C), tels que des tables de rotation motorisées, permettant de positionner l'axe optique (Z) de manière perpendiculaire au plan contenant la surface observée (S).

12. Dispositif selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que l'ensemble D est pourvu d'un système antivibratoire permettant d'isoler ledit ensemble de la charpente métallique telle qu'existante en ligne industrielle et soumise à des vibrations éventuelles.

13. Dispositif selon la revendication 11 ou 12, caractérisé en ce que lesdits moyens matériels et logiciels comprennent un ordinateur commandant les ensembles précités (A,D).

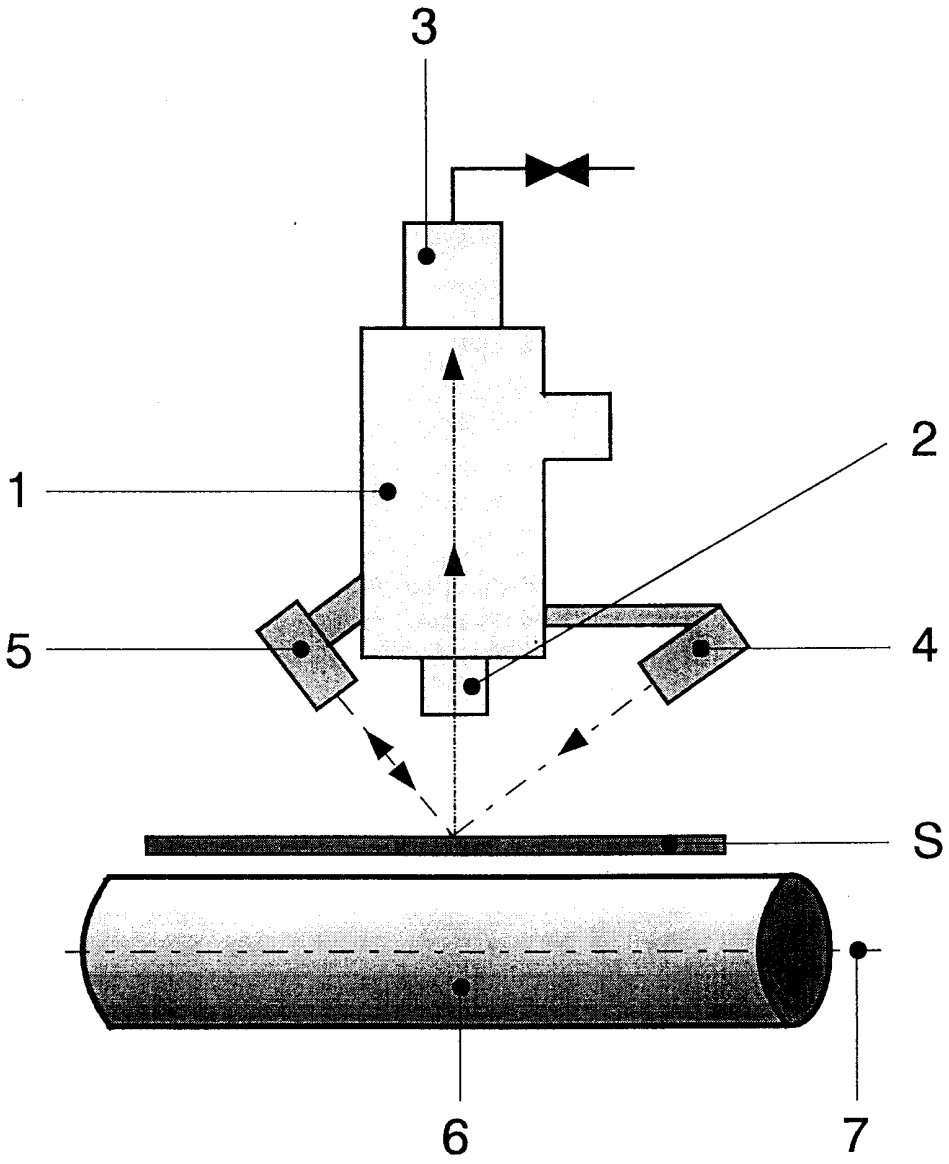


Fig. 1

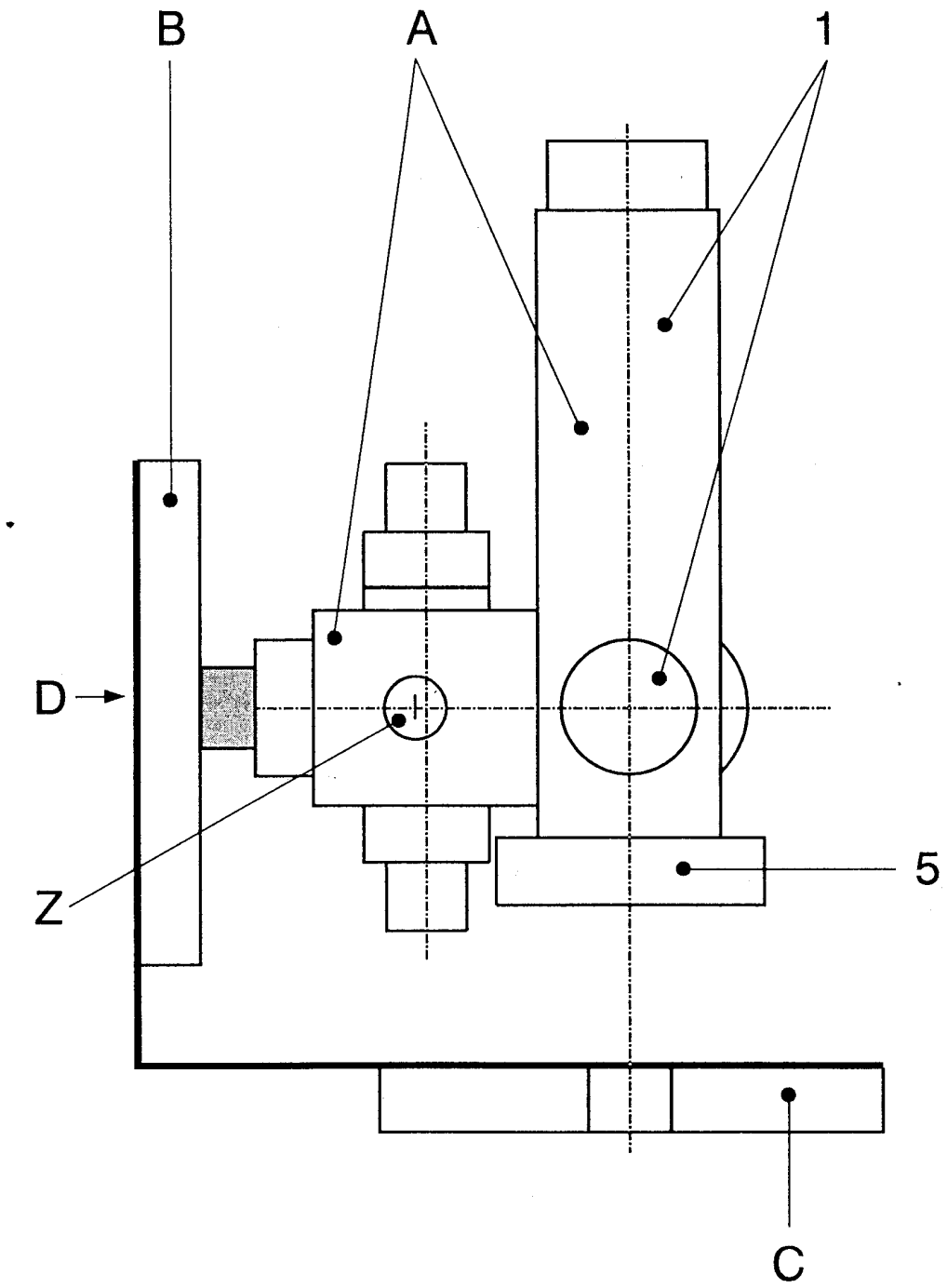


Fig. 2

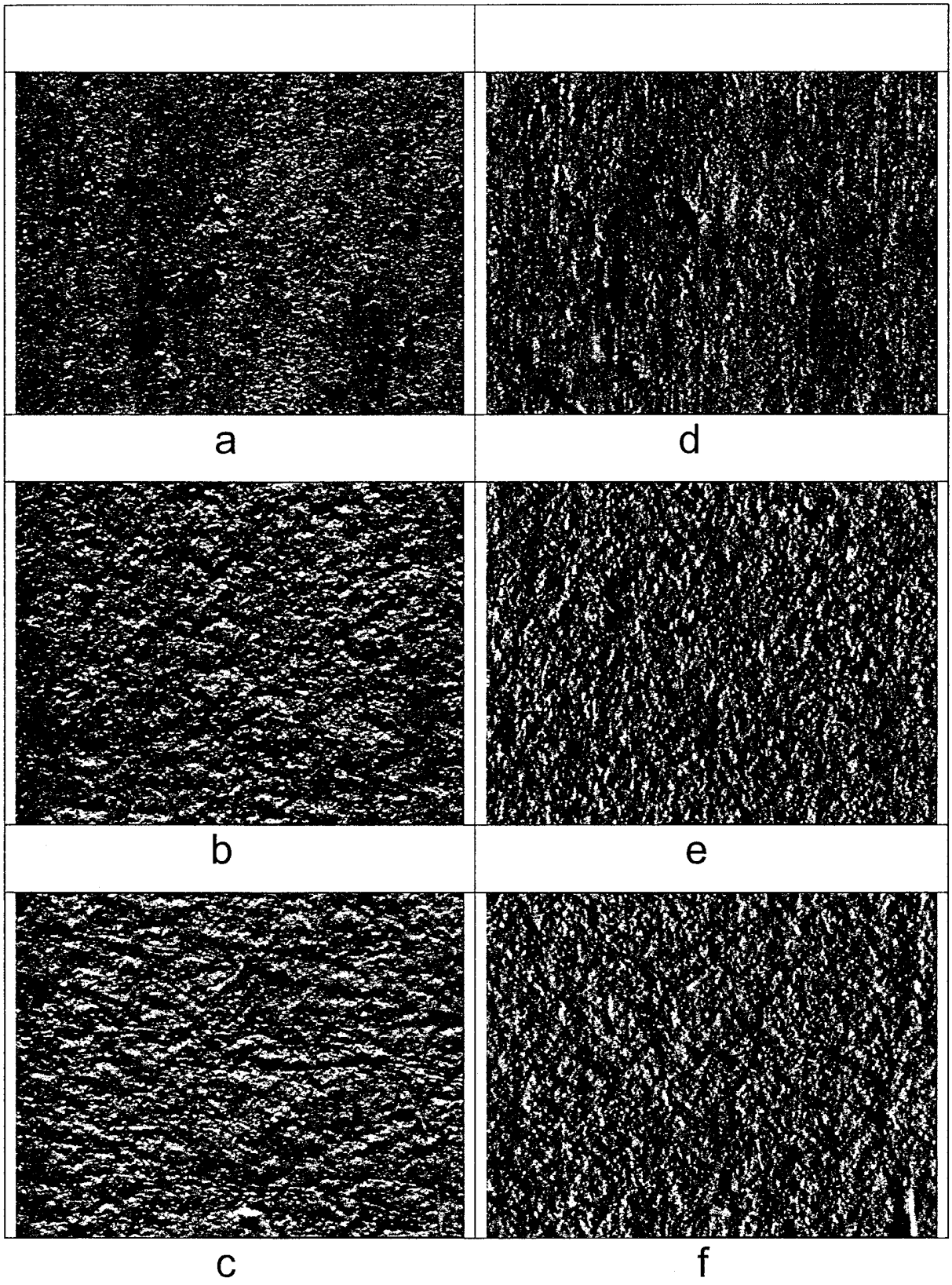


Fig. 3

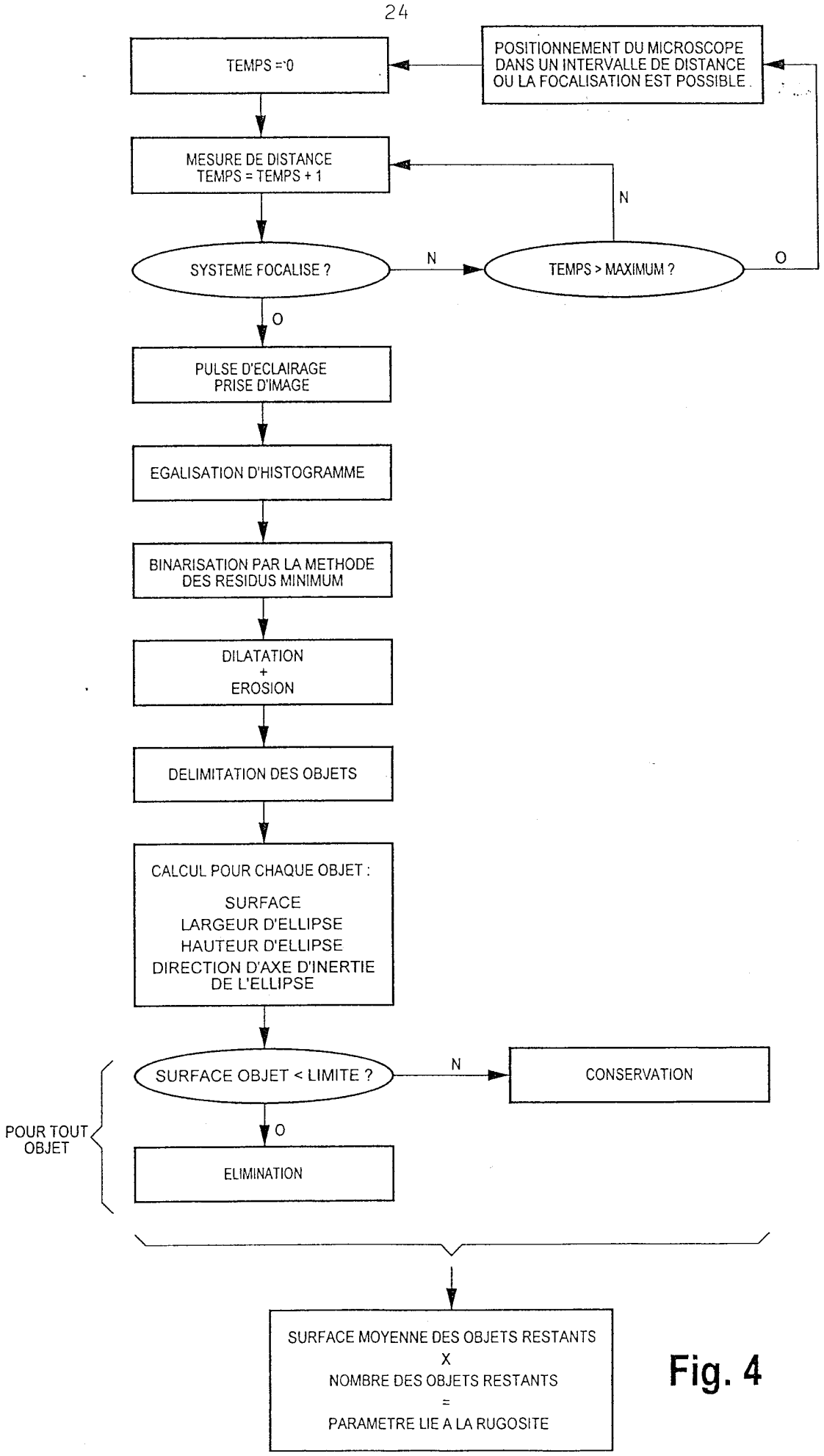

24
TEMPS = 0
POSITIONNEMENT DU MICROSCOPE DANS UN INTERVALLE DE DISTANCE OU LA FOCALISATION EST POSSIBLE
MESURE DE DISTANCE
TEMPS = TEMPS + 1
N
SYSTEME FOCALISE ?
N
TEMPS > MAXIMUM ?
O
O
PULSE D'ECLAIRAGE
PRISE D'IMAGE
EGALISATION D'HISTOGRAMME
BINARISATION PAR LA METHODE DES RESIDUS MINIMUM
DILATATION
+
EROSION
DELIMITATION DES OBJETS
CALCUL POUR CHAQUE OBJET :
SURFACE
LARGEUR D'ELLIPSE
HAUTEUR D'ELLIPSE
DIRECTION D'AXE D'INERTIE DE L'ELLIPSE
POUR TOUT OBJET
SURFACE OBJET < LIMITE ?
N
CONSERVATION
O
ELIMINATION
SURFACE MOYENNE DES OBJETS RESTANTS
X
NOMBRE DES OBJETS RESTANTS
=
PARAMETRE LIE A LA RUGOSITE

Fig. 4

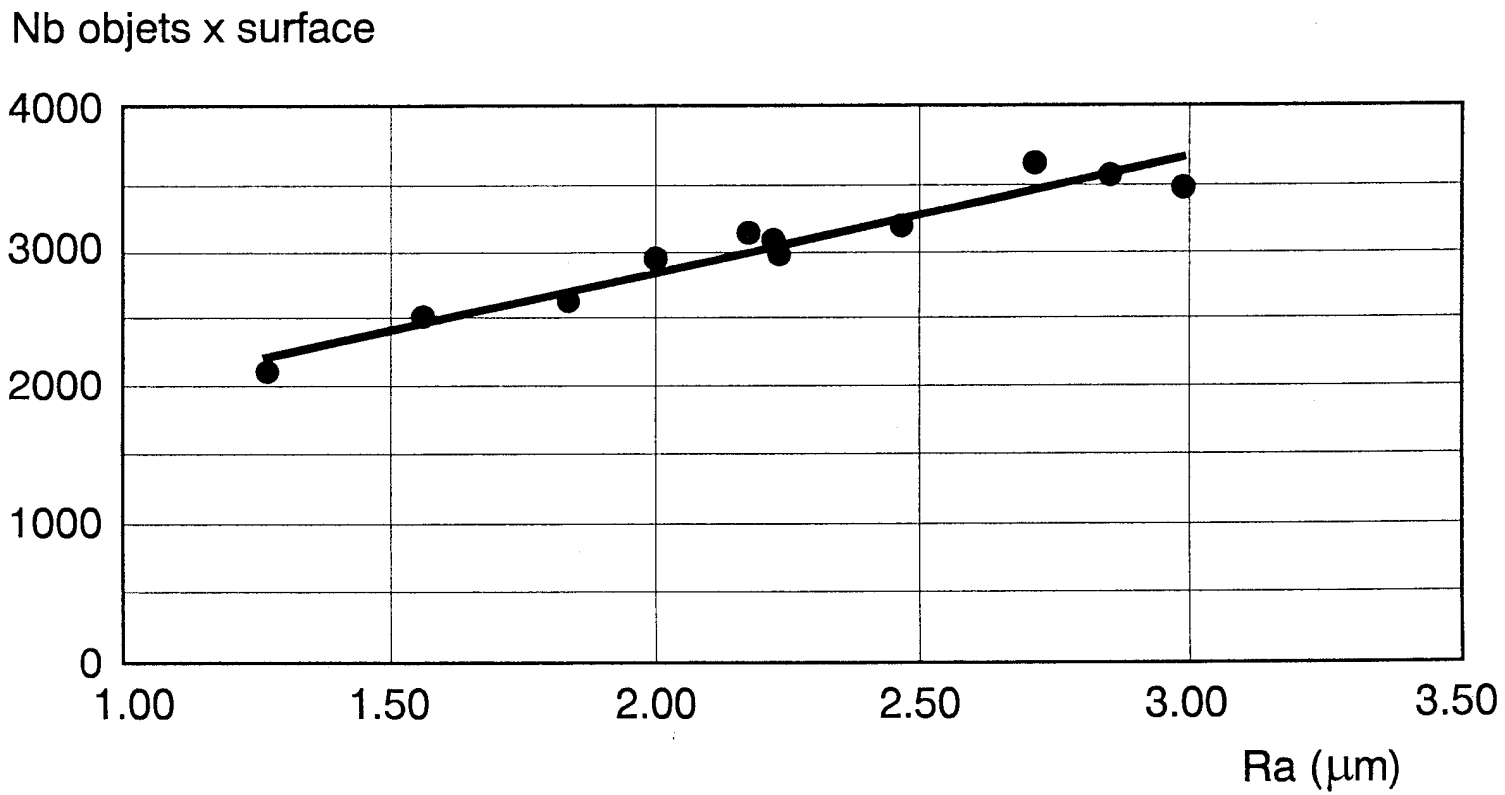


Fig. 5

2002/0192

ABREGE

PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LA DETERMINATION EN LIGNE DE RUGOSITE DE BANDES D'ACIER LAMINEES A CHAUD

La présente invention se rapporte à un procédé pour l'évaluation en ligne de la rugosité arithmétique (Ra) d'une surface (S) en défilement, de préférence une bande d'acier revêtu par un métal, dans lequel :

- on procède à l'acquisition d'une image d'une partie de la surface (S) de dimensions données et on traite numériquement cette image pour faire apparaître des objets ;
- on calcule le produit (P) du nombre d'objets restants par leur surface moyenne, le produit (P) étant essentiellement proportionnel à la rugosité arithmétique (Ra) de la surface (S).

(Figure 4)

cl. 1 has a number of terms which are superfluous, because either add nothing to the disclosure and can lead to unclarity or they are not limitative: "de preference...metal", essentialment, 20+-2 deg (which is not binding), opt. microsc. (also as a preference), "avec sortie anal. qu digital" (means nothing: all electr. equip have either one or the other), camera matricielle (also not binding).

cl. 8 has a microscope, which is not claimed in cl. 1 (if not as an option).

cl. 9 same as 8

c. 10: same "preference" problems as ind. cl. 1. Moreover, there might be a problem with C-III 4.8a because the depth of focus is defined in terms of surface roughness (but the surface is not claimed!).

pag. 11: can we keep in the description the reference to the document which has never been published? what is its function if the it cannot be consulted?

☐ REQUEST FOR FEEDBACK

Examiner Arca, G
1236-03195

Date 16 janvier 2003

Numero de la demande nationale

Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE

établi en vertu de l'article 21 § 1 et 2 de la loi belge sur les brevets d'invention du 28 mars 1984

BO 8592
BE 200200192

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
A	US 4 617 682 A (MORI MAKIHIKO ET AL) 14 octobre 1986 (1986-10-14) * abrégé *	1,8-10	G01B11/30 G06T7/40 B21B38/00
A	WO 99 10833 A (DATACUBE INC) 4 mars 1999 (1999-03-04) * abrégé *	1,10	
A	SUDERSHAN JETLEY ET AL: "APPLYING MACHINING VISION TO SURFACE TEXTURE ANALYSIS" PROCEEDINGS OF THE MIDWEST SYMPOSIUM ON CIRCUITS AND SYSTEMS. DETROIT, AUG. 16 - 18, 1993, NEW YORK, IEEE, US, vol. 2 SYMP. 36, 16 août 1993 (1993-08-16), pages 1456-1459, XP000499842 * le document en entier *	1,10	
A	US 4 878 114 A (HUYNH VAN-MINH ET AL) 31 octobre 1989 (1989-10-31) * abrégé *	1,10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
A	US 4 752 695 A (PIRLET ROBERT) 21 juin 1988 (1988-06-21) * abrégé *	10	G01B G06T B21B
A	FR 2 691 246 A (LORRAINE LAMINAGE) 19 novembre 1993 (1993-11-19) * abrégé *	1	

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
16 janvier 2003	Arca, G

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 03.82 (P04C48)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET BELGE NO.

BO 8592
BE 200200192

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche 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.

16-01-2003

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 4617682	A	14-10-1986	JP	1935040 C	26-05-1995
			JP	6044278 B	08-06-1994
			JP	60204080 A	15-10-1985
			CA	1223355 A1	23-06-1987
WO 9910833	A	04-03-1999	AU	8916498 A	16-03-1999
			WO	9910833 A1	04-03-1999
			US	6259109 B1	10-07-2001
US 4878114	A	31-10-1989	AUCUN		
US 4752695	A	21-06-1988	BE	902359 A1	06-11-1985
			AT	66066 T	15-08-1991
			CA	1255093 A1	06-06-1989
			EP	0201475 A2	12-11-1986
			JP	1928392 C	12-05-1995
			JP	6058217 B	03-08-1994
			JP	61281912 A	12-12-1986
FR 2691246	A	19-11-1993	FR	2691246 A1	19-11-1993