

REVENDEICATIONS

1. Procédé de détermination de la performance d'un procédé de soudage réalisé sur au moins une pièce métallique, notamment un procédé de soudage à l'arc électrique ou de soudage laser, ledit procédé comprenant les étapes suivantes :

5 a) acquisition par un dispositif de prise d'image (3) d'au moins une image initiale (2) d'au moins une portion de surface de ladite pièce

 b) réalisation d'un premier traitement numérique sur l'image initiale (2) de manière à localiser, dans ladite image initiale (2), des projections présumées (21),

 c) introduction (100) d'un ou plusieurs extraits (20) de l'image initiale (2) comprenant chacun une projection présumée (21), en entrée d'au moins un réseau neuronal (5), en particulier un réseau neuronal à convolution, de façon à classer (200) les projections présumées en projections confirmées (21C) ou non-confirmées,

 caractérisé en ce que l'étape a) est réalisée sur ladite pièce préalablement soudée comprenant un cordon de soudure (1), le soudage de ladite pièce étant terminé, les
15 projections confirmées (21C) se trouvant sur la surface de ladite pièce, et en ce qu'il comprend en outre les étapes suivantes :

 d) réalisation d'un deuxième traitement numérique (300) sur l'image initiale (2) comprenant les projections (21C) classées confirmées à l'étape c) de manière à déterminer au moins un paramètre représentatif de la quantité de projections
20 confirmées (21C) choisi parmi :

- la surface d'une ou plusieurs projections confirmées (21C),
- la surface totale des projections confirmées (21C), définie comme la somme de la surface de chaque projection confirmée (21C),
- le nombre de projections confirmées (21C),
- 25 - le nombre de projections confirmées (21C) par unité de surface,
- la densité de projections, définie comme la surface totale des projections confirmées (21C) divisée par la surface totale (S_2) de l'image initiale (2),
- la moyenne des distances entre chaque projection confirmée (21C) et le cordon de soudure (1),

30 e) détermination de la performance du procédé de soudage à partir du au moins un paramètre déterminé à l'étape d).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de prise d'image (3) est agencé dans un système informatique choisi parmi : un téléphone intelligent, une tablette, un ordinateur portable.

5 3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend, préalablement à l'étape a), une étape de calibration du dispositif de prise d'image (3) comprenant l'acquisition de plusieurs images d'un même motif bidimensionnel (6) avec le dispositif de prise d'image (3) positionné pour chaque image à une distance prédéterminée distincte du motif bidimensionnel (6), ledit motif (6) étant
10 ensuite positionné sur ladite au moins une portion de surface de la pièce de façon à être inclus dans l'image initiale (2) acquise à l'étape a).

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en qu'il met en œuvre au moins un traitement statistique relatif audit au moins un paramètre
15 représentatif de la quantité de projections confirmées (21C), notamment un traitement statistique relatif à la surface des projections confirmées (21C) comprenant la détermination d'au moins l'une parmi : la surface moyenne des projections confirmées (21C), la surface minimale et/ou la surface maximale des projections confirmées (21C), la déviation standard de la surface des projections confirmées (21C), au moins
20 une population en nombre de projections confirmées (21C) ayant une surface supérieure à un seuil bas prédéterminé et/ou inférieure à un seuil haut prédéterminé.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on acquiert plusieurs images initiales (2) à des temps successifs et on compare les
25 valeurs du paramètre représentatif de la quantité de projections confirmées (21C) déterminé pour chacune des images initiales (2) afin de détecter une éventuelle variation dudit paramètre.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que
30 ladite au moins une image initiale (2) est acquise avec le dispositif de prise d'image (3) positionné à une distance comprise entre 10 et 40 cm, de préférence entre 20 et 30 cm, au-dessus de la soudure (1).

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier traitement numérique réalisé à l'étape b) sur l'image initiale (2) comprend les sous-étapes suivantes :

- i) filtrage de l'image initiale (2) de façon à opérer une différenciation entre les projections métalliques (4) et un arrière-plan de l'image initiale (2),
- ii) suppression de l'arrière-plan de l'image initiale (2),
- iii) binarisation de l'image filtrée issue de l'étape i), notamment par seuillage basé sur l'intensité, de façon à former une image binaire (22) à deux valeurs de pixels, avec, optionnellement, inversion des valeurs des pixels de l'image binaire (22),
- iv) sélection d'une des deux valeurs de pixels de façon à définir dans l'image binaire des zones d'intérêt formées par les pixels de la valeur sélectionnée, avec, optionnellement, dilatation desdites zones d'intérêt,
- v) marquage des zones d'intérêt sur l'image binaire et transposition dudit marquage sur l'image initiale (2) de façon à y localiser des projections présumées (21).

15

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que préalablement à l'étape c), on attribue une position à chacune des projections présumées (21) localisées à l'étape b), notamment une position définie par des coordonnées bidimensionnelles, et on compare deux à deux chacune des positions, une des deux projections présumées étant ignorée lorsque la distance entre les positions comparées est inférieure à une valeur prédéterminée.

20

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'à l'étape c), le réseau neuronal (5) comporte plusieurs couches de convolution, de préférence trois couches de convolution (CL1, CL2, CL3), au moins une couche entièrement connectée (FCL) et au moins une couche de regroupement (PL1, PL2), de préférence une couche de regroupement (PL1, PL2) est intercalée entre deux couches de convolution.

25

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'à l'étape c), les projections présumées sont classées en projections confirmées ou non-confirmées selon des critères de décision définis par un apprentissage préalable du réseau neuronal (5), ledit apprentissage étant réalisé au moyen d'un ensemble d'images d'apprentissage (20A) comprenant plusieurs sous-ensembles choisis parmi :

30

un sous-ensemble d'images d'apprentissage comprenant chacune au moins une projection métallique, un sous-ensemble d'images d'apprentissage exemptes de projections métalliques, un sous-ensemble d'images d'apprentissage comprenant chacune au moins un défaut autre qu'une projection tel une rayure, une réflexion parasite, un sous-ensemble d'images d'apprentissage comprenant chacune au moins une portion de soudure, lesdits sous-ensembles comprenant de préférence chacun au moins 1000 images d'apprentissage, de préférence encore au moins 2000 images d'apprentissage.

10 11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'à l'étape c), on associe aux extraits (20) de l'image initiale (2) en entrée du réseau neuronal (5) au moins une information de contexte choisie parmi : le matériau de la pièce métallique, le gaz de soudage, la configuration de joint soudé, le régime de transfert de métal, la tension du courant de soudage, l'intensité du courant de soudage, la vitesse de dévidage de fil.

15 12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend, préalablement à l'étape b), une étape de pré-traitement de l'image initiale (2) par application d'au moins un masque configuré pour supprimer de l'image initiale (2) des caractéristiques autres que des projections, par exemple des rayures, des réflexions parasites.

25 13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de transmission à distance de l'image initiale (2) via un réseau de communication, de préférence un réseau de type Internet, du dispositif de prise d'image (3) vers un serveur distant (7), les étapes b) à e) étant réalisée par un système électronique de traitement localisée dans le serveur distant.

30 14. Dispositif de détermination de la performance d'un procédé de soudage configuré pour mettre en œuvre un procédé selon l'une des revendications 1 à 13, ledit dispositif comprenant :

- un dispositif de prise d'image (3) configuré pour acquérir ladite image initiale (2),
- une mémoire pour le stockage de l'image initiale (2),

- un système de traitement électronique (8) ayant accès à ladite mémoire, ledit système de traitement électronique étant configuré pour réaliser le premier traitement numérique et le deuxième traitement numérique sur l'image initiale (2),

- au moins un réseau neuronal (5), en particulier un réseau neuronal à convolution, configuré pour recevoir en entrée des extraits (20) de l'image initiale (2) et classer des projections présumées en projections confirmées (21C) ou non-confirmées,

- une logique électronique (9) configurée pour déterminer la performance du procédé de soudage à partir du au moins un paramètre représentatif de la quantité de projections déterminé par le deuxième traitement numérique.

10

15. Produit programme d'ordinateur téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou enregistré sur un support lisible par ordinateur et/ou exécutable par un processeur, caractérisé en ce qu'il comprend des instructions de code de programme pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'une des revendications 1 à

15 13.